

BODEMCHEMISCH ONDERZOEK VOORMALIGE LANDBOUWGRONDEN POLDER WESTVEEN

ONDERZOEK NAAR DE NATUURONTWIKKELINGSMOGELIJKHEDEN



- Eindrapportage -

BODEMCHEMISCH ONDERZOEK VOORMALIGE LANDBOUWGRONDEN POLDER WESTVEEN

ONDERZOEK NAAR DE NATUURONTWIKKELINGSMOGELIJKHEDEN

Eindrapportage

Mark van Mullekom

Hilde Tomassen

Amber Visscher

Fons Smolders



Titel rapport:

Bodemchemisch onderzoek voormalige landbouwgronden polder Westveen - onderzoek naar de natuurontwikkelingsmogelijkheden, eindrapportage

Auteurs:

Mark van Mullekom, Hilde Tomassen, Amber Visscher & Fons Smolders

Rapportnummer: RP-18.073.18.62

Opdrachtgever:

Provincie Zuid-Holland



Informatie:

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

Contactpersoon:

Mark van Mullekom
Tel: 024-2122204
m.vanmullekom@b-ware.eu
www.b-ware.eu

INHOUDSOPGAVE

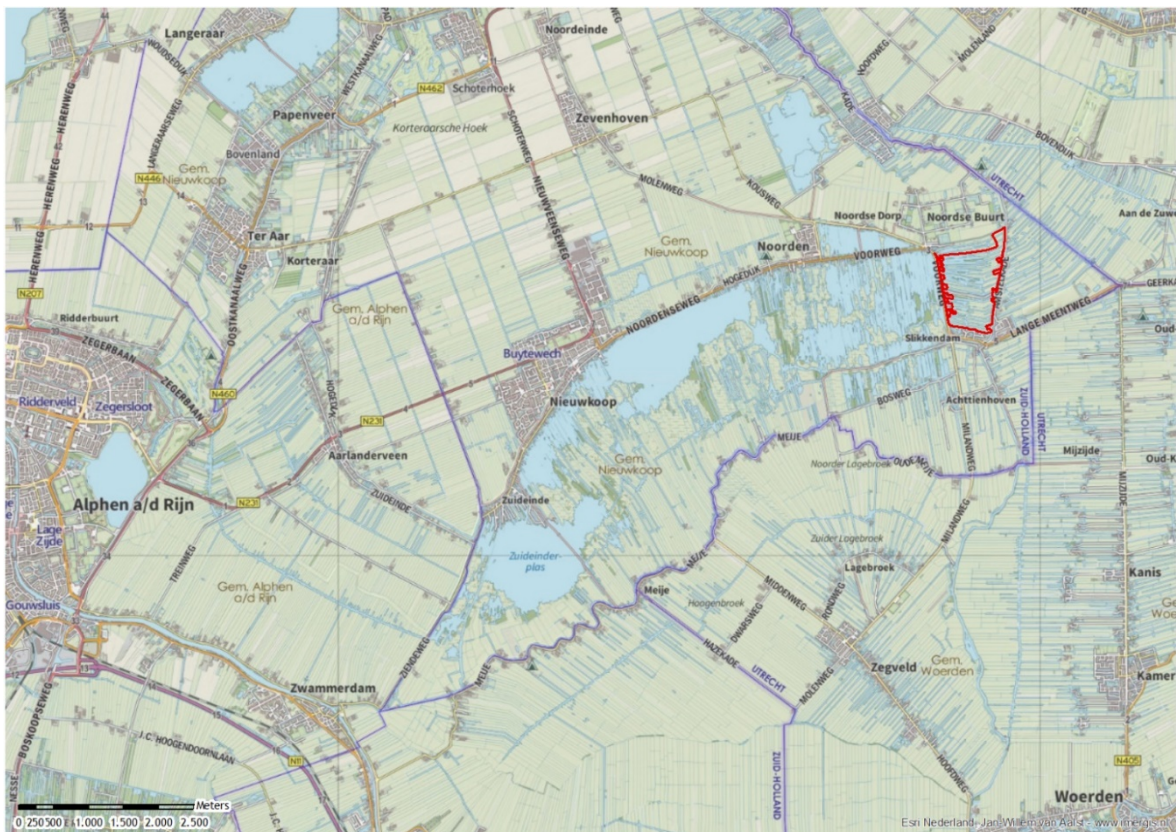
1. Aanleiding en doel van het onderzoek	1
1.1 Aanleiding en gebiedsbeschrijving	1
1.2 Doel van het onderzoek	2
1.3 Leeswijzer	5
2. Natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden	7
2.1 Inleiding	7
2.2 Belang fosfaatlimitatie en streefconcentraties	8
2.3 Streefconcentraties voor fosfaat	8
2.4 Verschrappingsmaatregelen	9
2.5 Aanvullende (beheer)maatregelen	12
3. Veldwerkzaamheden en analyses	13
3.1 Veldwerkzaamheden	13
3.2 Analyses	19
4. Natuurontwikkelingsmogelijkheden per deelgebied	23
4.1 Bodemopbouw en algemene bodemchemie	23
4.2 Referentielocaties	30
4.3 Natuurpotenties van de voormalige landbouwgronden	33
4.4 Af- en uitspoeling van nutriënten	47
4.5 Synthese	55
4.6 Aanvullende inrichtingsmaatregelen	58
4.7 Combineren van landbouw en natuurontwikkeling in het veenweidegebied	59
5. Literatuur	61
6. Bijlagen	63

1. AANLEIDING EN DOEL VAN HET ONDERZOEK

1.1 Aanleiding en gebiedsbeschrijving

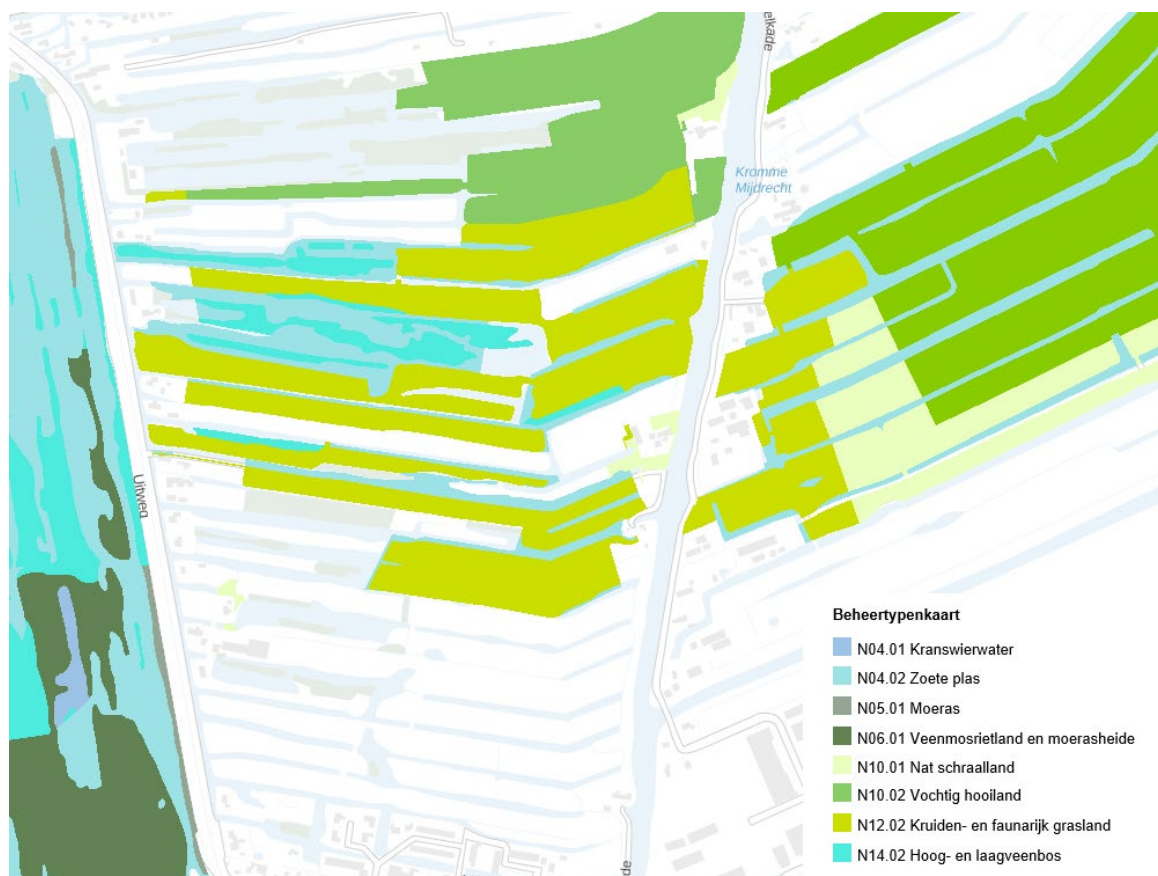
Het Natura 2000-gebied De Nieuwkoopse Plassen en De Haeck vormt een bijzonder natuurgebied voor zowel flora en fauna. Het is internationaal van belang als broedgebied voor beschermde moerasvogels, het bevat groeiplaatsen voor bijzondere waterplanten en in het gebied komen zeldzame of bedreigde habitattypen voor (zoals trilvenen, veenmosrietland en blauwgrasland).

De Nieuwkoopse Plassen en De Haeck vallen uiteen in vijf deelgebieden: het plassen- en moerasgebied, polder De Haeck, de Meijegraslanden, polder Westveen en de Schraallanden langs de Meije. In polder Westveen (Figuur 1.1) wordt door de provincie Zuid-Holland nieuwe natuur gerealiseerd. De polder ligt ten noorden van Woerdense Verlaat tussen de Nieuwkoopse Plassen en de Kromme Mijdrecht.



Figuur 1.1. Overzicht van de ligging van polder Westveen (rood omlijnd).

In polder Westveen liggen gronden met een ‘agrarisch met waarden’ bestemming en een natuur bestemming. Op het moment komen vijf beheertypen voor in polder Westveen (Figuur 1.2), namelijk Zoete plas (N04.02), Nat schraalland (N10.01), Vochtig hooiland (N10.02), Kruiden- en faunarijk grasland (N12.02) en Hoog- en laagveenbos (N14.02; Figuur 1.3).



Figuur 1.2. In de polder Westveen zijn vijf verschillende beheertypen aanwezig (bron: Provincie Zuid-Holland).

1.2 Doel van het onderzoek

De provincie wil graag weten of (en waar) er binnen het gebied potenties zijn voor de ontwikkeling van de kritische beheertypen vochtig hooiland (N10.02) en/of nat schraalland (N10.01). Onderzoekcentrum B-WARE heeft een bodemchemisch onderzoek uitgevoerd naar de natuurpotenties. Het doel van het onderzoek is om, op basis van de bodemchemische samenstelling, de kansrijkdom voor de ontwikkeling van vochtig hooiland en nat schraalland in kaart te brengen.

Het onderzoek is uitgevoerd op verschillende percelen (Figuur 1.4) van verschillende eigenaren (o.a. diverse particulieren en Natuurmonumenten). Deze zoekgebieden hebben een oppervlakte van circa 35 hectare en zijn op 17 april 2018 tijdens een overleg met de provincie Zuid-Holland vastgesteld. Daarnaast zijn een aantal referentielocaties in en in de omgeving van het onderzoeksgebied onderzocht.

Op basis van de fosfaatrijkdom van de bodem wordt inzichtelijk welke maatregelen nodig zijn om de fosfaatrijkdom te verlagen voor de ontwikkeling van bijvoorbeeld nat schraalland of vochtig hooiland. Daarnaast heeft het bodemchemische onderzoek informatie opgeleverd over andere sturende chemische eigenschappen van de bodem (zoals de ijzerrijkdom, de mate van buffering en de verzuringsgevoeligheid) en de concrete natuurpotenties (op basis van onder andere het bodemtype en de mate van buffering). Aangezien niet alle percelen bemonsterd zijn, is het niet mogelijk om een gebiedsdekkend advies op te stellen. De informatie uit dit onderzoek zal door de opdrachtgever gebruikt worden om tot een concreet inrichtingsplan te komen.



Figuur 1.3. In de polder Westveen wordt gestreefd naar de ontwikkeling van botanisch grasland, zoals nat schraalland (links) en vochtig hooiland (rechts).

De volgende onderzoeksvragen worden in deze rapportage beantwoord:

- 1) Wat zijn de P-concentraties in de toplaag en hoe lang duurt het om deze te verschrallen door middel van maaien en afvoeren?
- 2) Tot op welke diepte is de bodem verrijkt met fosfor en wat is de geadviseerde ontgrondingsdiepte voor de ontwikkeling van nat schraalland of vochtig hooiland?
- 3) Wat zijn de bodemchemische omstandigheden op de referentielocaties?
- 4) Welke natuurpotenties zijn er op basis van de bodemchemie op de voormalige landbouwgronden?
- 5) Wat is het risico op uit- en afspoeling van nutriënten naar het oppervlaktewater?
- 6) Welke aanvullende inrichtingsmaatregelen worden aanbevolen?

Naast de bodemchemie en het bodemtype zijn ook de grondwaterkwaliteit en (variatie in) grondwaterstanden/peilen van invloed op de natuurtypen die tot ontwikkeling kunnen komen. Deze (geo)hydrologische aspecten maken geen onderdeel uit van dit bodemchemisch onderzoek maar worden door de opdrachtgever geïntegreerd in het uiteindelijke advies.

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 fosfaattoestand en de kansrijkdom qua bodemchemie. Ook andere factoren zoals het beschikbare budget, het ambitieniveau, het beheer, de hydrologische mogelijkheden en de ruimtelijke/landschappelijke waarden spelen een belangrijke rol. Wel vormen de resultaten van dit bodemchemische onderzoek een belangrijke basis voor het maken van goed onderbouwde keuzes die de kansen op een succesvolle herinrichting vergroten. 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 hydrologische systeem. Deze toetsing maakt geen onderdeel uit van het onderzoek.



Figuur 1.4. Luchtfoto met de begrenzing van het onderzoeksgebied in polder Westveen. Het noordelijke deel is reeds ingericht.

.....

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de problemen bij en kansen voor natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden en in hoofdstuk 3 worden de toepaste onderzoeksmethoden beschreven. In hoofdstuk 4 worden de resultaten van het bodemchemische onderzoek gepresenteerd. Dit omvat naast een beschrijving van de algemene bodemchemie en dieptegradiënten, een overzicht van de natuurpotenties en welke (inrichtings)maatregelen per locatie daarvoor nodig zijn. Tevens wordt ingegaan op de risico's op de uitspoeling van nutriënten naar het oppervlaktewater. De bevindingen worden geëxtrapoleerd naar een gebiedsdekkend advies (uitgezonderd de niet bemonsterde percelen) en nader toegelicht. Er is ook aandacht voor belangrijke aanvullende inrichtingsmaatregelen om tot een succesvolle gebiedsontwikkeling te komen. Hoofdstuk 5 bevat een overzicht van de gebruikte literatuur. De profielbeschrijvingen zijn opgenomen in Bijlage 1.

.....

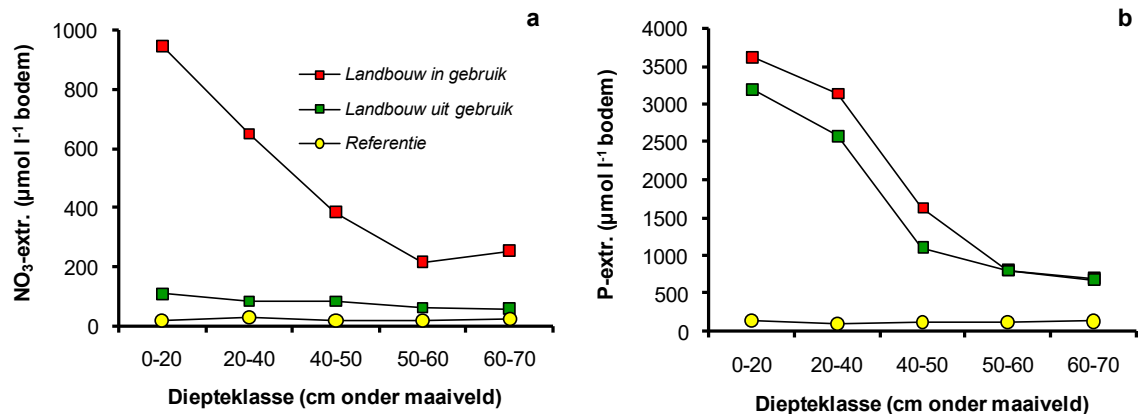
2. NATUURONTWIKKELING OP VOORMALIGE LANDBOUWGRONDEN

2.1 Inleiding

Als gevolg van het zeer intensieve gebruik van het agrarisch gebied in Nederland levert de omvorming van voormalige landbouwgronden tot voedselarme (natte) natuurgebieden vaak problemen op. Voor naar de ontwikkeling van natuurbeheertypen als nat schraalland (N10.01) of vochtig hooiland (N10.02) is een (matig) voedselarm milieu vereist. Wanneer er in de bodem een overmaat is aan alle voedingsstoffen gaan enkele snelgroeiende soorten (Gestreepte witbol, Gewoon struisgras, Akkerdistel, Witte klaver of Engels raaigras) overheersen en ontstaat een ruigtevegetatie. In vochtige tot natte fosfaatrijke terreindelen treedt vaak massale groei van *Pitrus* of algenbloei op (Figuur 2.1).



Figuur 2.1. *Pitrus*ontwikkeling en verruiging op (natte) voormalige landbouwgronden na het onvoldoende reduceren van de fosfaatvoorraad in de bodem. Foto's: Maarten Veldhuis en Mark van Mullekom.



Figuur 2.2. Nitraat- (a) en fosfaatconcentratie (b) op verschillende dieptes (in cm onder maaiveld) in de bodem van percelen in landbouwkundig gebruik, van percelen die sinds 5-10 jaar niet meer in landbouwkundig gebruik zijn en van natuurgebieden (referentie). Nitraat verdwijnt uit de bodem wanneer de bodem niet meer in landbouwkundig gebruik is doordat het uitspoelt naar het grondwater of wordt gedenitrificeerd. Het sterk in de bodem gebonden (immobiele) fosfaat verdwijnt echter niet op een natuurlijke wijze uit de bodem. Bron: Lamers e.a. (2009).

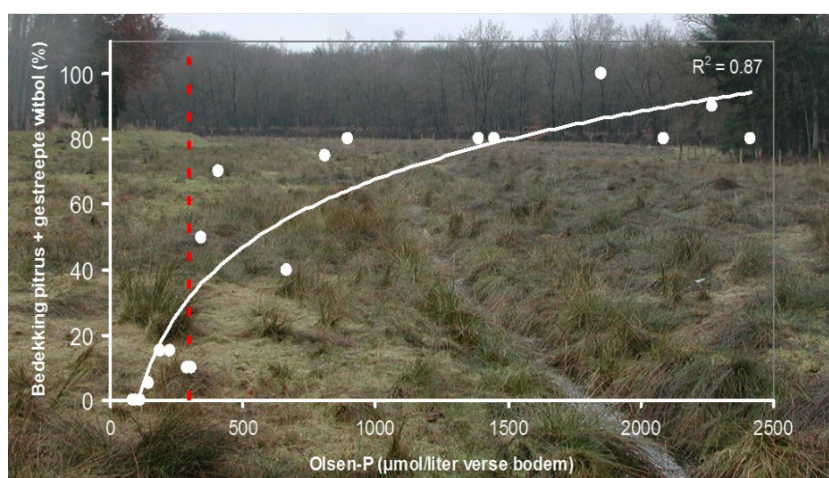
2.2 Belang fosfaatlimitatie en streefconcentraties

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

Na beëindiging van het agrarische gebruik neemt de stikstofbeschikbaarheid vaak sterk af als gevolg van nitraatsuitspoeling en denitrificatie (Figuur 2.2; Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006). Fosfor daarentegen wordt sterk in de bodem gebonden en de fosforbeschikbaarheid neemt na beëindiging van het agrarische gebruik niet sterk af (Figuur 2.2; Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2009). Het is daarom van belang om met maatregelen de beschikbaarheid van fosfor in de bodem te reduceren (zie paragraaf 2.4).

2.3 Streefconcentraties voor fosfaat

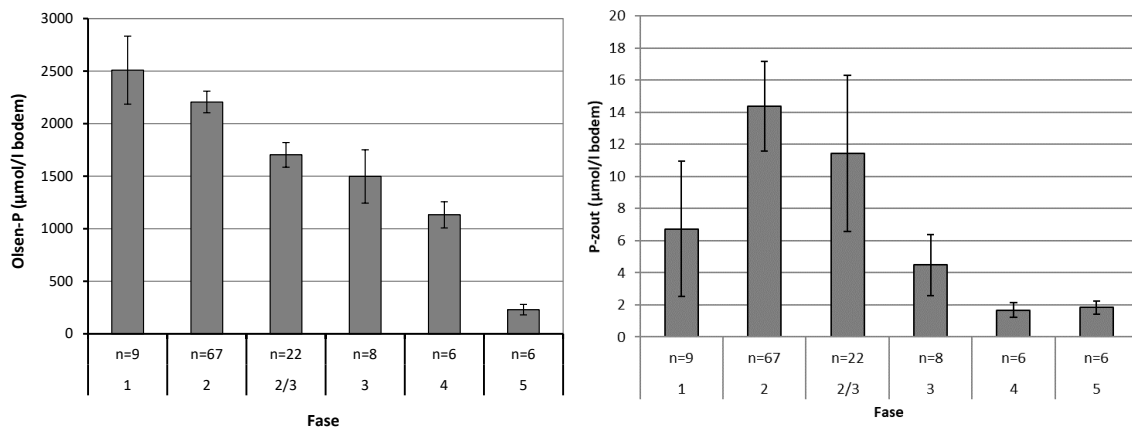
Een bruikbare streefconcentratie voor P-gelimeerde bodems is een Olsen-P concentratie (de voor planten beschikbare hoeveelheid fosfaat) van 200-350 micromol P per liter verse bodem (Figuur 2.3). Deze concentraties worden over het algemeen gemeten in soortenrijke vegetatietypen van voedselarme gronden. De Olsen-P concentraties in de toplaag van landbouwgronden liggen meestal echter ver boven de vereiste niveaus (Figuur 2.2; Lamers e.a., 2005; Smolders e.a. 2006; van Mullekom e.a. 2013). Daarnaast zijn de totaal-P concentraties van de bodems van belang. Uit de totale fosfaatvoorraad kan door bodemprocessen weer P vrijkomen in de plantbeschikbare P-fractie. IJzerrijke bodems en kleibodems zijn van nature vaak relatief rijk aan totaal-P. Dergelijke bodems binden namelijk zeer goed fosfaat. Aangezien het fosfaat ook voor een groot deel wordt geïmmobiliseerd, kan op dit soort bodems de P-beschikbaarheid toch relatief laag blijven. Wel zullen dan veelal wat minder schrale graslandtypen kunnen worden ontwikkeld, zoals Dotterbloemhooilanden, Glanshaverhooilanden en Kamgrasweiden. Voor dit soort vegetatietype kan een Olsen-P streefconcentratie worden gehanteerd van 500-900 micromol per liter verse bodem.



Figuur 2.3. Relatie tussen de concentratie Olsen-P in de bodem en de bedekking van ruigtesoorten Pitrus en Witbol (van Mullekom e.a., 2009).

.....

Wanneer de vereiste inrichtingsmaatregelen te ingrijpend of niet te realiseren zijn kan een lager ambitieniveau worden nagestreefd. Hierbij past bijvoorbeeld de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijke grasland. ‘Kruidenrijk grasland’ is een breed begrip waardoor er eigenlijk geen harde streefconcentratie voor te hanteren is. In dit onderzoek wordt gerekend met een indicatieve Olsen-P streefconcentratie van circa (900-)1200 $\mu\text{mol/l}$ verse bodem. Het kruidenpercentage zal waarschijnlijk al eerder toenemen wanneer niet meer wordt bemest (met P) en het maaien en afvoeren wordt voortgezet. De soortenrijkdom (ook paddenstoelen) neemt naar verwachting toe zodra de labiele P-fractie voldoende laag is ($P\text{-}z < 1\text{-}2 \mu\text{mol/l}$ bodem). Uit recent onderzoek blijkt dat op de meest waardevolle kruiden- en faunarijke graslanden ook de Olsen-P concentratie relatief laag is (Scherpenisse e.a., 2016).



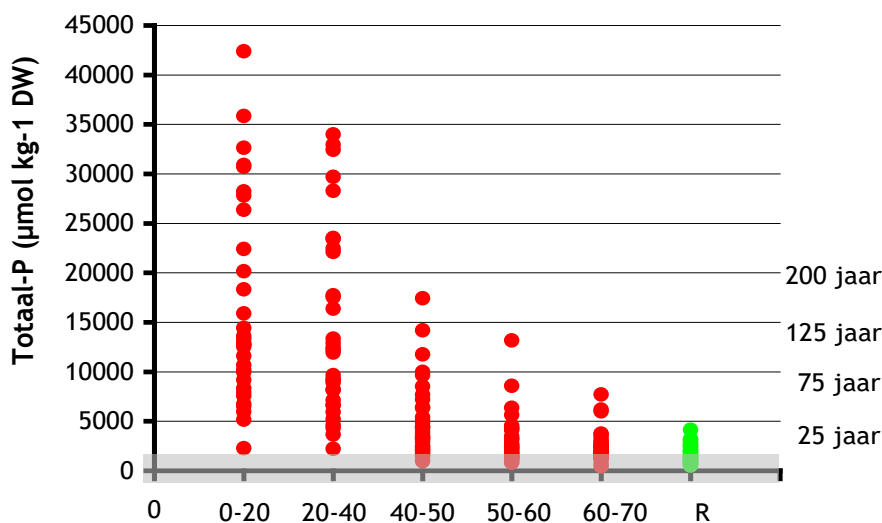
Figuur 2.4. Olsen-P (links) en P-z (rechts) concentratie in $\mu\text{mol/l}$ bodem van graslandpercelen in Overijssel ingedeeld per graslandfase naar Schippers e.a. (2012). Verklaring graslandfasen (van voedselrijk naar schraal): fase 1 = raaigraslanden, fase 2 = witbolgraslanden, fase 3 = gras-kruidenmix, fase 4 = kruidenrijk grasland en fase 5 = heischraal grasland. Bron: Scherpenisse e.a. (2016).

2.4 Verschralingsmaatregelen

Zoals beschreven in paragraaf 2.2 is het voor de ontwikkeling van soortenrijke vegetatietypen van belang om op voormalige landbouwgronden fosfaatgelimiteerde omstandigheden te creëren. In deze paragraaf wordt dan ook specifiek verschralingsmaatregelen gericht op fosfaat beschreven.

Begrazing

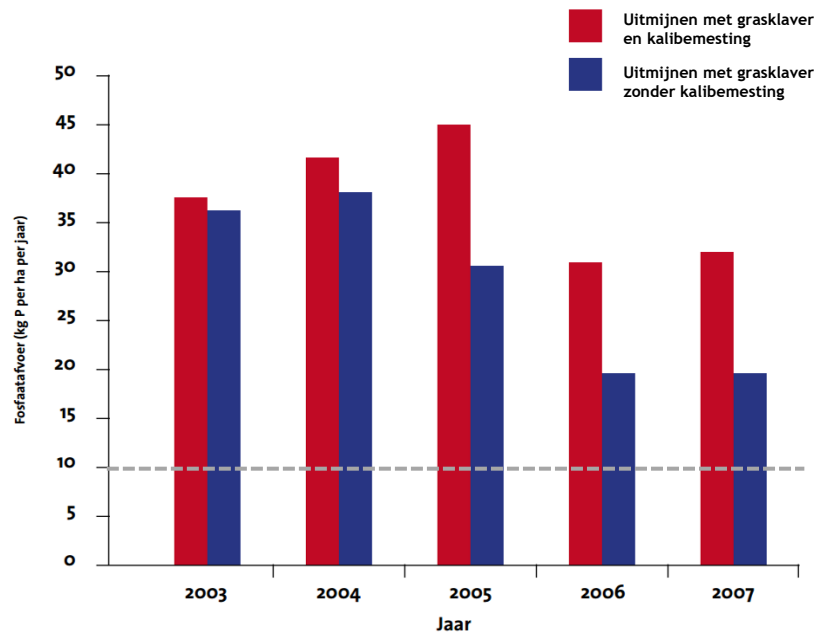
Bij extensieve begrazing wordt het fosfaat opgenomen door grazers, waarbij via mest en urine het fosfaat dan elders weer (gedeeltelijk) vrijkomt. De afvoer van fosfaat is, afhankelijk van de begrazingsvorm en het soort grazer, vaak relatief beperkt en leidt vooral tot een herverdeling van het fosfaat binnen het gebied. Daarnaast worden bepaalde soorten als Pitrus (*Juncus effusus*) bij voorkeur niet gegeten en door betreding ontstaan bovendien open plekken in de vegetatie waar Pitrus goed kan kiemen, waardoor de dominantie van deze soort alleen maar toeneemt (Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2009).



Figuur 2.5. Totaal-P concentraties in verschillende voormalige landbouwgronden (rood) en referentiegebieden (R, groen). Op de X-as wordt de diepte in cm weergegeven waarop de monsters zijn genomen. Het grijze gebied geeft de streefwaarde van 2500 µmol totaal-P per kilogram droge bodem. Rechts wordt het aantal jaren gegeven dat nodig is om de totaal-P waarden te laten dalen tot deze referentiewaarde door middel van maaien en afvoeren, aannemende dat er 10 kg P per hectare per jaar kan worden afgevoerd. Bron: Smolders e.a. (2006).

Maaien en afvoeren

Jaarlijks maaien en afvoeren levert is een reguliere maatregel om bestaande vegetatietypen in stand te houden. Nutriënten in het bovengrondse organisch materiaal, waaronder fosfaat, worden hierbij afgevoerd en dus uit het systeem onttrokken (Smolders e.a., 2006). Met maaien en afvoeren (1-2x per jaar) kan ca. 10 kg P/ha/jaar verwijderd worden. Bij landbouwgronden die intensief zijn bemest, is deze vorm van beheer echter niet afdoende om de hoeveelheid fosfaat in de bodem op korte termijn te verlagen (zeer kalkrijke bodems uitgezonderd). Het kan vele jaren duren, bij sterk bemeste percelen vaak tot 200 jaar, voordat zoveel fosfaat is verwijderd dat er sprake is van een P-gelimiteerde bodem (Figuur 2.5; Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2005). Verder is een mogelijk nadeel van maaien en afvoeren (en ook uitmijnen) dat doorgaans slechts de bovenste 25(-30) cm van de bodem wordt verschaald. Dit kan problemen opleveren in grondwatergevoede systemen met een relatief dikke (>40 cm) voedselrijke bouwvoor, waarbij fosfaat vanuit de diepere P-rijke bodem via het grondwater de toplaag van de bodem kan bereiken.



Figuur 2.6. 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 fosforpentoxyde (P_2O_5) per ha per jaar. Met jaarlijks eenmalig maaien en afvoeren kan een fosfaatafvoer van ca. 10 kg P per ha per jaar worden bereikt (grijze stippellijn). Bron: Timmermans & van Eekeren (2012; 2016).

Uitmijnen

Uitmijnen is een versterkte 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: 4 keer sneller dan met maaien en afvoeren) aan de bodem worden onttrokken (Timmermans & van Eekeren, 2012). Klaver houdt met haar stikstofbinding de productie gaande en kalibemesting wordt gebruikt om klaver optimaal te laten groeien. Ook met deze verschrallingsmaatregel kan het op voormalige landbouwgronden tientallen jaren duren voordat het gewenste verschrallingsniveau is bereikt (van Mullekom e.a., 2013).

Ontgronden

Bij ontgronden (toplaagverwijdering/maaiveldverlaging) worden enkele decimeters van de toplaag verwijderd (Smolders e.a., 2009). Voordat de toplaag afgegraven wordt, moet de diepte van het fosfaatfront bepaald worden (Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006; van Mullekom e.a., 2013). Deze diepte komt namelijk niet altijd overeen met de dikte van de bouwvoor (Smolders e.a., 2009). Fosfaat kan door uitspoeling namelijk dieper in de bodem terecht komen. Door middel van ontgroning kan een snelle verschralling plaatsvinden. Daarbij wordt ook meteen de afstand tot het grondwater verlaagd, wat positieve effecten kan opleveren (van Mullekom e.a., 2007; 2013).

.....

Potentiële nadelen van ontgronden zijn een aantasting van de geomorfologie van het gebied en dat de grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld te hoog kunnen worden. Andere nadelen van ontgronden die vaak genoemd worden zijn het verlies van bodemleven en de nog aanwezige zaadbank. In de toplaag van de bodem van intensief bemeste landbouwgronden is het bodemleven vaak sterk verstoord (zie o.a. Tsiafouli e.a., 2015; Bobbink e.a., 2016) en is geen vitale zaadbank van de oorspronkelijke vegetatie meer aanwezig (zie paragraaf 2.5), zodat deze verliezen over het algemeen beperkt zijn. Bij onvolledige ontgronding van de fosfaatrijke toplaag (zeker in combinatie met vernatting) kan alsnog verrijking met nutriënten plaatsvinden.

In het geval dat de natuurontwikkeling gepaard gaat met vernatting is het van belang om rekening te houden met veranderende redoxcondities (Smolders e.a., 2006). In de bodem zorgen geoxideerde ijzerverbindingen (ijzer(hydr)oxiden; roest) in belangrijke mate voor de vastlegging van fosfaat. Onder natte condities kan er geen zuurstof meer in de bodem doordringen waardoor geoxideerde ijzerverbindingen worden gereduceerd. Hierdoor neemt het fosfaatbindende vermogen van de bodem sterk af en kan fosfaat uit de bodem vrijkomen. Dit wordt versterkt onder sulfaatrijke omstandigheden. Zie paragraaf 4.4 voor meer specifieke informatie over het veenweidegebied. Beperkte (10-20 cm volstaat in veenweidegebieden) droogval van de toplaag van schraallanden in de zomermaanden is vaak essentieel voor de immobilisatie van fosfaat, de oxidatie van onder andere ammonium en sulfides, en de vegetatieontwikkeling. Het vrijkomen van fosfaat gaat onder natte omstandigheden sneller bij hoge (zomer)temperaturen dan bij lagere (winter)temperaturen.

2.5 Aanvullende (beheer)maatregelen

Op het moment dat een P-gelimiteerde uitgangssituatie is gecreëerd, is er vaak nog geen sprake van een gewenste vegetatieontwikkeling. Met name de zeldzame en bijzondere soorten (meestal tevens de doelsoorten) vestigen zich doorgaans niet of slechts na lange tijd. Op voormalige landbouwgronden is van de oorspronkelijke zaadbank meestal weinig meer over (Bekker e.a., 1997). Door de hoge nitraatconcentraties in deze bodems zijn de meeste zaden reeds gekiemd omdat nitraat werkt als kiemhormoon. De nog resterende zaadbank wordt vaak gedomineerd door zeer algemene soorten met een hoge zaadproductie, zoals Pitrus. Het uitzaaien van diasporen (zaden, sporen, stekken) via maaisel of plagsel van een geschikte referentievegetatie zal de ontwikkeling van de gewenste vegetatie sterk bevorderen (van Mullekom e.a., 2009; 2013). Wanneer plagsel wordt gebruikt voor herintroductie worden tevens mycorrhiza's (schimmels die planten helpen bij de opname van voedingsstoffen op voedselarme gronden) van de doelsoorten en andere essentiële bodem micro-organismen in het gebied geïntroduceerd (Bobbink e.a., 2016). Zonder introductie van doelsoorten is de kans op vestiging van deze soorten te verwaarlozen indien er geen bronpopulaties in de nabije omgeving aanwezig zijn (Klimkowska e.a., 2007).

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

3. VELDWERKZAAMHEDEN EN ANALYSES

3.1 Veldwerkzaamheden

Agrarische percelen

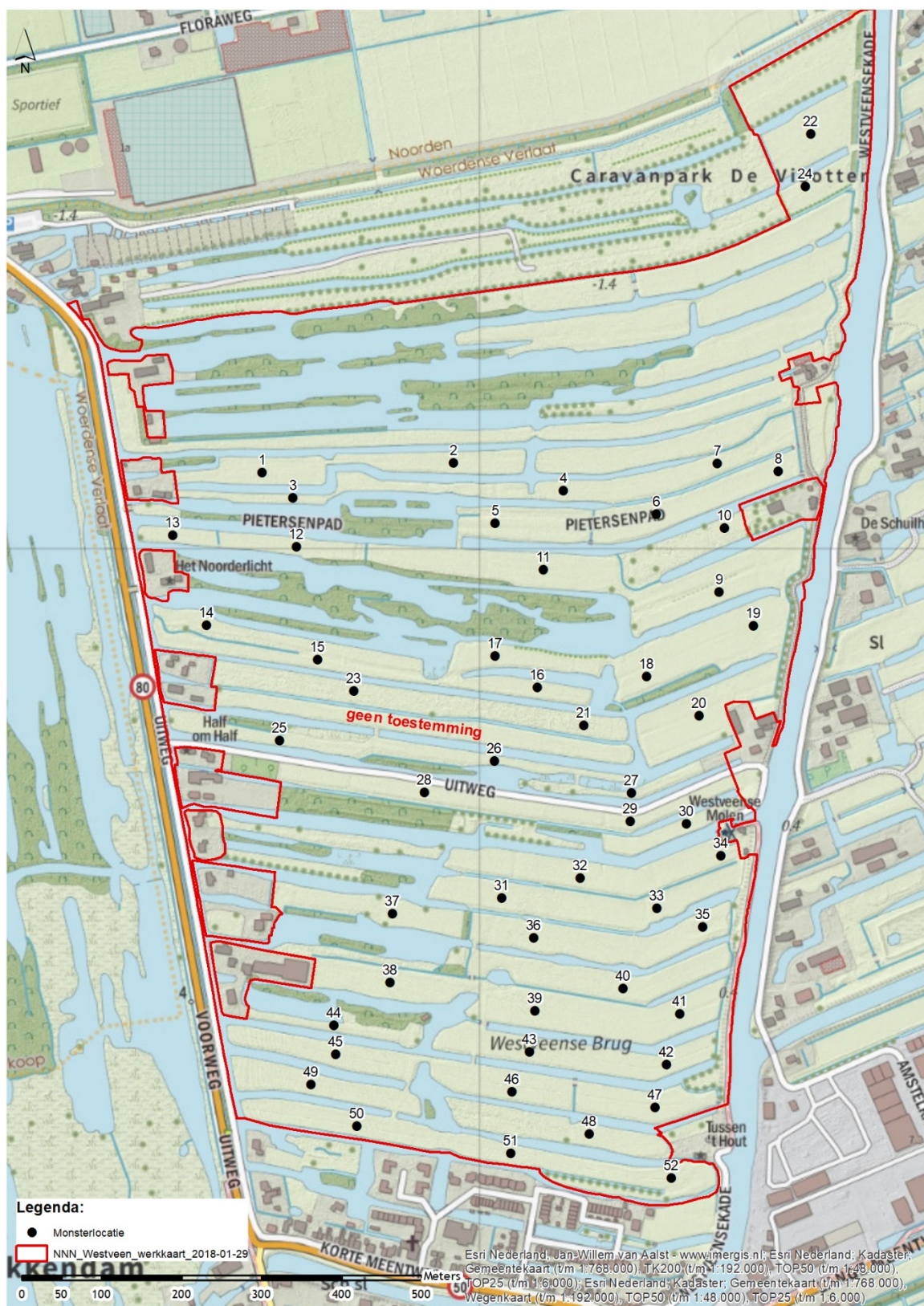
In overleg met de opdrachtgever werden 52 monsterlocaties (Figuur 3.2) vastgesteld op de voormalige landbouwgronden (Figuur 3.1). Van 6 t/m 9 augustus 2018 werden door de heer Jan Vermeer van Het Veldwerkbureau op deze locaties bodemonsters verzameld. Op basis van de bodemopbouw werden de exacte bemonsteringsdiepten vastgesteld. De bodem werd standaard op drie diepten bemonsterd:

- 0-20 cm-mv;
- 20-30 cm-mv;
- 30-40 cm-mv.

Lokaal is op basis van het aangetroffen bodemprofiel afgeweken van deze strategie. De bodemprofielen werden beschreven conform NEN5104 tot 100 cm-mv (Bijlage 1). Hierbij werden ook de (algemene) bodemhorizonten beschreven en de actuele grondwaterstand, GLG en GHG (indien waarneembaar in het profiel) genoteerd. In totaal werden 167 bodemonsters geselecteerd voor analyse.



Figuur 3.1. Enkele foto's van het onderzoeksgebied: locaties 7 (linksboven), 23 (rechtsboven), 35 (linksonder) en 47 (rechtsonder). Foto's: Het Veldwerkbureau, Jan Vermeer.



Figuur 3.2. Topografische kaart met de ligging van de onderzoeklocaties in polder Westveen.

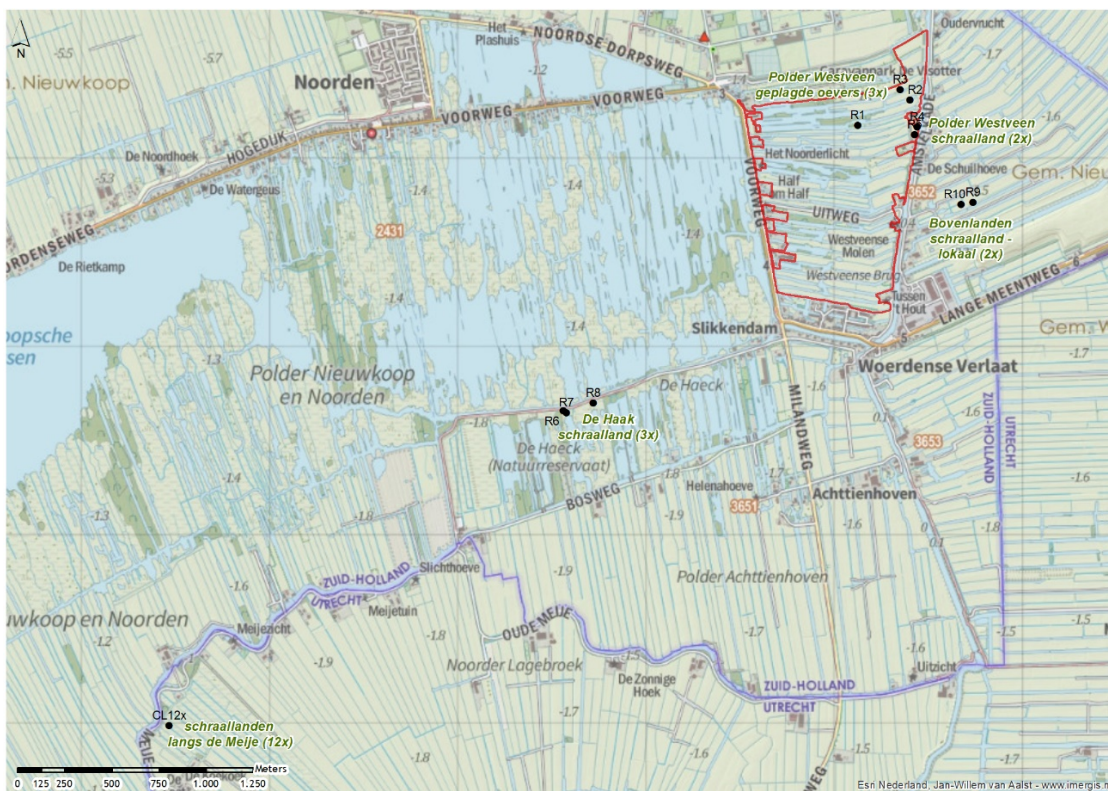
Tabel 3.1. XY-coördinaten, landgebruik (type: GS = grasland, BR = braak/bestaand natuurgebied), actuele grondwaterstand (GWS; 6-9 augustus 2018), gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) en gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG). Voor ligging van de locaties zie Figuur 3.2.

Nr	X	Y	Type	GWS	GLG	GHG	Nr	X	Y	Type	GWS	GLG	GHG
1	118727	464095	GS	75	60	30	27	119189	463694	GS	75	50	20
2	118966	464108	GS	75	60	20	28	118930	463695	GS	90	75	30
3	118765	464064	GS	70	65	20	29	119187	463659	GS	80	70	30
4	119104	464073	GS	75	70	25	30	119258	463656	GS	80	70	40
5	119018	464032	GS	75	70	30	31	119027	463563	GS			
6	119220	464043	GS	75	70	25	32	119125	463588	GS	80	70	30
7	119296	464107	GS	70	60	20	33	119221	463550	GS	90	80	40
8	119372	464097	GS	70	65	20	34	119301	463616	GS	90	80	40
9	119298	463946	GS	70	60	20	35	119278	463527	GS	90	80	30
10	119304	464024	BR	90	90	50	36	119067	463513	GS	80	70	30
11	119079	463974	GS	60	55	15	37	118890	463544	GS	80	80	30
12	118770	464003	GS	55	50	10	38	118887	463457	GS	80	70	30
13	118615	464017	GS	60	50	10	39	119068	463422	GS	80	70	20
14	118658	463904	GS	60	60	20	40	119179	463450	GS	80	70	30
15	118796	463861	GS	55	50	15	41	119250	463418	GS			
16	119072	463827	GS	60	50	20	42	119233	463355	GS	80	60	20
17	119018	463866	GS	60	60	15	43	119062	463371	GS	75	60	20
18	119208	463840	GS	70	70	30	44	118817	463404	GS	70	70	30
19	119341	463903	GS	70	60	3	45	118819	463367	GS	80	70	30
20	119274	463792	GS	90	70	30	46	119040	463321	GS	75	70	30
21	119129	463779	GS	60	50	10	47	119219	463301	GS	70	50	20
22	119413	464519	GS	100	90	60	48	119136	463268	GS	80	70	30
23	118841	463822	GS	65	60	20	49	118788	463330	GS	80	60	30
24	119406	464453	GS	90	80	50	50	118845	463278	GS	80	60	30
25	118748	463760	GS	75	65	30	51	119038	463244	GS	90	80	40
26	119017	463735	GS	75	60	15	52	119239	463213	GS	90	80	40

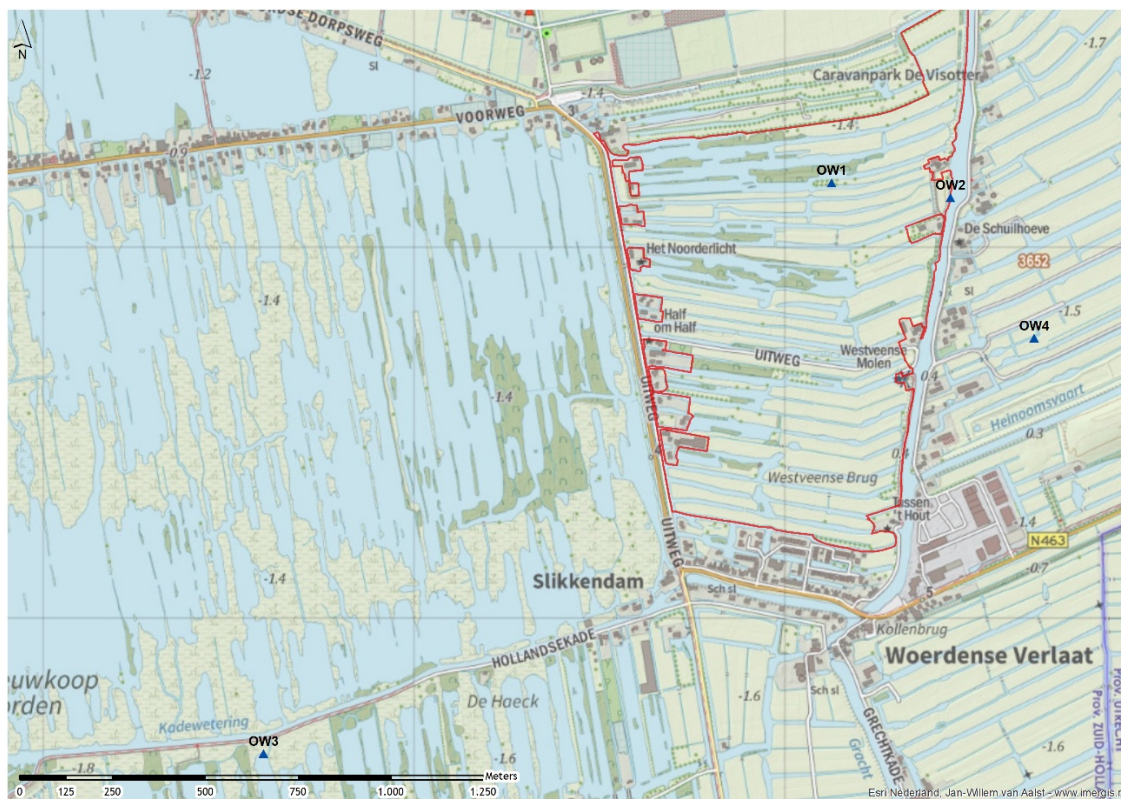
Referentielocaties

Op 21 augustus 2018 werden door B-WARE bodemonsters verzameld van de toplaag (0-15 cm-mv) op 10 referentielocaties (voor ligging zie Figuur 3.3 en Tabel 3.2 voor een beknopte omschrijving). In polder Westveen zijn in het verleden al een aantal percelen heringericht door de slootoevers te plaggen voor de ontwikkeling van vochtig hooiland. Hier werd op een drietal locaties (R1 t/m R3) de toplaag van de bodem in de plagstrook en in het niet-geplagde deel van het perceel bemonsterd. Op locatie R2 werd aanvullend ook het beheerpad (midden van het perceel dat is opgehoogd met het afgeplagde veen) bemonsterd. Lokaal werden hier restanten van glas, plastics, aardewerk aangetroffen. In polder Westveen werd ook de toplaag van de bodem op twee locaties in een nat schraalland langs de Kromme Mijdsrecht bemonsterd (R4 en R5). In de Haeck werd op drie locaties de toplaag van de bodem in nat schraalland bemonsterd (R6 t/m R8). Tenslotte werden in de Bovenlanden (natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden) twee locaties (lokale plagplekken) met nat schraalland bemonsterd (R9 en R10). Ook werd op vier locaties een monster van het oppervlaktewater genomen (Tabel 3.3 en Figuur 3.4). In Figuur 3.5 staan foto's van de verschillende referentielocaties gegeven.

Als aanvulling op deze referentielocaties werden bodemchemische data van de referentielocaties in schraallanden naast de Meije meegenomen. In het kader van een onderzoek naar herfst- en winterinundatie als herstelmaatregel in verzuurde/verdroogde blauwgraslanden langs de Meije, werden in juni 2014 (nulmeting) bodemonsters van de toplaag (0-15 cm-mv) verzameld op 12 locaties (controleproefvlakken: C1 t/m C6 en inundatieproefvlakken: I1 t/m I6).



Figuur 3.3. Overzicht van de referentielocaties (R1 t/m R10) in polder Westveen (R1 t/m R5), de Haack (R6 t/m R8), de Bovenlanden (R8 en R9) en de schraallanden langs de Meije (C1 t/m C6 en I1 t/m I6; niet alle locaties op de kaart weergegeven).



Figuur 3.4. Overzicht van de ligging van de oppervlaktewaterlocaties OW1 t/m OW4 in polder Westveen en omgeving.

Tabel 3.2. Beknopte beschrijving van de referentielocaties (R1 t/m R10, C1-6 en I1-6). Voor meer informatie over de referenties langs de Meije zie van den Broek & Smolders (2018).

Code	Deelgebied	X	Y	Omschrijving	Dominante soorten
R1A	Westveen	119125	464174	Geplagde oever	Rolklaver, moerasvergeet-mij-nietje, grote kattenstaart
R1B	Westveen	119125	464174	Niet geplagde deel perceel	Engels raaigras, zuring
R2A	Westveen	119403	464309	Geplagde oever	Rolklaver, grote kattenstaart,
R2B	Westveen	119402	464302	Opgehoogd deel (rug) perceel	Ridderzuring, zachte duizendknoop, brandnetel, witte dovenetel (ruige hoge vegetatie)
R2C	Westveen	119402	464290	Niet geplagde deel perceel	Engels raaigras, zuring
R3A	Westveen	119350	464362	Geplagde oever	Gele lis, watermunt, rolklaver, grote kattenstaart, zuring
R3B	Westveen	119350	464362	Opgehoogd deel (rug) perceel	Ridderzuring, brandnetel, zachte duizendknoop, perzikkruid (ruige hoge vegetatie)
R4	Westveen	119442	464164	Nat schraalland	Recent gemaaid
R5	Westveen	119428	464125	Nat schraalland	Recent gemaaid
R6	De Haeck	117560	462657	Nat schraalland	Blauwe knoop, veldrus, veenmos, blauwe zegge, tormentil, pijpenstrootje (zeer droog)
R7	De Haeck	117577	462648	Nat schraalland	Zuurder stuk met veel veenmos en pijpenstrootje (zeer droog)
R8	De Haeck	117719	462700	Nat schraalland	Rood schorpioenmos, veenmos, veenpluis, pijpenstrootje, tormentil (zeer droog)
R9	De Bovenlanden	119738	463764	Nat schraalland	Blauwe knoop, spaanse ruiter, zeggen, riet, wilg, pitrus, smalle weegbree
R10	De Bovenlanden	119674	463754	Nat schraalland	Klokjesgentiaan, veel zeggen, watermunt, veldrus, grote ratelaar, wilg
C1-C6	De Meije	115466	460986	(Verzuurd) blauwgrasland	Blauwe zegge, pijpenstrootje, moerasstruisgras, veenmos (voor vegetatieopnamen zie van den Broek & Smolders (2018))
I1-I6	De Meije	115466	460986	(Verzuurd) blauwgrasland	Blauwe zegge, pijpenstrootje, moerasstruisgras, veenmos (voor vegetatieopnamen zie van den Broek & Smolders (2018))

Tabel 3.3. Beknopte beschrijving van de locaties (OW1 t/m OW4), waar oppervlaktewatermonsters werden verzameld en geanalyseerd.

Code	Deelgebied	X	Y	Omschrijving
OW1	Polder Westveen	119125	464174	Sloot bij locatie R1
OW2	Polder Westveen	119445	464134	Kromme Mijdrecht
OW3	De Haeck	117593	462635	Laagveenplas in de Haeck
OW4	De Bovenlanden	119671	463755	Sloot bij locatie R10



R1A en OW1

R1A-detail



Overzicht R2



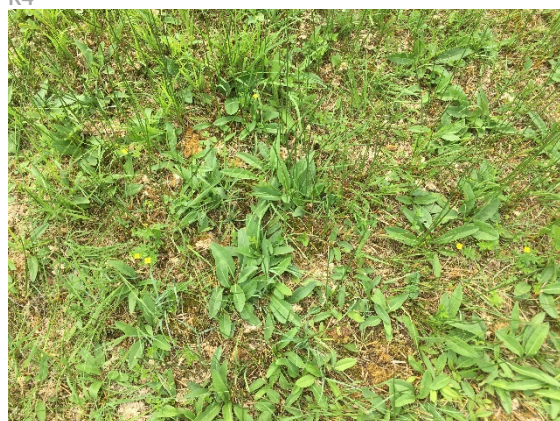
Overzicht R3



R4



R5



R6-detail



R7-detail

Figuur 3.5. Foto's van bodem- en oppervlaktewaterreferentielocaties. Foto's: Hilde Tomassen.



Vervolg Figuur 3.5. Foto's van bodem- en oppervlaktewaterreferentielocaties. Foto's: Hilde Tomassen.

3.2 Analyses

Bodemanalyses

Per bodemonmonster werden vervolgens de volgende variabelen bepaald:

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

Voor een selectie van 88 bodemmonsters en de referentiemonsters werden aanvullend de volgende variabelen bepaald:

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

Vochtpercentage, organische stofconcentratie en bodemdichtheid

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

Olsen-extractie

Aan de hand van een Olsen-extractie kan de concentratie plantbeschikbaar fosfaat worden bepaald. Hiertoe werd aan 3 gram fijn gemalen droog bodemmateriaal 60 ml 0,5 mol l⁻¹ natriumbicarbonaat (NaHCO₃) toegevoegd. De pH van het extractiemedium werd op pH 8,4 gesteld met behulp van NaOH. Gedurende 30 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (105 rpm) waarna het supernatant onder vacuüm werd verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars. Het extract werd bewaard bij 4 °C tot verdere analyse op de ICP-OES.

Bodemdestructie

Door de bodem en plantmateriaal te destrueren (ontsluiten) is het mogelijk de totale concentratie van bijna alle elementen in het materiaal te bepalen. Hiervoor werd 200 mg fijn gemalen bodemmateriaal nauwkeurig afgewogen en in teflon destructievaatjes overgebracht. Aan het bodemmateriaal werd 5 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO₃, 65%) en 2 ml waterstofperoxide (H₂O₂ 30%) toegevoegd, waarna de vaatjes in een destructie-magnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega of Ethos Easy) werden geplaatst. De monsters werden vervolgens gedestruëerd in gesloten teflon vaatjes. Na destructie werd het destruaat nauwkeurig overgebracht in 100 ml maatcilinders en aangevuld tot 100 ml met demiwater. De destruaat werd bewaard bij 4 °C tot verdere analyse op de ICP-OES.

Zoutextractie (NaCl-extractie)

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

.....

Wateranalyses

De pH van het oppervlaktewater 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 alkaliniteit werd bepaald door een deel van het monster te titreren met verdund zoutzuur tot pH 4,2. De toegevoegde hoeveelheid equivalenten zuur per liter is hierbij de alkaliniteit. De EGV werd bepaald met een HACH EGV-probe verbonden met een HQD-meter. De turbiditeit werd bepaald met een Dentan Turbidimeter (model FN-5). 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) werden bepaald met behulp van een Inductively Coupled Plasma Spectrofotometer (ICP-OES, ICAP 6300, Thermo Fisher Scientific of, ARCOS MV, Spectro). De concentraties nitraat (NO₃⁻), ammonium (NH₄⁺) en fosfaat (PO₄³⁻) werden colorimetrisch bepaald met een Seal auto-analyser III met behulp van resp. salicylaatreagens, hydrazinesulfaat en ammoniummolybdaat/ascorbinezuur. Chloride (Cl⁻) werd colorimetrisch bepaald met een Bran+Luebbe auto-analyser III systeem met behulp van mercuritiocyanide. Natrium (Na⁺) en kalium (K⁺) werden vlamfotometrisch bepaald met een Sherwood Model 420 Flame Photometer.

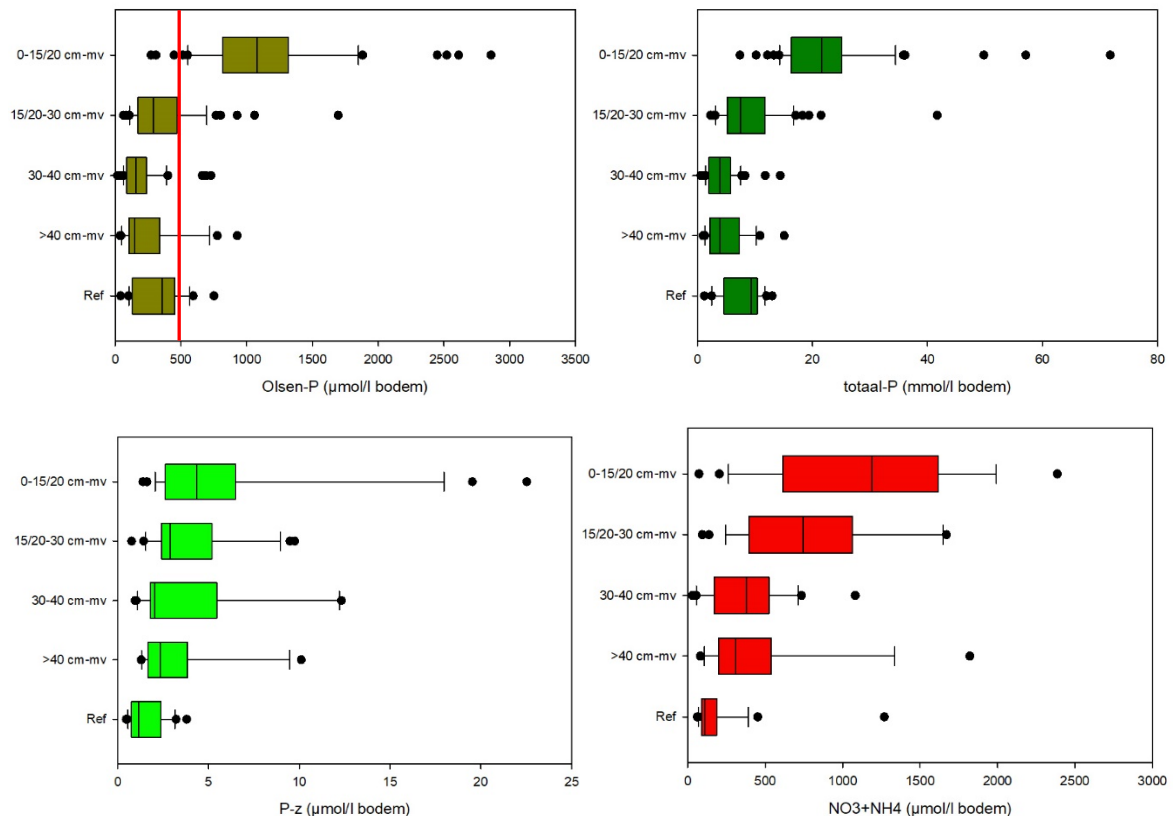
.....

4. NATUURONTWIKKELINGSMOGELIJKHEDEN PER DEELGEBIED

4.1 Bodemopbouw en algemene bodemchemie

Bodemopbouw, fosfaatconcentraties en -immobilisatie

Op de meeste locaties in het onderzoeksgebied is sprake van een venige kleilaag of kleiige veenlaag als toplaag (lokaal zandig), variërend in dikte (Bijlage 1; overwegend circa 20-30 cm), op veraard veen met daaronder meer intact veen. Op acht locaties is een venige toplaag aanwezig (Bijlage 1). De GLG, de gemiddeld laagste grondwaterstand (op basis van het bodemprofiel), bedraagt circa 50-80 cm-mv (gemiddeld 66 cm-mv). De GHG, de gemiddeld hoogste grondwaterstand, is overwegend 10-40 cm-mv (gemiddeld 27 cm-mv). Deze inschattingen op basis van o.a. reductie- en oxidatiekenmerken in het bodemprofiel kunnen afwijken van de daadwerkelijke grondwaterstanden.



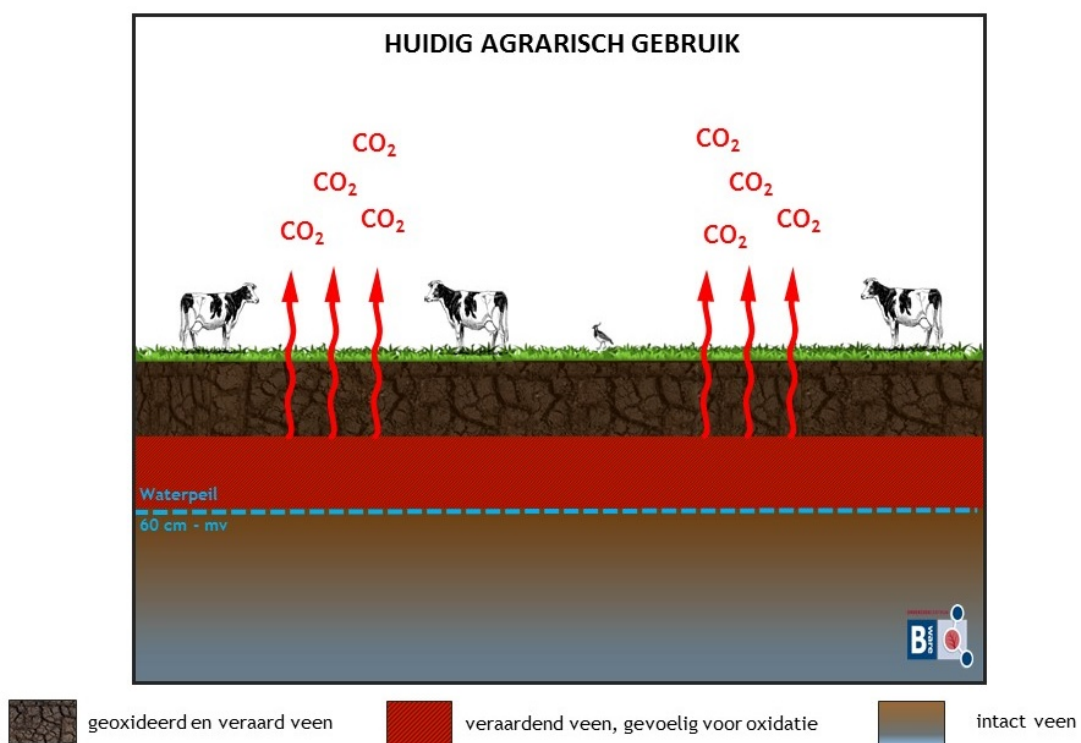
Figuur 4.1. Boxplots van de Olsen-P (linksboven), totaal-P (rechtsboven), P-z (linksonder) en nitraat+ammonium (rechtsonder) concentratie uitgedrukt per liter bodem in polder Westveen. In de Boxplot is onderscheid gemaakt tussen de verschillende bemonsterde bodemlagen: toplaag van de bodem (0-15/20 cm -mv; n=52), 15/20-30 cm-mv (n=52), 30-40 cm-mv (n=41) en >40 cm-mv (n=22). De metingen zijn weergegeven ten opzichte van metingen in de toplaag (0/10-15 cm-mv) van de bodem op de goed ontwikkelde referentielocaties (Ref, n=22). De Box geeft het bereik tussen het 25^e en 75^e percentiel weer. De Whiskers (verticale lijnen) geven het bereik tussen het 10^e en 90^e percentiel. De verticale streep in de box geeft de mediane waarde van de metingen weer. De stippen geven de uitschieters weer. In de Olsen-P boxplot is door middel van een rode lijn de globale grenswaarde weergegeven voor nat schraalland (< 500 µmol/l; optimaal <100-300 µmol/l).

Het onderscheid tussen venige klei, kleilig veen en veen is in het veld, mede door de mate van veraardheid van het veen, niet altijd goed te maken. Doordat enkele karakteristieke parameters onderscheidend zijn, wordt dit ondervangen. Dit wordt later nader toegelicht.

Een lage fosfaatbeschikbaarheid biedt, zoals beschreven in hoofdstuk 2, goede kansen voor de ontwikkeling van voedselarme, soortenrijke natte schraallanden en vochtige hooilanden. In dit onderzoek worden de volgende streefconcentraties gehanteerd:

- Nat schraalland: (<)100 tot 300 (optimaal) tot 500 (acceptabel) $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P;
- Vochtig hooiland op venige bodem: (<)500 (optimaal) tot 800 (acceptabel, mogelijk beperkt aanvullend verschrallingsbeheer vereist) $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P;
- Kruiden- en faunarijkgasland: (<)1000 tot 1200 (soortenrijk) tot >1200 (afnemende soortenrijkdom) $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P.

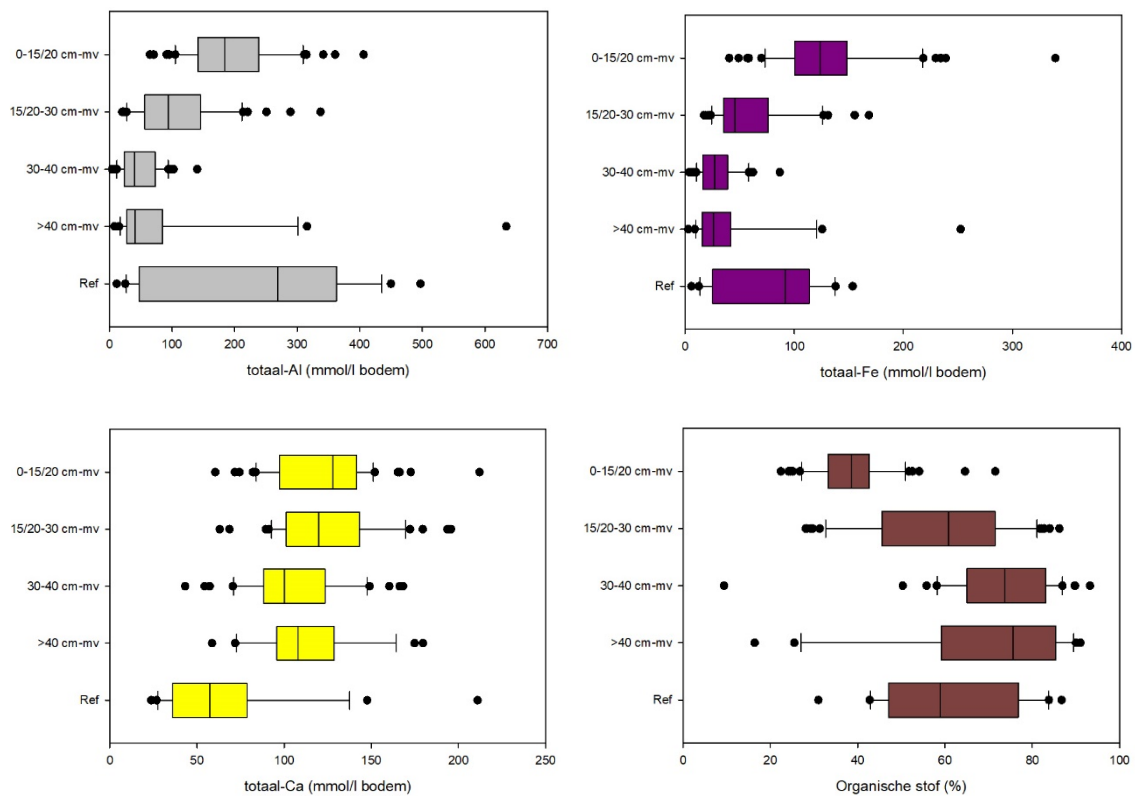
Als gevolg van het landbouwkundig gebruik (bemesting) en de historische oxidatie van het veen zijn de concentraties totaal-P (gemiddeld 23 mmol/l) en voor planten beschikbaar P, de Olsen-P concentratie (gemiddeld 1140 $\mu\text{mol/l}$) in de toplaag, (lokaal fors) hoog wanneer deze worden vergeleken met de referentiemetingen en de aangegeven streefconcentraties (Figuur 4.1). De Olsen-P en totaal-P concentraties zijn daarbij wel gemiddeld fors lager in de bodemlagen onder de toplaag van 20 cm; ca. 290 μmol Olsen-P/l en ca. 7 mmol totaal-P/l (Figuur 4.1). De uitspoeling naar diepere bodemlaag is relatief beperkt gebleven. Dit is positief voor de beoogde natuurontwikkeling. De labiel-P concentraties zijn relatief laag (<5-7 $\mu\text{mol/l}$), maar wel het hoogste in de toplaag (Figuur 4.1). Ook de stikstofconcentraties zijn het hoogste in de toplaag, waarschijnlijk als gevolg van bemesting en oxidatie van het veen. Beiden nemen af in de diepte.



Figuur 4.2. Schematisch overzicht van het landbouwkundig gebruik in het veenweidegebied. Bron: Bas van de Riet & Fons Smolders (ongepubliceerd).

Hoge ammonium- of nitraatconcentraties zijn niet gewenst maar minder problematisch voor de beoogde natuurontwikkeling. Nitraat is, in tegenstelling tot fosfaat, relatief mobiel en zal als gevolg van uitspoeling en denitrificatieprocessen op een natuurlijke manier uit het systeem verdwijnen (zie ook Figuur 2.2).

Als gevolg van drooglegging van percelen in het veenweidegebied wordt onder invloed van zuurstof organisch materiaal (veen) onder de veraarde toplaag geoxideerd/afgebroken (Figuur 4.2). Hierbij wordt het veen deels omgezet in koolstofdioxide (CO_2), waardoor veenoxidatie niet alleen leidt tot bodemdaling maar ook sterk bijdraagt aan het broeikas effect. De kleideeltjes die in het veen aanwezig zijn blijven achter en accumuleren in de veraarde toplaag. In West-Nederland kan het veen vanwege de voormalige invloed van de zee (overstromingen en brakke/zoute kwel) rijk zijn aan gereduceerd zwavel. Dit gereduceerde zwavel komt na oxidatie vrij als sulfaat. Sulfaat is zeer mobiel en kan gemakkelijk uitspoelen uit de bodem. Daarnaast komt er ook gereduceerd ijzer vrij dat oxideert tot zeer slecht oplosbare ijzer(III)hydr)oxiden. Deze accumuleren in de toplaag van de bodem.

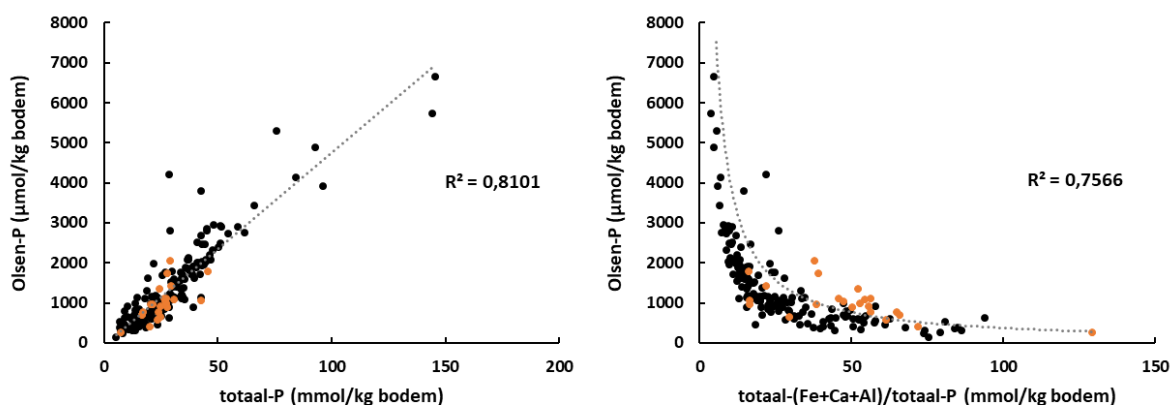


Figuur 4.3. Boxplots van de totaal-Al, totaal-Fe, totaal-Ca concentratie (uitgedrukt per liter bodem) en het percentage organische stof in polder Westveen. Voor nadere uitleg van de boxplots zie het bijschrift van Figuur 4.1.

Onder invloed van oxidatieprocessen wordt de toplaag van de veenbodems daarmee dus steeds armer aan zwavel en organisch materiaal, en relatief rijker aan ijzer en aluminium. Dit is ook goed zichtbaar in de chemische diepteprofielen in polder Westveen (Figuur 4.3). Verder komen bij de afbraak van het organische materiaal natuurlijk ook nutriënten vrij, met name in de vorm van fosfor en ammonium (dit ammonium wordt omgevormd tot nitraat). De bij de oxidatie gevormde ijzer(hydr)oxides kunnen erg goed fosfor binden. Het fosfor dat vrijkomt bij de mineralisatie van

het veen of via bemesting is daarmee weinig mobiel en hoopt op in de geoxideerde veraarde toplaag.

In polder Westveen nemen de totaal-P concentraties en Olsen-P concentraties over het algemeen af in de diepte (Figuur 4.1). Ook de spreiding in de correlatie tussen de Olsen-P en totaal-P concentraties (Figuur 4.4) is, op enkele afwijkende punten, redelijk klein wat duidt op een beperkte variatie in de beschikbare fosfaatfractie. Het aanwezige verschil kan veroorzaakt worden door verschillen in historische veenoxidatie en grondgebruik (bemestingsintensiteit). Een verschil in bodemchemie (variatie in ijzer- of calciumconcentraties) kan eveneens leiden tot variatie in P-beschikbaarheid.



Figuur 4.4. Correlaties tussen P-gerelateerde bodemchemische parameters in de agrarische graslanden in polder Westveen (zwarte stippen) en de referentielocaties (oranje stippen).

De Olsen-P concentratie wordt namelijk niet alleen bepaald door de totaal-P concentratie van de bodem, maar ook door de mate van binding in de bodem aan ijzer, calcium of aluminium. Fosfor wordt in bodems zeer effectief geïmmobiliseerd door adsorptie aan ijzer(hydr)oxiden en door de vorming van ijzerfosfaat zouten zoals $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$ (onder anaerobe condities) en FePO_4 onder aerobe condities. Voor de P-immobiliserende werking van calcium is de vorming van relatief slecht oplosbare calciumfosfaat complexen verantwoordelijk. Dit calcium gebonden-P komt slechts zeer langzaam vrij door verweringsprocessen. Ook klei (aluminium is indicatief voor het lutumpercentage) is een sterke P-binder. De calcium-, aluminium- en ijzerconcentraties in de bodem kunnen de beschikbaarheid van fosfaat dus sterk beïnvloeden. In Figuur 4.4 zijn deze correlaties weergegeven. Op plaatsen waar de bodem rijk is aan ijzer, calcium en aluminium blijft de P-beschikbaarheid voor planten doorgaans laag: een grotere P-bindingscapaciteit kan leiden tot betere P-immobilisatie en daarmee tot een lagere Olsen-P concentratie van de toplaag. Door de aanwezigheid van ijzer-gebonden fosfor is de bodem gevoelig voor P-mobilisatie (interne eutrofiëring) wanneer de toplaag onvoldoende droogvalt in de zomerperiode.

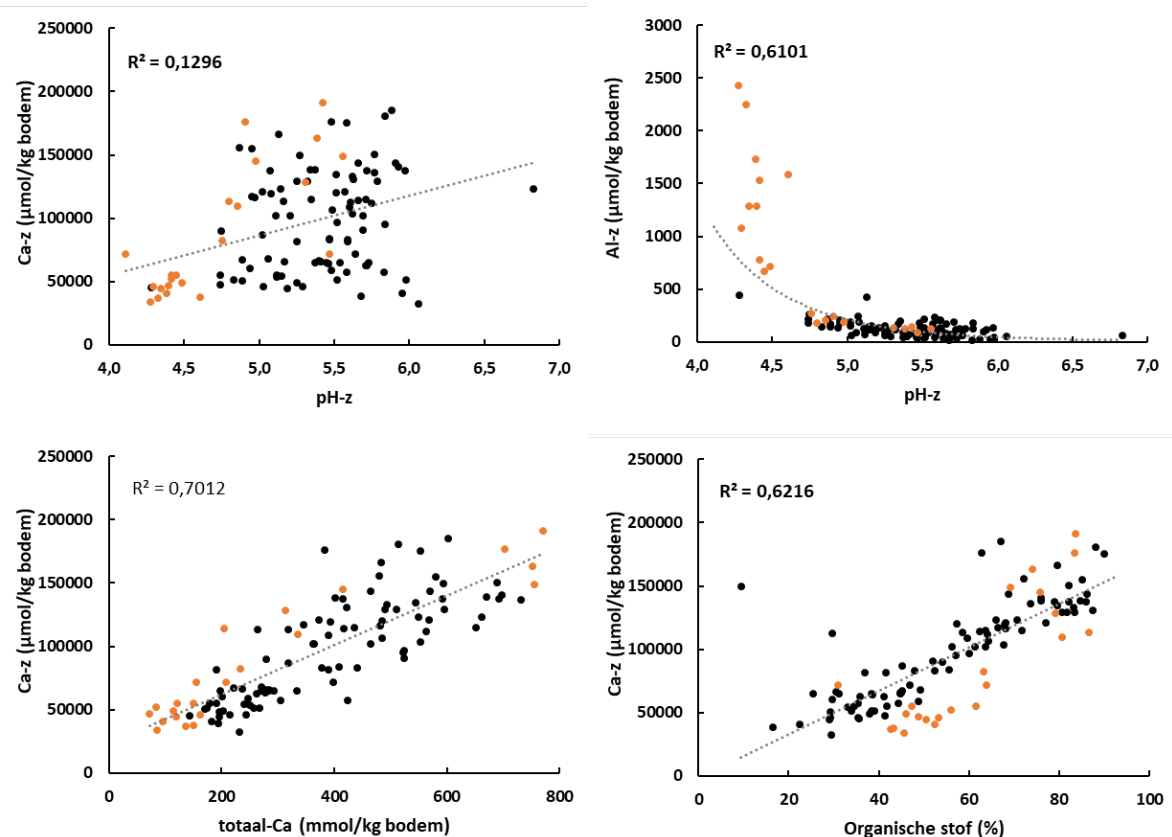
Zuurbuffering

Behalve de nutriëntenbeschikbaarheid is de zuurgraad van de bodem in belangrijke mate sturend voor de vegetatieontwikkeling. De buffercapaciteit geeft de mate aan waarin een bodem in staat is te compenseren voor veranderingen in zuurconcentraties. De pH-zout van de bodems varieert van circa 4-6 (Figuur 4.5). Bij bodem-pH waarden hoger dan pH 6,2 hebben we te maken met

(bi)carbonaatbuffering. Wanneer in de bodems geen carbonaat meer aanwezig is, komt de bodem in het kation-uitwisselings-buffertraject terecht. Dit buffertraject bevindt zich globaal tussen een pH van 4,5 en 6,5. Bij een pH lager dan 4,5 komt de bodem in de aluminiumbufferrange, waarbij aluminiumhydroxiden in oplossing gaan. Een zoutextract geeft een beeld van de hoeveelheid uitwisselbare kationen in de bodem. De aluminium- en calciumconcentraties in het zoutextract geven dan ook een indicatie van de werkzame buffermechanismen in de bodem.

Uit Figuur 4.5 blijkt dat de aluminiumconcentratie in het zoutextract toeneemt naarmate de pH lager wordt. Dit komt omdat aluminiumhydroxiden in oplossing gaan bij een lage bodem pH. Als de basische kationen (Ca^{2+} , Mg^{2+} en K^+) zijn vervangen door zuurionen (H^+), neemt de concentratie zuurionen in het bodemvocht toe en daalt de pH.

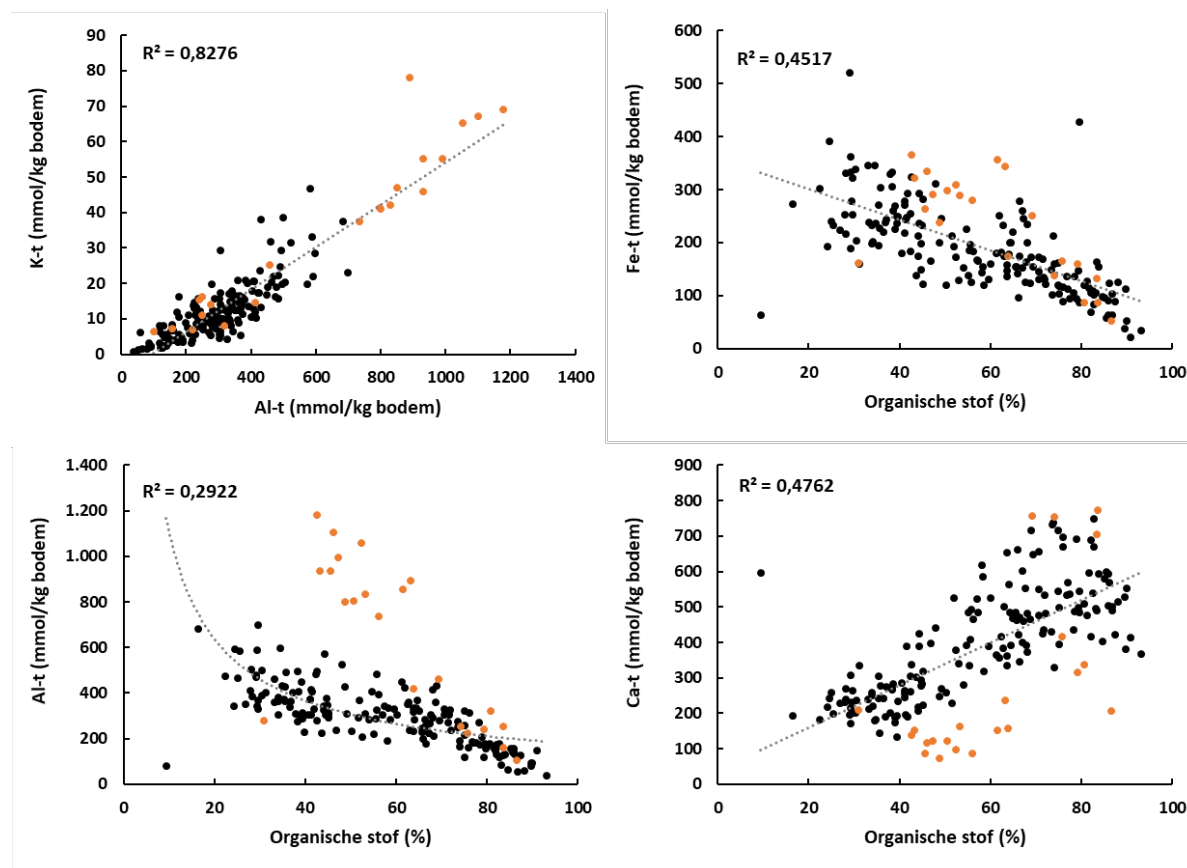
De calciumconcentraties in het zoutextract correleren goed met de totaal-calcium concentraties (Figuur 4.5). De bodems zijn overwegend zeer goed gebufferd met een Ca-z concentratie van circa 50.000-170.000 $\mu\text{mol/l}$ (uitgedrukt per kg bodem zijn de concentraties hoger; Figuur 4.5). De (uitwisselbare) calciumconcentraties zijn in grote mate bepalend voor de natuurtypen die tot ontwikkeling kunnen komen (zie paragraaf 4.3).



Figuur 4.5. Correlaties tussen zuurbuffering-gerelateerde bodemchemische parameters in de agrarische graslanden in polder Westveen (zwarte stippen) en de referentielocaties (oranje stippen).

Chemische bodemtypering

Het feit dat de toplaag van de bodems in polder Westveen en op de referentielocaties overwegend kleilig (lokaal sterk humeus) is, blijkt uit het feit dat de totaal-aluminiumconcentratie van de bodems gecorreleerd is met de totaal-kaliumconcentratie (Figuur 4.6).



Figuur 4.6. Correlaties tussen de totaal-Al en totaal-K concentratie van de bodems (linksboven), tussen het percentage organische stof en de totaal-Fe concentratie van de bodems (rechtsboven), tussen het percentage organische stof en de totaal-Al concentratie van de bodems (linksonder) en tussen het percentage organische stof en de totaal-Ca concentratie van de bodems (rechtsonder). De zwarte stippen zijn de agrarische bodems uit polder Westveen en de oranje stippen zijn de referentielocaties.

In lutumdeeltjes komen aluminium en kalium in een vaste verhouding voor, waardoor deze correlatie wordt verklaard. De gemeten aluminiumconcentratie in de destructieanalyse is dan ook een indicatieve parameter voor de lutumfractie van de bodems in het onderzoeksgebied. Figuur 4.6 laat zien dat het organisch stofgehalte negatief gecorreleerd is met de totaal-Al concentratie: bodems die minder organische stof bevatten door de historische oxidatie van veen als gevolg van de eeuwenlange ontwatering zijn rijker aan aluminium en ijzer omdat deze elementen ophopen in de ingeklonken/afgebroken bodems. De calciumgehalten zijn lager omdat de zuurproductie door de oxidatieprocessen leidt tot het oplossen van kalk en de desorptie van calcium waardoor calcium uitspoelt uit de bodem. Ook de zwavelconcentratie neemt af als gevolg van veenoxidatie waarbij de uitspoeling afneemt met een afnemend organisch stofgehalte.

.....

De meer kleiige bodems (hogere aluminiumconcentraties) zijn:

- Rijker aan ijzer (Figuur 4.6);
- Minder rijk aan organische stof en daarmee ook minder rijk aan totaal calcium (Figuur 4.6). Hoe weniger de bodems (hoger percentage organische stof) hoe lager de totaal aluminiumconcentratie en hoe hoger de totaal calciumconcentratie;
- Goed gebufferd, maar wel minder dan de venige bodems (Figuur 4.6).

Globaal zijn drie bodemtypen te onderscheiden op basis van de totaal aluminiumconcentratie en het percentage organische stof (zie boxplots in Figuur 4.3 voor de spreiding in de Al-t concentratie en het percentage organische stof in het onderzoeksgebied):

- Veenbodems (globaal: tot-Al <150 mmol/l en >75% organische stof; vooral aanwezig in de onderste bodemlagen).
- Veraarde, zwak kleiige veenbodems (globaal: tot-Al 150-300 mmol/l en circa 50-75% organische stof).
- Matig-sterk humeuze kleibodems / kleiige veenbodems; vermoedelijk sterk veraarde veenbodems waarin kleideeltjes zijn achtergebleven, mogelijk met afgezette of opgebrachte klei (globaal: tot-Al 300-500 mmol/l en ±20-50% organische stof; aanwezig in de toplagen van de bodem)

Zwak humeuze kleibodems (globaal: totaal-Al > 500-800 mmol/l en <20-25% organische stof) ontbreken vrijwel in het gebied. Alleen op locatie 40 is op 40-50 cm-mv een dergelijke kleibodem aangetroffen.

Uit Figuur 4.6 blijkt tevens dat, in vergelijking tot de referentielocaties uit polder Westveen, de Haeck en de Bovenlanden, de referentielocaties van de schraalgraslanden langs de Meij verrijkt zijn met aluminium. Dit duidt erop dat deze veenbodems van nature rijker zijn geweest aan kleideeltjes of dat als gevolg van inundaties klei is afgezet in het recente verleden.

Synthese

De Olsen-P en de totaal-P concentraties in de toplaag zijn verhoogd als gevolg van het landbouwkundig gebruik en veenoxidatie (minder organische stof en ophoping van o.a. ijzer en aluminium), en over het algemeen te hoog voor een de ontwikkeling van soortenrijke, P-gelimiterde natuur (nat schraalland, vochtig hooiland). De Olsen-P streefconcentratie voor de ontwikkeling van P-gelimiterde natuur op venige bodems is circa 300(-500) µmol/l. In paragraaf 4.2 wordt nader ingegaan op de gemeten concentratie op de referentielocaties in polder Westveen en in de directe omgeving.

De voor planten beschikbare fractie (Olsen-P) is relatief laag (circa 5% ten opzichte van ±10-30% op zandgronden). De mate van P-uitspoeling (o.a. naar diepere bodemlagen) is relatief beperkt gebleven: de P-concentratie zijn over het algemeen fors lager vanaf 20(-30) cm-mv (Figuur 4.1). Dit is positief voor de beoogde natuurontwikkeling.

De ophoping van fosfaat in de bovenste 20-30 cm van de bodem maakt dat een verschrallingsbeheer over het algemeen relatief lang duurt en lokaal weinig kansrijk is. Voordeel is echter dat een relatief beperkte ontgroning kan volstaan voor het creëren van de juiste bodemchemische omstandigheden voor de ontwikkeling van een vochtig hooiland of nat schraalland op een kleiige veenbodem of veenbodem.

In paragraaf 4.3 komen per locatie de natuurontwikkelingsmogelijkheden en geschikte inrichtingsmaatregelen aan bod. Er wordt ingegaan op de mogelijkheden om door middel van een verschrallingsbeheer of ontgronding (20-30 cm) soortenrijke P-gelimiteerde natuur te ontwikkelen. Daarnaast worden de natuurpotenties nader toegelicht. Dit wordt samengevat in paragraaf 4.5.

4.2 Referentielocaties

In het kader van het bodemonderzoek in polder Westveen zijn referentielocaties bemonsterd in het eerder ingerichte deel van het gebied en een aantal referentie schraallanden in de directe omgeving (Figuur 3.3 en Tabel 3.2). De resultaten van de bodemchemische analyses worden gegeven in Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Overzicht bodemchemie op de referentieslocaties waarbij OS = percentage organische stof (gloeiverlies); V = vochtpercentage; MV = massa/volumeverhouding van de bodem in kg/l; Ols-P = plantenbeschikbaar fosfaat (Olsen-P) in μmol per liter bodem; -t = totaalconcentratie in mmol per liter bodem, SCM = totaal-S/(Ca+Mg) ratio in mol/mol, -z = concentratie en pH in een zoutextractie (NaCl), Al/Ca = Al-z/Ca-z-ratio in mol/mol en BV = indicatieve basenverzadiging. M3 = indicatieve verschrallingsduur (in jaren) per bodemlaag door middel van jaarlijks maaien en afvoeren bij een P-afvoer van 10 kg/ha/jaar op basis van een Olsen-P streefconcentratie van 300 $\mu\text{mol/l}$ (totaal-P ondergrens 3 mmol/l). M5 = idem, echter op basis van een Olsen-P streefconcentratie van 500 $\mu\text{mol/l}$. Voor de gebruikte kleurarcering zie bij bijschrift van Tabel 4.5.

Code	X	Y	Type	Diepte	Grondsoort	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	SCM	Al-z	Ca-z	Al/Ca	K-z	Mg-z	S-z	pH-z	BV	P-z	NO3-z	NH4-z	M3	M5	
Polder Westveen																															
R1A	119125	464174	geplagde oever	0-15	veen	76	80	0,20	184	4,0	43	81	32	1	13	83	0,89	35	28223	0,00	254	4772	6144	5,0	99	3	16	53	0	0	
R1B	119125	464174	niet geplagde deel perceel	0-15	veen	39	34	0,51	1274	21,6	160	96	126	5	28	44	0,36	57	26796	0,00	183	3322	1535	4,8	99	5	569	218	77	62	
R2A	119403	464309	geplagde oever	0-15	veen	74	78	0,20	148	3,4	49	148	27	2	16	79	0,48	23	31859	0,00	244	4919	3372	5,4	100	2	21	74	0	0	
R2B	119402	464302	opgehoogd deel (rug) perceel	0-15	veen	36	37	0,55	1321	30,3	285	168	199	15	55	58	0,26	38	35954	0,00	1076	6107	1690	5,1	99	9	5012	598	110	88	
R2C	119402	464290	niet geplagde deel perceel	0-15	veen	62	43	0,25	523	8,8	71	51	42	4	14	60	0,92	100	17177	0,01	486	3064	1413	3,9	94	4	2401	1710	18	2	
R3A	119350	464362	geplagde oever	0-15	veen	84	82	0,15	101	2,5	37	114	13	2	12	69	0,54	21	28243	0,00	331	4157	7121	5,4	100	4	29	79	0	0	
R3B	119350	464362	opgehoogd deel (rug) perceel	0-15	veen	33	30	0,54	2324	43,7	210	131	154	12	48	43	0,24	32	28396	0,00	2069	4811	826	4,9	99	9	2580	362	178	161	
R4	119442	464164	pas gemaaid nat schraalland	0-15	veen	79	86	0,12	131	5,3	30	39	20	2	9	20	0,40	16	15953	0,00	114	3278	239	5,3	98	3	12	169	0	0	
R5	119428	464125	pas gemaaid nat schraalland	0-15	veen	31	69	0,34	479	10,0	94	70	54	5	30	23	0,23	28	24124	0,00	82	4739	1152	5,5	99	2	72	134	17	0	
Polder de Haak																															
R6	117560	462657	nat schraalland, zeer droog	0-15	veen	87	86	0,12	109	2,5	12	24	6	1	6	15	0,50	20	13062	0,00	178	4759	823	4,8	99	3	77	171	0	0	
R7	117577	462648	nat schraalland, zeer droog	0-15	veen	81	81	0,19	124	4,8	61	65	17	2	14	41	0,52	39	20971	0,00	52	5804	1801	4,9	99	1	73	172	0	0	
R8	117719	462700	nat schraalland, zeer droog	0-15	veen	64	75	0,22	399	10,2	93	35	39	3	9	32	0,74	310	16001	0,02	66	1941	687	4,1	96	2	1100	169	12	0	
Bovenlanden																															
R9	119738	463764	nat schraalland	0-15	veen	69	73	0,28	158	6,6	128	211	70	7	27	82	0,34	33	41386	0,00	87	4718	1889	5,6	100	1	388	65	0	0	
R10	119674	463754	nat schraalland	0-15	veen	84	81	0,16	41	1,2	25	113	21	1	10	67	0,55	39	28291	0,00	127	3502	2929	4,9	100	1	19	44	0	0	
Schraallanden langs de Meije (juni 2014)																															
C1			nat schraalland	0-15	kleilig veen	56	70	0,34	593	9,6	253	29	96	13	27	868	15,49	523	17620	0,03	27	2257	868	4,4	68	1	19	94	22	7	
C2			nat schraalland	0-15	kleilig veen	52	66	0,38	366	10,4	398	36	116	25	46	643	7,81	652	15245	0,04	32	2364	643	4,4	59	1	7	107	9	0	
C3			nat schraalland	0-15	kleilig veen	46	64	0,38	510	9,3	355	33	100	21	41	559	7,65	926	12742	0,07	28	1697	559	4,3	55	1	9	100	18	1	
C4			nat schraalland	0-15	kleilig veen	53	65	0,39	393	10,4	322	63	111	16	38	641	6,36	416	17572	0,02	79	2261	641	4,3	76	0	1	81	12	0	
C5			nat schraalland	0-15	kleilig veen	62	67	0,37	286	9,0	317	57	133	17	36	548	5,92	288	20457	0,01	21	2605	548	4,4	74	1	7	119	0	0	
C6			nat schraalland	0-15	kleilig veen	51	67	0,36	387	9,4	285	43	105	14	32	627	8,41	454	15588	0,03	18	1510	627	4,4	65	1	2	132	10	0	
I1			nat schraalland	0-15	kleilig veen	63	69	0,33	130	6,7	295	78	113	26	41	619	5,22	89	27119	0,00	41	3848	619	4,8	96	1	3	89	0	0	
I2			nat schraalland	0-15	kleilig veen	43	62	0,43	376	12,0	401	65	138	20	48	726	6,42	678	16136	0,04	26	1903	726	4,6	56	1	2	74	11	0	
I3			nat schraalland	0-15	kleilig veen	43	63	0,42	453	13,0	497	58	153	29	59	901	7,72	946	15443	0,06	32	1844	901	4,3	61	1	5	123	21	0	
I4			nat schraalland	0-15	kleilig veen	47	65	0,39	351	9,8	386	47	112	21	47	701	7,42	260	21254	0,01	37	3414	701	4,5	86	1	3	104	7	0	
I5			nat schraalland	0-15	kleilig veen	46	64	0,41	450	11,2	450	47	136	27	56	867	8,44	290	19757	0,01	71	3364	867	4,5	93	1	3	104	18	0	
I6			nat schraalland	0-15	kleilig veen	49	66	0,37	750	10,7	294	27	87	15	33	690	11,47	469	17056	0,03	13	2839	690	4,4	77	1	10	60	30	17	

Op de referentielocaties in het eerder ingerichte deel van polder Westveen (R1 t/m R3) is op alle locaties de geplagde strook langs de slootoever geanalyseerd, op locatie R1 en R2 ook de toplaag van het oorspronkelijke maaiveld en op locatie R2 en R3 ook het opgehoogde beheerpad, waar het maaiveld is opgehoogd met het vrijgekomen plagsel. De oorspronkelijke toplaag van de percelen is matig verrijkt met P (Olsen-P: 523-1274 $\mu\text{mol/l}$ en totaal-P: 8,8-21,6 mmol/l; Tabel 4.1), waarbij locatie R2 minder verrijkt is met P dan locatie R3. Na plaggen van de oevers zijn de P-concentraties sterk afgenomen (Olsen-P: 101-184 $\mu\text{mol/l}$ en totaal-P: 2,5-4,0 mmol/l; Tabel 4.1) en zijn deze

.....

concentraties laag genoeg voor de ontwikkeling van nat schraalland (optimale streefconcentratie <100-300 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P). In de plagstroken is de nieuwe toplaag van de veenbodem matig-goed gebufferd (Ca-t: 81-148 mmol/l en Ca-z: ± 28.000 -32.000 $\mu\text{mol/l}$; Tabel 4.1) en daarmee geschikt voor de ontwikkeling van blauwgrasland.

De toplaag van de opgehoogde delen van de percelen op locatie R2 en R3 zijn sterk verrijkt met P (Olsen-P: 1321-2324 $\mu\text{mol/l}$ en totaal-P: 30,3-43,7 mmol/l) en stikstof (NO_3 -z: 2580-5012 $\mu\text{mol/l}$ en NH_4 -z: 362-598 $\mu\text{mol/l}$) en daardoor ook sterk vervuigd (Figuur 4.7).

De hogere ijzer- en aluminiumconcentraties in de niet-geplagde zone (Tabel 4.1) zijn het gevolg van de historische oxidatie van het veen, waarbij het organisch stof verdwijnt en het ijzer en aluminium achterblijft en daardoor toenemen in concentratie (zie paragraaf 4.1). Wat verder opvalt zijn de hoge sulfaatconcentraties (ca. 3.500-7.000 $\mu\text{mol/l}$; gemeten als S) in het zoutextract in de geplagde oever (Tabel 4.1). Ook in het slootwater ter hoogte van locatie R1 werd een hoge sulfaatconcentratie gemeten (OW1; 849 $\mu\text{mol/l}$; Tabel 4.2.). Dit sulfaat is zeer waarschijnlijk afkomstig uit de drooggevalle geplagde oever waar in de bodem aanwezige gereduceerde zwavelverbindingen geoxideerd zijn tot sulfaat. Sulfaat is mobiel in de bodem en kan eenvoudig uitspoelen naar de sloot. Dit proces werd ook waargenomen in polder Oudeland in de Krimpenerwaard. Na plagwerkzaamheden bleek op een monitoringslocatie van het hoogheemraadschap (locatie KOP 0223) dat de concentratie sulfaat in de sloot sterk toenam in de zomer, zeer waarschijnlijk als gevolg van de oxidatie van gereduceerde zwavelverbindingen in de nieuwe toplaag (zie ook Tomassen e.a., 2018). Het slootwater op locatie OW1 is verder sterk gebufferd (alkaliniteit 5,1 meq/l), stikstof arm en licht verrijkt met fosfaat (1,9 $\mu\text{mol o-PO}_4/\text{l}$ en 4,1 $\mu\text{mol P/l}$). Om waterkwaliteitsproblemen in de sloot te voorkomen, is het belangrijk het sulfaatrijke water af te voeren.



Figuur 4.7. Overzicht van de ruige vegetatie op het opgehoogde beheerpad ter hoogte van referentielocatie R3. Foto: Hilde Tomassen. Hierbij is een risico op uit- en afspoeling van nutriënten naar de lager gelegen geplagde delen aanwezig (met name wanneer de plagstrook relatief smal is en de labiele P-concentraties relatief hoog).

Tabel 4.2. Kwaliteit van het oppervlaktewater op locatie OW1 t/m OW4 op 21 augustus 2018. Concentraties zijn gegeven in $\mu\text{mol/l}$ met uitzondering van pH en Alk. = alkaliniteit (zuurbufferend vermogen) in meq/l. EGV = Elektrisch Geleidingsvermogen in $\mu\text{S/cm}$. Voor ligging van de locaties zie Figuur 3.3.

Code	Omschrijving	pH	Alk	EGV	CO ₂	HCO ₃ ⁻	Al ³⁺	Ca ²⁺	Fe ²⁺	Mg ²⁺	P	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	PO ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻
OW1	Sloot bij locatie R1	8,3	5,1	1854	62	4687	5	2682	1	1115	4,1	849	0,6	4,1	1,9	9701	395	16481
OW2	Kromme Mijdrecht	7,6	5,8	2710	314	5510	1	2979	2	1263	5,2	712	1,1	2,1	1,8	15667	466	27494
OW3	Plas in polder de Haak	7,6	1,8	381	106	1619	2	888	1	297	1,5	227	0,1	1,5	0,5	1038	102	1600
OW4	Sloot bij locatie R10	7,4	4,2	625	375	3868	2	1837	5	483	43,5	170	0,2	306,4	35,7	1390	175	1971

Referentielocatie R4 en R5 liggen in een nat schraalland in het oosten van polder Westveen, naast de rivier de Kromme Mijdrecht (Figuur 3.3). Het perceel was vlak voor de bemonstering gemaaid, zodat de vegetatie niet beschreven kon worden. De toplaag van de veenbodem op locatie R4 is P-arm (Olsen-P: 131 $\mu\text{mol/l}$ en totaal-P: 5,3 mmol/l; Tabel 4.1) en matig gebufferd (Ca-t: 39 mmol/l en Ca-z: $\pm 16.000 \mu\text{mol/l}$) en geschikt voor nat schraalland (blauwgrasland). De toplaag van het veen is op locatie R5 sterker veraard (lager organisch stof percentage), sterker gebufferd (Ca-t: 70 mmol/l en Ca-z: $\pm 24.000 \mu\text{mol/l}$) en geschikt voor nat schraalland/vochtig hooiland. Het perceel grenst aan de Kromme Mijdrecht. Het oppervlaktewater van de rivier (OW2) is sterk gebufferd (alkaliniteit 5,8 meq/l), arm aan stikstof, matig verrijkt met fosfaat (1,8 $\mu\text{mol o-PO}_4/\text{l}$ en 5,2 $\mu\text{mol P/l}$) en relatief sulfaatrijk (712 $\mu\text{mol S/l}$).

In De Haeck werd op drie locaties in goed ontwikkeld nat schraalland (blauwgrasland; R6 t/m R8) een monster van de toplaag van de veenbodem verzameld. Het veen op locatie R6 en R7 is relatief intact (> 80% organisch stof), P-arm (Olsen-P: 109-124 $\mu\text{mol/l}$ en totaal-P: 2,5-4,8 mmol/l; Tabel 4.1) en matig-sterk gebufferd (Ca-t: 24-65 mmol/l en Ca-z: ± 13.000 -21.000 $\mu\text{mol/l}$) en gunstig voor nat schraalland (blauwgrasland). Op locatie R8 (locatie met rood schorpioenmos) is de toplaag van de veenbodem licht veraard (64% organisch stof), iets rijker aan P (Olsen-P: 399 $\mu\text{mol/l}$ en totaal-P: 10,2 mmol/l; Tabel 4.1) en matig gebufferd (Ca-t: 35 mmol/l en Ca-z: $\pm 16.000 \mu\text{mol/l}$). Op het moment van bemonstering was het erg droog en als gevolg daarvan zijn de sulfaatconcentraties relatief hoog (687-1801 $\mu\text{mol S/l}$). Gezien de vegetatieontwikkeling op locatie R7 (veel veenmos en Pijpenstrootje) was de verwachting dat deze locatie zuurder is dan locatie R6 en R8. Dit wordt echter niet bevestigd door de analyses, waarbij locatie R7 juist het minst zuur blijkt te zijn (Tabel 4.1). De laagveenplas grenzend aan het nat schraalland (OW3) is gebufferd (alkaliniteit 1,8 meq/l), arm aan stikstof, relatief fosfaatarm (0,5 $\mu\text{mol o-PO}_4/\text{l}$ en 1,5 $\mu\text{mol P/l}$) en sulfaatarm (227 $\mu\text{mol S/l}$), en heeft daarmee een goede waterkwaliteit.

In de Bovenlanden zijn twee referentielocaties (R9 en R10; Figuur 3.3) in nat schraalland bemonsterd (de beter ontwikkelde zones in het gebied; een natuurontwikkelingsproject op voormalige landbouwgronden). Het veen is P-arm (Olsen-P: 41-158 $\mu\text{mol/l}$ en totaal-P: 1,2-6,6 mmol/l; Tabel 4.1) en zeer sterk gebufferd (Ca-t: 113-211 mmol/l en Ca-z: ± 28.500 -41.500 $\mu\text{mol/l}$) en gunstig voor nat schraalland (blauwgrasland). Het oppervlaktewater van de sloot grenzend aan locatie R10 (OW4; Tabel 3.3) is sterk gebufferd (alkaliniteit 4,2 meq/l), rijk aan ammonium (306 $\mu\text{mol/l}$), zeer rijk aan fosfaat (35,7 $\mu\text{mol o-PO}_4/\text{l}$ en 43,5 $\mu\text{mol P/l}$) en sulfaatarm (170 $\mu\text{mol S/l}$). Gezien de hoge ammonium- en fosfaatconcentraties lijkt het erop dat het slootwater anaeroob wordt, waardoor er een hoge nalevering van fosfaat en ammonium vanuit de slootbodem kan plaatsvinden. Gegevens over de slootbodem ontbreken echter. Inundatie met dit P-rijke water is niet gewenst.

In het kader van een onderzoek naar herfst- en winterinundatie als herstelmaatregel in verzuurde/verdroogde blauwgraslanden langs de Meije, werden in 2014 (nulmeting) bodemonsters van de toplaag (0-15 cm-mv) verzameld op 12 locaties (controleproefvlakken: C1

.....

t/m C6 en inundatieproefvlakken: I1 t/m I6; van den Broek & Smolders, 2018). In tegenstelling tot de andere referentielocaties bestaat de toplaag van de bodem in de schraallanden langs de Meije uit kleiig veen (hogere Al-t concentraties; Tabel 4.1). Het veen is P-arm tot licht verrijkt met P (Olsen-P: 130-750 $\mu\text{mol/l}$ en totaal-P: 6,7-12,0 mmol/l; Tabel 4.1), ijzerrijk (96-153 mmol Fe-t/l) en goed gebufferd (Ca-t: 27-78 mmol/l en Ca-z: $\pm 12.500-27.000 \mu\text{mol/l}$). De bodemchemie is daarmee gunstig voor vochtig hooiland/nat schraalland (blauwgrasland) onder de juiste hydrologische omstandigheden.

De over het algemeen lage fosfaatbeschikbaarheid (< 300-500 $\mu\text{mol Olsen-P/l}$) op de referentielocaties bevestigt de noodzaak voor het realiseren van voldoende lage Olsen-P concentraties bij de omvorming van voormalige landbouwgronden naar nat schraalland of vochtig hooiland. De P-arme condities in de plagstroken van het ingerichte deel in het noorden van polder Westveen, indiceren dat het waarschijnlijk mogelijk is om met een relatief geringe plagdiepte een geschikte uitgangssituatie voor nat schraalland te realiseren. In paragraaf 4.3 worden de kansen voor natuurontwikkeling in de andere delen van polder Westveen besproken.

4.3 Natuurpotenties van de voormalige landbouwgronden

Doel van het huidige onderzoek is om de kansen voor de ontwikkeling van een aantal agrarische percelen te bepalen. Het bodemtype (totaal-Al is indicatief voor het bodemtype in het gebied) en de totale ijzer- en calciumconcentraties van de bodem zijn met name relevant met het oog op de potentiële natuurbeheer-/habitattypen.

Bodems met een totaal-Ca concentratie van >20 mmol/l en een Ca-z concentratie van meer dan 4.000-5.000 $\mu\text{mol/l}$ zijn over het algemeen voldoende gebufferd voor (matig) gebufferde natuurtypen. Op calciumarme bodems ligt de ontwikkeling van heide (of hoogveen) voor de hand (zeer indicatief: Ca-t < 10 mmol/l en Ca-z < 3.000/4.000 $\mu\text{mol/l}$). Op zwak-calciumhoudende bodems (Ca-tot >10 mmol/l en Ca-z 3.000/4.000-8.000 $\mu\text{mol/l}$) ligt de ontwikkeling van een heischraal grasland (of kleine zeggenvegetaties) voor de hand mits er voldoende aanrijking met basen plaatsvindt via capillaire opstijging. Op de meer gebufferde bodems (Ca-z: 8.000-30.000 $\mu\text{mol/l}$) kan onder de juiste hydrologische omstandigheden (essentieel!) een blauwgrasland of veldrusschraalland tot ontwikkeling komen. Op sterk gebufferde bodems (Ca-z: > 20.000-50.000 $\mu\text{mol/l}$) kan onder vochtige tot natte omstandigheden een dotterbloemhooiland (of Elzenbroekbos) tot ontwikkeling komen (onder droge omstandigheden een kamgrasweide/glanshaverhooiland).

Tabel 4.3. Overzicht van de verschillende bufferranges (11 categorieën) en fosfaatconcentraties (tussen haakjes de uitloop als een suboptimale concentratie) waarbij diverse natuurbeheertypen voorkomen (INDICATIEF). Voor dotterbloemhooilanden en elzenbroekbossen zijn hoge ijzerconcentraties vereist. Van blauwgrasland tot elzenbroekbos kunnen de totaal-P concentraties relatief hoog zijn als gevolg van ijzer- en/of calciumrijke omstandigheden. De fosfaatbeschikbaarheid voor planten (Olsen-P) is echter relatief beperkt. Het bekalkingsadvies (dit wordt afgeraden op veenbodems) is weergegeven in kg dolokal per hectare en dient ter voorkoming van verzuring en ter bevordering van de soortenrijkdom. Tevens wordt hiermee ammonium- en aluminiumophoping/-toxiciteit voorkomen (nitrificatie wordt geremd onder zure omstandigheden). Naast de mate van buffering zijn de hydrologische omstandigheden essentieel voor de ontwikkeling van de natuurbeheertypen (niet in deze tabel). Het herstellen van de grondwaterinvloed kan bijdragen aan het opladen van het kationuitwisselingscomplex en daarmee het herstel van de buffercapaciteit. Het betreft een indicatieve tabel op basis van expert judgement en referentiemetingen. Bron: van Mullekom & Smolders (2012).

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

Natuurbeheertypen

Welke natte natuurbeheertypen zich daadwerkelijk in het gebied kunnen ontwikkelen is onder andere afhankelijk van de voedselrijkdom van de bodem, de mate van buffering van de bodem en de stijghoogte en kwaliteit van het grondwater. In Tabel 4.4 staan voor een groot aantal natte natuurbeheertypen de abiotische randvoorwaarden aangegeven. Voorwaarde bij de ontwikkeling van soortenrijke voedselarme systemen blijft de lage fosfaatbeschikbaarheid voor planten.

De metingen van de Olsen-P (en totaal-P) concentraties zijn dan ook in belangrijke mate leidend in de natuurontwikkelingskansen. In de praktijk is het mogelijk dat de Olsen-P concentratie op zeer ijzerrijke locaties na ontgroning lager uitvalt omdat extra fosfaat immobilisatie plaatsvindt door de ijzerhydroxides in de bodemlaag die het nieuwe maaiveld vormen. Dit is echter niet te kwantificeren.

Tabel 4.4. 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 (μmol/l FW)	totaal-P (mmol/l FW)
Hoogveen		10 + mv	5 -mv	3.5-5	100-300	0.5-2.5
		10+ tot 20- mv	20- tot 50- mv	3.5-5	100-500	0.5-2.5
			40- tot 120 -			
Schraalgrasland	Nat heischraal grasland	0 tot 40- mv	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)
	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			
Moeras	Grote zeggenmoeras	mv	mv	5-7	300-800 (tot 1200)	8-20 (tot 50)
	Rietmoeras	20+ tot 0 mv	10+ tot 40- mv	>5	-	-
		10+ tot 0 mv	40- tot 80- mv			
Hoog- en laagveenbos	Berkenbroekbos	mv	mv	<5	200-600	1-5
	Elzenbroekbos	20+ tot 20- mv	40- tot 80- mv	5-6.5	300-800 (tot 1200)	5-20 (tot 50)

Verschrallingsduur

Uit het bodemchemisch onderzoek blijkt dat de bodem in het onderzoeksgebied als gevolg van het landbouwkundig gebruik verrijkt is met fosfaat. Om soortenrijke natuurtypen tot ontwikkeling te kunnen laten komen, is een verschrallingsbeheer noodzakelijk om de fosfaatbeschikbaarheid te reduceren. Verschralling kan plaatsvinden door maaien en afvoeren, uitmijnen of het verwijderen van de fosfaatrijke toplaag (hoofdstuk 2). Om te kunnen bepalen of verschralling via maaien en afvoeren of uitmijnen binnen een redelijke termijn te realiseren is, kan op basis van de Olsen-P en totaal-P concentratie een indicatieve verschrallingsduur berekend worden. Voor (zeer) ijzerrijke bodems is het mogelijk dat de berekende verschrallingsduur overschat wordt indien er extra fosfaatimmobilisatie plaatsvindt (zie vorige paragraaf).

De verschrallingsduur voor maaien en afvoeren is berekend op basis het verschil tussen de actuele totaal-P concentratie en de totaal-P streefconcentratie, uitgaande van een P-afvoer van 10 kg hectare per jaar (Chardon, 2008). De streefconcentratie voor totaal-P is hierbij niet op een standaard waarde vastgesteld, maar berekend aan de hand van de streefwaarde voor Olsen-P en de actuele beschikbare P-fractie (Olsen-P/totaal-P-ratio). Stel dat de actuele P-fractie 0,1 is (10% van het totaal-P is beschikbaar P), dan is bij een streefwaarde van 500 μmol Olsen-P/l de streefwaarde voor totaal-P 5 mmol/l ((0,5/10) x 100). Stel dat bij een ijzer- en kalkrijke bodem de actuele P-fractie slechts 0,05 is (5% van de totale P voorraad is beschikbaar), dan is de streefwaarde voor totaal-P 10 mmol/l ((0,5/5) x 100). Er is bij de berekening wel vanuit gegaan dat de fractie beschikbaar P gedurende de 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 voor de gesteld op 3 mmol/l. Vanwege de hoge ijzer- en kleigehalte van diverse bodems op de locatie wordt een streefwaarde van 500 μmol Olsen-P/l aangehouden. Voor uitmijnen kan de verschrallingsduur op dezelfde wijze berekend worden, maar dan wordt uitgegaan van een P-afvoer van 40 kg hectare per jaar (Figuur 2.5). Deze afvoer kan gehaald worden met uitmijnen met grasklaver in combinatie met kalibemesting (lastig op veengronden in verband met de hoge stikstofconcentraties) of een productieve graszode in combinatie met stikstof- en kalimesting, maar de daadwerkelijke onttrekking is afhankelijk van de omstandigheden (o.a. hydrologie).

Voor de ontwikkeling van een nat schraalgrasland (N10.01) of vochtig hooiland (N10.02) op venige/sterk humeuze bodems wordt een Olsen-P streefconcentratie van 300(-500) μmol /l Olsen-P gehanteerd. In het onderzoeksgebied kan worden gedacht aan de ontwikkeling van kruiden- en faunarijk grasland (N12.02) op minder kansrijke locaties. Het natuurbeheertype kruiden- en faunarijk grasland (N12.02) kan tot ontwikkeling komen bij een Olsen-P streefconcentratie van 900-1200 μmol per liter bodem. Bij een Olsen-P streefconcentratie >1200 μmol /l bodem is de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijkgrasland nog steeds mogelijk alleen de soortenrijkdom zal afnemen naar mate de Olsen-P concentratie toeneemt.

In de tabellen met de analyseresultaten wordt de berekende verschrallingsduur via maaien en afvoeren voor iedere locatie en diepte gegeven (Tabel 4.5.). Deze verschrallingsduur is berekend voor een Olsen-P streefconcentratie van zowel 300, 500 als 1200 μmol /l. 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.

Wanneer wordt ingezet op (aanvullende) verschralling van een fosfaatrijke toplaag is het belangrijk om te realiseren dat vernatting van een fosfaatrijke toplaag kan leiden tot P-mobilisatie en verzuuring in de vorm van pitrusontwikkeling of onder zeer natte omstandigheden liesgras.

Kansen voor natuurontwikkeling

In deze paragraaf worden op basis van bodemtype en bodemchemie de kansen voor natuurontwikkeling besproken. De grondwaterkwaliteit en (variatie in) grondwaterstanden zijn natuurlijk ook van invloed op de natuurtypen die tot ontwikkeling kunnen komen, maar deze aspecten maken geen onderdeel uit van dit onderzoek. Het eventueel afgraven van de P-rijke bodem dient daarom ook te worden getoetst op de inpassing in het hydrologische systeem. Deze toetsing maakt geen onderdeel uit van dit onderzoek. De resultaten van dit bodemchemisch onderzoek (Tabel 4.5) vormen wel een belangrijke basis voor het maken van goed onderbouwde keuzes die de kansen op een succesvolle herinrichting vergroten.

Tabel 4.5. Overzicht bodemchemie waarbij Grondsoort = bodemtype op basis van de profielbeschrijvingen (zie Bijlage 1; bv = bouwvoor); GWS = actuele grondwaterstand 6-9 augustus 2018; GLG = gemiddeld laagste grondwaterstand; GHG = gemiddeld hoogste grondwaterstand; HZT = bodemhorizont, V = vochtpercentage; MV = massa/volumeverhouding van de bodem in kg/l; OS = percentage organische stof (gloeiverlies); Ols-P = plantenbeschikbaar fosfaat (Olsen-P) in µmol per liter bodem; -t = totaalconcentratie in mmol per liter bodem; SCM = totaal-S/(Ca+Mg) ratio in mol/mol (<0,67 = risico op verzuring bij droogval; in rood aangegeven), -z = concentratie in µmol per liter bodem (Ca-z cursief: berekend op basis van correlatie met Ca-t; Figuur 4.5) en pH-z = pH in een zoutextractie (NaCl) en BV = indicatieve basenverzadiging; M3 = indicatieve verschralingsduur (in jaren) per bodemlaag door middel van jaarlijks maaien en afvoeren bij een P-afvoer van 10 kg/ha/jaar op basis van een Olsen-P streefconcentratie van 300 µmol/l (optimaal; totaal-P ondergrens 3 mmol/l). M5 en M12 = idem, echter op basis van een Olsen-P streefconcentratie van 500 (acceptabel voor nat schraalgrasland/vochtig hooiland op veenbodem) en 1200 µmol/l (kruiden- en faunarijk grasland). De volgende kleurarceringen zijn in de tabel gebruikt:

	Org. stof	Al-t	Ca-t	Ca-z	Fe-t		Maaien en afvoeren (M)
	%	mmol/l	mmol/l	µmol/l	mmol/l	jaren	
Grasland	<10	<150	<20	<4000	<20	0	voldoende P-arm
Braak	11-25	151-300	21-50	4001-10000	21-50	<10	kansrijk voor verschraling d.m.v. maaien en afvoeren
	26-50	301-500	51-100	10001-20000	51-100	11-40	matig kansrijk voor verschraling d.m.v. maaien en afvoeren
	51-75	>500	101-150	20001-35000	101-150	41-80	kansrijk voor verschraling d.m.v. uitmijnen
	>75		150-250	35001-50000	151-300	81-200	matig tot beperkt kansrijk voor verschraling d.m.v. uitmijnen
			>250	>50000	>300	201-400	ongeschikt voor verschraling I
						>400	ongeschikt voor verschraling II

Nr	GWS	GLG	GHG	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	S/CM	Al-z	Ca-z	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO3	NH4	M3	M5	M12	
LOCATIES TEN NOORDEN VAN DE UITWEG																															
1	75	60	30	0-20	klei, matig zandig, sterk humeus, bv	AP	41	29	0,5	1371	30,7	150	97	121	5	29	53	0,42	90	23815	376	5148	4,7	99	7	633	151	150	122	24	
				20-30	klei, matig zandig, sterk humeus, bv	AP	29	40	0,5	619	11,8	179	90	99	7	43	42	0,32	75	26403	901	5216	4,9	99	3	356	34	19	7	0	
				30-40	rietveen, matig veraard	O	67	73	0,2	86	2,6	38	73	58	2	14	100	1,16	38	24528	375	4765	5,0	99	1	32	36	0	0	0	
2	75	60	20	0-20	klei, matig zandig, sterk humeus, bv	AP	42	41	0,4	1253	21,9	141	82	126	5	25	73	0,68	91	23543	421	3584	4,7	99	4	1684	141	104	82	6	
				20-30	bosveen, sterk veraard	O	68	72	0,2	250	6,9	69	93	39	2	14	72	0,68	45	28147	134	3301	5,1	99	2	64	31	0	0	0	
				30-40	bosveen, sterk veraard	O	80	77	0,2	62	2,5	32	98	87	1	9	209	1,95	86	33715	244	3803	5,1	99	2	30	2	0	0	0	
				40-50	bosveen, zwak veraard	O	90	82	0,2	38	1,4	15	93	9	0	7	72	0,72	39	29481	290	3599	5,6	99	4	47	88	0	0	0	
3	70	65	20	0-20	klei, matig zandig, sterk humeus, bv	AP	30	30	0,6	1089	22,4	250	131	218	13	68	46	0,23		40217									101	76	0
				20-30	bosveen, veraard veen	O	28	50	0,5	346	9,8	196	138	168	11	72	94	0,45		38493									4	0	0
				30-40	bosveen, zwak veraard	O	67	72	0,2	101	3,7	54	96	62	4	24	128	1,07		24196									0	0	0
4	75	70	25	0-20	klei, matig zandig en humeus, bv	AP	41	44	0,4	858	17,6	160	109	119	5	32	38	0,27		31035									72	46	0
				20-30	bosveen, sterk veraard	O	66	73	0,2	230	4,7	51	96	35	2	14	37	0,33		23303									0	0	0
				30-40	bosveen, sterk veraard	O	90	84	0,1	71	0,9	12	71	5	0	7	54	0,69		16824									0	0	0
				40-50	rietveen	O	91	84	0,1	112	1,3	21	59	3	1	7	65	0,98		14677									0	0	0
5	75	70	30	0-20	klei, matig humeus, bv	AP	29	28	0,6	1426	30,2	305	139	234	14	71	33	0,16	38	29924	248	5846	5,0	99	6	1004	232	149	123	30	
				20-30	klei, matig humeus, bv	AP	36	42	0,5	927	19,4	251	142	155	13	61	30	0,15	22	32171	622	4817	5,7	100	3	919	47	41	28	0	
				30-45	bosveen, sterk veraard	O	64	68	0,2	243	6,4	68	136	43	3	17	38	0,25	30	26986	706	3722	5,8	100	1	387	31	0	0	0	
				45-55	bosveen, zwak veraard	O	86	80	0,2	143	2,4	27	102	16	1	9	59	0,53	20	23713	869	3308	5,7	100	2	109	72	0	0	0	
6	75	70	25	0-20	klei, matig zandig en humeus, bv	AP	25	38	0,6	555	15,8	361	147	239	13	85	28	0,12		42720									45	10	0
				20-30	bosveen, sterk veraard	O	74	74	0,2	105	3,4	34	152	44	1	11	48	0,29		34473									0	0	0
				30-40	bosveen, sterk veraard	O	86	80	0,1	89	1,7	19	84	8	1	7	47	0,52		19588									0	0	0
7	70	60	20	0-20	klei, matig zandig en humeus, bv	AP	35	40	0,5	804	15,4	315	94	182	15	75	26	0,15	54	28921	78	3600	5,1	100	2	1149	56	60	36	0	
				20-30	bosveen, sterk veraard	O	56	64	0,3	274	7,4	116	138	55	4	23	51	0,32	38	30134	74	3328	5,2	100	2	932	65	0	0	0	
				30-40	bosveen, sterk veraard	O	71	72	0,2	226	5,7	75	125	29	3	14	61	0,44	32	27872	91	3150	5,1	100	2	487	51	0	0	0	

Bodemchemisch onderzoek voormalige landbouwgronden polder Westveen

- onderzoek naar de natuurontwikkelingsmogelijkheden

RP-18.073.18.62

Nr	GWS	GLG	GHG	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	V	MV	Ols-P	P-I	Al-I	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	S/CM	Al-z	Ca-z	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO3	NH4	M3	M5	M12	
8	70	65	20	0-20	klei, matig zandig en humeus, bv	AP	43	48	0,4	448	16,8	196	133	128	8	30	47	0,28	35010										35	0	0
				20-30	bosveen, sterk veraard	O	71	68	0,2	166	6,3	78	163	43	2	13	65	0,37	37461										0	0	0
				30-40	bosveen, sterk veraard	O	83	77	0,2	87	2,5	31	116	17	1	8	59	0,47	26597										0	0	0
9	70	60	20	0-15	klei, sterk humeus, bv	AP	44	47	0,4	514	15,4	254	173	130	9	45	45	0,21	43803										40	3	0
				20-30	bosveen, matig veraard	O	69	65	0,3	173	7,7	117	195	47	4	20	65	0,30	44205										0	0	0
				30-40	bosveen, matig veraard	O	70	69	0,3	200	6,1	72	168	40	2	17	62	0,33	38735										0	0	0
10	90	90	50	0-20	klei, matig zandig, sterk humeus, bv	AP	33	32	0,6	2449	49,8	272	143	205	19	55	40	0,20	69	32058	2581	4461	5,2	100	17	1321	91	273	248	159	
				20-30	bosveen, matig veraard	O	41	50	0,4	1060	21,5	148	143	91	7	31	49	0,29	21	29954	139	3565	5,6	100	2	527	18	48	36	0	
				30-40	bosveen, matig veraard	O	64	62	0,3	690	14,4	96	140	57	5	20	57	0,36	38	30651	580	3855	5,5	100	4	449	80	26	12	0	
				40-50	bosveen, matig veraard	O	76	75	0,2	125	2,5	34	140	18	1	12	93	0,62	18	28956	189	4059	5,4	100	1	150	144	0	0	0	
11	60	55	15	0-15	klei, sterk humeus, bv	AP	49	44	0,4	816	17,5	134	118	106	4	18	40	0,29	39	29478	29	3843	5,1	100	2	1474	93	52	32	0	
				15-25	bosveen, matig veraard	O	82	76	0,2	111	3,1	27	111	21	1	9	37	0,31	22	24207	131	3596	5,3	100	3	150	123	0	0	0	
				25-35	bosveen, matig veraard	O	-	80	0,2	44	1,4	13	97	10	0	8	54	0,51	18	24450	166	3842	5,3	100	3	138	17	0	0	0	
12	55	50	10	0-15	veen, bv	AP	54	60	0,3	634	14,2	91	91	49	2	11	58	0,58	84	29112	59	1208	4,8	99	4	1017	87	35	14	0	
				15-30	bosveen, sterk kleilig en veraard	O	68	74	0,3	225	9,9	54	95	60	1	8	131	1,27	48	30752	200	1506	5,0	99	3	48	279	0	0	0	
				30-40	bosveen	O	85	85	0,1	93	1,5	9	57	14	0	3	65	1,08	24	19694	272	1538	5,3	98	12	86	294	0	0	0	
13	60	50	10	0-20	klei, matig zandig, sterk humeus, bv	AP	45	49	0,4	959	17,7	116	85	108	4	15	37	0,36	67	25869	260	6536	4,9	98	23	3970	541	85	59	0	
				20-30	rietveen, sterk veraard	O	53	67	0,3	517	12,7	93	102	39	3	13	50	0,44		26848								17	1	0	
				30-40	rietveen, zwak veraard	O	90	86	0,1	160	2,0	12	54	16	0	4	43	0,74		13854								0	0	0	
14	60	60	20	0-20	veen, sterk kleilig, bv	AP	65	66	0,3	311	10,2	106	112	57	2	15	41	0,32		28379								2	0	0	
				20-30	rietveen, veraard	O	79	81	0,2	107	2,3	22	93	28	0	10	86	0,84		22370								0	0	0	
				30-40	rietveen	O	93	88	0,1	17	0,6	4	43	4	0	5	30	0,63		11096								0	0	0	
15	55	50	15	0-15	klei, sterk humeus, bv	AP	52	49	0,3	1122	21,6	96	74	70	4	17	39	0,43		22003								74	56	0	
				15-25	rietveen, matig veraard	O	82	76	0,2	191	3,5	22	69	17	1	10	66	0,84	40	22784	254	4929	5,1	99	4	257	52	0	0	0	
				25-35	rietveen, matig veraard	O	83	80	0,2	175	2,0	16	95	20	1	12	82	0,77	40	25450	465	5879	5,6	99	12	309	164	0	0	0	
				35-45	rietveen	O	87	81	0,2	351	3,9	22	74	16	1	10	58	0,68	21	23074	499	5062	5,6	99	10	264	347	2	0	0	
16	60	50	20	0-15	veen, bv	AP	71	68	0,2	273	7,4	65	101	40	1	13	47	0,41		25181								0	0	0	
				15-30	rietveen, sterk veraard	O	84	76	0,2	128	2,9	29	135	35	1	14	107	0,72		31622								0	0	0	
				30-40	rietveen	O	87	84	0,2	59	1,1	8	76	16	0	8	62	0,73		18449								0	0	0	
17	60	60	15	0-15	veen, bv	AP	45	49	0,4	763	15,1	142	115	81	3	20	34	0,25	58	27045	84	4483	5,2	99	3	1597	84	43	24	0	
				15-25	bosveen, sterk veraard	O	72	70	0,3	289	7,6	76	109	34	1	14	36	0,30	49	28901	69	5091	5,4	100	2	552	48	0	0	0	
				25-35	bosveen, sterk veraard	O	77	78	0,2	199	3,9	32	100	20	1	10	51	0,46	30	21269	176	3768	5,6	99	7	99	150	0	0	0	
18	70	70	30	0-15	veen, sterk kleilig, bv	AP	34	33	0,5	1219	25,1	161	116	106	7	35	41	0,27		34655								89	69	2	
				15-30	klei, matig siltig, sterk humeus	A	28	47	0,6	516	13,0	289	138	124	12	76	37	0,17		39965								25	2	0	
				30-40	bosveen, sterk veraard	O	58	70	0,3	190	5,3	49	160	37	1	16	46	0,26		37219								0	0	0	
19	70	60	3	0-20	klei, sterk humeus, bv	AP	41	35	0,5	1071	24,2	191	136	140	7	40	40	0,23	25	32382	95	6106	5,7	100	3	1090	86	109	81	0	
				20-30	bosveen, sterk veraard	O	52	52	0,4	507	13,0	136	194	71	5	25	58	0,27	26	33458	122	6060	5,7	100	3	1562	108	17	1	0	
				30-40	bosveen, sterk veraard	O	64	65	0,2	195	5,0	51	142	32	2	14	59	0,38	41	24900	74	4209	5,7	100	2	1003	79	0	0	0	
20	90	70	30	0-20	klei, sterk humeus, bv	AP	34	37	0,5	869	17,2	190	129	99	8	40	38	0,22	21	25817	96	5644	5,5	100	6	698	176	70	46	0	
				20-30	klei, sterk humeus, bv	AP	45	49	0,4	588	13,4	158	123	63	7	32	37	0,24	38	27138	173	5975	5,5	100	7	814	145	20	6	0	
				30-40	bosveen, sterk veraard	O	68	68	0,3	239	7,7	82	149	34	4	20	50	0,29	36	27843	397	6005	5,6	100	2	449	70	0	0	0	
21	60	50	10	0-20	veen, sterk kleilig, bv	AP	44	51	0,4	1882	35,8	132	84	82	7	21	33	0,32		25141								188	164	81	
				20-30	bosveen, sterk veraard	O	75	76	0,2	392	5,9	59	91	24	2	11	53	0,52		23025								4	0	0	
				30-40	bosveen, sterk veraard	O	78	75	0,2	400	4,8	67	108	26	3	12	86	0,71		26696								4	0	0	
22	100	90	60	0-20	klei, sterk humeus, bv	AP	36	36	0,5	1069	18,6	213	72	113	9	32	51	0,49	220	22533	658	3479	4,3	98	4	1490	247	84	62	0	
				20-30	klei, sterk humeus, bv	AP	30	45	0,5	767	17,1	337	97	155	11	52	35	0,23	63	29248	260	3873	4,9	99	2	728	67	33	19	0	
				30-50	bosveen, sterk veraard	O	68	69	0,2	286	8,3	102	119	49	2	15	48	0,36	49	28783	146	3753	5,0	100	2	575	50	0	0	0	
				50-60	bosveen, matig veraard	O	85	80	0,2	65	1,5	28	106	17	1	8	77	0,67	38	28242	304	3900	5,0	99	2	177	56	0	0	0	
23	65	60	20	0-20	veen, sterk kleilig, bv	AP	44	44	0,4	2613	57,1	120	166	93	11	43	41	0,19	7	22391	1429	8920	5,8	99	20	1112	351	316	288	193	
				20-30	bosveen, sterk veraard	O	47	59	0,4	1696	41,7	103	172	72	7	31	54	0,26	13	31035	2365	9673	5,6	99	10	33	360	107	92	38	
				30-40	bosveen, sterk veraard	O	81	80	0,2	728	5,0	31	88	21	3	15	72	0,70	22	22373	1491	6803	5,8	100	44	33	22	6	5	0	
24	90	80	50	0-20	klei, sterk humeus, bv	AP	39	35	0,5	1339	21,8	141	60	113	4	17	52	0,68		22169								106	85	14	
				20-40	klei, sterk humeus, bv	AP	37	46	0,4	647	15,8	160	109	97	4	18	38	0,30		30325								53	22	0	
				40-50	bosveen, sterk veraard	O	75	71	0,2	151	5,0	79	175	40	2	10	94	0,51		39702								0	0	0	
				50-60	bosveen, sterk veraard	O	83	80	0,2	111	1,6	31	135	15	1	8</															

*Bodemchemisch onderzoek voormalige landbouwgronden polder Westveen
- onderzoek naar de natuurontwikkelingsmogelijkheden
RP-18.073.18.62*

Nr	GWS	GLG	GHG	Diepte	Grondsoort	HZT	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	S/CM	Al-z	Ca-z	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO3	NH4	M3	M5	M12	
31				0-20	klei, matig zandig, sterk humeus, bv	AP	37	34	0,6	1161	25,1	190	135	123	4	37	44	0,25		39177									116	89	0
				20-30	bosveen, sterk veraard	O	71	66	0,3	235	6,9	78	122	37	1	16	53	0,38		29563									0	0	0
				30-40	bosveen, sterk veraard	O	78	77	0,2	118	2,3	31	92	16	1	10	62	0,61		21859									0	0	0
32	80	70	30	0-15	klei, sterk humeus, bv	AP	39	41	0,5	759	15,8	207	145	133	7	54	38	0,19	21	32885	79	5641	5,5	100	5	458	207	45	25	0	
				15-25	bosveen, sterk veraard	O	57	61	0,3	315	7,5	95	164	52	2	22	43	0,23	38	29863	76	5394	5,8	100	1	479	43	1	0	0	
				25-35	bosveen, sterk veraard	O	74	74	0,2	136	3,7	57	166	23	2	16	64	0,35	15	30995	85	5795	5,8	100	1	252	43	0	0	0	
				35-45	bosveen, sterk veraard	O	82	80	0,2	115	2,4	30	117	12	1	11	62	0,48	18	25569	187	4674	5,5	100	3	148	58	0	0	0	
33	90	80	40	0-25	klei, matig zandig, sterk humeus, bv	AP	29	26	0,7	1600	28,1	311	127	339	12	70	40	0,20	56	29003	125	7541	5,2	99	6	347	122	178	151	55	
				25-45	bosveen, sterk veraard	O	56	45	0,4	445	10,7	123	155	74	4	32	63	0,34	30	31701	69	6452	5,5	100	9	366	157	22	0	0	
				45-55	bosveen, sterk kleilig, zwak veraard	O	31	55	0,5	344	7,7	267	127	109	21	102	59	0,26	27	35533	368	7784	5,4	100	2	240	86	3	0	0	
				55-65	bosveen, sterk kleilig, zwak veraard	O	25	58	0,5	333	7,6	316	107	126	25	120	58	0,25	22	35177	647	7952	5,4	100	3	135	141	2	0	0	
34	90	80	40	0-20	klei, sterk humeus, bv	AP	33	29	0,6	1769	31,3	219	129	145	8	46	43	0,25		39172								163	141	63	
				20-30	bosveen, sterk veraard	O	58	53	0,3	294	9,4	112	196	52	3	24	65	0,29		45810								0	0	0	
				30-40	bosveen, sterk veraard	O	56	68	0,3	132	5,4	140	143	36	6	33	58	0,33		34443								0	0	0	
35	90	80	30	0-15	klei, sterk zandig en humeus, bv	AP	35	24	0,5	924	14,6	230	98	126	20	81	60	0,34		31201								46	31	0	
				15-25	bosveen, omgew.	O	55	45	0,3	451	11,3	96	112	62	5	25	86	0,63		29419								12	0	0	
				25-40	bosveen, omgew.	O	50	56	0,3	662	11,8	74	82	38	4	19	64	0,63		23374								30	14	0	
				40-50	bosveen, sterk veraard	O	44	59	0,4	928	15,1	83	112	51	5	23	90	0,67		30201								32	22	0	
36	80	70	30	0-20	klei, matig zandig, sterk humeus, bv	AP	35	30	0,5	1076	23,6	204	133	148	9	47	46	0,26	27	25247	1468	6813	5,3	99	12	667	256	106	79	0	
				20-40	bosveen, sterk veraard	O	45	41	0,5	802	18,3	148	133	109	6	35	47	0,28	32	30954	563	5984	5,4	99	5	805	260	72	43	0	
				40-50	bosveen, sterk veraard	O	57	73	0,2	148	5,1	84	119	41	4	21	52	0,37	33	29522	269	5374	5,5	100	1	460	56	0	0	0	
37	80	80	30	0-20	veen, opgebracht	A	52	47	0,3	641	12,2	71	128	58	4	15	56	0,39	12	26160	770	2863	5,5	100	6	2190	195	41	17	0	
				20-40	veen, begraven bv	AP	66	66	0,2	388	7,4	44	146	31	2	11	70	0,44	14	27116	228	2829	6,8	100	3	1027	103	11	0	0	
				40-50	bosveen, matig veraard	O	67	77	0,2	584	6,0	46	125	32	3	21	119	0,82	5	38409	674	6517	5,9	100	9	744	107	9	3	0	
38	80	70	30	0-20	klei, matig zandig, sterk humeus, bv	AP	43	35	0,5	2858	71,8	138	130	127	10	42	48	0,28		36758								402	370		
				20-40	bosveen, sterk veraard	O	83	78	0,2	174	2,4	20	94	19	1	17	53	0,48		22343								0	0	0	
				40-50	bosveen, matig veraard	O	79	78	0,2	776	8,7	35	99	28	2	19	73	0,61		24068								17	10	0	
39	80	70	20	0-20	klei, matig zandig, sterk humeus, bv	AP	29	29	0,7	1317	27,1	406	212	230	23	83	39	0,13		57114								131	105	15	
				20-30	mosveen, sterk veraard	O	76	71	0,2	148	3,7	70	156	26	2	14	38	0,22	26	31437	635	7696	5,9	99	9	666	530	0	0	0	
				30-40	mosveen, sterk veraard	O	79	78	0,2	120	3,0	40	136	19	1	12	67	0,45	26	26968	431	4684	6,0	100	2	326	70	0	0	0	
40	80	70	30	0-20	klei, matig zandig, sterk humeus, bv	AP	38	31	0,5	1056	23,5	270	146	167	16	65	41	0,20	23	27985	565	4514	6,0	100	2	141	64	105	77	0	
				20-40	bosveen, sterk veraard	O	48	48	0,4	322	10,3	213	180	127	13	57	50	0,21	25	33887	600	6620	5,6	100	5	1479	166	4	0	0	
				40-50	klei, matig siltig en humeus, insp.	B	16	42	0,9	337	10,9	634	180	252	35	213	29	0,07	18	36035	552	6060	5,7	100	2	1620	201	4	0	0	
41				0-20	klei, matig zandig, sterk humeus, bv	AP	41	37	0,5	1273	23,0	156	148	92	8	45	46	0,24		40637								110	87	8	
				20-30	bosveen, sterk veraard	O	66	67	0,3	199	5,9	57	116	39	3	14	78	0,60		28425								0	0	0	
				30-40	bosveen, sterk veraard	O	66	69	0,2	156	5,0	57	113	36	3	14	73	0,58		27483								0	0	0	
42	80	60	20	0-20	klei, matig zandig, sterk humeus, bv	AP	30	38	0,5	1317	21,0	181	130	124	8	55	41	0,22	102	55482	118	10665	5,6	100	2	673	28	101	81	12	
				20-30	bosveen, sterk veraard	O	49	57	0,5	298	8,1	221	128	103	12	90	44	0,20	48	30179	89	5894	5,5	99	9	1412	178	0	0	0	
				30-40	bosveen, sterk veraard	O	63	72	0,3	230	5,8	92	98	59	5	27	98	0,78	46	44866	377	7934	5,5	99	3	141	44	0	0	0	
43	75	60	20	0-20	klei, matig zandig, sterk humeus, bv	AP	25	37	0,6	1029	19,7	297	165	154	13	75	62	0,26		46899								87	63	0	
				20-30	bosveen, sterk veraard	O	62	67	0,3	292	7,5	120	102	71	5	21	76	0,62		26309								0	0	0	
				30-40	bosveen, sterk veraard	O	67	76	0,2	123	4,1	63	108	58	2	14	119	0,97		26339								0	0	0	
44	70	70	30	0-15	klei, sterk humeus, bv	AP	39	43	0,5	2522	36,1	136	91	112	5	21	41	0,36		28680								149	136	89	
				15-35	veen, begraven bv	A	55	74	0,2	470	9,6	54	120	34	1	11	44	0,33		28978								22	0	0	
				35-45	rietveen, matig veraard	O	77	78	0,2	347	5,4	37	108	27	1	9	70	0,61		25155								2	0	0	
45	80	70	30	0-20	klei, matig zandig, sterk humeus, bv	AP	28	37	0,6	819	17,9	242	136	149	12	71	32	0,15		39943								71	44	0	
				20-30	bosveen, sterk veraard	O	63	69	0,2	279	7,2	57	120	42	2	19	36	0,26		28825								0	0	0	
				30-40	bosveen, sterk veraard	O	75	80	0,2	136	2,5	19	88	19	1	10	44	0,45		20908								0	0	0	
46	75	70	30	0-20	klei, matig zandig, sterk humeus, bv	AP	22	30	0,7	550	14,7	342	131	216	12	108	25	0,11	17	29058	384	5513	6,0	99	2	258	87	42	8	0	
				20-30	bosveen, sterk veraard	O	61	63	0,3	338	7,1	138	112	55	6	33	47	0,32	19	31368	84	8975	5,7	100	3	422	49	3	0	0	
				30-40	bosveen, sterk veraard	O	63	70	0,3	236	5,8	90	107	47	3	20	77	0,61	20	29316	118	6725	5,7	100	2	247	64	0	0	0	
47	70	50	20	0-20	klei, matig zandig, sterk humeus, bv	AP	27	34	0,6	1135	19,0	224	145	142	11	70	51	0,24		42872								87	66	0	
				20-40	bosveen, sterk veraard	O	55	67	0,3	125	4,5	105	101	58	5	26	106	0,83		25634								0	0	0	
				40-50	bosveen, matig veraard	O	65	75	0,2	82	3,9	68	99	47	3	15	110	0,96		24242								0	0	0	
48	80	70	30	0-15	veen, sterk kleilig, bv	AP	37	43	0,4	905	19,9	161	85	106	6	25	37	0,34	27	36368	272	7090	5,3	100							

.....

Zoals besproken in paragraaf 4.1 is in polder Westveen overwegend sprake van veenbodems met een licht kleiige toplaag, waarbij de mate van veraardheid van de veenbodem afneemt in de diepte. Na een eventuele ontgronding is het van belang dat voldoende natte omstandigheden ontstaan om oxidatie van het relatief intacte veen te beperken. Veenbodems met een $S/(Ca+Mg)$ -ratio $<0,67$ zijn gevoelig voor verzuring bij droogval (Lucassen e.a., 2002) waardoor het optimaliseren van de hydrologische omstandigheden extra belangrijk is. In polder Westveen is het veen op een aantal locaties inderdaad gevoelig voor verzuring (Tabel 4.5).

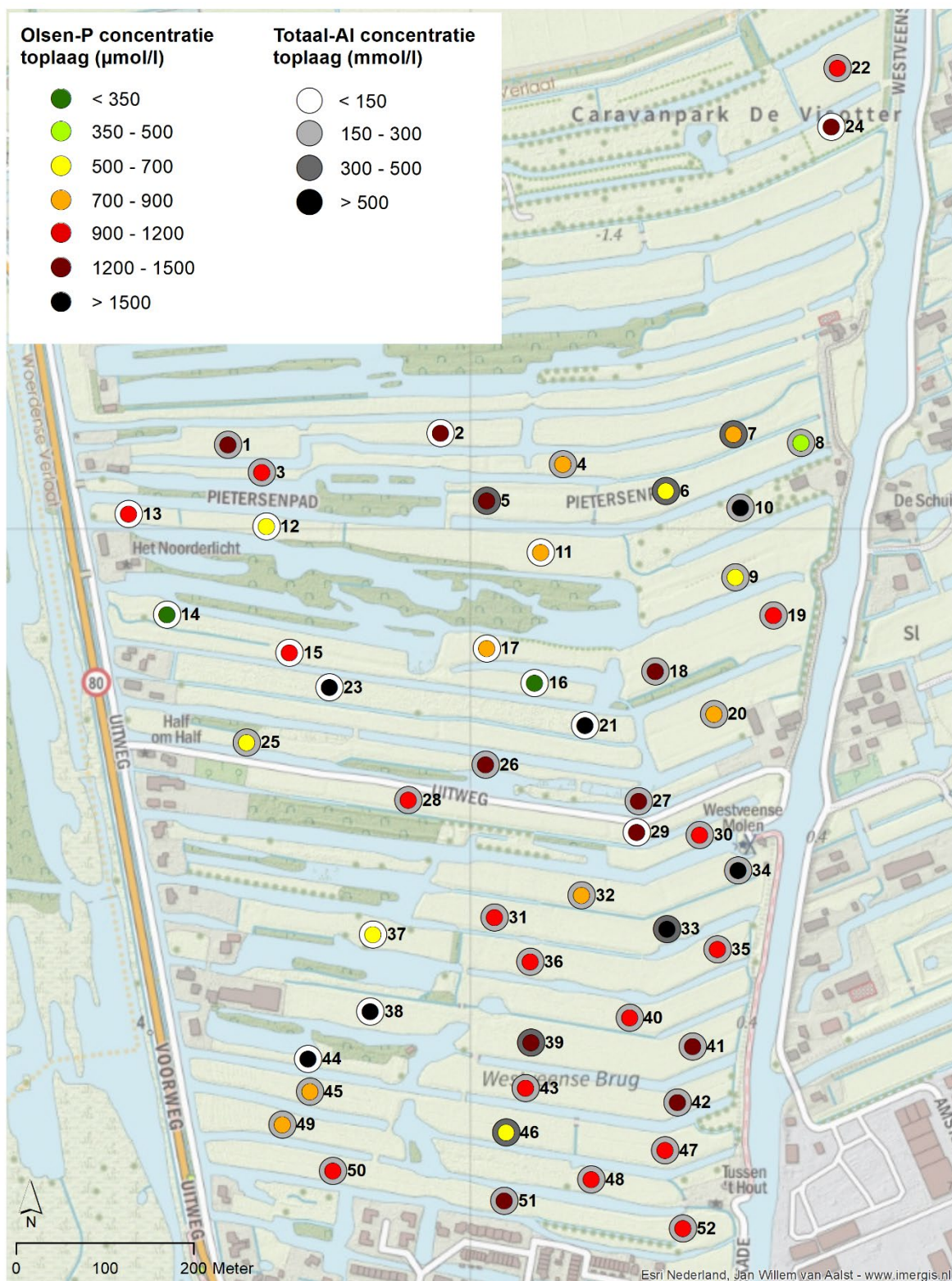
De toplaag is verrijkt met aluminium en ijzer. Deze verrijking is het gevolg van de ontwatering ten behoeve van het landbouwkundig gebruik en de daarmee gepaard gaande oxidatie van het veen. De toplaag is daarnaast overwegend verrijkt met fosfaat en stikstof als gevolg van het landbouwkundig gebruik (bemesting). Lokaal is de toplaag slechts zeer beperkt met fosfaat verrijkt (Figuur 4.8) zodat het verwijderen van de zode (mits soortenarm) voldoende kan zijn voor het creëren van de juiste bodemchemische condities en kiemplaatsten voor doelsoorten.

De (kleiige) veenbodems zijn goed gebufferd (Ca-t circa 80-150 mmol/l en Ca-z circa 25.000-35.000 $\mu\text{mol/l}$) en geschikt voor de ontwikkeling van nat schraalland. De ijzerconcentraties variëren lokaal sterk en nemen over het algemeen af in de diepte. Onder ijzerrijke (>150 mmol/l), sterk gebufferde (Ca-z >35.000 $\mu\text{mol/l}$) ligt de ontwikkeling van een vochtig hooiland meer voor de hand.

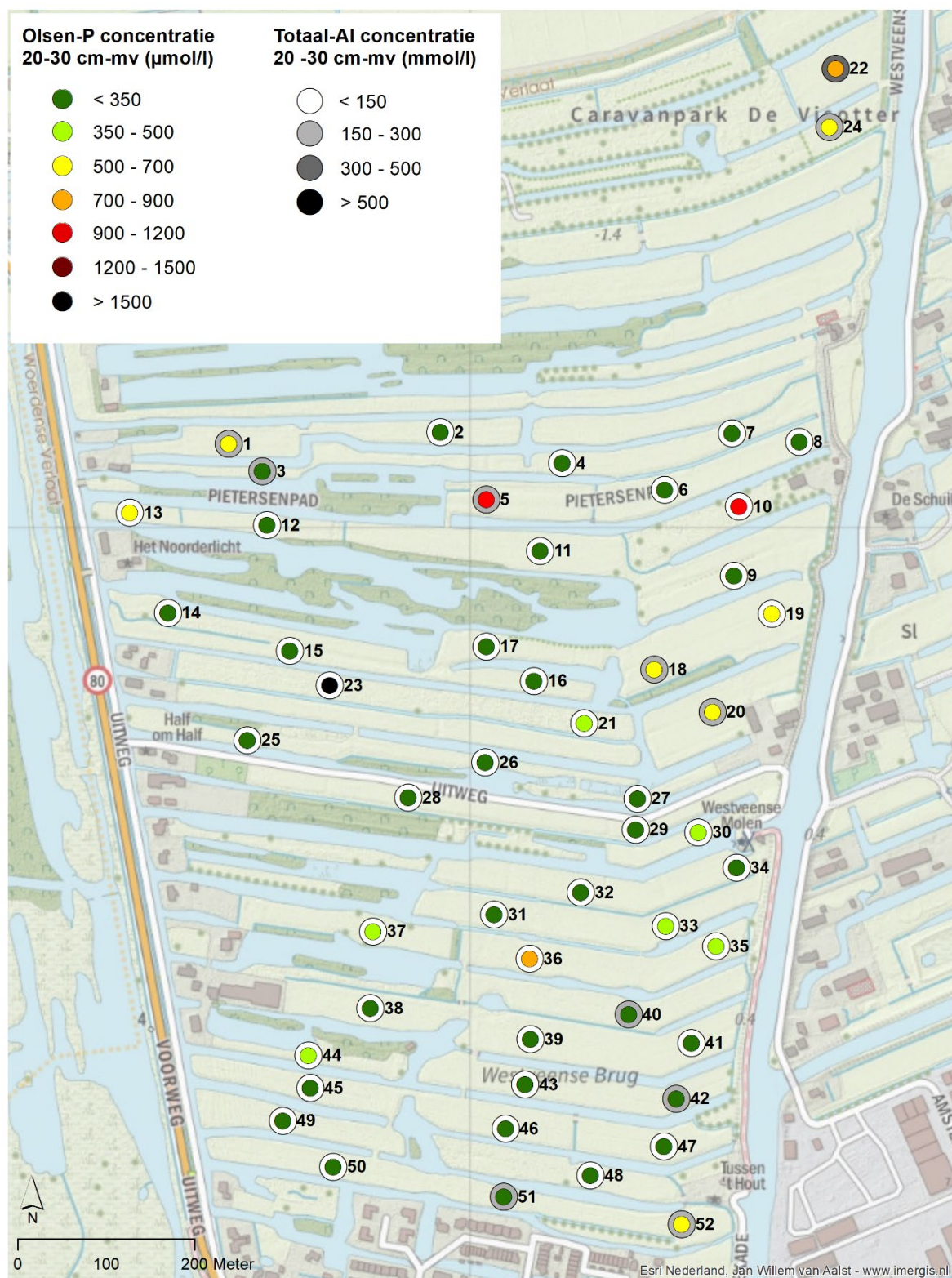
Voor de ontwikkeling van natuurtypen als een nat schraalland en vochtig hooiland is het van belang dat de toplaag van de bodem voldoende nat is van het najaar tot het voorjaar. In de zomer dient de toplaag droog te vallen. Bij veenbodems is deze droogval bij voorkeur slechts zeer beperkt (10-20 cm-mv). Wanneer een stabiel peil wordt gecreëerd kan, als alternatief, worden ingezet op de ontwikkeling van veenvormende vegetaties. Het hydrologische aspect is, naast het optimaliseren van de bodemchemische condities en het herintroduceren van doelsoorten, belangrijk voor een succesvolle ontwikkeling maar maakt geen onderdeel uit van dit onderzoek.

In Figuur 4.8 t/m Figuur 4.10 wordt de ruimtelijke variatie in de Olsen-P concentratie op verschillende dieptes weergegeven. Voor de toplaag wordt tevens de ruimtelijke variatie in de verschrallingsduur tot 300 (schraalland) en 1200 (kruiden- en faunarijk grasland) $\mu\text{mol Olsen-P/l}$ weergegeven (Figuur 4.11A en B).

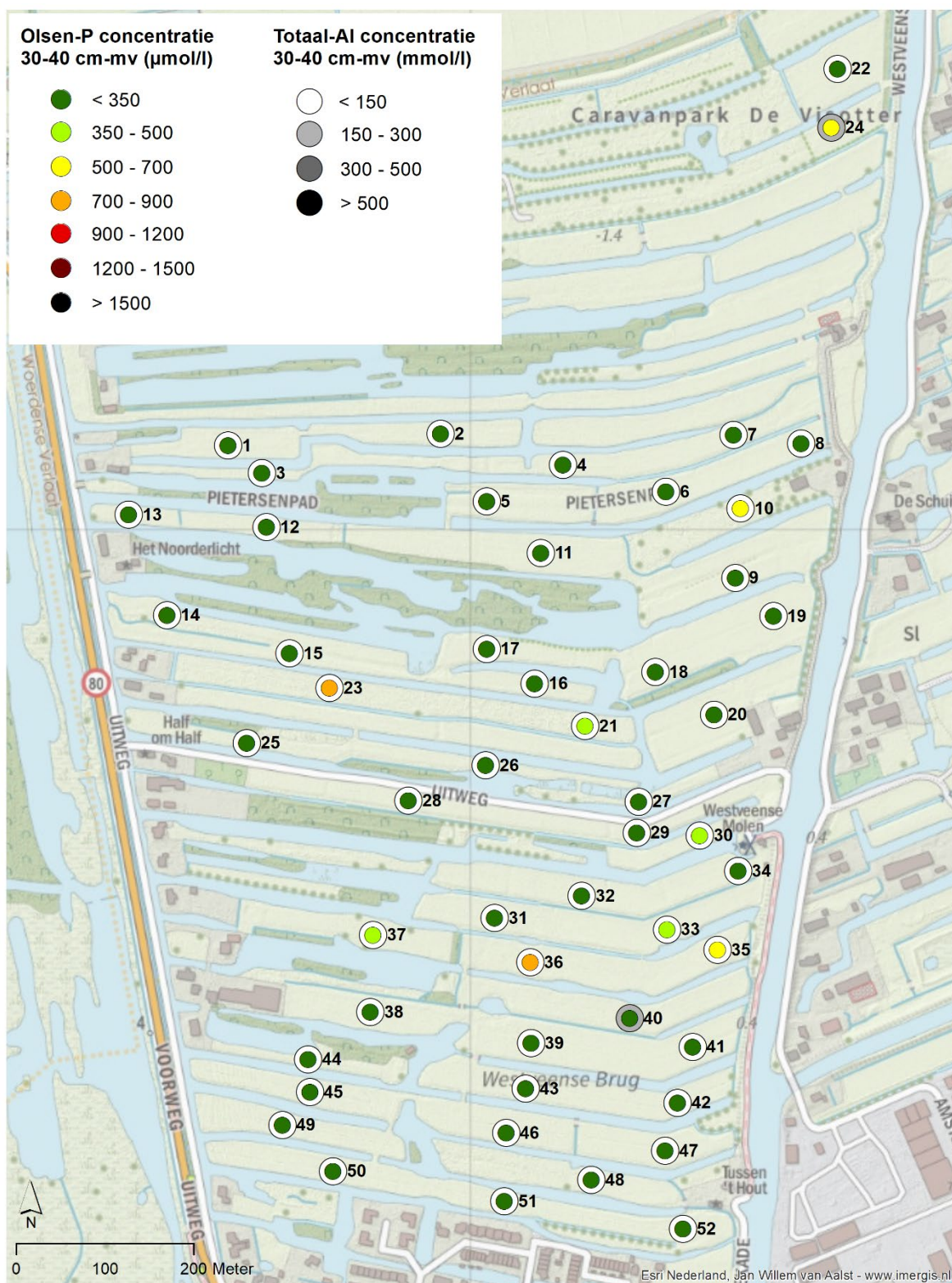
Ruimtelijke variatie per bodemlaag



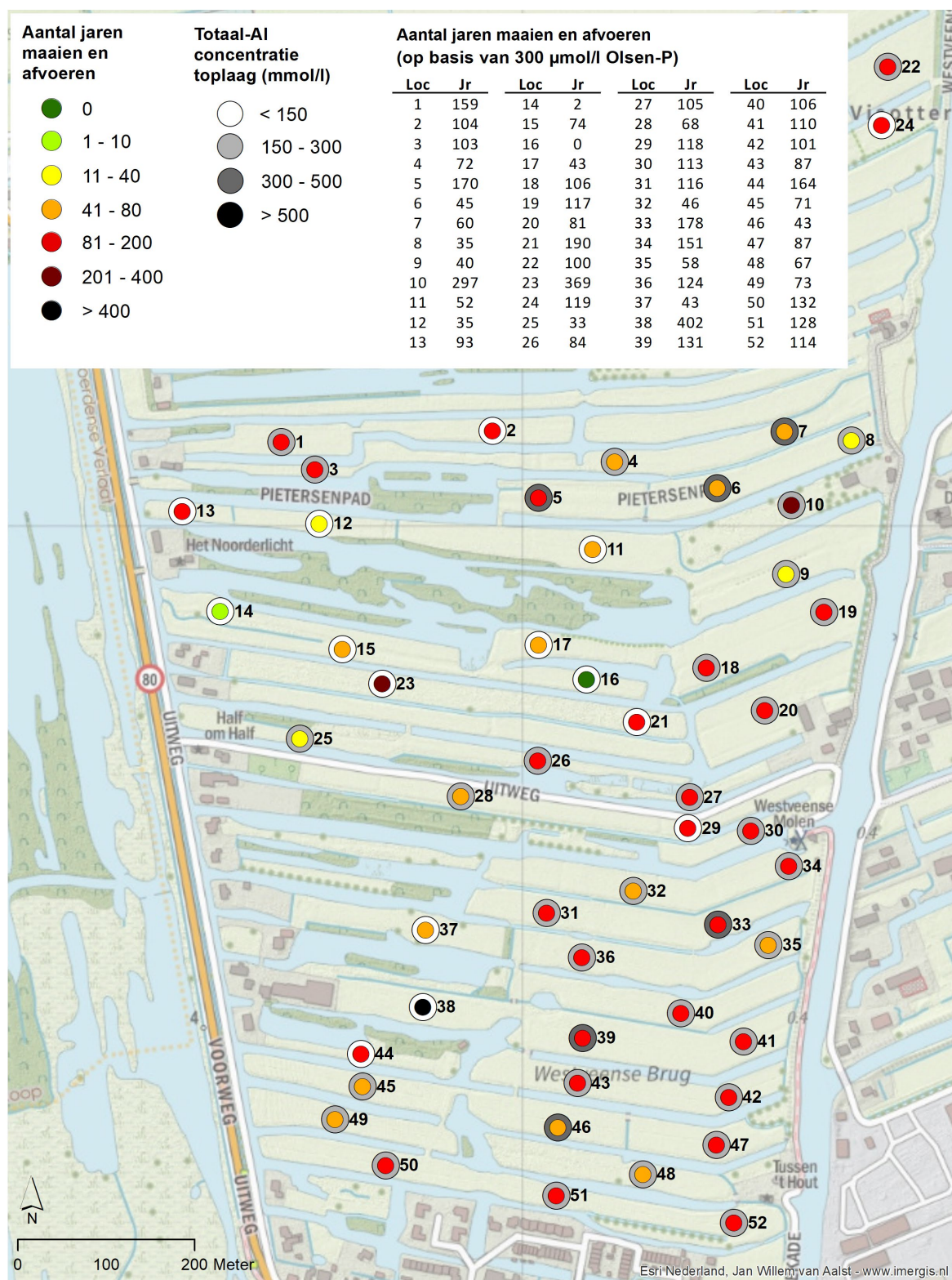
Figuur 4.8. Overzicht van de Olsen-P concentratie in de toplaag (0-20 cm-mv) van de bodem in polder Westveen. De totaal aluminiumconcentratie van de bodem is indicatief voor het bodemtype: als bodems rijker zijn aan aluminium zijn deze 'kleiiger', sterker gebufferd, rijker aan ijzer en minder rijk aan organische stof (paragraaf 4.1). De witte bollen betreffen veenbodems (arm aan Al-t).



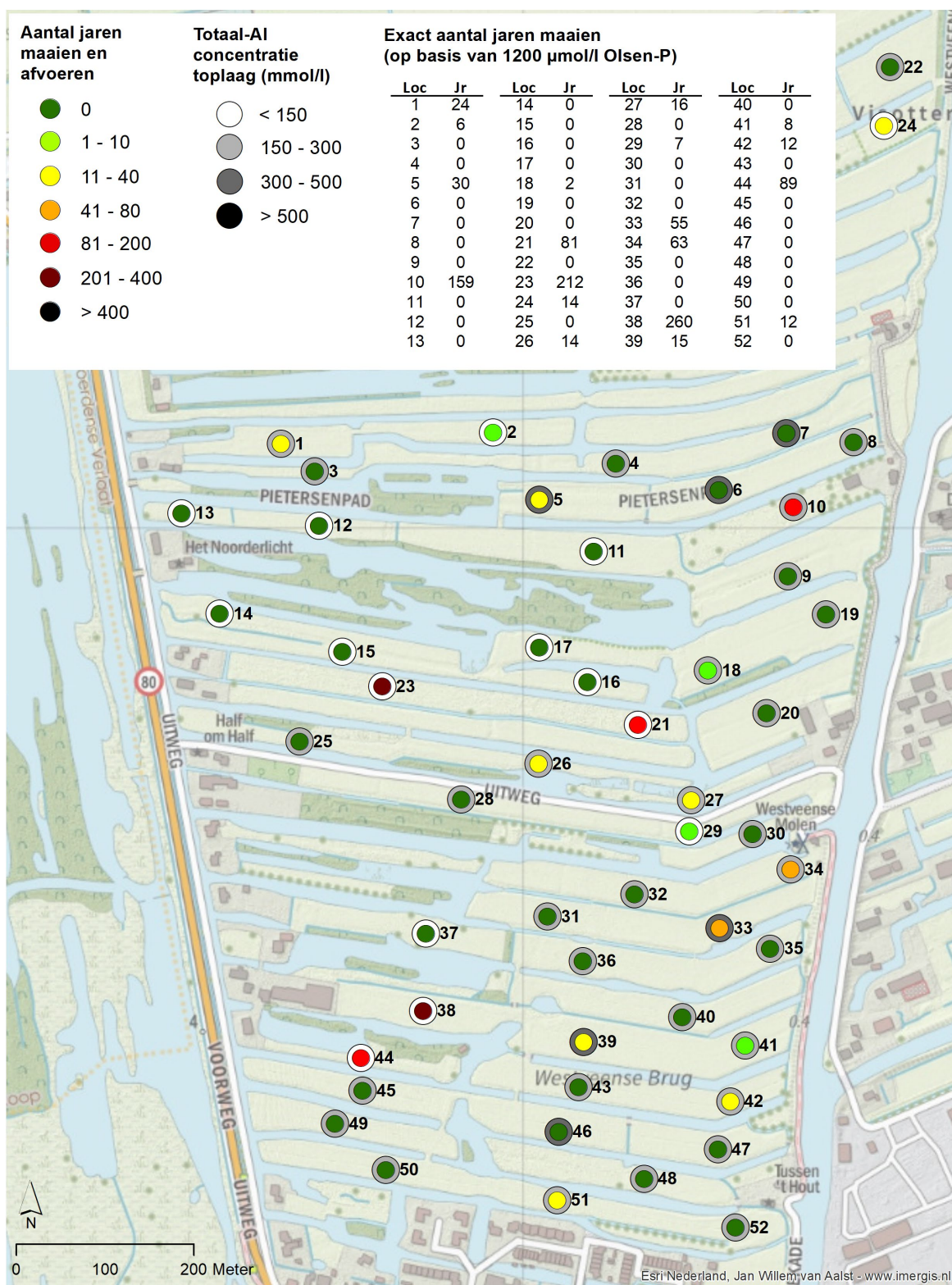
Figuur 4.9. Overzicht van de Olsen-P concentratie op circa 20-30 van de bodem in polder Westveen. De totaal aluminiumconcentratie van de bodem is indicatief voor het bodemtype: als bodems rijker zijn aan aluminium zijn deze ‘kleiiger’, sterker gebufferd, rijker aan ijzer en minder rijk aan organische stof (paragraaf 4.1). De witte bollen betreffen veenbodems (arm aan Al-t).



Figuur 4.10. Overzicht van de Olsen-P concentratie op circa 30-40 van de bodem in polder Westveen. De totaal aluminiumconcentratie van de bodem is indicatief voor het bodemtype: als bodems rijker zijn aan aluminium zijn deze ‘kleiiger’, sterker gebufferd, rijker aan ijzer en minder rijk aan organische stof (paragraaf 4.1). De witte bollen betreffen veenbodems (arm aan Al-t).



Figuur 4.11.A. Overzicht van de verschringsduur (aantal jaren maaien en afvoeren op basis van een P-afvoer van 10 kg/ha/jaar) van de toplaag van 25 cm tot een Olsen-P concentratie van 300 µmol/l in polder Westveen. De totaal aluminiumconcentratie van de bodem is indicatief voor het bodemtype: als bodems rijker zijn aan aluminium zijn deze 'kleiiger', sterker gebufferd, rijker aan ijzer en minder rijk aan organische stof (paragraaf 4.1). De witte bollen betreffen veenbodems (arm aan Al-t).



Figuur 4.11.B. Overzicht van de verschrappingsduur (aantal jaren maaien en afvoeren op basis van een P-afvoer van 10 kg/ha/jaar) van de toplaag van 25 cm tot een Olsen-P concentratie van 1200 µmol/l (kruiden- en faunarijck grasland) in polder Westveen. De totaal aluminiumconcentratie van de bodem is indicatief voor het bodemtype: als bodems rijker zijn aan aluminium zijn deze 'kleiiger', sterker gebufferd, rijker aan ijzer en minder rijk aan organische stof (paragraaf 4.1). De witte bollen betreffen veenbodems (arm aan Al-t).

Inrichtingsmaatregelen (per locatie) voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde natuurtypen

Op basis van de bodemchemische informatie (Tabel 4.5) is per locatie een optimale ontgrondingsdiepte vastgesteld voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde, soortenrijke natuur. De consequenties voor het beheer ('slappe' veenbodem) en de hydrologie (mineralisatie van relatief intact veen voorkomen) zijn belangrijk bij het opstellen van het definitieve inrichtingsplan. Lokaal is een alternatieve inrichtingsmaatregel voorgesteld (minder diepe ontgroning in combinatie met beperkt aanvullend beheer). In de rechter kolom 'ADVIES' wordt per locatie, op basis van expert-judgement en de mogelijkheden per perceel, de keuze gemaakt voor de meest reële, kansrijke inrichtingsmaatregel per locatie. In paragraaf 4.5 wordt dit ruimtelijk weergegeven.

Tabel 4.6. Overzicht van de natuurontwikkelingsmogelijkheden en inrichtingsmaatregelen per locatie. Daarnaast worden de Olsen-P concentratie van de huidige toplaag en de GHG in cm-mv (afgeleid uit het bodemprofiel) weergegeven. De ontgrondingsdiepte voor de ontwikkeling van nat schraalland of vochtig hooiland wordt weergegeven in cm-mv. (+) = <5 jaar aanvullend maaien en afvoeren; + = 6-15 jaar maaien en afvoeren en ++ = 16-30 jaar maaien en afvoeren. Z = (soortenarme) zode verwijderen door te plaggen of 10 cm af te graven. -KG = ontwikkeling kruiden- en faunairijk grasland. ADVIES = inrichtingsadvies Onderzoekcentrum B-WARE. De arcering geeft het bodemtype weer op de betreffende diepte:

relatief intact veen (>75% OS)		licht veraard veen (51-75% OS)		venige klei / kleilig veen (Al-t 151-300)		klei, humeus (Al-t 301-500)		
						Inrichtingsmaatregelen		
Nr	Huidige toplaag Olsen-P (µmol/l)	GHG	Geadviseerde verschrallingsmaatregel en mogelijke vegetatietypen			Optimaal	Alternatief	
Gebied ten noorden van de Uitweg								
1	1371	30	20 cm afgraven in combinatie met 19 jaar maaien en afvoeren of 30 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalgrasland			30	20++	30
2	1253	20	20 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalgrasland			20	n.v.t.	20
3	1089	20	20 cm afgraven voor de ontwikkeling van een vochtig hooiland			20	n.v.t.	20
4	858	25	20 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalgrasland			20	n.v.t.	20
5	1426	30	20 cm afgraven in combinatie met 28 jaar maaien en afvoeren t.b.v. de ontwikkeling van een vochtig hooiland of 30 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalgrasland			30	20++	30
6	555	25	zode verwijderen (mits soortenarm)/10 cm plaggen in combinatie met 10 jaar maaien en afvoeren t.b.v. de ontwikkeling van een vochtig hooiland of 20 cm afgraven voor de ontwikkeling van een nat schraalgrasland			20	Z/10+	Z/10+
7	804	20	20 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalgrasland			20	n.v.t.	20
8	448	20	zode verwijderen (mits soortenarm)/10 cm plaggen (mogelijk in combinatie met beperkt aanvullend verschrallingsbeheer) t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalgrasland/vochtig hooiland of 20 cm afgraven voor de ontwikkeling van een nat schraalgrasland			20	Z/10+	Z/10+
9	514	20	zode verwijderen (mits soortenarm)/10 cm plaggen (mogelijk in combinatie met beperkt aanvullend verschrallingsbeheer) t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalgrasland/vochtig hooiland of 20 cm afgraven voor de ontwikkeling van een nat schraalgrasland			20	Z/10+	Z/10+
10	2449	50	20 cm afgraven voor de ontwikkeling van een kruidenrijk grasland of 30 cm (in combinatie met 26 jaar maaien en afvoeren) of 40 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalgrasland			40	20-KG/30++	30++
11	816	15	15 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalgrasland			15	n.v.t.	15
12	634	10	15 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalgrasland			15	n.v.t.	15
13	959	10	20 cm afgraven in combinatie met 17 jaar maaien en afvoeren of 30 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalgrasland. Let op: GHG 10 cm-mv.			30	20++	30
14	311	20	zode verwijderen (mits soortenarm)/10 cm plaggen t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalgrasland			Z/10	n.v.t.	Z/10
15	1122	15	15 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalgrasland			15	n.v.t.	15
16	273	20	zode verwijderen (mits soortenarm)/10 cm plaggen t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalgrasland			Z/10	n.v.t.	Z/10
17	763	15	15 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalgrasland			15	n.v.t.	15
18	1219	30	15 cm afgraven (mogelijk in combinatie met beperkt aanvullend verschrallingsbeheer) t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalgrasland/vochtig hooiland of 30 cm afgraven voor de ontwikkeling van een nat schraalgrasland			30	15+	15+
19	1071	30	20 cm afgraven in combinatie met maximaal 17 jaar maaien en afvoeren t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalgrasland/vochtig hooiland of 30 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalgrasland			30	20++	20++

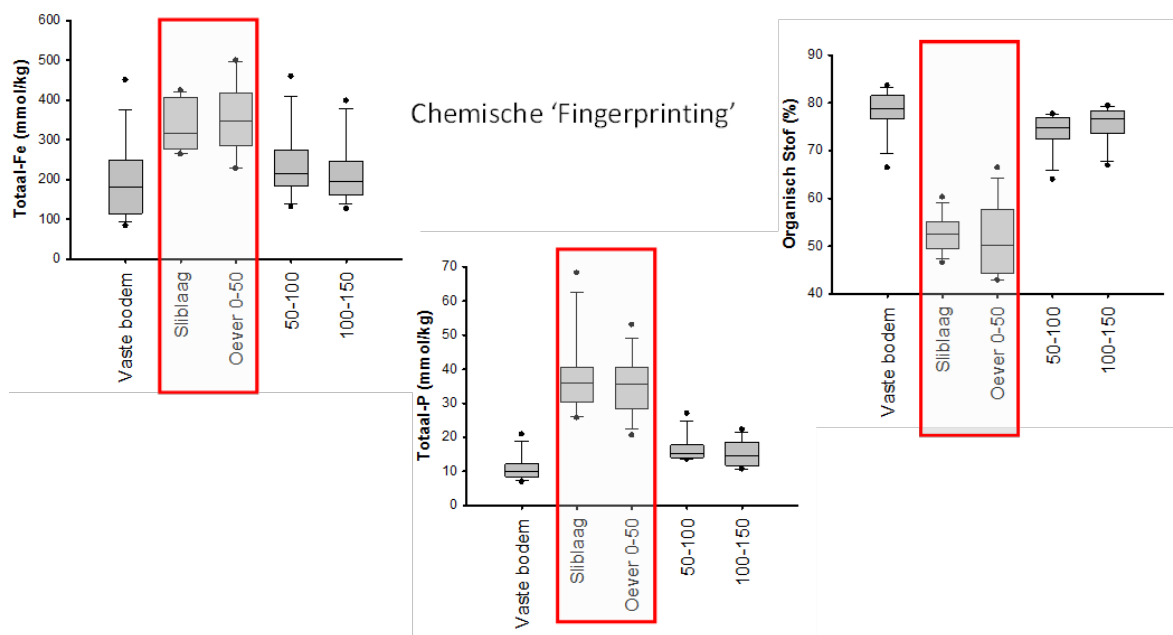
Huidige toplaag			Geadviseerde verschrallingsmaatregel en mogelijke vegetatietypen	Inrichtingsmaatregelen		ADVIES
Nr	Olsen-P (µmol/l)	GHG		Optimaal	Alternatief	
Gebied ten noorden van de Uitweg						
20	869	30	20 cm afgraven in combinatie met 20 jaar maaien en afvoeren of 30 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalgrasland	30	20++	20++
21	1882	10	20 cm afgraven in combinatie met 8 jaar maaien en afvoeren t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalgrasland. Let op: GHG 10 cm-mv.	20+	n.v.t.	20+
22	1069	60	20 cm afgraven in combinatie met 19 jaar maaien en afvoeren t.b.v. de ontwikkeling van een vochtig hooiland of 30 cm afgraven voor de ontwikkeling van een nat schraalgrasland. Let op: GHG 60 cm-mv.	30	20++	30
23	2613	20	30 cm afgraven in combinatie met 6 jaar maaien en afvoeren t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalgrasland. Let op: GHG 20 cm-mv.	30+	n.v.t.	30+
24	1339	50	20 cm afgraven in combinatie met 22 jaar maaien en afvoeren t.b.v. de ontwikkeling van een vochtig hooiland of 40 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalgrasland. Let op: GHG 50 cm-mv.	40	20++	20++
25	635	30	15 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalgrasland	15	n.v.t.	15
26	1381	15	15 cm afgraven (in combinatie met 3 jaar maaien en afvoeren) t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalgrasland	15(+)	n.v.t.	15(+)
27	1357	20	20 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalgrasland	20	n.v.t.	20
Gebied ten zuiden van de Uitweg						
28	923	30	20 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalgrasland	20	n.v.t.	20
29	1253	30	20 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalgrasland	20	n.v.t.	20
30	1107	40	20 cm afgraven (mogelijk in combinatie met beperkt aanvullend verschrallingsbeheer) t.b.v. de ontwikkeling van een vochtig hooiland/nat schraalgrasland of 40 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalgrasland	40	20+	20+
31	1161	-	20 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalgrasland	20	n.v.t.	20
32	759	30	15 cm afgraven (in combinatie met 1 jaar maaien en afvoeren) t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalgrasland	15(+)	n.v.t.	15(+)
33	1600	40	25 cm afgraven (mogelijk in combinatie met beperkt aanvullend verschrallingsbeheer) t.b.v. de ontwikkeling van een vochtig hooiland/nat schraalgrasland of 45 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalgrasland	45	25+	25+
34	1769	40	20 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een vochtig hooiland/nat schraalgrasland	20	n.v.t.	20
35	924	30	15 cm afgraven in combinatie met fors aanvullend verschrallingsbeheer (12-42 jaar maaien en afvoeren) t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalgrasland of maaien en afvoeren voortzetten t.b.v. de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland	15++	0-KG	0-KG
36	1076	30	40 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalgrasland of inzetten op de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland (maaien en afvoeren voortzetten of 20 cm afgraven). Let op: GHG 30 cm-mv.	40	0/20-KG	0/20-KG
37	641	30	20 cm afgraven in combinatie met 15 jaar maaien en afvoeren t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalgrasland of maaien en afvoeren voortzetten t.b.v. de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland	20+	0-KG	0-KG
38	2858	30	20 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalgrasland (mogelijk in combinatie met maximaal 8 jaar aanvullend verschrallingsbeheer i.v.m. rijkere bodemlaag op 40-50 cm-mv)	20(+)	n.v.t.	20(+)
39	1317	20	20 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalgrasland	20	n.v.t.	20
40	1056	30	20 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een vochtig hooiland/nat schraalgrasland	20(+)	n.v.t.	20(+)
41	1273	-	20 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalgrasland	20	n.v.t.	20
42	1317	20	20 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalgrasland	20	n.v.t.	20
43	1029	20	20 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalgrasland	20	n.v.t.	20
44	2522	30	15 cm afgraven in combinatie met maximaal 22 jaar maaien en afvoeren t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalgrasland of 35 cm afgraven (in combinatie met zeer beperkt aanvullend verschrallingsbeheer) t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalgrasland	35(+)	15++	15++
45	819	30	20 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalgrasland	20	n.v.t.	20
46	550	30	20 cm afgraven (in combinatie met zeer beperkt aanvullend verschrallingsbeheer) t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalgrasland	20(+)	n.v.t.	20(+)
47	1135	20	20 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalgrasland	20	n.v.t.	20
48	905	30	15 cm afgraven in combinatie met 7 jaar maaien en afvoeren of 30 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalgrasland	30	15+	30
49	824	30	20 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalgrasland	20	n.v.t.	20
50	1077	30	20 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalgrasland	25	n.v.t.	25
51	1291	40	20 cm afgraven (in combinatie met zeer beperkt aanvullend verschrallingsbeheer) t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalgrasland	20(+)	n.v.t.	20(+)
52	1087	40	20 cm afgraven in combinatie met circa 30 jaar maaien en afvoeren of 35 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een nat schraalgrasland	35	20++	20++

4.4 Af- en uitspoeling van nutriënten

Achtergrondinformatie: sturende processen bij fosfaatomobilisatie

Bij het vernatten van fosfaatrijke gronden bestaat het risico dat fosfaat uit de bodem wordt gemobiliseerd en kan af- en uitspoelen naar de sloten en daar resulteert in een (verdere) afname van de waterkwaliteit. De waterkwaliteit in veenweidesloten wordt dus in belangrijke mate beïnvloed door het gevoerde peilbeheer en de grondwaterstandsfluctuaties in de aangrenzende percelen (Smolders e.a., 2013a; Figuur 4.13).

De voedselrijkdom van de onderwaterbodem van veenweidesloten wordt in belangrijke mate bepaald door de erosie van bodemdeeltjes uit de omringende weilanden (Poelen & Smolders, 2015; Smolders e.a., 2017). Omdat de weilanden rijk zijn aan nutriënten zijn ook de onderwaterbodems rijk aan nutriënten. De eigenschappen en de voedselrijkdom van de sliblaag in de sloten hangt dus sterk af van de voedselrijkdom van de omringde weilanden (Figuur 4.12). Als gevolg van reductieprocessen wordt in de anaerobe onderwaterbodems fosfaat en ammonium vrijgemaakt, dat beschikbaar komt in het poriewater van de bodem. Wortelende waterplanten die op de bodem groeien kunnen dit direct opnemen. Daarnaast kunnen er door nalevering vanuit de onderwaterbodem en door uitspoeling uit de percelen of inlaat van oppervlaktewater ook nutriënten in de waterlaag terecht komen.

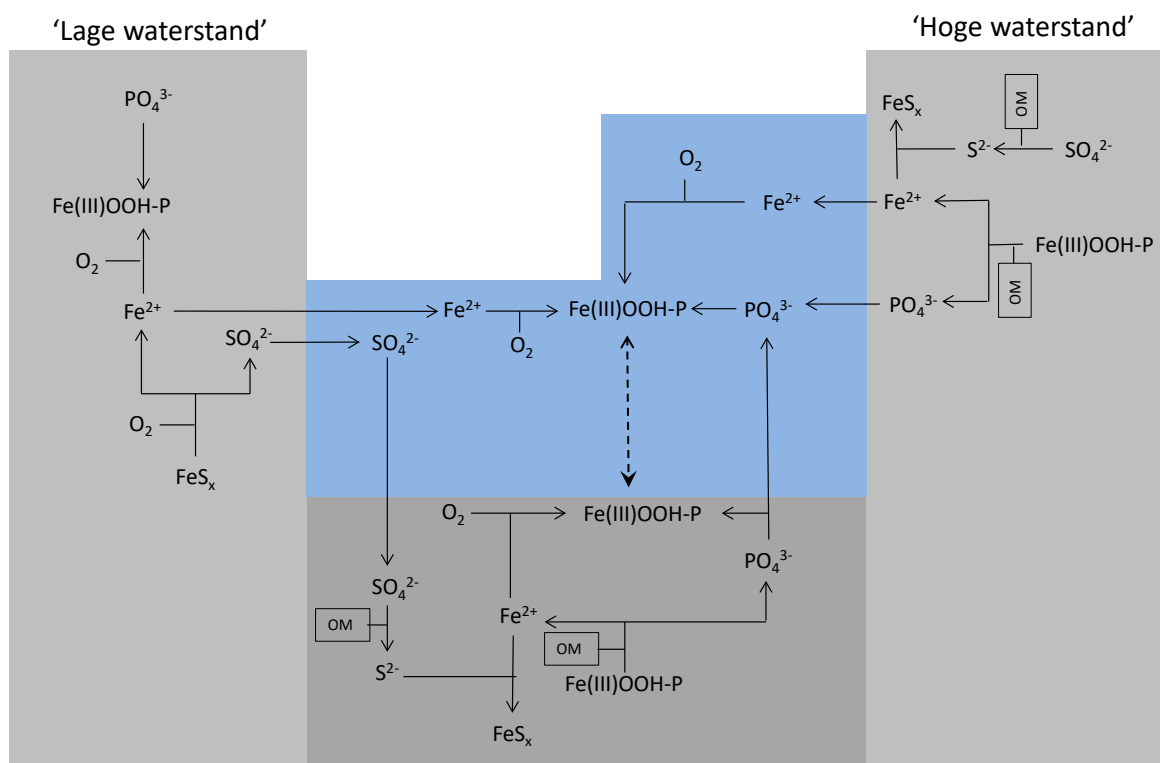


Figuur 4.12. Data uit polder Stein waaruit blijkt dat de kwaliteit van de sliblaag in belangrijke mate wordt bepaald door de erosie van bodemdeeltjes uit de aangrenzende oever van omringende percelen. Naar Poelen & Smolders (2015).

De grondwaterstand in de percelen speelt een belangrijke rol in de fosfaatbindingscapaciteit van de bodem, en daarmee in de potentiële uitspoeling van nutriënten naar de waterlaag (Smolders e.a., 2013b; van Diggelen e.a., 2014). Bij een relatief lage grondwaterstand, gedurende drogere periodes of bij ontwatering, dringt er meer zuurstof door in de bodem waardoor er oxidatie van gereduceerde ijzerverbindingen (waaronder FeS_x) kan plaatsvinden (Figuur 4.13; Lucassen e.a., 2005). Het geoxideerde ijzer kan goed fosfaat binden, waardoor dit wordt geïmmobiliseerd en de

fosfaatconcentratie in het bodemwater laag blijft. Als gevolg van de oxidatie van gereduceerd zwavel zal er echter wel sulfaat vrijkomen. Tijdens lagere grondwaterstanden accumuleert er dan ook sulfaat in de bodem, terwijl de fosforbeschikbaarheid laag blijft.

Bij stijgende grondwaterstanden in de percelen kan het sulfaat dat in de zomer is vrijgekomen bij de oxidatie van de (veen)bodems uitspoelen naar de waterlaag. Wanneer de grondwaterstand stijgt en de bodem anaeroob wordt, wordt het geoxideerde ijzer weer gereduceerd en komt ijzer-gebonden fosfaat weer vrij in oplossing. Tijdens hoge grondwaterstanden wordt het fosfaat (en ook het ijzer) dus mobiel en is de sulfaatconcentratie juist laag (Figuur 4.13). Tijdens deze omstandigheden kan de potentiële uitspoeling van fosfor en soms ook ijzer naar het oppervlaktewater hoog zijn.



Figuur 4.13. Schematische voorstelling van de biogeochemische processen die de waterkwaliteit bepalen in de sloten van het veenweidegebied (links lage waterstanden en rechts hoge waterstanden in de percelen). Licht grijs = bodem van de percelen, donkergrijs = waterbodem van de sloot, blauw = oppervlaktewater sloot en OM = organisch materiaal. Naar Smolders e.a. (2013b).

Door sterk wisselende grondwaterstanden wordt het oppervlaktewater in de loop van de tijd belast met ijzer, fosfor en sulfaat. De mate waarin dit gebeurt, hangt af van bodemeigenschappen van de percelen en de dynamiek van het systeem. Het fosfor wordt in de toplaag van de bodem (of in de waterlaag) gebonden aan geoxideerd ijzer. De ijzeroxides kunnen worden gereduceerd in de onderwaterbodems waarbij ijzer en fosfaat vrijkomen. Ijzer en fosfaat uit de onderwaterbodem diffunderen richting de waterlaag waar het ijzer in het geoxideerde toplaagje van de bodem kan worden geoxideerd. Fosfaat bindt aan dit geoxideerde ijzer in de toplaag van de onderwaterbodem waardoor de fosfaatnalevering laag blijft. Ook sulfaat kan in de anaerobe onderwaterbodem als alternatieve elektronenacceptor dienen voor de afbraak van organisch materiaal. Het sulfide dat

.....

hierbij wordt gevormd bindt met opgelost ijzer in de bodem waarna het neerslaat als ijzersulfide (Figuur 4.13). Op deze wijze wordt de ijzerconcentratie van het poriewater verlaagd wat invloed kan hebben op de nalevering van fosfor naar de waterlaag omdat deze sterk door de verhouding tussen opgelost Fe en P wordt bepaald. Uit experimenten is gebleken dat wanneer de verhouding (mol/mol) tussen ijzer en fosfor in het poriewater lager wordt dan 1, de nalevering van fosfor naar de waterlaag fors toeneemt (Geurts e.a., 2010).

Tools voor het water(peil)beheer

Door te voorkomen dat waterpeilen in de percelen diep uitzakken kan mobilisatie van sulfaat worden voorkomen. Wel kan de directe fosfaatbelasting (maar tevens ook ijzer) vanuit de percelen door hogere grondwaterstanden in de percelen juist toenemen. Met name de toplaag van de percelen is vaak erg rijk aan ijzer en fosfor. Wanneer in het kader van natuurontwikkeling deze toplaag (deels) wordt verwijderd is het risico op extra P-mobilisatie en afspoeling naar de sloot, als gevolg van hoge waterstanden veel kleiner.

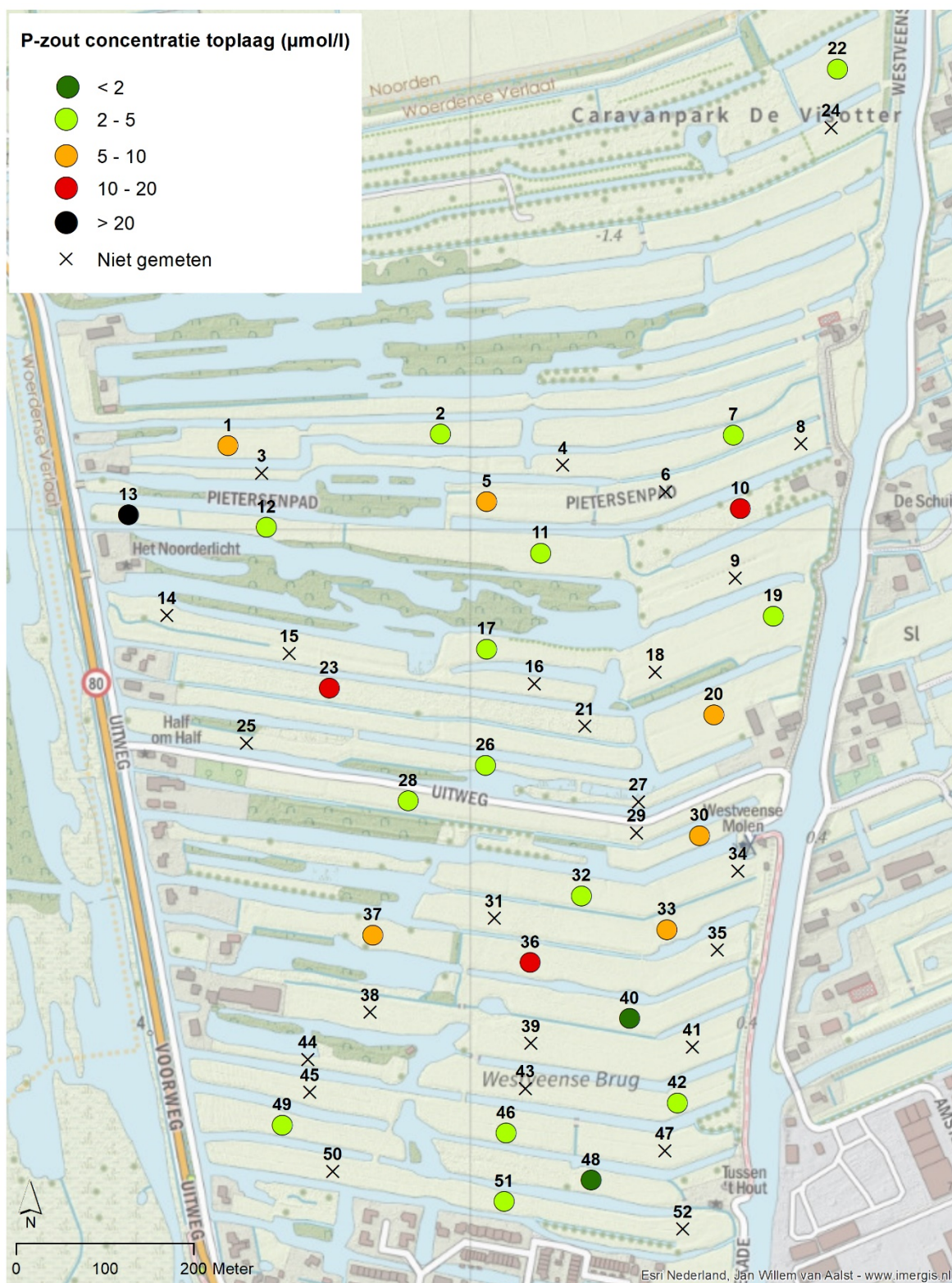
Uitspoeling vanuit de percelen vindt vooral plaats wanneer de grondwaterstanden in de percelen hoger zijn dan het slootpeil. In de winterperiode is dit onvermijdelijk, er is immers een regenwateroverschot, maar door een slim waterpeilbeheer, kan de uitspoeling vanuit de percelen worden beperkt. Zo kan door instellen van een flexibel peilbeheer, waarbij het waterpeil in de sloten meebeweegt met het waterpeil in de percelen, de uitwisseling tussen de percelen en de sloten worden verminderd (Smolders e.a., 2013a). Dus geen geforceerde waterpeilverlagingen in de sloten. Ook door het handhaven van een permanent hoog waterpeil in de sloten kan dit natuurlijk worden bereikt. Daarnaast kan ook door de aanleg van geplagde oeverzones langs de sloten de uitspoeling van nutriënten en ook slib naar de waterlaag worden verminderd.

Risico op af- en uitspoeling van nutriënten in het onderzoeksgebied

Het peilbeheer en de mate van veenafbraak is dus van invloed op de mate van uit-/afspoeling van nutriënten uit veenweidegronden. Hoe meer labiel gebonden fosfaat aanwezig is, des te groter het risico op P-uitspoeling. Om een beeld te schetsen van het actuele risico op de uitspoeling van fosfor is de ruimtelijke variatie in de P-z (labiel-gebonden P) concentratie in de toplaag van de bodem weergegeven (Figuur 4.14; gemeten op een selectie van locaties). De P-z concentratie in de toplaag is overwegend relatief laag ($< 5 \mu\text{mol/l}$) tot matig verhoogd ($5\text{-}10 \mu\text{mol/l}$) en daarmee geen primaire factor. De monsters werden echter genomen onder extreem droge omstandigheden (begin augustus 2018) waardoor de P-z concentraties minder representatief zijn (vooral indicatief onder nattere condities).

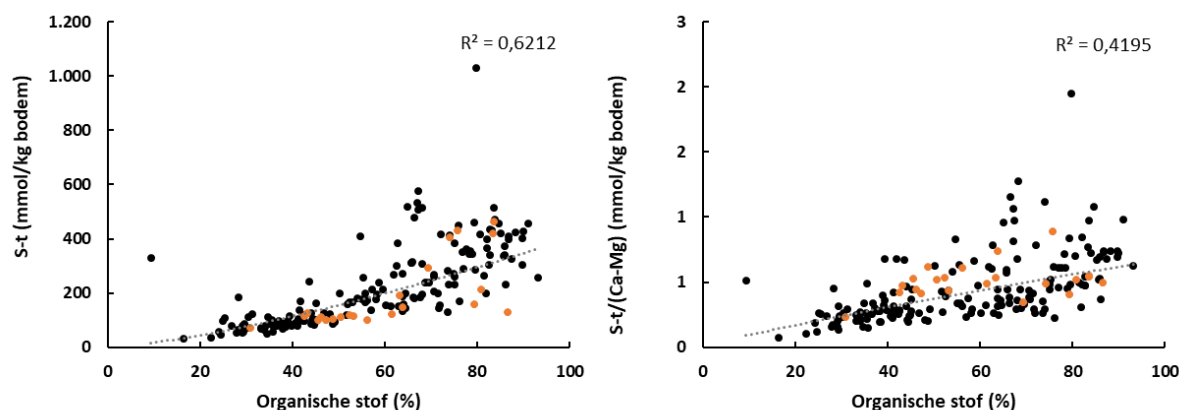
Wanneer vernattingsmaatregelen gaan plaatsvinden waarbij ook in de zomerperiode plas/dras condities ontstaan kan P-mobilisatie plaatsvinden als gevolg van interne eutrofiëringsprocessen. Uit het bodemchemisch onderzoek blijkt dat de P-concentraties in de toplaag van de onderzochte percelen hoog zijn ($\pm 18\text{-}26 \text{ mmol P/l}$ bodem; gemiddeld 23 mmol/l , $\text{SD} = 11$) en lokaal sterk variëren. Zo lang er geen anaerobe omstandigheden ontstaan is het risico op P-mobilisatie laag, gezien de gunstige Fe/P-ratio van de onderzochte bodems van gemiddeld 7,4 (min. 2 en max. 35). In de bodem is er ondanks de hoge P-concentraties in verhouding veel meer ijzer aanwezig, waardoor onder aerobe omstandigheden het fosfaat goed geïmmobiliseerd wordt.

Dieper in de veenbodems is een groot deel van het aanwezige P in het organisch materiaal aanwezig en niet aan ijzer gebonden. Deze P-fractie komt pas vrij bij de afbraak van het organische materiaal (als gevolg van oxidatie).



Figuur 4.14. Overzicht met de ruimtelijke variatie in de labiele P-concentratie (P-z in µmol/l verse bodem) van de toplaag van de bodem. Hoe hoger de concentratie label-P in de toplaag, des te groter het risico is op P-uitspoeling of -afspoeling. De zeer droge periode (begin augustus 2018) waarin de bemonstering heeft plaatsgevonden is echter niet optimaal (de uitspoeling vindt met name plaats onder natte condities).

De zwavelhoudende veenbodems hebben gemiddeld een $S/(Ca+Mg)$ ratio van 0,45 (Figuur 4.15, rechtsonder). Wanneer deze ratio $>0,67$ is, is er een risico op verzuring bij droogval (oxidatie) (Lucassen e.a., 2002). Uit Tabel 4.5. (kolom 'SCM') blijkt dat de verzuringsgevoeligheid sterk varieert. Om fosfaatmobilisatie en/of verzuring te voorkomen, is het van belang om de juiste hydrologische omstandigheden te creëren in het gebied. Een te sterke verdroging van de veenbodems (bijvoorbeeld als gevolg van een geforceerde peilverlaging in de sloten om maaibeheer mogelijk te maken) na plaggen moet worden voorkomen.



Figuur 4.15. Correlaties gerelateerd aan het percentage organische stof en de zwavelconcentratie (links) en de $S/(Ca+Mg)$ ratio (rechts) in de bodems in polder Westveen (zwarte stippen) en de referenties (oranje stippen).

Een belangrijke factor bij de fosfaatimmobilisatie door ijzer is dat de toplaag van de bodem zuurstofhoudend moet zijn. Onder anaerobe omstandigheden kan de reductie van ijzer(hydr)oxides leiden tot de mobilisatie van fosfaat. Hoge waterstanden in de zomerperiode (hoge temperaturen) moeten, zeker wanneer de bodem P-rijk is, dan ook voorkomen worden. In de praktijk zijn de waterstanden het hoogste in de winterperiode en door de lage temperatuur spelen redoxprocessen dan een minder grote rol. In de zomerperiode valt de toplaag van de bodem droog en treedt er juist weer P-immobilisatie op door binding aan ijzer(hydr)oxides.

Hoe groter de totaal-P voorraad in de bodem, des te groter de hoeveelheid P die potentieel kan worden gemobiliseerd bij vernatting/natte omstandigheden in de zomerperiode: in Figuur 4.16 wordt de ruimtelijke variatie in de totaal-P concentratie van de toplaag weergegeven. Hiermee wordt een beeld geschetst van het potentiële risico op eutrofiëring als gevolg van fosfaatmobilisatie bij vernatting.

Uit het bovenstaande wordt wel duidelijk dat hoge waterstanden in de zomerperiode voorkomen moeten worden om de risico's op mobilisatie en uitspoeling te beperken. Om de botanische doelen in de polder Westveen op korte termijn te kunnen realiseren zal de P-rijke toplaag moeten worden verwijderd, dit zal ook de risico's op fosfaatuitspoeling en -mobilisatie sterk reduceren.

Wanneer er sprake is van percelen met een weidevogelgoalstelling, dan zal een verhoging van de waterstand wel kunnen leiden tot een toename van het risico op fosfaatuitspoeling. Onder de botanische doelen vallen nat schraalland en vochtig hooiland, dit zijn vegetatietypen die enige droogval nodig hebben (GLG over het algemeen circa 40 cm -mv, op veenbodems lijkt 10-20 cm-mv voldoende). Droogval van veenbodems leidt echter tot versnelde afbraak van de veenbodem: veenoxidatie. Dit is een dilemma. Het is in ieder geval belangrijk dat bij de inrichtingsplannen voorkomen wordt dat de nu permanent natte, nog intacte, veenbodem (onder, maar deels ook

.....
boven, de huidige GLG) in de toekomstige situatie door bijvoorbeeld het instellen van een flexibelpeilbeheer kan droogvallen.

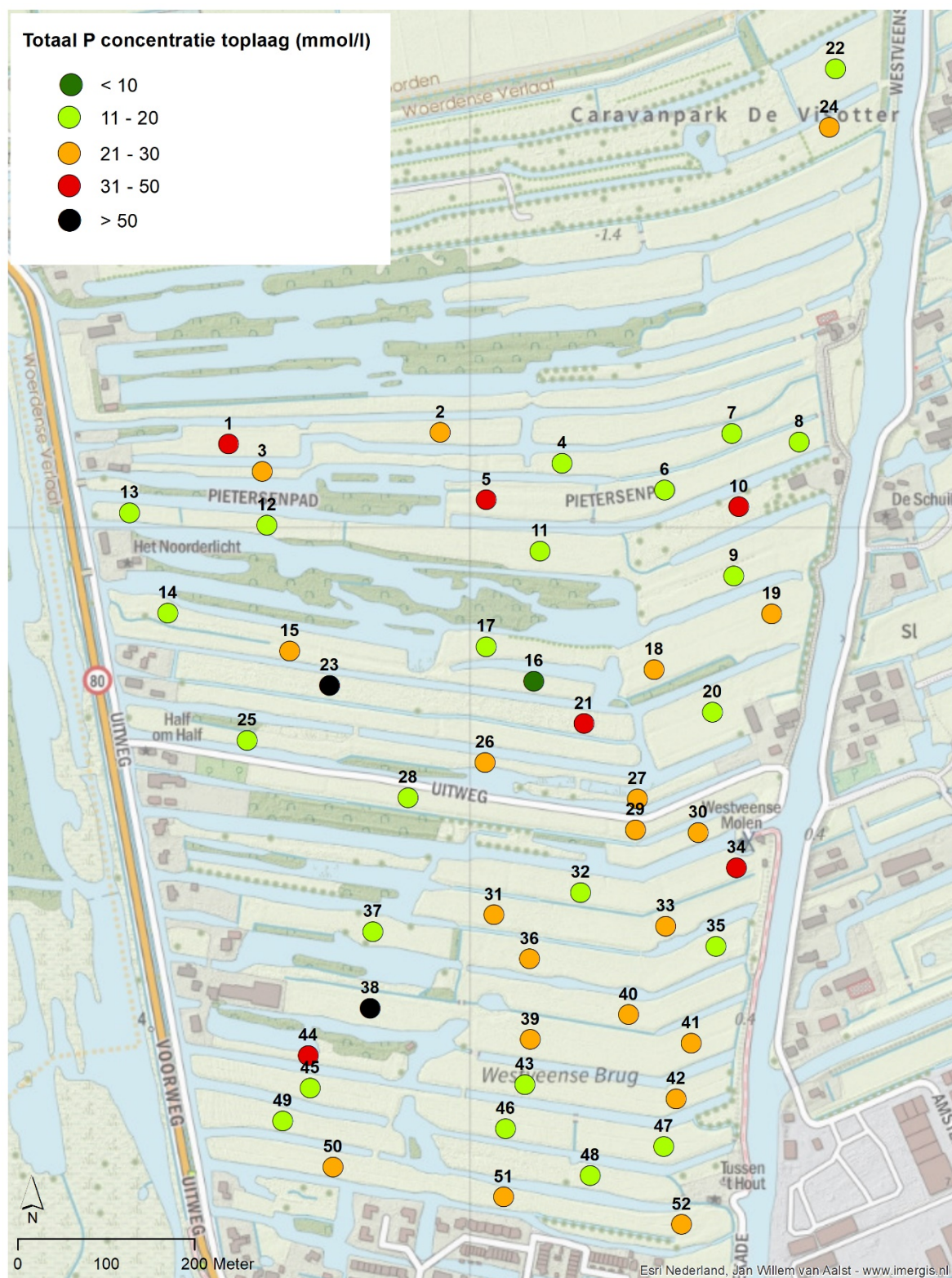
Veenoxidatie heeft veel negatieve gevolgen zoals bodemdaling, verzuring, vrijkomen sulfaat en emissie van broeikasgassen. Wanneer in het gebied gestreefd wordt naar een minimalisatie van de veenafbraak, dan zijn permanent hoge waterstanden noodzakelijk. Permanent hoge waterstanden passen echter niet heel erg goed bij de doelvegetaties, er zal dan ingezet moeten worden op moerasvegetaties. Vanuit dit oogpunt zijn veenvormende vegetatietypen het meest gunstig. Vanwege de permanent hoge waterstanden wordt de veenafbraak geminimaliseerd en op termijn kan nieuwe veenvorming zelfs resulteren in een bodemstijging.

Een aandachtspunt is ook dat door het afgraven van de toplaag het perceel aan draagkracht verliest waardoor een maaibeheer alleen plaats kan vinden met speciale machines. Het geforceerd aflaten van water in de zomer om een maaibeheer mogelijk te maken kan leiden tot ernstige mineralisatie van het veen (Van de Broek et al., 2018) en moet worden voorkomen.

Maatregelen beperken risico's af- en uitspoeling nutriënten

Op basis van het bodemonderzoek en algemene informatie worden hieronder enkele factoren vermeld die kunnen bijdragen aan een verbetering van de oppervlaktewaterkwaliteit in het gebied:

- Het stoppen van bemesting. Dit kan leiden tot een verminderde uit- en afspoeling van fosfor en stikstof (voornamelijk nitraat).
- Het creëren van hogere grondwaterstanden waardoor minder mineralisatie van organisch materiaal optreedt. Dit kan leiden tot minder sulfaatproductie. Onder fosfaatrijke omstandigheden (onder andere wanneer sprake is van een voedselrijke toplaag) kunnen hogere grondwaterstanden echter leiden tot P-mobilisatie en daarmee tot hogere fosforconcentraties in het oppervlaktewater. Onder natte omstandigheden worden onder anaerobe omstandigheden (bijvoorbeeld dieper in veenweidebodems) hogere P-concentratie gemeten omdat ijzergebonden fosfaat vrijkomt. De in het onderzoeksgebied gemeten labiele P-concentraties (P-z) zijn overwegend relatief laag tot beperkt verhoogd.
- Het verwijderen van de fosfaatrijke toplaag kan leiden tot een verminderde uit- en afspoeling van nutriënten (lagere P-concentraties) en minder (forse) P-nalevering onder nattere omstandigheden. Dit dient te worden gecombineerd met het handhaven van een permanent hoog waterpeil in de sloten (10-20 cm droogval van de natuurpercelen in de zomerperiode is voldoende) en het voorkomen van geforceerde waterpeilverlagingen in de sloten (bijvoorbeeld ten behoeve van beheer).
- Het creëren van bufferzones door middel van het afplaggen van oevers over een breedte van 2-5 meter tot ongeveer 5-15 cm boven gemiddeld slootpeil. Dit heeft onder andere plaatsgevonden in polder Oukoop (experimenteel) en zowel geleid tot een verminderde uit- en afspoeling van nutriënten naar het oppervlaktewater als tot de ontwikkeling van soortenrijke oevers.



Figuur 4.16. Overzicht met de ruimtelijke variatie in de totaal-P concentratie (P-t mmol/l verse bodem) van de toplaag van de bodem in polder Westveen. Wanneer vernatting van een met P-verrijkte bodem plaats vindt is het risico op verzuuring in de vorm van pitrusontwikkeling groot. Hoe hoger de concentratie totaal-P in de toplaag, des te groter de hoeveelheid P die kan worden gemobiliseerd en kan uitspoelen naar diepere bodemlagen of kan afspoelen naar het oppervlaktewater.

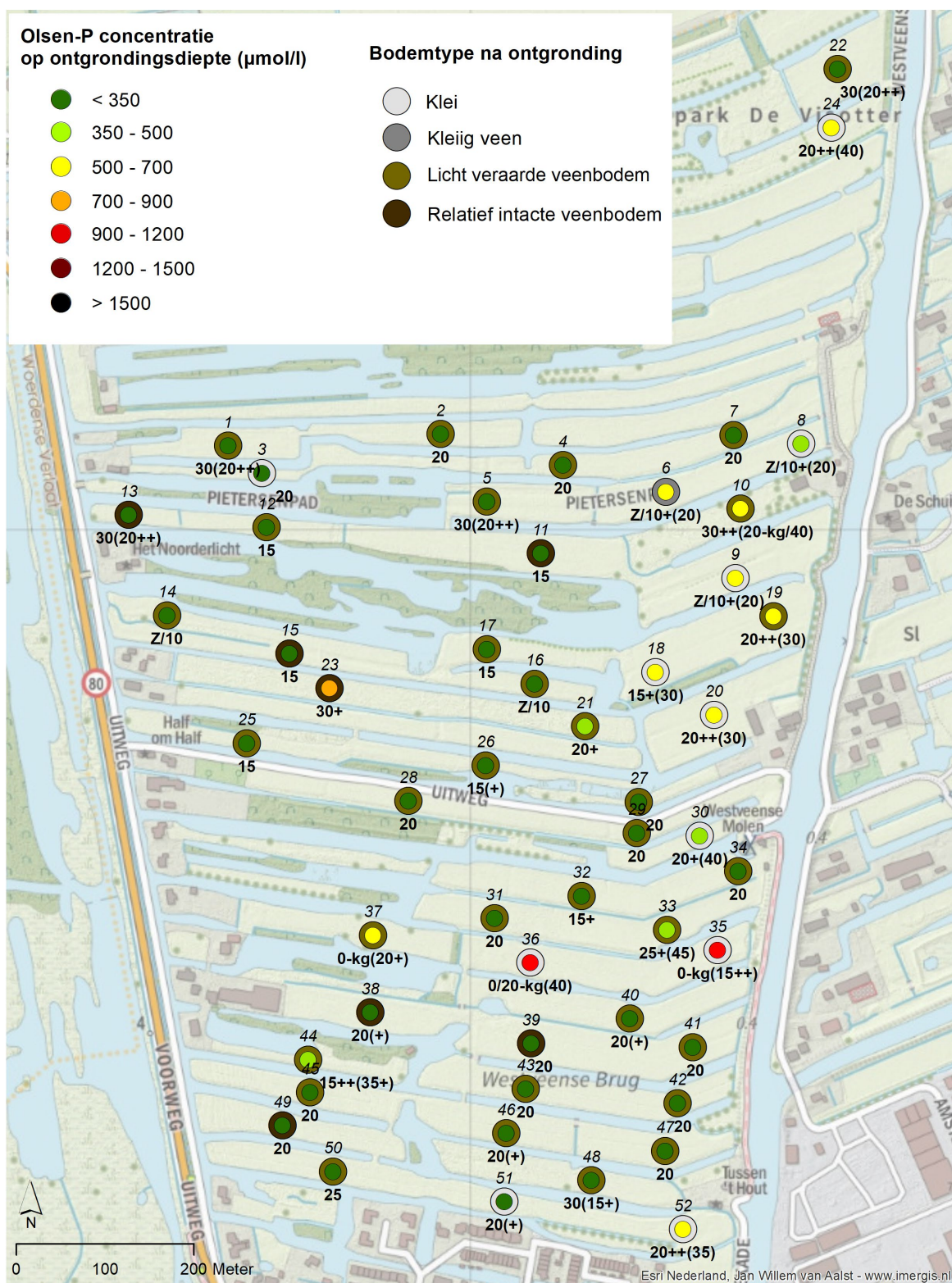
.....

4.5 Synthese

In deze synthese worden puntsgewijs de belangrijkste conclusies van het bodemchemische onderzoek beschreven.

- In het onderzoeksgebied is sprake van veenbodems met een licht kleiige toplaag. De mate van veraardheid van de veenbodems neemt af in de diepte (Bijlage 1);
- De toplaag van de bodem is verrijkt met aluminium (indicatief voor het lutumpercentage) en ijzer (Figuur 4.3) als gevolg van de veenafbraak. De oorzaak hiervan is de ontwatering en bemesting ten behoeve van het landbouwkundig gebruik;
- De ijzerconcentraties van de bodems variëren sterk en nemen over het algemeen af in de diepte (Figuur 4.3);
- De (kleiige) veenbodems zijn goed gebufferd (Ca-t circa 80-150 mmol/l en Ca-z circa 25.000-35.000 $\mu\text{mol/l}$; Figuur 4.3) en geschikt voor de ontwikkeling van nat schraalland. Onder ijzerrijke (>150 mmol/l), sterk gebufferde (Ca-z >35.000 $\mu\text{mol/l}$) ligt de ontwikkeling van een vochtig hooiland meer voor de hand.
- Voor de ontwikkeling van dergelijke soortenrijke natuurbeheertypen zijn voedselarme omstandigheden vereist. Er wordt gestreefd naar een Olsen-P concentratie (voor planten beschikbare fosfaatconcentratie) van ($<$)300-500 $\mu\text{mol/l}$. Deze concentraties werden gemeten in referentielocaties (schraalland) in polder Westveen, de Haeck, de Bovenlanden en graslanden langs de Meije (paragraaf 4.2);
- Als gevolg van het landbouwkundig gebruik (bemesting en veenoxidatie) zijn de concentraties totaal-P (gemiddeld 23 mmol/l) en de Olsen-P concentratie (gemiddeld 1140 $\mu\text{mol/l}$) in de toplaag, (lokaal fors) te hoog in vergelijking tot de referentiemetingen en de streefconcentraties (Figuur 4.1). De Olsen-P en totaal-P concentraties zijn daarbij wel gemiddeld fors lager in de bodemlagen onder de toplaag (>20 cm-mv); ca 290 μmol Olsen-P/l en ca. 7 mmol totaal-P/l (Figuur 4.1). De uitspoeling naar diepere bodemlaag is relatief beperkt gebleven: de concentraties nemen af in de diepte. Dit is positief voor de beoogde natuurontwikkeling;
- De GLG, de gemiddeld laagste grondwaterstand (op basis van het bodemprofiel), bedraagt circa 50-80 cm-mv (gemiddeld 66 cm-mv). De GHG, de gemiddeld hoogste grondwaterstand, is overwegend 10-40 cm-mv (gemiddeld 27 cm-mv; Bijlage 1, Tabel 4.6). Deze waterstanden zijn niet geschikt voor de ontwikkeling van de beoogde natuurbeheertypen nat schraalland en/of vochtig hooiland (natte omstandigheden van het najaar tot het voorjaar en zeer beperkte droogval van de toplaag in de zomerperiode);
- Vernatting (met name in de zomerperiode) van de P-rijke toplaag zal leiden tot P-mobilisatie (interne eutrofiering), en daarmee tot ongewenste verruiging, doordat ijzergebonden fosfaat wordt gemobiliseerd;
- Het optimaliseren van het hydrologische aspect speelt een belangrijke rol, mede doordat de veenbodem lokaal verzuringsgevoelig is bij droogval (Figuur 4.15), maar is voor het realiseren van hoogwaardige botanische doelen (vochtig hooiland/nat schraalland) alleen effectief wanneer dit gebeurt in combinatie met het realiseren van de juiste bodemchemische/voedselarme omstandigheden;
- Maatregelen om de P-concentraties in de bodem te verlagen zijn:
 - Het voeren van een verschrallingsbeheer van maaien en afvoeren. Door middel van uitmijnen kan een versnelde P-afvoer worden gerealiseerd (vier keer zoveel in vergelijking met een traditioneel beheer van maaien en afvoeren). Gedurende dit uitmijnen is er echter geen ruimte voor ‘natuur’ en is vernatting niet gewenst aangezien voor een optimale P-afvoer 4-5 snedes per jaar moeten kunnen worden afgevoerd. Afhankelijk van de totale P-voorraad in de bodem zijn lokaal de

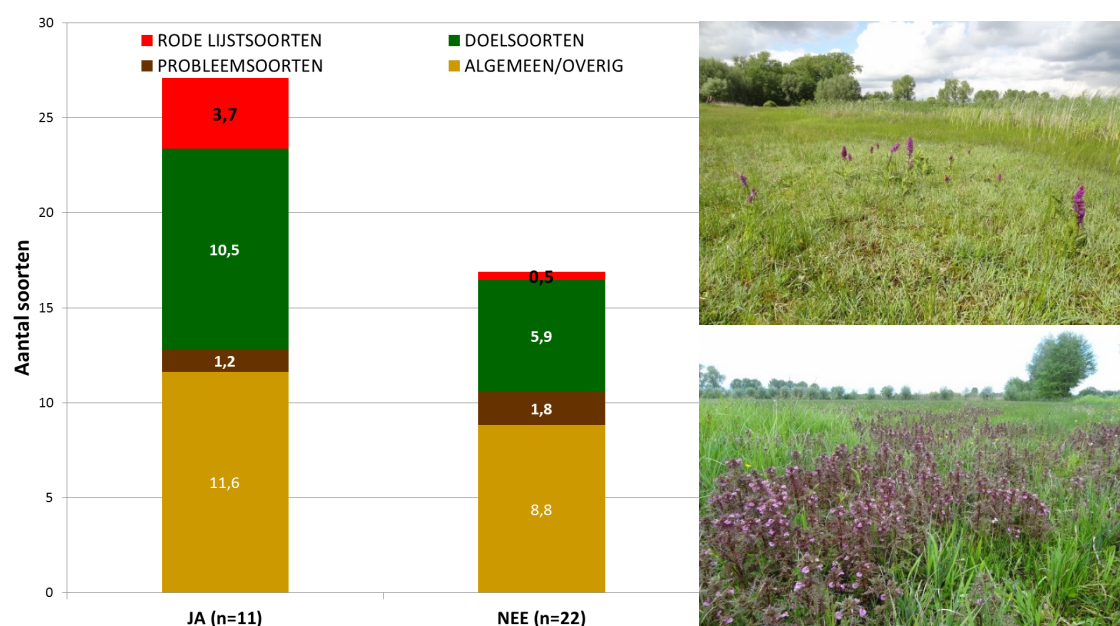
-
- verschrallingsduren via maaien en afvoeren, maar ook uitmijnen, fors en zal het natuurdoel pas op de lange termijn gerealiseerd kunnen worden (Figuur 4.11);
- Het afgraven van de fosfaatrijke toplaag (realisatie natuurdoel op korte termijn). Over het algemeen volstaat een ontgrondingsdiepte van (slechts) 20 cm.
 - Wanneer de toplaag reeds voldoende voedselarm is maar sprake is van een soortenarme, dichte zode wordt geadviseerd deze zode te verwijderen (plaggen) en maaisel uit een referentieterrein op te brengen. Dit geldt (op termijn) ook voor locaties die door middel van maaien en afvoeren of uitmijnen zijn verschraald;
 - Voor het inzichtelijk maken van de geschiktheid en kansen van deze potentiële inrichtingsmaatregelen is de ruimtelijke variatie in de Olsen-P concentratie in de toplaag (Figuur 4.8), verschrallingsduur van de toplaag (Figuur 4.11), de Olsen-P concentratie op 20-30 cm diepte (Figuur 4.9) en de Olsen-P concentratie op 30-40 cm diepte (Figuur 4.10) weergegeven;
 - Een succesvolle ontwikkeling van P-gelimiteerde, soortenrijke, vochtige tot natte natuur is niet alleen ecologisch waardevol maar werkt tevens positief op de beheerkosten (minder verruiging, maaien en afvoeren van biomassa), een verbetering van de waterkwaliteit in de sloten (slibkwaliteit komt in veenweidegebieden vaak overeen met de bodemchemie van de oeverzone van het perceel; Figuur 4.12) en het draagvlak in de omgeving;
 - Bij de inrichtingsplannen dient te worden voorkomen dat de nu permanent natte, nog intacte, veenbodem (onder, maar deels ook boven, de huidige GLG) in de toekomstige situatie als gevolg van verlagingen van het slootpeil kan droogvallen.
 - Door het afgraven van de toplaag het perceel aan draagkracht verliest waardoor een maaibeheer alleen plaats kan vinden met speciale machines. Het geforceerd aflaten van water in de zomer om een maaibeheer mogelijk te maken kan leiden tot ernstige mineralisatie van het veen (Van de Broek et al., 2018) en moet worden voorkomen. Deze veenafbraak/mineralisatie kan leiden tot verruiging (P- en N-mobilisatie) en verzuring. Dit kan op termijn leiden tot een slechte vegetatieontwikkeling/verruiging.
 - De mineralisatie kan worden beperkt door zo snel mogelijk een dichte vegetatieontwikkeling te realiseren. Dit benadrukt nogmaals het belang van herintroductie (maaisel opbrengen) na afgraving. De veengronden dienen zo nat mogelijk te worden gehouden (hoge slootpeilen door middel van vasthouden regenwater en/of waterinlaat) met beperkte (maximaal 10-20 cm) droogval in de zomerperiode. Wanneer een stabiel peil wordt gecreëerd kan, als alternatief, worden ingezet op de ontwikkeling van veenvormende vegetaties.
 - In Figuur 4.17 wordt ruimtelijk weergegeven welke ontgrondingsdiepte vereist is voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde, soortenrijke natuurtypen. Zie Tabel 4.6 voor een toelichting op het advies per locatie en Tabel 4.5 voor een overzicht van de bodemchemie per locatie.
 - Geadviseerd wordt om deze natuurontwikkeling op enkele landbouwgronden te monitoren. Dit kan door bijvoorbeeld op vaste plekken de vegetatieontwikkeling te volgen, peilfluctuaties (met behulp van divers in peilbuizen) te meten en de poriewaterchemie te bepalen.



Figuur 4.17. Overzicht van de ruimtelijke variatie in de op basis van het bodemchemisch onderzoek geadviseerde ontgrondingsdiepte in cm's-mv (tussen haakjes wordt het alternatief vermeld) voor de ontwikkeling van nat schraalland/vochtig hooiland per locatie in polder Westveen, waarbij 0-kg = inzetten op de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland (weinig kansrijke locatie), z/10 = zode verwijderen (mits soortenarm)/10 cm plaggen, 10-40 = ontgrondingsdiepte; De kleuren van de stippen indiceren de Olsen-P concentratie van de nieuwe toplaag en het bodemtype na inrichting. (+) = <5 jaar aanvullend maaien en afvoeren; + = 6-15 jaar maaien en afvoeren en ++ = 16-30 jaar maaien en afvoeren.

4.6 Aanvullende inrichtingsmaatregelen

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



Figuur 4.18. 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 top laag in combinatie met de herintroductie van doelsoorten. Foto's Mark van Mullekom.

Op de afgegraven locaties is het advies om kort na afgraven (<1 jaar) maaisel/plagsel op te brengen uit goed ontwikkelde referentielocaties om kolonisatie door doelsoorten te stimuleren. Geadviseerd wordt om dit 2 of 3 achtereenvolgende jaren te doen. Op voormalige landbouwgronden is van de oorspronkelijke zaadbank vaak niets meer over. Natte, venige laagtes kunnen een uitzondering vormen. Zonder het uitstrooien van vers maaisel of plagsel uit geschikte referentiegebieden is de kans op vestiging van doelsoorten klein. Veel zeldzame en bijzondere soorten (meestal tevens de doelsoorten) vestigen zich doorgaans niet of slechts na lange tijd in de herstelde terreinen. Het herintroduceren van doelsoorten uit zo lokaal mogelijke bronnen (in verband met de genetische diversiteit en de aanpassing aan lokale omstandigheden) leidt onder

.....
de juiste bodemchemische en hydrologische omstandigheden tot een succesvol herstel van ontgronde terreinen (Figuur 4.18).

Herintroductie van doelsoorten kan bijvoorbeeld door het aanbrengen van maaisel of plagsel waarbij idealiter 1m² 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 uit referentielocaties wordt opgebracht (enten), wordt ook bodemleven (o.a. mycorrhiza schimmels) geïntroduceerd. Mycorrhiza schimmels zijn van belang bij de opname van nutriënten onder voedselarme omstandigheden. Daarnaast beschermen ze de kiemlingen tegen verdroging. Het aanbrengen van maaisel of plagsel op een dichte zode is geen geschikte maatregel door het ontbreken van vestigingsplekken.

Het achterwege laten van deze maatregel is zonde van de vele inspanningen die zijn gedaan om de juiste abiotische randvoorwaarden (bodem en hydrologie) te creëren voor de beoogde doelsoorten.

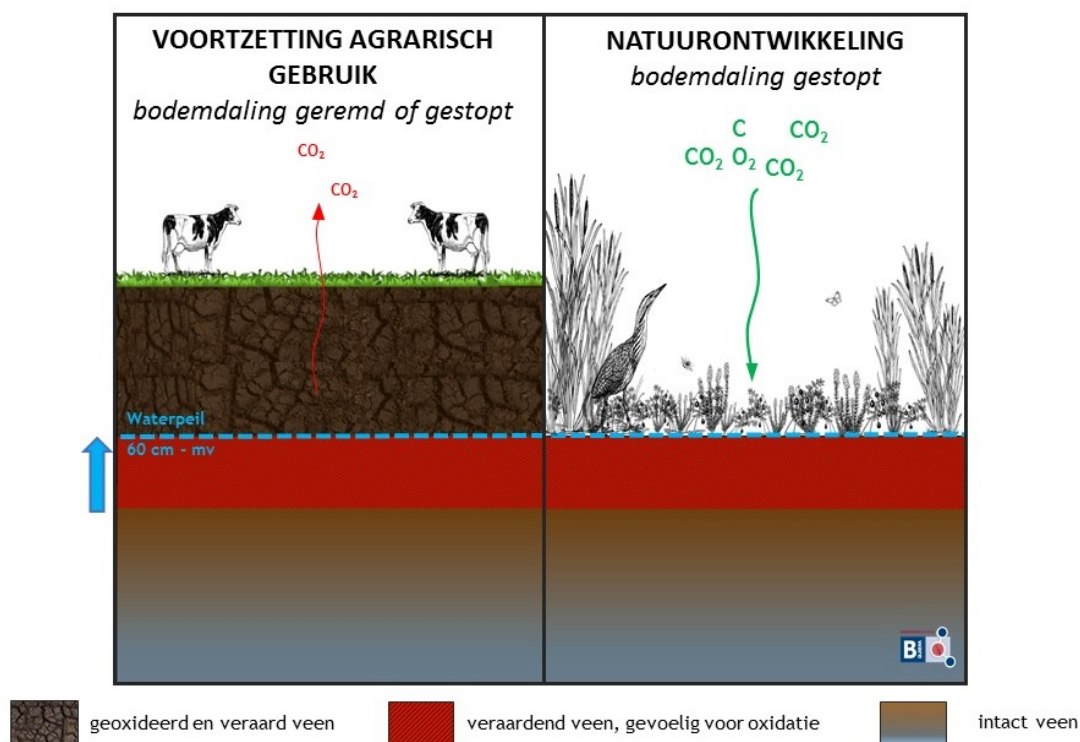
Voor een succesvolle ontwikkeling zijn niet alleen de bodemchemische omstandigheden leidend. De hydrologie dient eveneens te worden geoptimaliseerd.

4.7 Combineren van landbouw en natuurontwikkeling in het veenweidegebied

Ontwikkeling van schraallanden of voedselarme moerasnatuur is alleen mogelijk wanneer de voedselrijke toplaag wordt afgeplagd alvorens te vernatten. Het probleem van het plaggen van veenweidepercelen is echter dat er een bestemming moet worden gevonden voor de verwijderde voedselrijke toplaag. Door het afgraven van de voedselrijke toplaag van het veen - die vaak volledig veraard is en veel mineralen en voedingstoffen bevat - tot aan de weinig veraarde voedselarme(re) laag, zal de bodem geschikt worden voor natuurontwikkeling.

Wanneer de vrijkomende grond vervolgens gebruikt wordt om nabijgelegen landbouwgebied op te hogen (Figuur 4.19) zullen deze percelen geschikt blijven voor het meer traditionele landbouwkundige gebruik wanneer vervolgens de waterstanden worden verhoogd om ontwikkeling van moeras of natte schraallandvegetaties mogelijk te maken. Netto vindt er op deze manier geen maaiveldverlaging plaats, omdat dit deel zal worden gecompenseerd door ophoging elders in het gebied. Bovendien is de verwachting dat er weer veenaanwas zal plaatsvinden gedurende permanent natte condities in de afgegraven schrale veenbodems.

.....



Figuur 4.19. Schematisch overzicht van de het combineren van landbouwkundig gebruik en natuurontwikkeling door de bij ontgrondingswerkzaamheden vrijgekomen grond wordt gebruikt om nabijgelegen landbouwpercelen op te hogen. Hierbij kunnen tevens de waterstanden worden verhoogd (ten opzichte van de situatie in Figuur 4.2) om de ontwikkeling van natte natuur mogelijk te maken. Bron: Bas van de Riet & Fons Smolders (ongepubliceerd).

.....

5. LITERATUUR

- Bekker, R.M., G.L. Verweij, R.E.N. Smith, R. Reine, J.P. Bakker & S. Schneider (1997). Soil seed banks in European grasslands: does land use affect regeneration perspectives? *Journal of Applied Ecology* 34: 1293-1310.
- Bobbink, R., M.J. Weijters, A. van der Bij & R. van Diggelen (2016). Het belang van bodemleven bij heideherstel op voormalige landbouwgrond. *Vakblad Natuur Bos Landschap* maart: 10-13.
- Broek, T. van den & A. Smolders (2018). Herfst- en winterinundatie als herstelmaatregel in blauwgraslanden Schraallanden langs de Meije. Rapport Royal Haskoning DHV & Onderzoekcentrum B-WARE.
- Chardon, W.J. (2008). Uitmijnen of afgraven van voormalige landbouwgronden ten behoeve van natuurontwikkeling. Een studie in het kader van 'Bodemdiensten'. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1683. 25 blz; 43 ref.
- De Becker, P. (2004). Onderzoek naar de abiotische standplaatsvereisten van verschillende beekbegeleidende Alno/Padion en Alnion incanae/gemeenschappen. Rapport Instituut voor Natuurbehoud, Brussel.
- Diggelen J.M.H. van, L.P.M. Lamers, G. van Dijk, M.J. Schaafsma, J.G.M. Roelofs & A.J.P. Smolders (2014). New insights into phosphorus mobilisation from sulphur-rich sediments - Time-dependent effects of salinisation. *PLOS One* 9(11): e e111106.
- Ertsen, D., P. de Louw & J. Buma (2005). OGOR Natuur in Noord-Brabant. Hydrologische randvoorwaarden voor Brabantse natuurdoeltypen. Provincie Noord-Brabant, Den Bosch.
- Geurts, J.J.M., A.J.P. Smolders, A.M. Banach, J.P.M. van de Graaf, J.G.M. Roelofs & L.P.M. Lamers (2010). The interaction between decomposition, N and P mineralization and their mobilization to the surface water in fens. *Water Research* 44: 3487-3495.
- Klimkowska, A., van Diggelen, R., Bakker, J. P. & Grootjans, A. P. (2007). Wet meadow restoration in Western Europe: A quantitative assessment of the effectiveness of several techniques. *Biological Conservation* 140: 318-328.
- Lamers, L., E. Lucassen, F. Smolders & J. Roelofs (2005). Fosfaat als adder onder gras bij 'nieuwe natte natuur'. *H₂O* 38(17): 28-30.
- Lamers Lamers, L., E. Lucassen, H. Tomassen, A. Smolders & J. Roelofs (2009). Verpitrussing bij natuurontwikkeling: voorkomen is beter dan genezen. *De Levende Natuur* 110 (1): 43-46.
- Lucassen, E.C.H.E.T., A.J.P. Smolders & J.G.M. Roelofs (2002). Potential sensitivity of mires to drought, acidification and mobilisation of heavy metals: the sediment S/(Ca+Mg) ratio as diagnostic tool. *Environmental Pollution* 120: 635-646.
- Lucassen, E.C.H.E.T., A.J.P. Smolders, L.P.M. Lamers & J.G.M. Roelofs (2005). Water table fluctuations and groundwater supply are important in preventing phosphate-eutrophication in sulfate-rich fens: consequences for wetland restoration. *Plant and Soil* 269: 109-115.
- Mullekom, M. van, A. Smolders, E. Brouwer & J. Roelofs (2007). Onderzoek naar de kansen voor natuurontwikkeling in het Wisselse Veen. Rapport B-WARE Research Centre, Nijmegen.
- Mullekom, M. van, A.J.P. Smolders, E. Brouwer & J.G.M. Roelofs (2009). Onderzoek naar de kansen voor natuurontwikkeling en -herstel in het Hierdense beekdal binnen Landgoed Staverden.

-
- Een biogeochemisch en hydrologisch onderzoek. Rapportnummer: 2008.44b, Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.
- 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.J. Weijters, R. Bobbink, H. Tomassen & A.J.P. Smolders (2013). Van landbouw naar natuur: gericht op zoek naar kansen! *De Levende Natuur* 114: 120-126.
- Olsen S.R., C.W. Cole, R. Watanabe & L.A. Dean (1954). Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. US Dept. of Agriculture circular 939.
- Poelen M. & A.J.P. Smolders (2015). Polder Stein-noord. Biogeochemisch onderzoek naar de water-, oever- en slibkwaliteit van de sloten. Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen (in Dutch). Rapport 2015-17.
- Scherpenisse, M.C., E. Verbaarschot, R. Bobbink & P.J.M. Verbeek (2016). Graslanden in Overijssel. Advies voor kwaliteitsverbetering van kruiden- en faunarijk grasland. Natuurbalans - Limes Divergens BV & Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.
- Smolders, A., E. Lucassen, H. Tomassen, L. Lamers & J. Roelofs (2006). De problematiek van fosfaat voor natuurbeheer. *Vakblad Natuur Bos Landschap* 3(4): 5-11.
- Smolders, A., J. van Diggelen, J. Loermans, G. van Dijk, M. van Mullekom & L. Lamers (2009). Ontgronden als maatregel voor natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden: doeltreffend maar ook toereikend? *De Levende Natuur* 110: 33-38.
- Smolders A., J. van Diggelen J. Loermans, G. van Dijk, M. van Mullekom & L. Lamers (2013a). Het veenweidegebied: pompen en verzuipen? *De Levende Natuur* 114(4): 127-133.
- Smolders, A., J. van Diggelen, J. Roelofs, E. Lucassen, J. Geurts & L. Lamers (2013b). Waterkwaliteit in het veenweidegebied: de complexe interacties tussen oever, waterbodembodem en oppervlaktewater. *Landschap* 3: 145-153.
- Smolders, A.J.P., E.C.H.E.T. Lucassen, J.G.M. Roelofs, A. Kramer- Hoenderboom & J. Lenssen (2017). Woekering van waterplanten in beken tot op de bodem uitgezocht. H2O-Online 16 februari 2017.
- Timmermans & Van Eekeren (2012). Uitmijnen: het bodemfosfaatgehalte verlagen met grasklaver en kalibemesting. *Vakblad Natuur Bos Landschap* 1: 12-15.
- Timmermans, B.G.H & N. van Eekeren (2016). Phytoextraction of soil phosphorus by potassium-fertilized grass-clover swards. *Journal of Environmental Quality* 45: 701-708.
- Tomassen, H., M. van Mullekom, M. Poelen, E. Verbaarschot & F. Smolders (2018). Bodemchemisch onderzoek voormalige landbouwgronden Oudeland & Den Hoek (Krimpenerwaard). Rapport RP-17.155.18.7, Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.
- Tsiafouli, M.A., E. Thébault, S.P. Sgardelis, P.C. de Ruiter, W.H. van der Putten, K. Birkhofer, L. Hemerik, F.T. de Vries, R.D. Bardgett, M.V. Brady, L. Bjornlund, H.B. Jørgensen, S. Christensen, T. D' Hertefeldt, S. Hotes, W.H.G. Hol, J. Frouz, M. Liiri, S.R. Mortimer, H. Setälä, J. Tzanopoulos, K. Uteseny, V. Pižl, J. Stary, V. Wolters & K. Hedlund (2015). Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. *Global Change Biology* 21: 973-985.

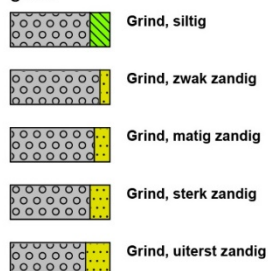
6. BIJLAGEN

Bijlage 1. Profielbeschrijvingen conform NEN5104 van de boorlocaties in polder Westveen. De profielbeschrijvingen zijn opgesteld door het Veldwerkbureau (Jan Vermeer).

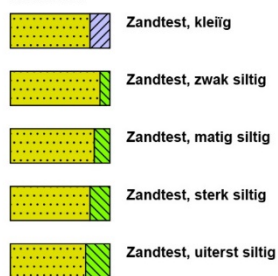
Legenda:

Legenda (conform NEN 5104)

grind



zandtest



veen



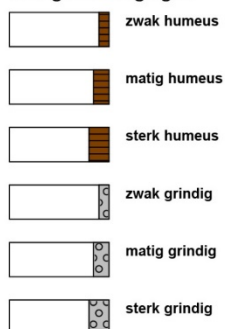
klei



leem



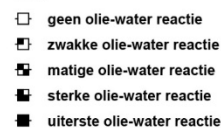
overige toevoegingen



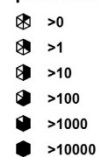
geur



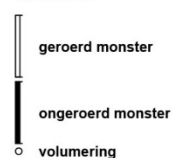
olie



p.i.d.-waarde



monsters



overig



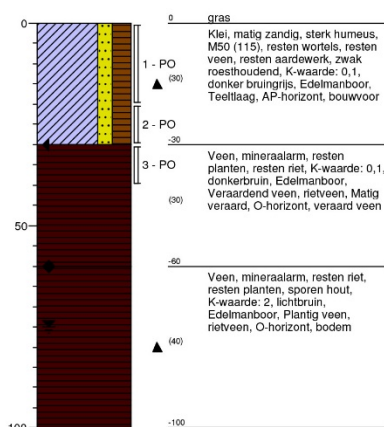


Opdrachtgever: Bware



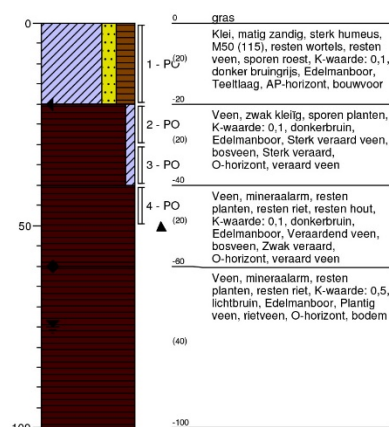
Boring: 01

X: 118727,00
Y: 464095,00
Datum: 07-08-2018
GWS: 75
GHG: 30
GLG: 60
Opmerking: Recent slibgebagd
Boormeester: Jan Vermeer



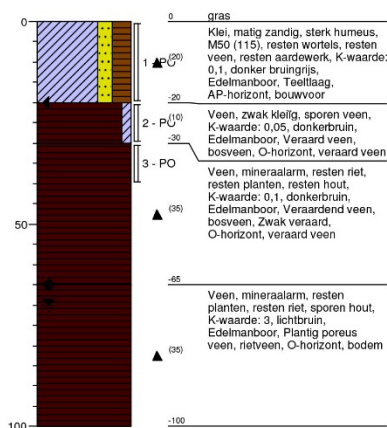
Boring: 02

X: 118966,00
Y: 464108,00
Datum: 07-08-2018
GWS: 75
GHG: 20
GLG: 60
Opmerking: Recent slibgebagd
Boormeester: Jan Vermeer



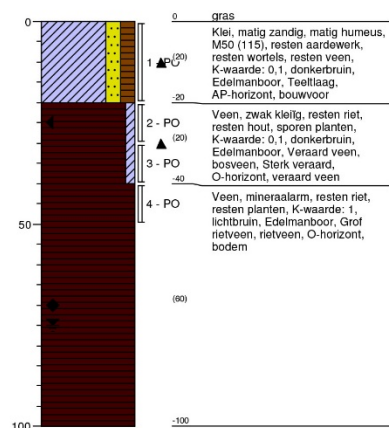
Boring: 03

X: 118765,00
Y: 464064,00
Datum: 07-08-2018
GWS: 70
GHG: 20
GLG: 65
Boormeester: Jan Vermeer



Boring: 04

X: 119104,00
Y: 464073,00
Datum: 06-08-2018
GWS: 75
GHG: 25
GLG: 70
Boormeester: Jan Vermeer



Projectcode: PR-18.073

Datum: 02-08-2018

Projectnaam: Bodemchemisch onderzoek polder Westveen

Projectleider: Mark van Mullekom

Getekend volgens NEN 5104





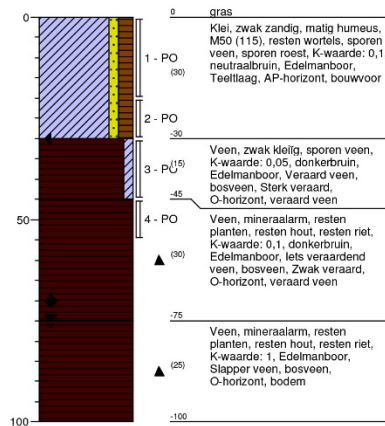
Opdrachtgever: Bware



Boring: 05

X: 119018,00
Y: 464032,00
Datum: 06-08-2018
GWS: 75
GHG: 30
GLG: 70

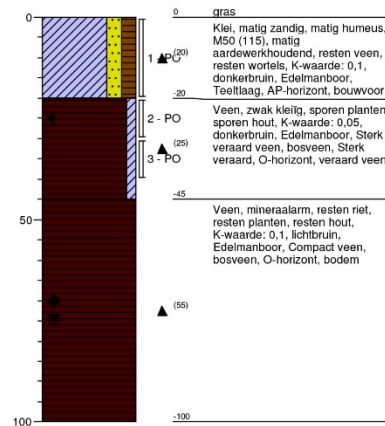
Boormeester Jan Vermeer



Boring: 06

X: 119220,00
Y: 464043,00
Datum: 06-08-2018
GWS: 75
GHG: 25
GLG: 70

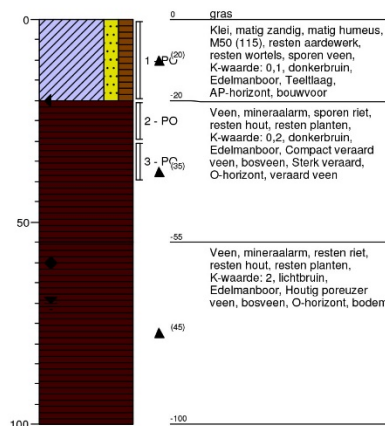
Boormeester Jan Vermeer



Boring: 07

X: 119296,00
Y: 464107,00
Datum: 06-08-2018
GWS: 70
GHG: 20
GLG: 60

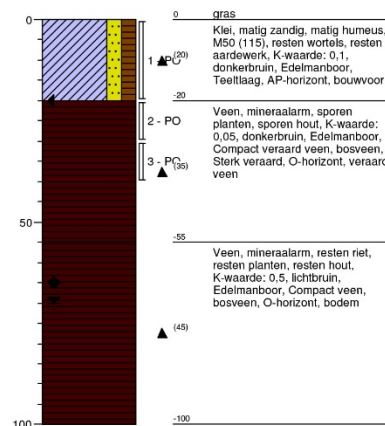
Boormeester Jan Vermeer



Boring: 08

X: 119372,00
Y: 464097,00
Datum: 06-08-2018
GWS: 70
GHG: 20
GLG: 65

Boormeester Jan Vermeer



Projectcode: PR-18.073

Datum: 02-08-2018

Projectnaam: Bodemchemisch onderzoek polder Westveen

Projectleider: Mark van Mullekom

Getekend volgens NEN 5104





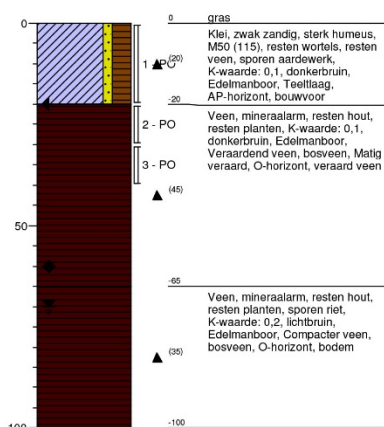
Opdrachtgever: Bware



Boring: 09

X: 119298,00
Y: 463946,00
Datum: 06-08-2018
GWS: 70
GHG: 20
GLG: 60

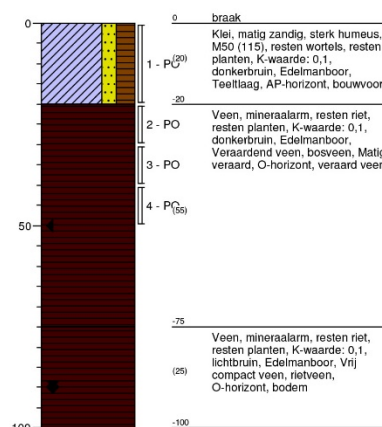
Boormeester Jan Vermeer



Boring: 10

X: 119304,79
Y: 464024,71
Datum: 07-08-2018
GWS: 90
GHG: 50
GLG: 90
Opmerking: Uiterst ruig riet brandnetels

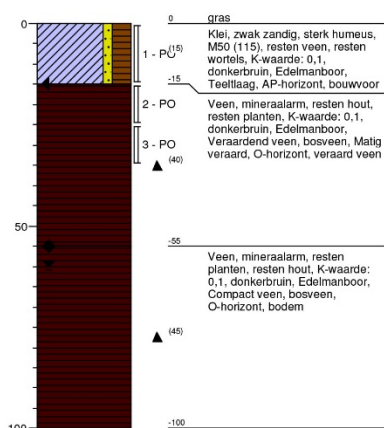
Boormeester Jan Vermeer



Boring: 11

X: 119079,00
Y: 463974,00
Datum: 06-08-2018
GWS: 60
GHG: 15
GLG: 55

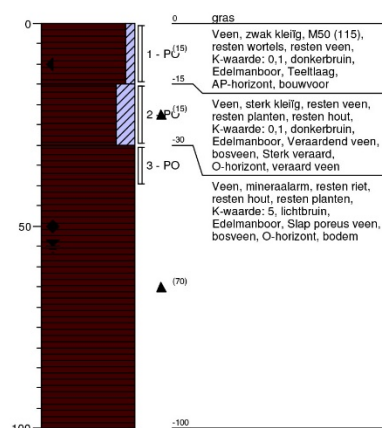
Boormeester Jan Vermeer



Boring: 12

X: 118770,00
Y: 464003,00
Datum: 06-08-2018
GWS: 55
GHG: 10
GLG: 50

Boormeester Jan Vermeer



Projectcode: PR-18.073

Datum: 02-08-2018

Projectnaam: Bodemchemisch onderzoek polder Westveen

Projectleider: Mark van Mullekom

Getekend volgens NEN 5104





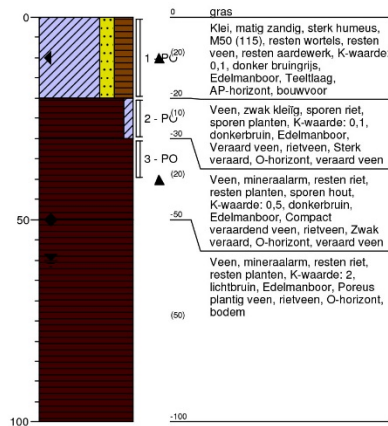
Opdrachtgever: Bware



Boring: 13

X: 118615,00
Y: 464017,00
Datum: 07-08-2018
GWS: 60
GHG: 10
GLG: 50

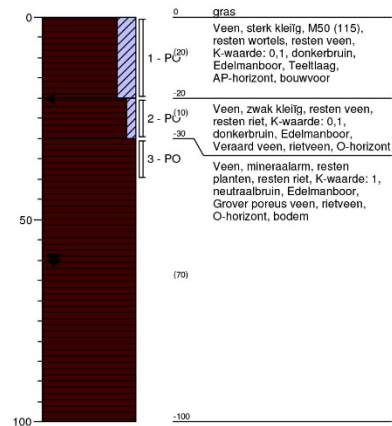
Boormeester Jan Vermeer



Boring: 14

X: 118658,00
Y: 463904,00
Datum: 06-08-2018
GWS: 60
GHG: 20
GLG: 60

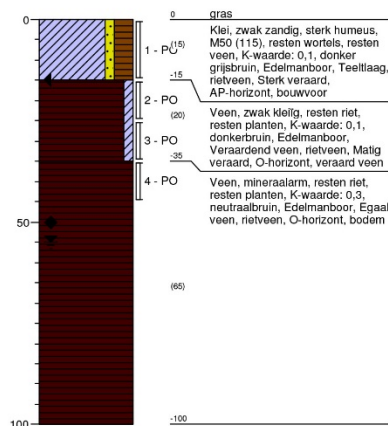
Boormeester Jan Vermeer



Boring: 15

X: 118796,00
Y: 463861,00
Datum: 06-08-2018
GWS: 55
GHG: 15
GLG: 50

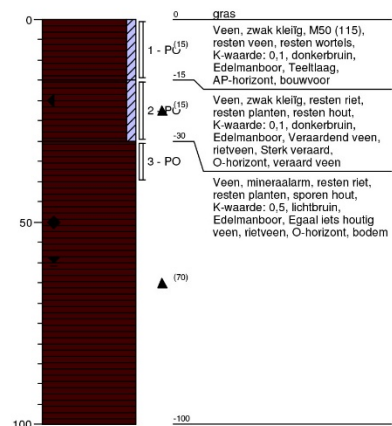
Boormeester Jan Vermeer



Boring: 16

X: 119072,42
Y: 463827,40
Datum: 06-08-2018
GWS: 60
GHG: 20
GLG: 50

Boormeester Jan Vermeer



Projectcode: PR-18.073

Datum: 02-08-2018

Projectnaam: Bodemchemisch onderzoek polder Westveen

Projectleider: Mark van Mullekom

Getekend volgens NEN 5104





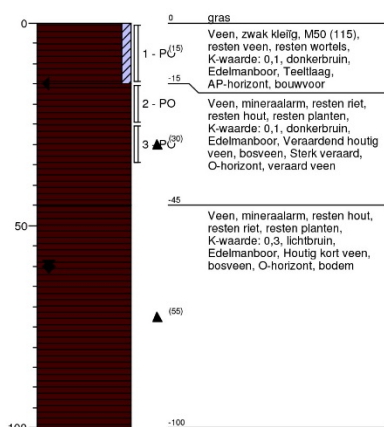
Opdrachtgever: Bware



Boring: 17

X: 119018,00
Y: 463866,00
Datum: 06-08-2018
GWS: 60
GHG: 15
GLG: 60

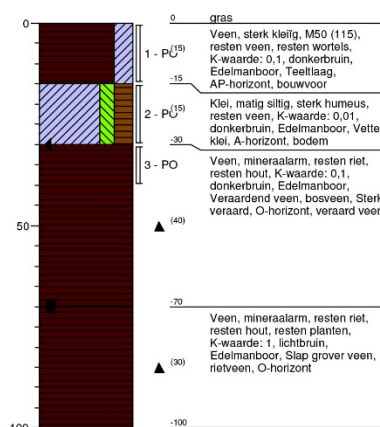
Boormeester Jan Vermeer



Boring: 18

X: 119208,00
Y: 463840,00
Datum: 06-08-2018
GWS: 70
GHG: 30
GLG: 70

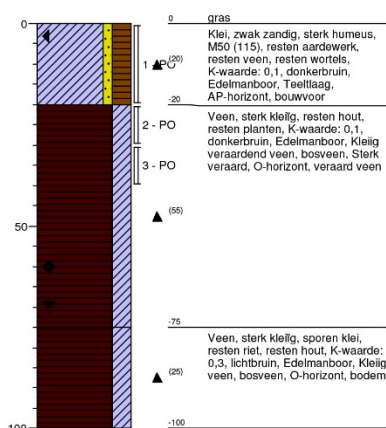
Boormeester Jan Vermeer



Boring: 19

X: 119341,00
Y: 463903,00
Datum: 06-08-2018
GWS: 70
GHG: 3
GLG: 60

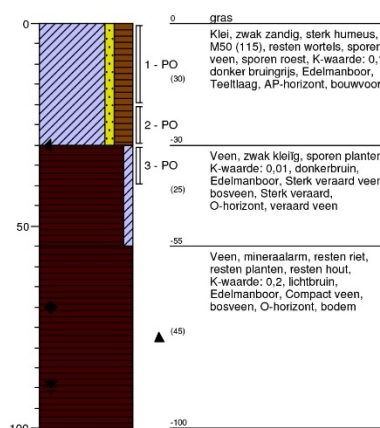
Boormeester Jan Vermeer



Boring: 20

X: 119274,00
Y: 463792,00
Datum: 07-08-2018
GWS: 90
GHG: 30
GLG: 70

Boormeester Jan Vermeer



Projectcode: PR-18.073

Datum: 02-08-2018

Projectnaam: Bodemchemisch onderzoek polder Westveen

Projectleider: Mark van Mullekom

Getekend volgens NEN 5104



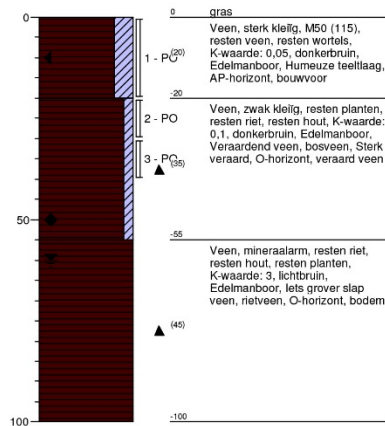


Opdrachtgever: Bware



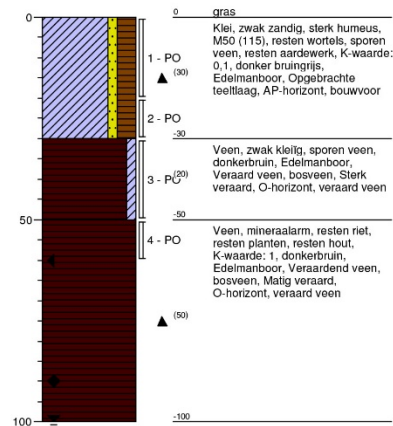
Boring: 21

X: 119129,00
Y: 463779,00
Datum: 06-08-2018
GWS: 60
GHG: 10
GLG: 50
Opmerking: Erg pitrusrijk gras
Boormeester: Jan Vermeer



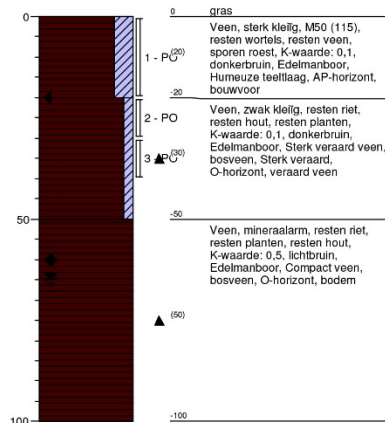
Boring: 22

X: 119413,00
Y: 464519,00
Datum: 06-08-2018
GWS: 100
GHG: 60
GLG: 90
Opmerking: Pitrusrijk gras
Boormeester: Jan Vermeer



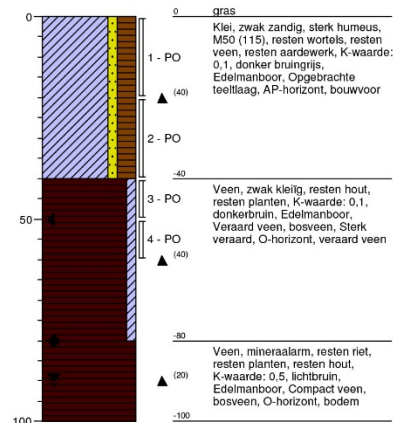
Boring: 23

X: 118841,00
Y: 463822,00
Datum: 06-08-2018
GWS: 65
GHG: 20
GLG: 60
Opmerking: Erg ruig pitrusrijk gras
Boormeester: Jan Vermeer



Boring: 24

X: 119406,00
Y: 464453,00
Datum: 07-08-2018
GWS: 90
GHG: 50
GLG: 80
Boormeester: Jan Vermeer



Projectcode: PR-18.073

Datum: 02-08-2018

Projectnaam: Bodemchemisch onderzoek polder Westveen

Projectleider: Mark van Mullekom

Getekend volgens NEN 5104





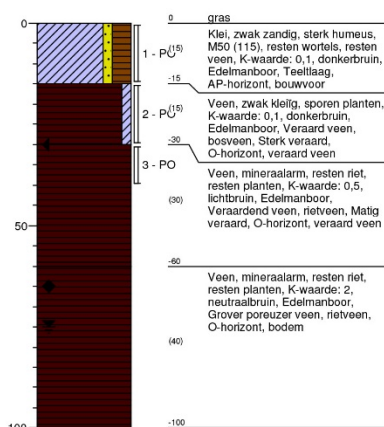
Opdrachtgever: Bware



Boring: 25

X: 118748,00
Y: 463760,00
Datum: 07-08-2018
GWS: 75
GHG: 30
GLG: 65

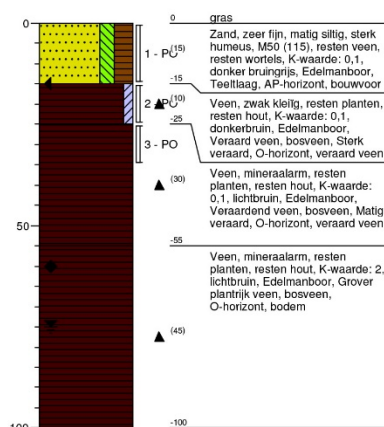
Boormeester Jan Vermeer



Boring: 26

X: 119017,00
Y: 463735,00
Datum: 07-08-2018
GWS: 75
GHG: 15
GLG: 60

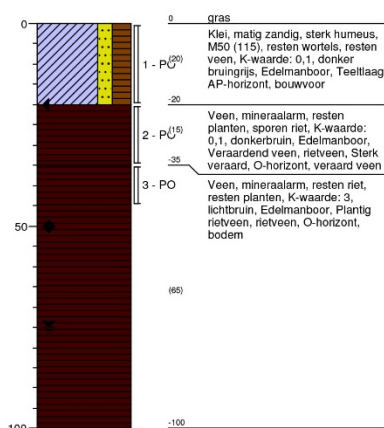
Boormeester Jan Vermeer



Boring: 27

X: 119189,00
Y: 463694,00
Datum: 07-08-2018
GWS: 75
GHG: 20
GLG: 50

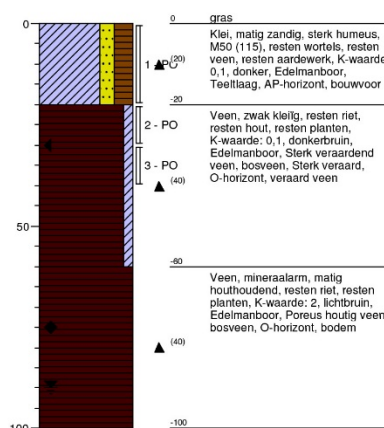
Boormeester Jan Vermeer



Boring: 28

X: 118930,00
Y: 463695,00
Datum: 07-08-2018
GWS: 90
GHG: 30
GLG: 75

Boormeester Jan Vermeer



Projectcode: PR-18.073

Datum: 02-08-2018

Projectnaam: Bodemchemisch onderzoek polder Westveen

Projectleider: Mark van Mullekom

Getekend volgens NEN 5104





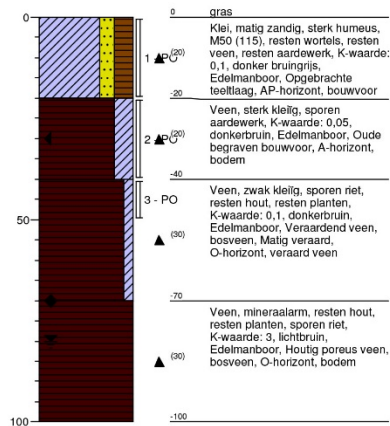
Opdrachtgever: Bware



Boring: 29

X: 119187,00
Y: 463659,00
Datum: 07-08-2018
GWS: 80
GHG: 30
GLG: 70

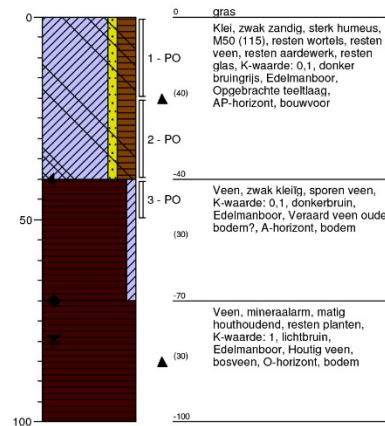
Boormeester Jan Vermeer



Boring: 30

X: 119258,00
Y: 463656,00
Datum: 07-08-2018
GWS: 80
GHG: 40
GLG: 70

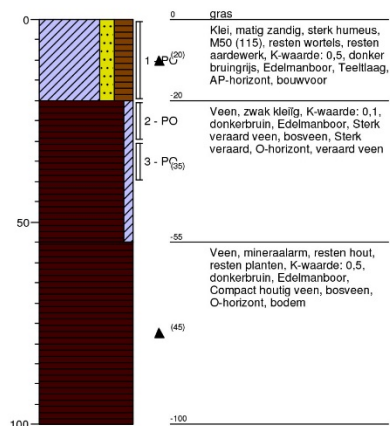
Boormeester Jan Vermeer



Boring: 31

X: 119027,00
Y: 463563,00
Datum: 09-08-2018

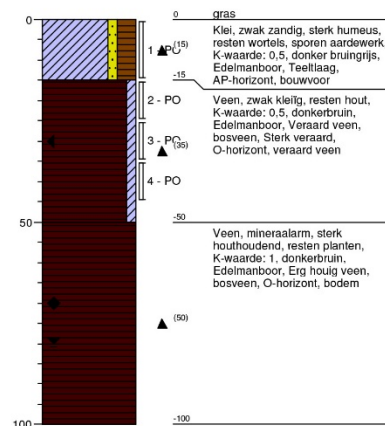
Boormeester Jan Vermeer



Boring: 32

X: 119125,00
Y: 463588,00
Datum: 09-08-2018
GWS: 80
GHG: 30
GLG: 70

Boormeester Jan Vermeer



Projectcode: PR-18.073

Datum: 02-08-2018

Projectnaam: Bodemchemisch onderzoek polder Westveen

Projectleider: Mark van Mullekom

Getekend volgens NEN 5104





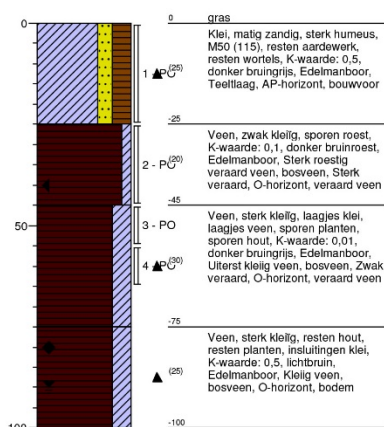
Opdrachtgever: Bware



Boring: 33

X: 119221,00
Y: 463550,00
Datum: 09-08-2018
GWS: 90
GHG: 40
GLG: 80

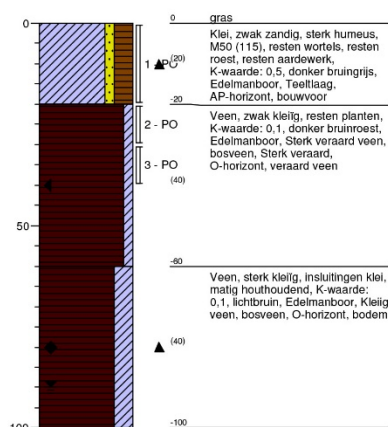
Boormeester Jan Vermeer



Boring: 34

X: 119301,00
Y: 463616,00
Datum: 09-08-2018
GWS: 90
GHG: 40
GLG: 80

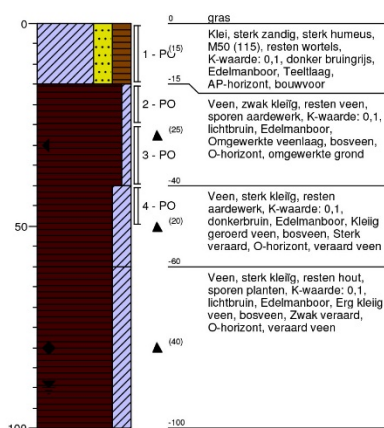
Boormeester Jan Vermeer



Boring: 35

X: 119278,00
Y: 463527,00
Datum: 08-08-2018
GWS: 90
GHG: 30
GLG: 80

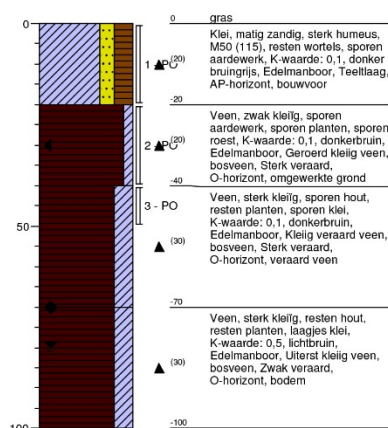
Boormeester Jan Vermeer



Boring: 36

X: 119067,00
Y: 463513,00
Datum: 08-08-2018
GWS: 80
GHG: 30
GLG: 70

Boormeester Jan Vermeer



Projectcode: PR-18.073

Datum: 02-08-2018

Projectnaam: Bodemchemisch onderzoek polder Westveen

Projectleider: Mark van Mullekom

Getekend volgens NEN 5104



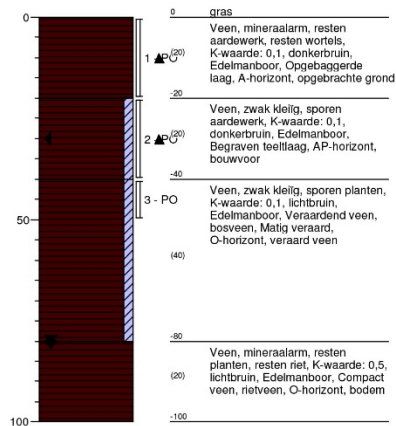


Opdrachtgever: Bware



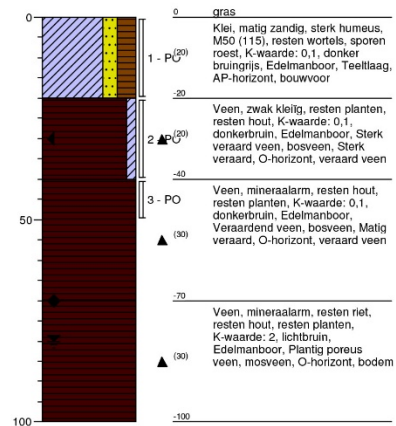
Boring: 37

X: 118890,00
Y: 463544,00
Datum: 09-08-2018
GWS: 80
GHG: 30
GLG: 80
Opmerking: Perceel ooit opgehoog met bagger
Boormeester: Jan Vermeer



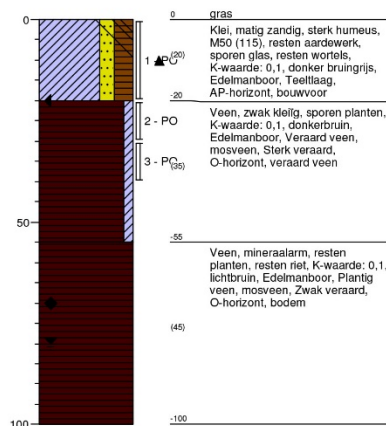
Boring: 38

X: 118887,00
Y: 463457,00
Datum: 09-08-2018
GWS: 80
GHG: 30
GLG: 70
Boormeester: Jan Vermeer



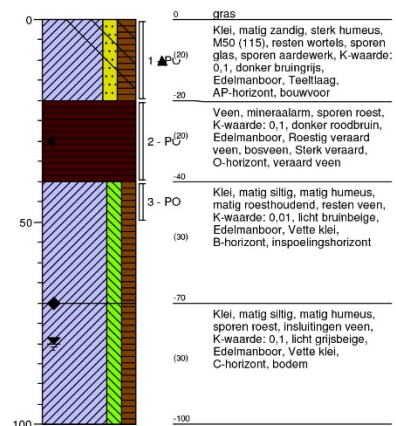
Boring: 39

X: 119068,00
Y: 463422,00
Datum: 08-08-2018
GWS: 80
GHG: 20
GLG: 70
Boormeester: Jan Vermeer



Boring: 40

X: 119179,00
Y: 463450,00
Datum: 08-08-2018
GWS: 80
GHG: 30
GLG: 70
Boormeester: Jan Vermeer



Projectcode: PR-18.073

Datum: 02-08-2018

Projectnaam: Bodemchemisch onderzoek polder Westveen

Projectleider: Mark van Mullekom

Getekend volgens NEN 5104





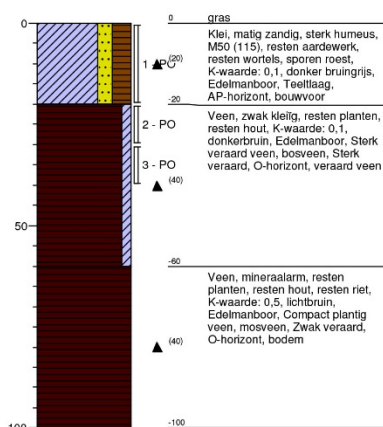
Opdrachtgever: Bware



Boring: 41

X: 119250,00
Y: 463418,00
Datum: 08-08-2018

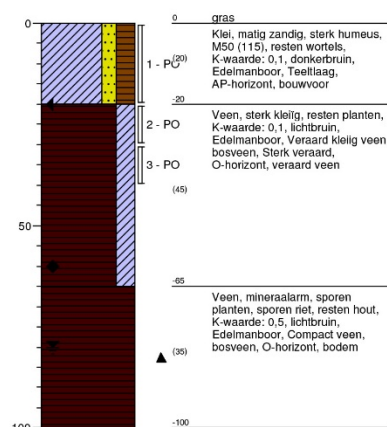
Boormeester Jan Vermeer



Boring: 42

X: 119233,00
Y: 463355,00
Datum: 08-08-2018
GWS: 80
GHG: 20
GLG: 60

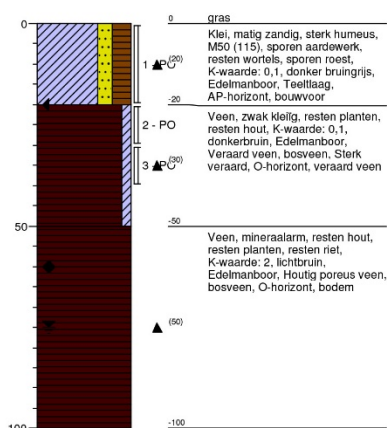
Boormeester Jan Vermeer



Boring: 43

X: 119062,00
Y: 463371,00
Datum: 08-08-2018
GWS: 75
GHG: 20
GLG: 60

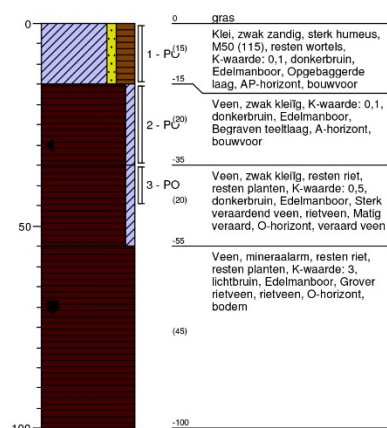
Boormeester Jan Vermeer



Boring: 44

X: 118817,00
Y: 463404,00
Datum: 09-08-2018
GWS: 70
GHG: 30
GLG: 70

Boormeester Jan Vermeer



Projectcode: PR-18.073

Datum: 02-08-2018

Projectnaam: Bodemchemisch onderzoek polder Westveen

Projectleider: Mark van Mullekom

Getekend volgens NEN 5104





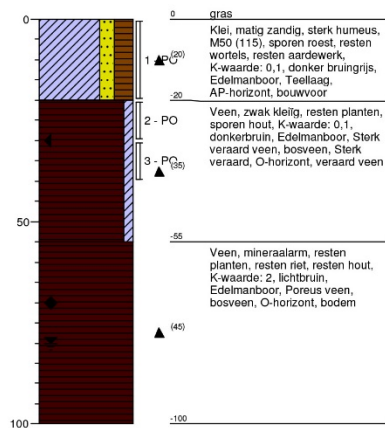
Opdrachtgever: Bware



Boring: 45

X: 118819,00
Y: 463367,00
Datum: 08-08-2018
GWS: 80
GHG: 30
GLG: 70

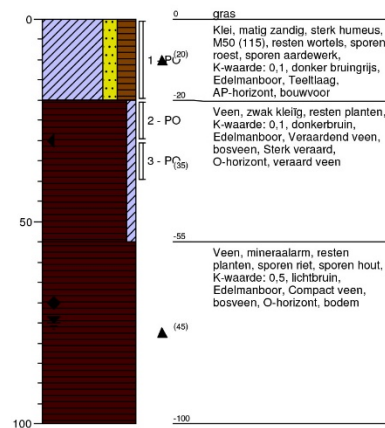
Boormeester Jan Vermeer



Boring: 46

X: 119040,00
Y: 463321,00
Datum: 08-08-2018
GWS: 75
GHG: 30
GLG: 70

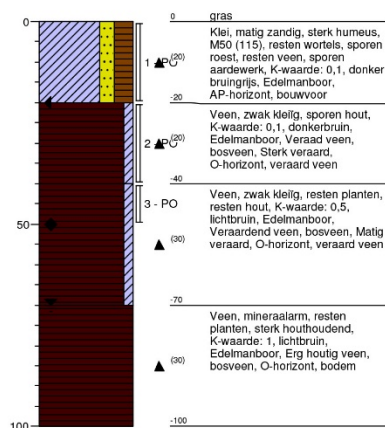
Boormeester Jan Vermeer



Boring: 47

X: 119219,00
Y: 463301,00
Datum: 08-08-2018
GWS: 70
GHG: 20
GLG: 50

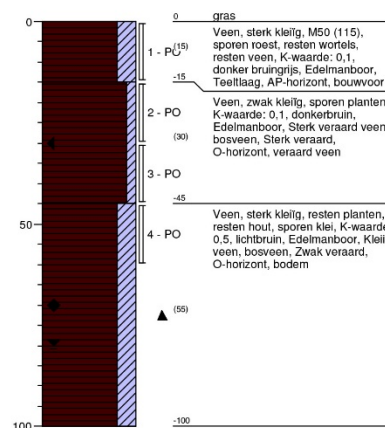
Boormeester Jan Vermeer



Boring: 48

X: 119136,00
Y: 463268,00
Datum: 09-08-2018
GWS: 80
GHG: 30
GLG: 70

Boormeester Jan Vermeer



Projectcode: PR-18.073

Datum: 02-08-2018

Projectnaam: Bodemchemisch onderzoek polder Westveen

Projectleider: Mark van Mullekom

Getekend volgens NEN 5104





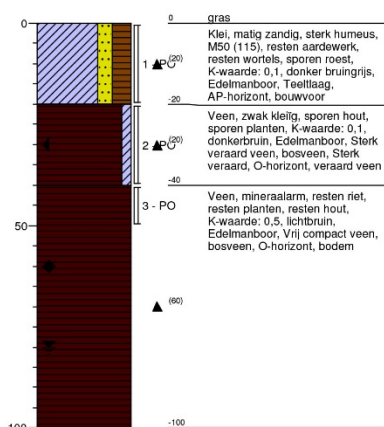
Opdrachtgever: Bware



Boring: 49

X: 118788,00
Y: 463330,00
Datum: 08-08-2018
GWS: 80
GHG: 30
GLG: 60

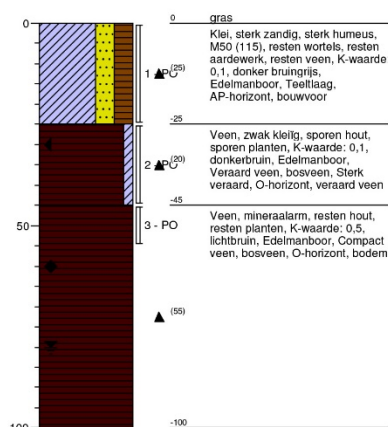
Boormeester Jan Vermeer



Boring: 50

X: 118845,00
Y: 463278,00
Datum: 08-08-2018
GWS: 80
GHG: 30
GLG: 60

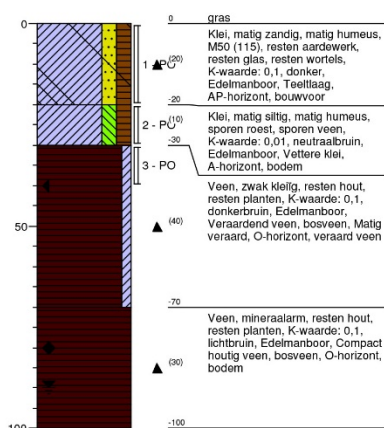
Boormeester Jan Vermeer



Boring: 51

X: 119038,00
Y: 463244,00
Datum: 08-08-2018
GWS: 90
GHG: 40
GLG: 80

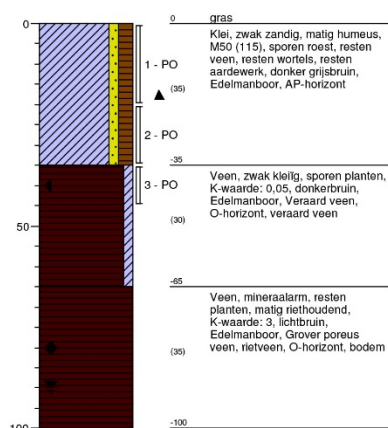
Boormeester Jan Vermeer



Boring: 52

X: 119239,00
Y: 463213,00
Datum: 07-08-2018
GWS: 90
GHG: 40
GLG: 80

Boormeester Jan Vermeer



Projectcode: PR-18.073

Datum: 02-08-2018

Projectnaam: Bodemchemisch onderzoek polder Westveen

Projectleider: Mark van Mullekom

Getekend volgens NEN 5104



B
ware

www.b-ware.eu