

 Gemeente Brummen	Hoort bij besluit van het college van Brummen
	BESLUIT-2021-1071-Bijlage_3_Bodemchemisch_onderzoek

Bodemchemisch onderzoek Empese en Tondense Heide



Eindrapportage (inclusief aanvullende metingen)

Opdrachtgever: Natuurmonumenten • Projectnummer: PR-15.086 en PR-15.086A

Auteurs: Mark van Mullekom & Fons Smolders • Rapportnummer: RP-15.086A.17.34 • Datum: 10.05.2017

Titel rapport:
Bodemchemisch onderzoek Empese en Tondense Heide

Auteurs:
Mark van Mullekom & Fons Smolders

Opdrachtgever:
Natuurmonumenten

Rapportnummer: RP-15.086A.17.34

Contactgegevens:

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

© Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen, 2017.

Inhoudsopgave

1. Aanleiding en doel van het onderzoek	7
1.1. Aanleiding en gebiedsbeschrijving	7
1.2. Doel van het onderzoek	8
2. Natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden	9
3. Veldwerkzaamheden en analyses	13
3.1. Veldwerkzaamheden	13
3.2. Analyses	16
4. Natuurontwikkelingsmogelijkheden	17
4.1. Algemene bodemchemie en trends in de diepte	17
4.2. Referentielocaties	19
4.3. Natuurpotenties van de voormalige landbouwgronden	20
4.4. Aanvullende inrichtingsmaatregelen	29
5. Literatuur	33
Bijlage 1. Boorprofielen	35

1. Aanleiding en doel van het onderzoek

1.1. Aanleiding en gebiedsbeschrijving

De Empese Heide (noord) en Tondense Heide (zuid) liggen ten zuiden van Apeldoorn, tussen het Veluwemassief en de IJssel. De ondergrond bestaat uit grindhoudende grove zanden waarop oude en jonge dekzandruggen zijn afgezet met leemarm tot leemhoudend fijn zand (De Waal et al, 2011). De Empese en Tondense Heide zijn onderdeel van het Natura 2000-gebied Landgoederen Brummen en eigendom van Natuurmonumenten. Hydrologisch wordt het gebied gekenmerkt door lokale grondwatersystemen (lokale infiltratie en kwel) met op de laagst gelegen delen kwel van freatisch grondwater dat tot in of onder het maaiveld reikt. Dit freatische water is waarschijnlijk afkomstig uit infiltratie vanuit het gebied rond het Apeldoorns Kanaal (Jansen et al., 2008). Tot in de jaren '40 van de 20e eeuw kwamen zeer goed ontwikkelde blauwgraslanden voor in het gebied, waarin lager in de gradiënt van heide naar natte laagten soorten voorkwamen die typisch zijn voor gebufferde omstandigheden met basenrijke kwel, zoals parnassia, welriekende nachtorchis en moeraswespenorchis. Deze soorten zijn verdwenen, maar spaanse ruiter, blauwe knoop en kleine valeriaan komen nog steeds voor (Loeb, 2011). Enkele referentielocaties zijn bemonsterd in dit onderzoek.

In 2013/2014 is circa tweederde van het gebied al ingericht. In aansluiting hierop moet ook het resterende deel nog worden ingericht. Het betreft hierbij voormalige landbouwgronden in het noorden, noordoosten (langs de Veldbeek), de noordwestelijke lob (langs de Zilvense Beek), en enkele percelen in het zuidwesten (ruilgrond Grolleman en aangrenzende perceel). Uit eerdere onderzoeken is reeds voldoende bekend geworden over het ecohydrologisch functioneren van het gebied, en op basis hiervan zijn ook de juiste inrichtingsprincipes voor realisatie van het hier beoogde systeemherstel al bekend (Bell Hullenaar, 2015).



Figuur 1.1. Foto's van enkele om te vormen voormalige landbouwgronden.

Ecohydrologisch adviesbureau Bell Hullenaar voert in opdracht van Natuurmonumenten een onderzoek uit ten behoeve van een optimale inrichting van het resterende deel. Onderzoekcentrum B-WARE heeft in het kader hiervan een bodemchemisch onderzoek uitgevoerd naar de natuurontwikkelingsmogelijkheden op de voormalige landbouwgronden. Vanwege de vroegere intensieve bemesting is de toplaag van de bodem in deze resterende deelgebieden naar verwachting verrijkt met fosfaat. Om herstel / ontwikkeling van waardevolle, schrale

natuurtypen (met name nat schraalland) mogelijk te maken dient effectieve verschraling van de bodem plaats te vinden. Om af te leiden op welke wijze de bodem het best kan worden verschraald (maaïen & afvoeren, uitmijnen of ontgraven van de fosfaatrijke toplaag) is dit bodemchemisch onderzoek uitgevoerd.

Naast de bodemchemie en het bodemtype zijn ook de grondwaterkwaliteit en (variatie in) grondwaterstanden van invloed op de natuurtypen die tot ontwikkeling kunnen komen. Deze (geo)hydrologische aspecten maken geen (of in onvoldoende mate) onderdeel uit van dit bodemchemisch onderzoek maar worden door Bell Hullenaar 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. Een ontgronding kan bijvoorbeeld een geschikte maatregel zijn om de biogeochemische omstandigheden te optimaliseren, maar dient altijd te worden getoetst op de inpassing in het hydrologische systeem. De hoogteligging en bodemopbouw spelen hierbij een belangrijke rol.

Omdat voor het beoogde systeemherstel een goede opbolling van de grondwaterspiegel in de dekzandruggen moet kunnen plaatsvinden zal hier helemaal niet worden geplagd. In de lage delen mag bij eventuele ontgraving niet de complete lemige toplaag wordt verwijderd, want dat zou ten koste gaan van de bufferende eigenschappen van de bodem. Indien er (plaatselijk) sprake is van de aanwezigheid van een dikke antropogeen beïnvloede toplaag / bouwvoor, dan kan dat juist weer een aanleiding vormen om wat dieper te plaggen (Bell Hullenaar, 2015). Bell Hullenaar zal de resultaten van het bodemonderzoek integreren met de genoemde aspecten en de meest geschikte inrichtingsmaatregelen vaststellen voor het toekomstig natuurlijke overloopsysteem. Ook andere factoren zoals het beschikbare budget, het ambitieniveau en de ruimtelijke/landschappelijke waarden spelen een belangrijke rol. Wel vormen de resultaten van dit project een belangrijke basis voor het maken van goed onderbouwde keuzes die de kansen op een succesvolle herinrichting vergroten.

1.2. Doel van het onderzoek

Door middel van het bodemchemisch onderzoek zijn de potenties van de (voormalige) landbouwgronden in kaart gebracht. De volgende vragen worden beantwoord:

- 1) Wat zijn de P-concentraties in de toplaag van de voormalige landbouwgronden en hoe lang duurt het om deze te verschrallen door middel van maaïen en afvoeren?
- 2) Tot op welke diepte is de bodem van de voormalige landbouwgronden verrijkt met fosfor, wat is de geadviseerde ontgrondingsdiepte?
- 3) Wat zijn de bodemchemische omstandigheden op de referentielocaties?
- 4) Welke natuurpotenties zijn er op de voormalige landbouwgronden basis van de bodemchemie?
- 5) Welke aanvullende inrichtingsmaatregelen worden aanbevolen bij de omvorming van voormalige landbouwgronden naar soortenrijke, voedselarme natuurbeheertypen?

2. Natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden

De bodem is geen statische entiteit. Bodembiota hebben een belangrijke invloed op de bodemstructuur, humusopbouw, vorming van bodemhorizonten en nutriëntenbeschikbaarheid. De abiotische bodemcondities zijn in belangrijke mate sturend voor de vegetatie. Ze zijn relatief eenvoudig te meten en te interpreteren en worden dan ook vaak gebruikt om veranderingen in de vegetatiesamenstelling te begrijpen en beheers- of herstelmaatregelen op te stellen in het kader van bijvoorbeeld natuurontwikkelingsprojecten.

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. Wanneer gestreefd wordt naar de ontwikkeling van natuurbeheertypen als nat schraalland (N10-01) of vochtig hooiland (N10-02) is een (matig) voedselarm milieu vereist. Wanneer er in de bodem een overmaat is aan alle voedingstoffen gaan enkele snelgroeiende soorten (Gestreepte witbol, Gewoon struisgras, Akkerdistel, Witte klaver of Engels raaigras) overheersen en ontstaat een ruigtevegetatie. In vochtige tot natte P-rijke terreindelen treedt vaak massale groei van Pitrus of algenbloei op (figuur 2.1 en figuur 2.2).



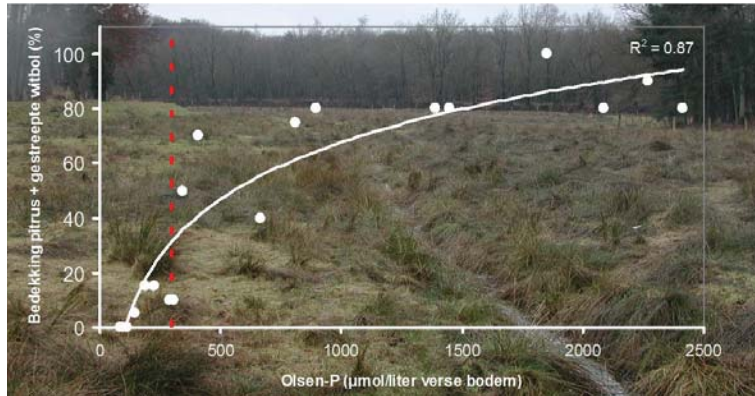
Figuur 2.1. Pitrusontwikkeling en verruiging op (natte) voormalige landbouwgronden na het onvoldoende verwijderen van de fosfaatrijke grond. Foto's: Maarten Veldhuis en Mark van Mullekom.

De kansen op een goede natuurontwikkeling (en het vóórkomen van doelsoorten) op voormalige landbouwgronden, wordt sterk bepaald door de beschikbaarheid van fosfor (P) in de bodem. In dit onderzoek zijn twee fosfaatconcentraties leidend: de totaal-P concentratie (totale hoeveelheid fosfor in de bodem) en de Olsen-P concentratie (de voor planten beschikbare hoeveelheid fosfor). Welke natuurbeheertypen zich kunnen ontwikkelen is echter niet alleen afhankelijk van de fosfaatconcentraties maar ook, onder andere, van de pH en de mate van buffering van de bodem en de stijghoogte en kwaliteit van het grondwater.

Een bruikbare grenswaarde voor P-deficiëntie van bodems is een Olsen-P concentratie van 200-350 micromol P per liter verse bodem (figuur 2.2). 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.

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 grenswaarde worden gehanteerd van ± 500 -1000 micromol per liter verse bodem.



Figuur 2.2. Relatie tussen de concentratie Olsen-P in de bodem en de bedekking van ruigtesoorten Pitrus en Witbol (Smolders et al., 2008).

Wanneer de vereiste inrichtingsmaatregelen te ingrijpend of niet te realiseren zijn kan een lager ambitieniveau worden nagestreefd. Hierbij past bijvoorbeeld de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland. ‘Kruidenrijk grasland’ is een breed begrip waardoor er eigenlijk geen harde streefconcentratie voor te hanteren is. In dit onderzoek wordt gerekend met een indicatieve Olsen-P streefconcentratie van circa (1200-)1500 $\mu\text{mol/l}$. 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 ($P\text{-}z < 1$). Uit lopend onderzoek blijkt dat op de meest waardevolle kruiden- en faunarijke graslanden ook de Olsen-P concentratie relatief laag is.

Als gevolg van het landbouwkundig gebruik is er een overmaat aan nutriënten aanwezig in de bodem. Na beëindiging van het agrarische gebruik neemt de stikstofbeschikbaarheid vaak sterk af. Voor de fosfaatbeschikbaarheid gaat dit niet op omdat dit in de bodem sterk wordt gebonden. Hiervoor is specifieke verschraling vereist. Het afvoeren van nutriënten via het gewas gaat echter langzaam, omdat slechts een klein deel van de drogestof uit N, P of K bestaat. Verschraling van voormalige landbouwgronde door middel van maaien en afvoeren (P-afvoer 10 kg/ha/jr) duurt veelal tientallen tot honderden jaren. Dit neemt echter niet weg dat het goed kan worden toegepast om, eventueel in combinatie met andere maatregelen, fosfaat af te voeren. Daarnaast voorkomt maaien het ontwikkelen van bomen en struiken. Een alternatief is uitmijnen (gemiddelde P-afvoer 40 kg/ha/jr): een ‘natuurvriendelijke’ vorm van het voeren van intensieve landbouw met een productieve zode (inclusief stikstof en kalibemesting) of met een grasklavermengsel (inclusief kalibemesting) de P-afvoer worden vergroot. Een mogelijk nadeel van verschrallingsbeheer is dat doorgaans slechts de bovenste 25(-30) cm van de bodem wordt verschraald wat een probleem kan zijn in grondwatergevoede systemen met een relatief dikke (>40 cm) voedselrijke bouwvoor. Door middel van uitmijnen kan fosfaat ongeveer vier keer zo snel aan de bodem worden onttrokken.

Inzet van grazers in weiden en halfopen landschappen voorkomt het dichtgroeien waardoor variatie in het gebied ontstaat. Begrazing van natte terreinen waarin zich Pitrus heeft gevestigd, lijkt vaak een averechts effect te hebben, omdat de meeste grazers nauwelijks Pitrus eten. Door

betreding ontstaan bovendien open plekken in de vegetatie waar Pitrus weer kan kiemen en de dominantie hiervan juist toeneemt. De netto afvoer van nutriënten door middel van begrazen is echter beperkt. Om de ontwikkeling van waardevolle vegetaties mogelijk te maken is het verwijderen van de P-rijke toplaag daarom in veel gevallen een geschikt alternatief. De ontgrondingsdiepte kan worden bepaald door op verschillende diepten de Olsen-P en totaal-P concentratie te meten. Deze maatregel dient te worden getoetst op de inpasbaarheid in het hydrologische systeem.

Na ontgroning wordt het introduceren van doelsoorten (vers maaisel/plagsel) uit lokale referentiegebieden geadviseerd. Zeldzame en bijzondere soorten (meestal tevens de doelsoorten) vestigen zich namelijk doorgaans niet of slechts na lange tijd. Op de vaak sterk ontwaterde en sterk bemeste voormalige landbouwgronden is van de oorspronkelijke zaadbank vaak niets meer over. Natte, venige laagtes kunnen een uitzondering vormen. 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.

In grondwatergevoede systemen is de grondwaterinvloed en -kwaliteit van belang. Het grondwater dient globaal van oktober tot april uit te treden aan maaiveld of via capillaire opstijging de wortelzone te bereiken. De periode die nodig is om de basenvoorraad 'op te laden' in de winter is afhankelijk van de basenrijkdom (hardheid) van het water. Tijdens de lichte verdroging in de zomer moet de basenvoorraad namelijk voldoende zijn om een al te grote verzuring door oxidatie te voorkomen.

Indien (her)vernatting van grondwatergevoede systemen plaatsvindt, door maaiveldverlaging of bijvoorbeeld het dempen van ontwateringssloten, is het van belang dat voldoende doorstroming plaatsvindt. Stagnatie van water kan leiden tot het vrijkomen van fosfor en ongewenste verruiging. Dit wordt versterkt onder sulfaatrijke omstandigheden. Afvoer vindt, indien mogelijk, bij voorkeur plaats via het bestaande reliëf. Daarnaast is het van belang om een natuurlijk peilbeheer te hanteren met wisselende waterstanden. Droogval van de toplaag in de zomermaanden is vaak essentieel voor de immobilisatie van fosfaat en de vegetatieontwikkeling. Het vrijkomen van fosfaat gaat onder natte omstandigheden sneller bij hoge (zomer)temperaturen dan bij lagere (winter)temperaturen.

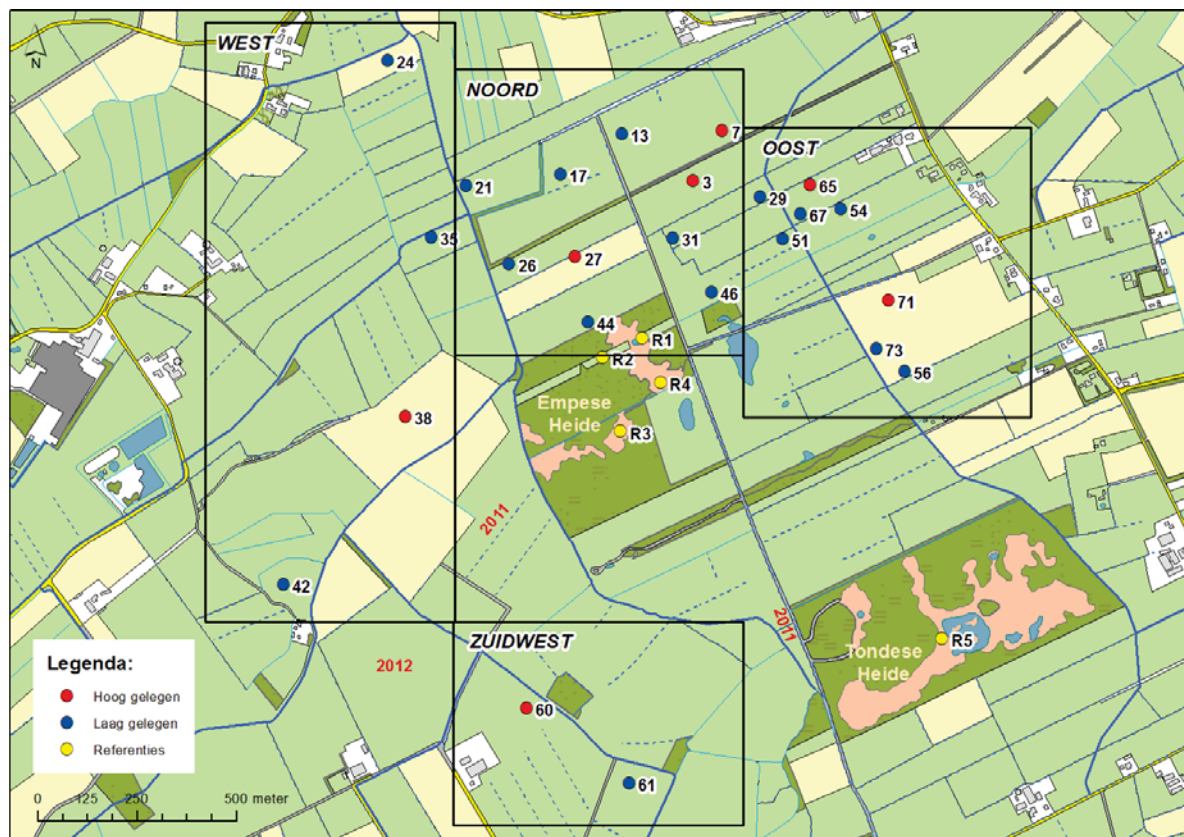
3. Veldwerkzaamheden en analyses

3.1. Veldwerkzaamheden

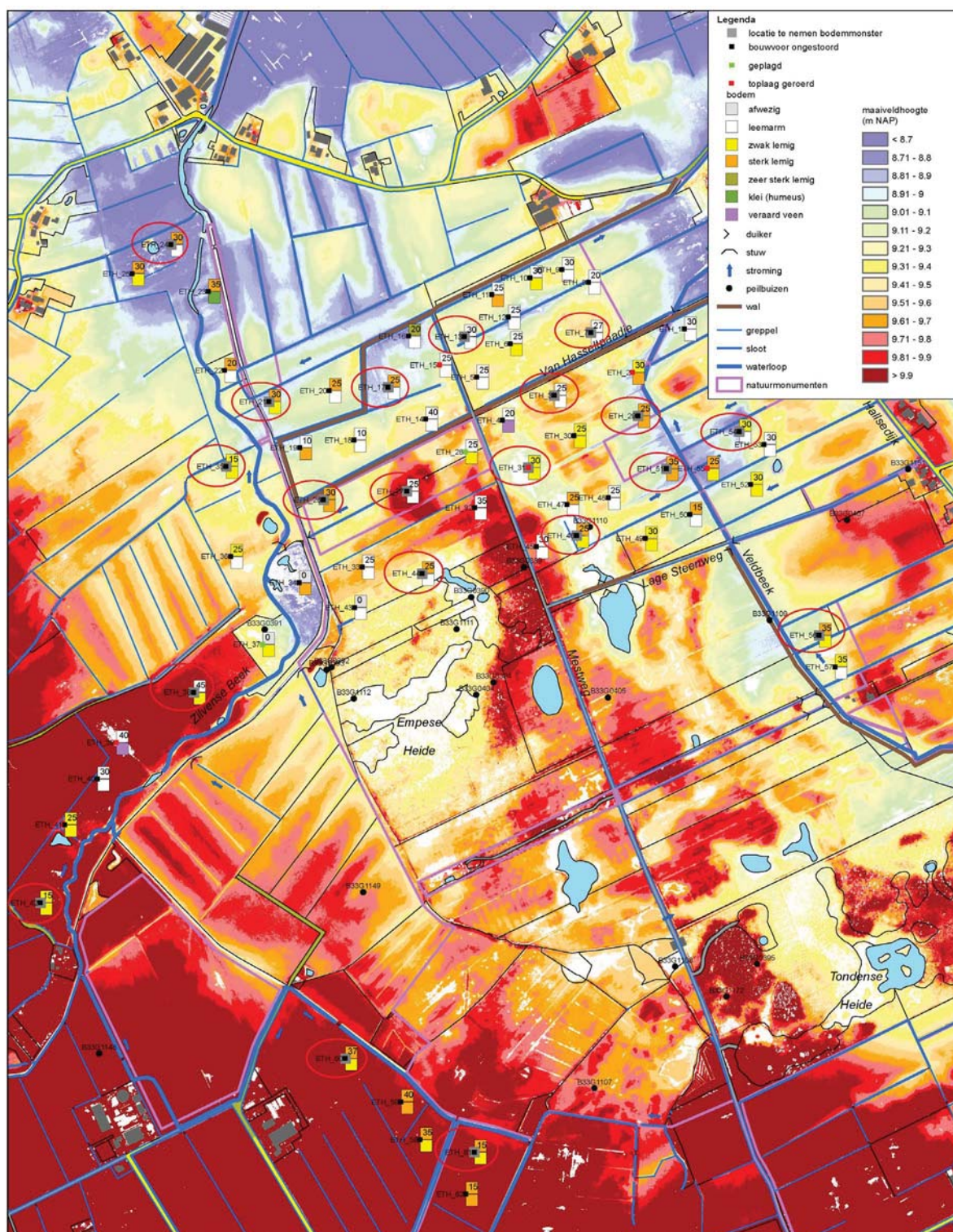
Door Ecohydrologisch Adviesbureau Bell Hullenaar werden 20 monsterlocaties vastgesteld, gelegen in laagtes (15 locaties) of op een hoge kop (5 locaties) in het landschap, verspreid over vier deelgebieden. Op 29 september 2015 werden door dhr. Jan Vermeer van Het Veldwerkbureau 81 bodemonsters verzameld waarbij per locatie op circa 4 dieptes werd bemonsterd. De monsterdieptes waren afhankelijk van de boorprofielen. Uitgangspunt was de volgende bemonsteringsstrategie:

- 0-15 cm-mv (toplaag bouwvoor);
- 15-25 cm-mv (onderkant bouwvoor);
- 25-35 cm-mv (0-10 cm onder bouwvoor);
- 35-45 cm-mv (10-20 cm onder bouwvoor);

Op 10 februari 2017 werden 18 extra bodemonsters op 4 locaties (63, 65, 71 en 73) verzameld waarbij per locatie op 4-5 dieptes werd bemonsterd conform de oorspronkelijke strategie. Lokaal is op basis van de aangetroffen bodemprofielen afgeweken van deze dieptes of een extra bodemonster verzameld. De 24 monsterlocaties worden gegeven in figuur 3.1 en 3.2 (op een hoogtekaart).



Figuur 3.1. Overzicht van de 24 monsterlocaties in de vier verschillende deelgebieden en de 5 referentielocaties. **2011** en **2022** = onderzoeklocaties Loeb (2011) en Loeb (2012).



Figuur 3.2. Hoogtekaart van het onderzoeksgebied met een overzicht van de monsterlocaties (rood omcirkeld) op een hoogtekaart (exclusief de 4 aanvullende monsterlocaties in 2017). Bron: Bell Hullenaar.

Als aanvulling op het onderzoek werden op 13 oktober 2015 door B-WARE bodemonsters verzameld van de toplaag (0-15 cm) op, door Ellen ter Stege (Natuurmonumenten) doorgegeven, goed ontwikkelde plekken in de Empese en Tondense Heide (figuur 3.1 en 3.3).



R1

R2



R3

R4



R5

Figuur 3.3. Foto's van de referentielocaties waarbij: R1: schraalland met o.a. blauwe zegge en blauwe knoop. R2: schraalland met o.a. blauwe zegge en kale jonker. R3: schraalland met o.a. Spaanse ruiter en draadzegge. R4: heide met o.a. struikheide, dopheide, pijpenstrootje. R5: natte zone met o.a. Spaanse ruiter en kleine valeriaan(?).

3.2. Analyses

De volgende analyses werden uitgevoerd op het laboratorium van Onderzoekcentrum B-WARE:

Drooggewicht en organisch stofgehalte

Om het vochtgehalte van het verse bodemmateriaal te bepalen werd het vochtverlies gemeten door bodemmateriaal per monster af te wegen in aluminium bakjes en gedurende minimaal 48 uur te drogen in een stoof bij 60 °C. Vervolgens werd het bakje met bodemmateriaal terug gewogen en het vochtverlies berekend. Dit alles werd in duplo uitgevoerd. De fractie organisch stof in de bodem werd berekend door het gloeiverlies te bepalen. Hiertoe werd het bodemmateriaal per monster, na het drogen, gedurende 4 uur verast in een oven bij 550 °C. Na het uitgloeien van de monsters werd het bakje met bodemmateriaal weer gewogen en het gloeiverlies berekend. Het gloeiverlies komt in dit type bodems goed overeen met het gehalte aan organisch materiaal in de bodem.

Olsenextractie

Het Olsen-extract werd uitgevoerd ter bepaling van de hoeveelheid plantbeschikbaar fosfaat. Hiervoor werd 3 gram droog bodemmateriaal met 60 ml Olsen-extract (0,5 M NaHCO₃ bij pH 8,4) gedurende 30 minuten uitgeschud op een schudmachine bij 105 r.p.m. Het extract werd vervolgens geanalyseerd op een ICP.

Bodemdestructie

Door de bodem te destrueren (ontsluiten) is het mogelijk de totale concentratie van bijna alle elementen in het bodemmateriaal te bepalen. Dit werd uitgevoerd door het bodemmateriaal na het drogen op 60 °C te vermalen. Van het bodemmateriaal werd per monster nauwkeurig 200 mg afgewogen en in teflon destructievaatjes overgebracht. Aan het bodemmateriaal werd 5 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO₃, 65%) en 2 ml waterstofperoxide (H₂O₂ 30%) toegevoegd en de vaatjes werden geplaatst in een destructie-magnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega). De monsters werden vervolgens gedestruëerd in gesloten teflon vaatjes. Na destructie werden de monsters overgegoten in 100 ml maatcilinders en aangevuld tot 100 ml door toevoeging van milli-Q water. De destruatens werden vervolgens geanalyseerd op een ICP.

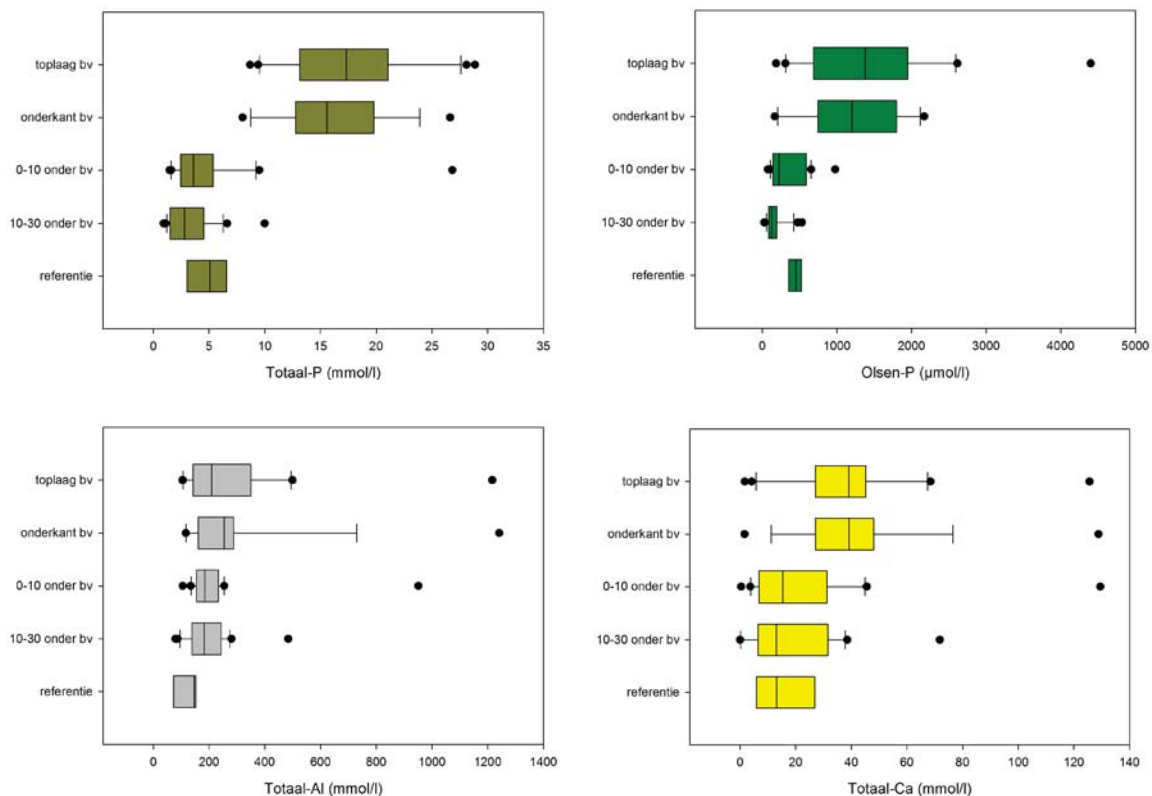
Elementenanalyse

De concentraties calcium (Ca), magnesium (Mg), aluminium (Al), ijzer (Fe), mangaan (Mn), fosfor (P), zwavel (S), silicium (Si) en zink (Zn) in bodemextracten werden bepaald met behulp van een Inductively Coupled Plasma Spectrofotometer (ICP; Thermo Electron Corporation, IRIS Intrepid II XDL).

4. Natuurontwikkelingsmogelijkheden per deelgebied

4.1. Algemene bodemchemie en trends in de diepte

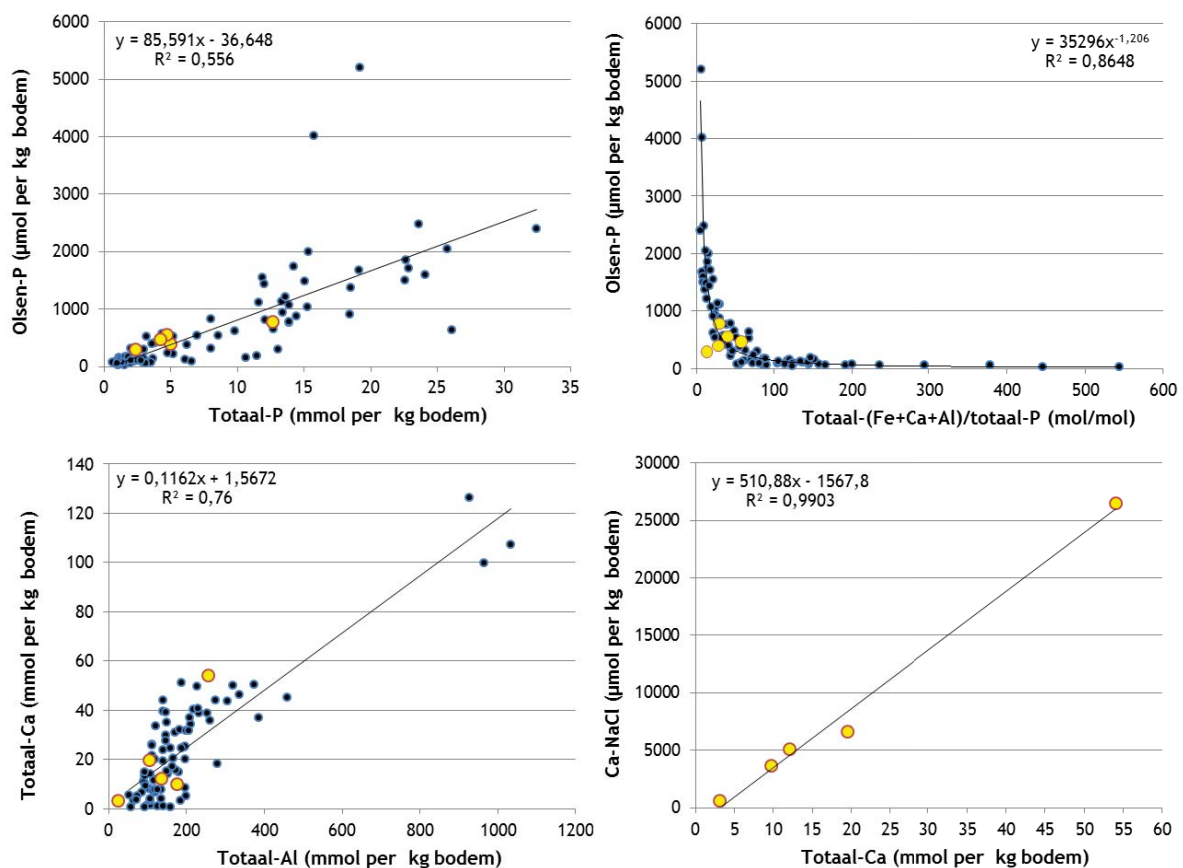
Een lage fosfaatbeschikbaarheid biedt, zoals beschreven in hoofdstuk 2, goede kansen voor de ontwikkeling van soortenrijke, voedselarme natuur. Als gevolg van het landbouwkundig gebruik is de P-beschikbaarheid voor planten (fors) hoger in de bouwvoor ($\pm 1000\text{--}2500\text{ }\mu\text{mol/l}$; figuur 4.1). De Olsen-P streefconcentratie is ($<$) $350\text{ }\mu\text{mol/l}$ onder de bouwvoor. Onder calcium- en ijzerarme tot matig calcium- en ijzerhoudende omstandigheden is de totaal-P streefconcentratie ($<$) $3\text{--}5\text{ mmol/l}$. Zowel de totaal-P concentraties als de Olsen-P concentraties nemen af onder de bouwvoor (figuur 4.1). De aluminiumconcentratie is indicatief voor de lutumconcentratie van de bodem. In de meer lemige bouwvoor zijn de totaal-aluminium concentraties iets hoger in vergelijking met de bodem onder de bouwvoor. De totaal-calciumconcentraties zijn hoger in de meer lemige bouwvoor (figuur 4.1) en de totaal-Ca concentratie correleert redelijk met de totaal-Al concentratie (figuur 4.2 linksonder), en bijvoorbeeld niet met het percentage organische stof of de totaal-P en Olsen-P concentratie (niet weergegeven). Een andere verklaring voor de hogere totaal-calciumconcentraties in de bouwvoor is de bekalking tijdens het landbouwkundig gebruik om de pH van de bodem, en daarmee de opbrengst, te optimaliseren. De buffering van de bodem daalt over het algemeen sterk bij totaal-calciumconcentraties lager dan 20 mmol/l verse bodem.



Figuur 4.1. Boxplots van de totaal-P, Olsen-P, totaal-Al en totaal-Ca concentratie (data 2015) uitgedrukt per liter bodem. De Box geeft het bereik tussen het 25e en 75e percentiel weer. De Whiskers (verticale lijnen) geven het bereik tussen het 10e en 90e percentiel. De verticale streep in de box geeft de mediane waarde van de metingen weer. De stippen geven de uitschieters weer.

In figuur 4.2 (linksboven) zijn de Olsen-P en totaal-P concentraties van de bodems tegen elkaar uitgezet. De spreiding is relatief groot wat duidt op een grote variatie in de beschikbare fosfaatfractie. Dit kan worden veroorzaakt door het verschil in grondgebruik (bemestingsintensiteit), bodemtype en door het verschil in bodemchemie (sterke variatie in ijzer- of calciumconcentraties).

De Olsen-P concentratie wordt echter niet alleen bepaald door de totaal-P concentratie van de bodem. Het fosfor kan aan ijzer gebonden zijn in de bodem, maar ook aan 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 anaërobe condities) en FePO_4 onder aërobe condities. Voor de P-immobiliserende werking van calcium is de vorming van relatief slecht oplosbare calciumfosfaat complexen verantwoordelijk. Dit calcium gebonden-P is meestal slecht oplosbaar en komt slechts zeer langzaam vrij door verweringsprocessen. Ook klei (aluminium is indicatief voor het lutumpercentage) is een sterke P-binder.



Figuur 4.2. Correlaties tussen enkele relevante bodemchemische parameters (data 2015).

De calcium-, aluminium en ijzerconcentraties kunnen de beschikbaarheid van fosfaat beïnvloeden. In figuur 4.2 (rechtsboven) wordt deze correlatie weergegeven. Op plaatsen waar de bodem rijk is aan ijzer, calcium en aluminium (hoge totaal (Fe+Ca+Al)/totaal-P ratio) blijft de P-beschikbaarheid voor planten doorgaans laag. Dit proces wordt versterkt op locaties waar sprake is van ijzer- en calciumrijk kwelwater.

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. Een zoutextract geeft een beeld van de hoeveelheid uitwisselbare kationen. De aluminium- en calciumconcentraties in het zoutextract geven dan ook een beeld van de buffercapaciteit van de bodem. De concentratie zoutuitwisselbaar calcium (Ca-NaCl) is één van de geschikte parameters voor het vaststellen van de natuurdoeltypen die tot ontwikkeling kunnen komen.

Een zoutextractie maakte echter geen onderdeel uit van de opdracht. Op de vijf referentielocaties is op eigen initiatief van B-WARE echter wel een zoutextractie uitgevoerd. De concentraties uitwisselbaar calcium in het zoutextract blijken sterk te correleren met de totaalcalcium concentraties (figuur 4.2, rechtsonder). Met behulp van deze correlatie zijn concentraties uitwisselbaar calcium berekend (let op: dit is zeer indicatief) in de bodems uit de voormalige landbouwgronden om de natuurtypen die tot ontwikkeling kunnen komen beter te kunnen duiden.

In paragraaf 4.3 wordt per locatie toegelicht in hoeverre het afgraven van de fosfaatrijke toplaag consequenties heeft voor de mate van buffering en de natuurtypen die tot ontwikkeling kunnen komen. Daarnaast wordt de verschrallingsduur van de fosfaatrijke toplaag vermeld.

4.2. Referentielocaties

De resultaten van de referentiemetingen 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, -z = concentratie ($\mu\text{mol/l}$) en pH in een zoutextractie (NaCl). BV = indicatieve basenverzadiging.

Nr	Vegetatie	Bodemtype	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	pH-z	Al-z	Ca-z	Al/Ca	K-z	P-z	NO3	NH4	BV
R1	blauw e zegge, blauw e knoop	Venig, lemig, zw art zand	6,2	26	1,2	456	5,8	121	23	20	5	6	12	4,7	608	7692	0,1	88	0,7	20	229	86
R2	blauw e knoop, kale jonker	Humeus, lemig, zw . zand	6,6	29	1,1	600	5,1	146	13	44	5	8	12	4,3	1690	5510	0,3	113	0,4	12	288	67
R3	Spaanse ruiter, draadzegge	Humeus, zw art zand	9,1	37	0,9	419	3,8	156	9	54	4	8	13	4,2	1610	3284	0,5	93	0,0	8	224	50
R4	struikheide, dopheide	Grijs/zw art zand	6,6	17	1,0	285	2,3	24	3	4	3	1	4	3,4	2282	596	3,8	422	1,8	4	83	20
R5	Spaanse ruiter, kleine valeriaan	Zandig veen	22,1	54	0,6	450	7,3	147	31	34	4	7	29	4,3	268	15242	0,0	29	0,5	6	147	96
gemiddeld						442	4,9											0,7	10	194		

De referentielocaties worden gekenmerkt door een gemiddelde Olsen-P concentratie van 442 $\mu\text{mol/l}$ en een gemiddelde totaal-P van 4,9 mmol/l. Ook de labiele P-fractie is laag: P-z <1 $\mu\text{mol/l}$. Dit bevestigt de noodzaak voor het verlagen van de P-concentraties voor de ontwikkeling van soortenrijke P-gelimiteerde natuur op de voormalige landbouwgronden. De locatie met dopheide en struikheide is, zoals verwacht, zeer zuur: tot-Ca 3 mmol/l, Ca-z: 596 $\mu\text{mol/l}$, pH-z: 3,4 en een basenverzadiging van 20%. De schraallanden in de Empese Heide (R1-R3) zijn zwak gebufferd met een totaal calcium concentratie van 9-23 mmol/l en $\pm 3300-7700$ $\mu\text{mol/l}$ en zwak-matig ijzerhoudend (20-54 mmol/l). Op de relatief zure locatie R3, waar massaal Spaanse ruiter groeit, zijn de pH-z (4,2) en de Al/Ca-ratio (0,5) vooralsnog gunstig, maar lijkt daarmee kwetsbaar voor verdere verzuring. Het schraalland in de Tondense Heide (R5) is sterker gebufferd (Ca-t 31 mmol/l en Ca-z 15242 $\mu\text{mol/l}$) en zwak-matig ijzerhoudend (34 mmol/l).

In dit onderzoek wordt standaard gerekend met een Olsen-P streefconcentratie van (<)300-500 μmol per liter bodem. Dit is een reële streefconcentratie voor droge heide, natte heide, heischraal grasland en blauwgrasland. Onder zeer ijzer- en/of calciumrijke omstandigheden kan een hogere Olsen-P streefconcentratie van 500 of 800 μmol per liter bodem acceptabel zijn voor de ontwikkeling van een blauwgrasland, veldrusschraalland of dotterbloemhooiland.

4.3. Natuurpotenties van de voormalige landbouwgronden

Per deelgebied worden per monsterlocatie (zowel laagtes als hoge koppen) in een tabel de belangrijkste abiotische factoren kort toegelicht, waarbij de Ca-z concentratie werd berekend op basis van de correlatie uit figuur 4.2 (rechtsonder). De grondsoort 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-NaCl concentratie van meer dan 4000-5000 $\mu\text{mol/l}$ zijn over het algemeen voldoende gebufferd voor (zwak) 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 $< 3000/4000$ $\mu\text{mol/l}$). Op matig calciumhoudende bodems (Ca-tot >10 mmol/l en Ca-z 3000/4000-8000 $\mu\text{mol/l}$) 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: 8000-25000 $\mu\text{mol/l}$) kan onder de juiste hydrologische omstandigheden (essentieel!) een blauwgrasland of veldrusschraalland tot ontwikkeling komen. Op sterk gebufferde bodems (Ca-z: > 20000 -50000 $\mu\text{mol/l}$) kan onder vochtige tot natte omstandigheden een dotterbloemhooiland tot ontwikkeling komen (onder droge omstandigheden een kamgrasweide/glanshaverhooiland).

De keuze van de uiteindelijke inrichtingsmaatregelen is echter niet alleen afhankelijk van de kansrijkdom qua bodemchemie. 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. Per deelgebied wordt dan ook rekening gehouden met de bevindingen van Bell Hullenaar. Ook andere factoren zoals het beschikbare budget, het ambitieniveau en de ruimtelijke/landschappelijke waarden spelen een belangrijke rol. De beschikbare gegevens vormen een basis voor het maken van goed onderbouwde keuzes die de kansen op een succesvolle herinrichting vergroten.

In de tabellen zijn onder andere de fosfaatconcentraties opgenomen (Olsen-P en totaal-P). Op basis van de verhouding tussen de Olsen-P en P-totaal concentratie (beschikbare P-fractie) is een P-totaal streefconcentratie berekend (deze varieert op basis van de P-beschikbaarheid die beïnvloed wordt door o.a. de lemigheid, ijzer- en calciumconcentraties van de bodem). Op basis van het verschil tussen de streefconcentratie en de actuele totaal-P concentratie is per bemonsterde laag een verschralingsduur berekend bij traditioneel beheer van maaien en afvoeren (P-afvoer: 10 kg/ha/jr). Gericht uitmijnen met N en/of K bemesting (P-afvoer: 40 kg/ha/jr) gaat vier keer zo snel. Voor het berekenen van de totale verschralingsduur op een bepaalde diepte dienen, in verband met de worteldiepte van planten, de verschralingsduren van een bodempakket van 25(-30) cm bij elkaar te worden opgeteld. Wanneer wordt ingezet op verschraling van een fosfaatrijke toplaag is het belangrijk om te realiseren dat vernatting van een fosfaatrijke toplaag kan leiden tot P-mobilisatie en verruiging in de vorm van pitrusontwikkeling. Wanneer de vereiste inrichtingsmaatregelen te ingrijpend of niet te realiseren zijn kan een lager ambitieniveau worden nagestreefd. Hierbij past bijvoorbeeld de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland met een Olsen-P streefconcentratie van circa (1200-)1500 $\mu\text{mol/l}$. Dit is slechts een indicatieve streefwaarde: 'kruidenrijk grasland' is een breed begrip waardoor er geen harde streefconcentratie voor te hanteren is. Het kruidenpercentage zal waarschijnlijk al eerder toenemen wanneer niet meer wordt bemest (met P) en het maaien en afvoeren wordt voortgezet. De soortenrijkdom (ook paddenstoelen) neemt naar verwachting toe zodra de labiele

P-fractie voldoende laag is ($P-z < 1$). Uit lopend onderzoek blijkt dat op de meest waardevolle kruiden- en faunarijke graslanden ook de Olsen-P concentratie relatief laag is.

Deze indicatieve arceringen in tabel 4.1-4.4 horen bij de volgende klassen:

org. stof	Al-t	Ca-t	Ca-z	Fe-t	Maaien en afvoeren (jaren)	
%	mmol/l	mmol/l	μmol/l	mmol/l	0	voldoende P-arm
<5	<150	<10	<4000	<20	<10	kansrijk voor vershraling door middel van maaien en afvoeren
6-10	151-250	11-20	4001-8000	21-50	11-40	matig kansrijk voor vershraling door middel van maaien en afvoeren
11-25	251-400	21-30	8001-15000	51-100	41-80	kansrijk voor vershraling door middel van uitmijnen
26-50	401-750	31-50	15001-25000	101-150	81-200	matig tot beperkt kansrijk voor vershraling door middel van uitmijnen
>50	>750	51-80	25001-40000	151-300	201-400	ongeschikt voor vershraling I
		>80	>40000	>300	>400	ongeschikt voor vershraling II

DEELGEBIED WEST

Tabel 4.2. Overzicht van het bodemtype en de bodemchemie per monsterlocatie (rood = hoog, blauw = laag) in deelgebied 'west'. GWS = grondwaterstand 29-9-2015. GLG = gemiddeld laagste grondwaterstand, GHG = gemiddeld hoogste grondwaterstand. GR = grind in bodem; HZT = bodemhorizont; 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. Ca-z* = berekende concentratie op basis van correlatie met tot-Ca (figuur 4.2, rechtsonder). M3 = indicatieve vershralingsduur (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 (totaal-P ondergrens 3 mmol/l). M5: idem, echter op basis van een Olsen-P streefconcentratie van 500 μmol/l.

Nr	GWS	GLG	GHG	Diepte	Bodemtype	GR	HZT	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Pbs	Al-t	Ca-t	Ca-z*	Fe-t	FC/P	K-t	Mg-t	S-t	M3	M5
24	55	75	20	0-15	Zand, bv	-	Apx	5	21	1,1	1180	17,4	0,07	265	44	20755	121	9	9,6	16,6	13,7	61	47
				15-25	Zand, bv	-	Apx	5	20	1,1	933	15,4	0,06	278	38	17729	142	12	8,4	17,5	11,3	33	22
				25-35	Zand, lemig	x	C	1	12	1,5	589	5,6	0,11	134	16	5857	72	16	9,0	12,5	3,8	8	3
				35-45	Zand, lemig	x	C	1	12	1,5	475	3,1	0,16	80	8	1900	51	19	5,8	9,5	2,1	0	0
35	55	75	25	0-15	Zandig leem, bv	x	Ap	8	24	1,0	309	13,3	0,02	380	51	24518	189	18	4,4	19,8	15,7	2	0
				15-25	Zandig leem, bv	x	Ap	6	20	1,3	167	8,0	0,02	602	59	28016	188	31	10,1	30,3	14,0	0	0
				25-35	Zand, lemig	x	C	1	12	1,6	206	4,7	0,04	234	22	8620	75	21	4,2	17,5	6,2	0	0
				35-45	Zand, lemig	x	C	1	13	1,7	121	4,8	0,03	177	23	9372	53	16	5,6	19,4	5,1	0	0
38	70	130	40	0-20	Zand, bv	x	Ap	7	16	1,0	1496	15,3	0,10	112	26	11896	44	5	1,4	5,3	8,4	76	64
				20-40	Zand, bv	x	Ap	6	16	1,0	1279	14,3	0,09	117	27	12020	48	5	1,5	5,0	8,7	68	54
				40-50	Zand	x	Ce	1	10	1,6	114	1,5	0,08	170	5	<100	55	41	7,1	17,2	1,6	0	0
				50-60	Zandig leem	x	C	2	13	1,7	34	2,7	0,01	484	32	13398	674	264	28,9	45,3	1,6	0	0
42	65	100	35	0-20	Zand, lemig, bv	x	Ap	5	16	1,1	1552	13,1	0,12	147	4	451	66	5	4,8	7,6	9,5	63	55
				20-30	Zand, lemig	x	C	1	10	1,5	147	3,7	0,04	158	6	632	340	94	7,2	14,0	1,7	0	0
				30-40	Zand, lemig	x	C	1	12	1,5	85	4,8	0,02	183	10	2735	600	128	10,2	16,3	1,8	0	0
				40-50	Zand, lemig	x	C	1	12	1,5	139	10,0	0,01	113	8	1492	599	61	6,0	11,2	1,1	0	0

24.

De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (totaal-P 15-17 mmol/l en Olsen-P 933-1180 μmol/l). Vershraling tot een blauwgrasland (Ca-t 38-44 mmol/l en Ca-z ±18000-21000 μmol/l) met een Olsen-P concentratie van 500 μmol/l vereist circa 70 jaar maaien en afvoeren of 15-20 jaar uitmijnen. Wanneer 15 cm wordt afgegraven (en een deel van de lemige, aluminium-, calcium, en ijzerhoudende toplaag wordt behouden) is 25 jaar maaien en afvoeren of 6 jaar uitmijnen vereist. Let hierbij op dat vernatting onder P-rijke omstandigheden tot P-mobilisatie en verzuuring kan leiden. Vanaf 25 cm is de bodem minder lemig maar relatief P-arm (totaal-P 6 mmol/l en Olsen-P 589 μmol/l) en, mogelijk in combinatie met enkele jaren maaien en afvoeren, geschikt voor de ontwikkeling van een heischraal grasland (Ca-t 16 mmol/l, Ca-z ±6000 μmol/l). Vanaf 35 cm is de relatief calciumarme bodem (Ca-t 8 mmol/l en Ca-z ±2000 μmol/l) P-arm (totaal-P 3 mmol/l en Olsen-P 475 μmol/l) en geschikt voor de ontwikkeling van (natte) heide of een (zuur) heischraal grasland.

35.

De lemige, ijzerrijke (± 190 mmol/l), calciumhoudende (Ca-t: 51-59 mmol/l en Ca-z ± 25000 -28000 $\mu\text{mol/l}$) bouwvoor is beperkt verrijkt met fosfaat (totaal-P 13 mmol/l op 0-15 cm en 8 mmol/l op 15-25 cm-mv) maar de P-beschikbaarheid voor planten is laag (< 350 $\mu\text{mol/l}$). Voor de ontwikkeling van een blauwgrasland volstaat in principe het verwijderen van de zode (5-10 cm plaggen) voor het creëren van vestigingsplaatsen voor doelsoorten. Vanaf 25 cm-mv is de bodem P-arm (totaal-P 5 mmol/l en Olsen-P 206 $\mu\text{mol/l}$), minder rijk aan aluminium, ijzer en calcium en geschikt voor de ontwikkeling van een heischraal grasland.

38.

Op deze hoog gelegen locatie is de bouwvoor van 40 cm verrijkt met fosfaat (totaal-P 14-15 mmol/l en Olsen-P 1279-1496 $\mu\text{mol/l}$). Voor de ontwikkeling van een droog heischraal grasland (Ca-t 26-27 mmol/l en Ca-z ± 12000 $\mu\text{mol/l}$) is circa 110-150 jaar maaien en afvoeren (of 25-35 jaar uitmijnen) vereist. Wanneer 20 cm wordt afgegraven resteert een verschralingsduur van 55-70 jaar maaien en afvoeren of circa 15 jaar uitmijnen. Voor een praktisch uitmijnadvies zijn aanvullende analyses vereist. Op 40 cm-mv is de bodem calciumarm (Ca-t 5 mmol/l en Ca-z < 100 $\mu\text{mol/l}$) en geschikt voor heideontwikkeling. Op 50-60 cm-mv is een ijzerrijk (674 mmol/l), calciumhoudend (Ca-t 32 mmol/l en Ca-z ± 14000 $\mu\text{mol/l}$) leemlaagje aangetroffen. Afgraven op deze locatie is alleen acceptabel als dit inpasbaar is in het hydrologische systeem en geen negatieve consequenties heeft voor de opbolling van de grondwaterspiegel in deze rug. Het bijstellen van het ambitieniveau en het inzetten op de ontwikkeling van een kruidenrijk grasland is eveneens een optie. Hiervoor is de toplaag van de bodem in principe geschikt.

42.

De bouwvoor van 20 cm is verrijkt met fosfaat (totaal-P 13 mmol/l en Olsen-P 1552 $\mu\text{mol/l}$). De bodem is calciumarm (Ca-t 4 mmol/l en Ca-z ± 450 $\mu\text{mol/l}$), matig ijzerhoudend (66 mmol/l) en na 55 jaar maaien en afvoeren of circa 15 jaar uitmijnen geschikt voor heideontwikkeling. Op 20-30 cm-mv is de bodem niet alleen P-arm (P-t 4 mmol/l en Olsen-P 147 $\mu\text{mol/l}$) maar ook zeer ijzerrijk (340 mmol/l). Onder calciumarme omstandigheden (Ca-t 6 mmol/l en Ca-z 632 $\mu\text{mol/l}$) ligt de ontwikkeling van een natte heide voor de hand. Vanaf 30-50 cm-mv is bodem nog rijker aan ijzer (600 mmol/l) en iets rijker aan calcium (Ca-t 8-10 mmol/l en Ca-z ± 1500 -2700 $\mu\text{mol/l}$). De mate van buffering is zeer waarschijnlijk onvoldoende voor de ontwikkeling van een goed ontwikkeld heischraal grasland.

DEELGEBIED ZUIDWEST**60.**

Op deze hoog gelegen locatie is de bouwvoor van 35 cm sterk verrijkt met fosfaat (totaal-P 21-22 mmol/l en Olsen-P 1100-1600 $\mu\text{mol/l}$). Voor de ontwikkeling van een (droog-vochtig) heischraal grasland (Ca-t 29-39 mmol/l en Ca-z ± 13000 -18000 $\mu\text{mol/l}$) is circa 110-130 jaar maaien en afvoeren (of 25-30 jaar uitmijnen) vereist. Wanneer 20 cm wordt afgegraven resteert een verschralingsduur van 60-80 jaar maaien en afvoeren of circa 15-20 jaar uitmijnen. Voor een praktisch uitmijnadvies zijn aanvullende analyses vereist. Op 35 cm-mv is de lemige, ijzerrijke (251 mmol/l) bodem P-arm (totaal-P 6,5 mmol/l en Olsen-P 319 $\mu\text{mol/l}$) en geschikt voor de ontwikkeling van een heischraal grasland (Ca-t 21 mmol/l en Ca-z ± 8500 $\mu\text{mol/l}$). Afgraven op deze locatie is alleen acceptabel als dit inpasbaar is in het hydrologische systeem en geen negatieve consequenties heeft voor de opbolling van de grondwaterspiegel in deze rug. Het bijstellen van het ambitieniveau en het inzetten op de ontwikkeling van een kruidenrijk grasland is eveneens een optie.

Tabel 4.3. Overzicht van het bodemtype en de bodemchemie per monsterlocatie (rood = hoog, blauw = laag) in deelgebied 'zuidwest'. GWS = grondwaterstand 29-9-2015. GLG = gemiddeld laagste grondwaterstand, GHG = gemiddeld hoogste grondwaterstand. GR = grind in bodem; HZT = bodemhorizont; 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. Ca-z* = berekende concentratie op basis van correlatie met tot-Ca (figuur 4.2, rechtsonder). 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 $\mu\text{mol/l}$.

Nr	GWS	GLG	GHG	Diepte	Bodemtype	GR	HZT	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Pbs	Al-t	Ca-t	Ca-z*	Fe-t	FC/P	K-t	Mg-t	S-t	M3	M5
60	85	120	35	0-20	Zand, lemig, bv	x	Apx	7	22	0,9	1578	21,1	0,07	184	29	13445	168	9	10,0	21,8	12,4	107	90
				20-35	Zand, lemig, bv	x	Apx	4	15	1,2	1126	22,7	0,05	255	39	18086	203	11	9,4	24,0	10,4	78	59
				35-45	Zand, lemig	x	Cx	2	11	1,4	319	6,5	0,05	205	21	8516	251	42	18,1	21,3	3,0	1	0
				45-55	Zand, lemig	x	Cx	1	11	1,5	168	3,0	0,06	243	26	10711	162	62	24,7	33,3	2,2	0	0
61	55	90	15	0-20	Zandig leem, bv	x	Apxx	7	23	1,3	186	13,4	0,01	1217	126	62229	694	61	12,7	57,9	10,1	0	0
				20-35	Zandig leem, bv	x	Apxx	8	25	1,2	222	13,7	0,02	1242	129	63964	645	56	16,3	65,2	8,8	0	0
				35-45	Veraard veen	-	O	9	30	1,0	655	26,8	0,02	951	130	64565	735	32	11,2	49,5	13,1	45	20
				45-55	Zand	x	C	2	15	1,3	137	3,7	0,04	122	20	7967	76	26	12,7	20,2	2,1	0	0

61.

De lemige (Al-tot: 1217 mmol/l), ijzerrijke (± 700 mmol/l), calciumrijke (Ca-t: 126 mmol/l en Ca-z >50000 $\mu\text{mol/l}$) bouwvoor is reeds relatief P-arm (totaal-P 13 mmol/l en Olsen-P 186 $\mu\text{mol/l}$). Voor de ontwikkeling van een dotterbloemhooiland (eventueel blauwgrasland) volstaat het verwijderen van de zode (5 cm plaggen) voor het creëren van vestigingsplaatsen voor doelsoorten. Op 35-45 cm is een veraard veenlaagje aangetroffen.

DEELGEBIED NOORD

3.

Op deze hoog gelegen locatie is de bouwvoor van 25 cm sterk verrijkt met fosfaat (totaal-P 16-23 mmol/l en Olsen-P 1927-2420 $\mu\text{mol/l}$). Voor de ontwikkeling van een (droog) heischraal grasland (Ca-t 17-19 mmol/l en Ca-z ± 7000 -8000 $\mu\text{mol/l}$) is circa 120-130 jaar maaien en afvoeren (of 30 jaar uitmijnen) vereist. Wanneer 15 cm wordt afgegraven resteert een verschrallingsduur van 40 jaar maaien en afvoeren of circa 10 jaar uitmijnen. Voor een praktisch uitmijnadvies zijn aanvullende analyses vereist. Er is sprake van (zeer) beperkte P-uitspoeling onder de bouwvoor (totaal-P 4 mmol/l en Olsen-P 643 $\mu\text{mol/l}$). Wanneer de bouwvoor wordt verwijderd volstaat enkele jaren maaien en afvoeren voor heide ontwikkeling (Ca-t 4 mmol/l en Ca-z <100 $\mu\text{mol/l}$). Afgraven op deze locatie is alleen acceptabel als dit inpasbaar is in het hydrologische systeem en geen negatieve consequenties heeft voor de opbolling van de grondwaterspiegel in deze rug. Het bijstellen van het ambitieniveau en het inzetten op de ontwikkeling van een kruidenrijk grasland is eveneens een optie.

7.

Op deze hoog gelegen locatie is de bouwvoor van 25 cm sterk verrijkt met fosfaat (totaal-P 22-28 mmol/l en Olsen-P ± 2000 $\mu\text{mol/l}$). Voor de ontwikkeling van een (droog) heischraal grasland (Ca-t 14-29 mmol/l en Ca-z ± 5000 -13000 $\mu\text{mol/l}$) is circa 150-170 jaar maaien en afvoeren (of 40 jaar uitmijnen) vereist. Wanneer 15 cm wordt afgegraven resteert een verschrallingsduur van 65-70 jaar maaien en afvoeren of circa 15 jaar uitmijnen. Voor een praktisch uitmijnadvies zijn aanvullende analyses vereist. Er is sprake van P-uitspoeling tot onder de bouwvoor op 25-35 cm-mv (totaal-P 9 mmol/l en Olsen-P 977 $\mu\text{mol/l}$) waardoor 14-20 jaar maaien en afvoeren vereist is

voor heideontwikkeling (Ca-t 10 mmol/l en Ca-z ± 3200 $\mu\text{mol/l}$). Op 35 cm-mv is de bodem voldoende P-arm (totaal-P 4 mmol/l en Olsen-P 371 $\mu\text{mol/l}$) voor heideontwikkeling (Ca-t 6 mmol/l en Ca-z ± 1300 $\mu\text{mol/l}$). Afgraven op deze locatie is alleen acceptabel als dit inpasbaar is in het hydrologische systeem en geen negatieve consequenties heeft voor de opbolling van de grondwaterspiegel in deze rug. Het bijstellen van het ambitieniveau en het inzetten op de ontwikkeling van een kruidenrijk grasland is eveneens een optie.

13.

De bouwvoor van 20 cm is sterk verrijkt met fosfaat (totaal-P 21 mmol/l en Olsen-P 1387 $\mu\text{mol/l}$). De bodem is matig calciumhoudend (Ca-t 38 mmol/l en Ca-z ± 18000 $\mu\text{mol/l}$), zwak ijzerhoudend (26 mmol/l) en na 85-100 jaar maaien en afvoeren of circa 20-25 jaar uitmijnen geschikt voor de ontwikkeling van een blauwgrasland. Op 20-30 cm-mv is de bodem P-arm (P-t 5 mmol/l en Olsen-P 166 $\mu\text{mol/l}$) en geschikt voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t 31 mmol/l en Ca-z ± 14000 $\mu\text{mol/l}$).

17.

De lemige, ijzerrijke (114-207 mmol/l) bouwvoor van 25 cm is verrijkt met fosfaat (totaal-P 14-16 mmol/l en Olsen-P 907-1387 $\mu\text{mol/l}$). Voor de ontwikkeling van een blauwgrasland/veldrusschraalland (Ca-t 59 mmol/l en Ca-z ± 28000 $\mu\text{mol/l}$) is een verschrallingsbeheer van 60 jaar maaien en afvoeren of circa 15 jaar uitmijnen vereist. Wanneer 15 cm wordt afgegraven resteert een verschrallingsduur van circa 25 jaar maaien en afvoeren of 6 jaar uitmijnen. Let hierbij op dat vernatting onder P-rijke omstandigheden tot P-mobilisatie en verzuuring kan leiden. Op 25-35 cm-mv is de bodem minder lemig maar P-arm (P-t 3 mmol/l en Olsen-P 236 $\mu\text{mol/l}$), matig ijzerrijk (104 mmol/l) en geschikt voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t 33 mmol/l en Ca-z ± 15000 $\mu\text{mol/l}$).

21.

De lemige, ijzerrijke (354-379 mmol/l) bouwvoor van 25 cm is verrijkt met fosfaat (totaal-P 19-20 mmol/l en Olsen-P 975-1128 $\mu\text{mol/l}$). Voor de ontwikkeling van een blauwgrasland/veldrusschraalland of dotterbloemhooiland (Ca-t 68 mmol/l en Ca-z ± 32000 $\mu\text{mol/l}$) is een verschrallingsbeheer van 75 jaar maaien en afvoeren of circa 20 jaar uitmijnen vereist. Wanneer 15 cm wordt afgegraven resteert een verschrallingsduur van circa 35 jaar maaien en afvoeren of 8-10 jaar uitmijnen. Let hierbij op dat vernatting onder P-rijke omstandigheden tot P-mobilisatie en verzuuring kan leiden. Op 25-35 cm-mv is de bodem minder lemig maar P-arm (P-t 3 mmol/l en Olsen-P 143 $\mu\text{mol/l}$), ijzerrijk (113 mmol/l) en geschikt voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t 31 mmol/l en Ca-z ± 13500 $\mu\text{mol/l}$).

26.

De bouwvoor van 25 cm is verrijkt met fosfaat (totaal-P 16-20 mmol/l en Olsen-P 2100-2600 $\mu\text{mol/l}$). Voor het creëren van P-gelimiteerde omstandigheden is een verschrallingsbeheer van 110-120 jaar maaien en afvoeren of circa 25-30 jaar uitmijnen vereist. Wanneer 15 cm wordt afgegraven resteert een verschrallingsduur van circa 40-50 jaar maaien en afvoeren of 10-13 jaar uitmijnen. Let hierbij op dat vernatting onder P-rijke omstandigheden tot P-mobilisatie en verzuuring kan leiden. De matig calciumhoudende bouwvoor (Ca-t 17-20 mmol/l en Ca-z ± 8000 -12000 $\mu\text{mol/l}$) is na verschralling geschikt voor de ontwikkeling van een heischraal grasland (of blauwgrasland). Er is sprake van een beperkte P-uitspoeling tot onder de bouwvoor. Op 25-35 cm-mv is de ijzerhoudende (71 mmol/l) bodem zeer beperkt verrijkt met fosfaat (P-t 6 mmol/l en Olsen-P 621 $\mu\text{mol/l}$) en, mogelijk in combinatie met enkele jaren maaien en afvoeren eveneens geschikt voor de ontwikkeling van een heischraal grasland (Ca-t 21 mmol/l en Ca-z ± 8500 $\mu\text{mol/l}$).

Tabel 4.4. Overzicht van het bodemtype en de bodemchemie per monsterlocatie (rood = hoog, blauw = laag) in deelgebied 'noord'. GWS = grondwaterstand 29-9-2015. GLG = gemiddeld laagste grondwaterstand, GHG = gemiddeld hoogste grondwaterstand. GR = grind in bodem; HZT = bodemhorizont; 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. Ca-z* = berekende concentratie op basis van correlatie met tot-Ca (figuur 4.2, rechtsonder). 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 $\mu\text{mol/l}$ (totaal-P ondergrens 3 mmol/l). M5: idem, echter op basis van een Olsen-P streefconcentratie van 500 $\mu\text{mol/l}$.

Nr	GWS	GLG	GHG	Diepte	Bodemtype	GR	HZT	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Pbs	Al-t	Ca-t	Ca-z*	Fe-t	FC/P	K-t	Mg-t	S-t	M3	M5
3	115	140	90	0-15	Zand, bv	-	Ap	8	18	1,0	2420	23,0	0,11	191	19	8392	28	2	8,5	14,3	11,7	94	86
				15-25	Zand, bv	-	Ap	6	14	1,1	1927	15,8	0,12	200	17	6750	24	3	7,2	11,8	9,0	40	37
				25-35	Zand, insp.	-	B	3	10	1,2	643	3,9	0,17	224	4	<100	35	10	9,9	17,5	4,8	3	3
				35-45	Zand, insp.	-	B	2	8	1,3	188	1,6	0,11	162	<1	<100	29	18	10,1	14,8	2,5	0	0
7	100		80	0-15	Zand, bv	-	Ap	9	23	0,9	2072	28,1	0,07	105	29	13555	17	2	11,0	15,4	13,8	113	100
				15-25	Zand, bv	-	Ap	4	13	1,2	1953	22,3	0,09	140	14	5106	21	2	10,2	9,0	7,1	59	52
				25-35	Zand, insp.	x	BE	4	11	1,2	977	9,5	0,10	231	10	3244	26	4	13,6	14,5	4,2	20	14
				35-45	Zand, insp.	x	BE	2	10	1,3	371	3,8	0,10	254	6	1319	36	11	16,9	21,4	2,4	2	0
13	90	140	60	0-20	Zand, bv	-	Ap	9	27	0,9	1387	20,9	0,07	122	38	18210	26	3	8,6	13,1	15,0	102	84
				20-35	Zand, lemig, humeus	-	Aan	6	23	1,3	166	4,6	0,04	244	31	14068	9	9	13,9	8,4	6,1	0	0
				35-50	Zand, lemig, humeus	-	Aan	6	24	1,3	273	6,6	0,04	250	32	14536	14	7	11,3	7,3	8,0	0	0
				50-60	Zand, insp.	-	B	1	12	1,4	92	1,1	0,08	141	2	<100	17	17	10,1	9,3	1,1	0	0
17	55	90	10	0-15	Zand, lemig, bv	-	Apx	5	18	1,2	907	16,5	0,05	378	59	28394	207	16	9,9	25,8	12,2	52	35
				15-25	Zand, lemig, bv	-	Apx	3	18	1,2	1346	13,9	0,10	263	48	22859	114	12	6,5	21,0	10,0	34	27
				25-35	Zand	x	C	1	12	1,6	236	2,6	0,09	176	33	14587	104	53	10,6	21,4	2,3	0	0
				35-45	Zand	x	C	1	12	1,6	132	2,9	0,04	225	39	17152	106	49	16,0	33,1	2,0	0	0
21	50	85	25	0-15	Zand, lemig, bv	x	Ap	5	21	1,5	975	18,9	0,05	499	68	32645	354	22	19,3	40,5	13,1	61	43
				15-25	Zand, lemig, bv	x	Ap	4	23	1,5	1128	20,2	0,06	446	63	30144	379	22	18,5	36,5	13,7	46	35
				25-35	Zand, lemig	x	Cx	1	13	1,6	143	3,5	0,04	225	31	13352	113	41	17,9	27,4	3,0	0	0
				35-45	Zand, lemig	x	Cx	1	12	1,7	124	5,9	0,02	199	34	14553	101	23	16,5	31,2	2,8	0	0
26	50	80	25	0-15	Zand, lemig, bv	x	Ap	4	19	1,3	2615	20,0	0,13	226	20	8292	78	5	6,6	17,5	9,9	80	76
				15-25	Zand, lemig, bv	x	Ap	3	16	1,3	2092	16,0	0,13	222	27	11918	99	8	8,6	19,4	9,3	41	38
				25-35	Zand, lemig	x	C	1	11	1,6	621	5,8	0,11	149	21	8296	71	16	12,1	22,7	2,6	9	4
				35-45	Zand, lemig	x	C	1	10	1,7	209	3,2	0,07	153	17	5959	67	26	12,5	24,9	1,4	0	0
27	110		85	0-15	Zand, bv	-	Bc	4	11	1,0	5323	19,7	0,27	106	2	<100	16	1	4,8	5,7	6,4	52	52
				15-25	Zand, bv	-	Ap	4	12	1,1	4401	17,2	0,26	118	2	<100	17	1	6,8	4,9	4,9	67	67
				25-35	Zand, insp.	-	Ap	6	15	1,0	591	4,5	0,13	146	<1	<100	8	2	4,9	3,7	3,6	5	2
				35-45	Zand, insp.	-	B	5	16	1,0	531	5,3	0,10	162	1	<100	6	1	4,7	2,9	5,0	7	1
				85-95	Zand	-	B	3	17	1,3	198	1,5	0,13	123	<1	<100	13	9	6,1	6,6	2,9	0	0
31	60	90	30	0-15	Zand, bv	-	Apxx	7	27	1,0	1509	22,8	0,07	142	40	18784	30	3	4,0	10,4	12,7	86	71
				15-25	Zand, bv	-	Apxx	7	25	1,0	1379	18,5	0,07	147	39	18386	26	4	4,8	11,4	10,5	45	37
				25-35	Zand	x	Bcx	1	12	1,5	258	2,5	0,10	162	12	3829	41	21	7,5	20,9	1,7	0	0
				35-45	Zand	x	Bcx	1	12	1,6	132	1,5	0,09	138	11	2940	40	33	5,2	22,6	1,3	0	0
44	50	90	20	0-20	Zand, lemig, bv	-	Apx	6	20	1,2	373	9,4	0,04	453	43	20269	95	15	10,3	26,1	22,1	11	0
				20-35	Zand, lemig	x	C	1	9	1,6	107	2,5	0,04	153	15	5054	41	23	7,4	16,0	6,5	0	0
				35-45	Zand	x	Ce	1	11	1,7	93	1,6	0,06	108	5	48	30	22	6,7	13,1	4,2	0	0
				45-55	Zand	x	Ce	1	11	1,8	82	2,1	0,04	199	13	3890	48	29	10,6	23,1	4,8	0	0
46	55	85	20	0-15	Zandig leem, bv	-	Apx	8	26	1,0	778	11,7	0,07	265	43	20305	46	8	10,4	20,0	16,8	34	20
				15-25	Zandig leem, bv	-	Apx	8	27	0,9	871	12,4	0,07	211	46	22052	37	7	8,8	16,6	16,3	25	17
				25-35	Zand, lemig, insp.	x	Bcx	1	13	1,5	189	1,7	0,11	180	12	3692	38	29	8,1	18,8	2,1	0	0
				35-45	Zand, lemig, insp.	x	Bcx	1	14	1,5	99	1,4	0,07	209	12	3635	43	40	9,6	21,7	1,7	0	0

27.

Op deze hoog gelegen locatie is de calciumarme (Ca-t 2 mmol/l, Ca-z <100 µmol/l) bouwvoor van 25 cm sterk verrijkt met fosfaat (totaal-P 17-20 mmol/l en Olsen-P 4401-5323 µmol/l). Voor de heideontwikkeling is circa 110 jaar maaien en afvoeren of 25-30 jaar uitmijnen vereist. Wanneer 15 cm wordt afgegraven resteert een verschrallingsduur van 70 jaar maaien en afvoeren of circa 15-20 jaar uitmijnen. Voor een praktisch uitmijnadvies zijn aanvullende analyses vereist. Er is sprake van een beperkte P-uitspoeling tot onder de bouwvoor (totaal-P 5 mmol/l en Olsen-P 591 µmol/l) als gevolg van de calcium- en ijzerarme omstandigheden. Enkele jaren maaien en afvoeren volstaan voor heide ontwikkeling (Ca-t 1 mmol/l en Ca-z <100 µmol/l). Onder dergelijke calciumarme, zure omstandigheden komt waarschijnlijk een zeer soortenarme heide tot ontwikkeling. Een eenmalige bekalking met dolokal (2000 kg/ha) wordt dan ook geadviseerd. Afgraven op deze locatie is echter alleen acceptabel als dit inpasbaar is in het hydrologische systeem en geen negatieve consequenties heeft voor de opbolling van de grondwaterspiegel in deze rug. Het bijstellen van het ambitieniveau en het inzetten op de ontwikkeling van een kruidenrijk grasland is eveneens een optie.

31.

De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (totaal-P 19-23 mmol/l en Olsen-P 1379-1509 µmol/l). Verschralling tot een blauwgrasland (Ca-t 39-40 mmol/l en Ca-z ±18500 µmol/l) met een Olsen-P concentratie van 500 µmol/l vereist circa 100 jaar maaien en afvoeren of 25 jaar uitmijnen. Wanneer 15 cm wordt afgegraven is 35-40 jaar maaien en afvoeren of 10 jaar uitmijnen vereist. Let hierbij op dat vernatting onder P-rijke omstandigheden tot P-mobilisatie en verruiging kan leiden. Vanaf 25 cm is de bodem P-arm (totaal-P 3 mmol/l en Olsen-P 258 µmol/l) en geschikt voor de ontwikkeling van heide of (in combinatie met een eenmalige bekalking met Dolokal van 200 kg/ha) een heischraal grasland (Ca-t 12 mmol/l, Ca-z ±4000 µmol/l).

44.

De lemige, ijzer- (95 mmol/l) en calciumhoudende (Ca-t: 43 mmol/l en Ca-z ±20000 µmol/l) bouwvoor van 20 cm is voldoende P-arm (totaal-P 9 mmol/l en Olsen-P 373 µmol/l). Voor de ontwikkeling van een blauwgrasland volstaat het verwijderen van de zode (5 cm plaggen) voor het creëren van vestigingsplaatsen voor doelsoorten. Vanaf 20 cm-mv is de bodem minder rijk aan aluminium, ijzer en calcium en geschikt voor de ontwikkeling van een heischraal grasland.

46.

De bouwvoor is beperkt verrijkt met fosfaat (totaal-P 12 mmol/l en Olsen-P 778-871 µmol/l). Verschralling tot een blauwgrasland (Ca-t 43-46 mmol/l en Ca-z ±20000-22000 µmol/l) met een Olsen-P concentratie van 500 µmol/l vereist circa 35-40 jaar maaien en afvoeren of 10 jaar uitmijnen. Wanneer 15 cm wordt afgegraven is 15-20 jaar maaien en afvoeren of 5 jaar uitmijnen vereist. Let hierbij op dat vernatting onder P-rijke omstandigheden tot P-mobilisatie en verruiging kan leiden. Vanaf 25 cm is de bodem P-arm (totaal-P 2 mmol/l en Olsen-P 189 µmol/l) en geschikt voor de ontwikkeling van heide of (in combinatie met een eenmalige bekalking met Dolokal van 200 kg/ha) een heischraal grasland (Ca-t 12 mmol/l, Ca-z ±3500 µmol/l).

DEELGEBIED OOST

Tabel 4.5. Overzicht van het bodemtype en de bodemchemie per monsterlocatie (rood = hoog, blauw = laag) in deelgebied 'oost'. GWS = grondwaterstand 29-9-2015. GLG = gemiddeld laagste grondwaterstand, GHG = gemiddeld hoogste grondwaterstand. GR = grind in bodem; HZT = bodemhorizont; 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. Ca-z* = berekende concentratie op basis van correlatie met tot-Ca (figuur 4.2, rechtsonder). 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 $\mu\text{mol/l}$.

Nr	GWS	GLG	GHG	Diepte	Bodemtype	GR	HZT	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Pbs	Al-t	Ca-t	Ca-z*	Fe-t	FC/P	K-t	Mg-t	S-t	M3	M5
29	60	90	20	0-15	Zandig leem, bv	x	Apx	4	19	1,3	1369	17,8	0,08	187	38	17453	115	9	4,6	13,2	7,4	65	53
				15-25	Zandig leem, bv	x	Apx	3	16	1,3	1425	16,7	0,09	264	43	20031	155	12	7,5	19,7	6,7	41	34
				25-35	Zandig leem	x	C	2	16	1,5	75	2,9	0,03	250	46	20968	814	293	11,1	26,6	1,8	0	0
				35-45	Zandig leem	x	C	2	21	1,4	27	1,5	0,02	264	72	34494	481	368	12,6	36,2	1,6	0	0
51	55	80	0	0-15	Zandig leem, bv	x	Apx	4	18	1,4	539	8,7	0,06	255	45	20623	189	27	6,3	20,3	8,6	18	3
				15-25	Zandig leem, bv	x	Apx	3	17	1,3	702	9,0	0,08	270	48	22262	145	21	7,2	23,0	9,0	16	8
				25-35	Zandig leem	x	Cx	1	11	1,6	107	2,1	0,05	254	39	17438	135	81	14,5	29,5	1,7	0	0
				35-45	Zand	x	C	1	10	1,7	85	1,4	0,06	198	20	7424	100	89	12,1	26,5	1,4	0	0
54	55	100	30	0-20	Zand, bv	-	Ap	6	20	1,1	652	10,5	0,06	161	37	17362	37	7	6,4	15,0	11,4	36	15
				20-35	Zand, bv	-	Ap	5	19	1,2	638	10,2	0,06	174	33	14809	36	7	8,7	15,7	11,0	25	10
				35-45	Zand	x	Bc	1	12	1,5	140	1,6	0,09	106	5	328	19	15	9,1	11,6	2,0	0	0
				45-55	Zand	x	Bc	1	13	1,5	106	0,9	0,11	87	<1	<100	18	21	8,2	11,2	1,2	0	0
56	70	110	35	0-20	Zand, lemig, bv	x	Ap	7	26	1,1	2292	28,9	0,08	258	45	21413	49	3	8,7	16,5	12,8	157	141
				20-35	Zand, lemig, bv	x	Ap	5	21	1,2	2170	26,6	0,08	298	45	21397	55	4	8,5	18,1	12,7	108	96
				35-45	Zand	x	C	1	12	1,5	248	2,8	0,09	190	12	3533	48	21	10,5	17,9	3,0	0	0
				45-55	Zand	x	C	1	15	1,5	77	1,4	0,05	281	37	16394	109	100	17,5	30,0	2,9	0	0
65	100	150	80	0-20	zand, bv	-	Ap	4	15	1,2	8119	30,2	0,27	98	28	12453	14	1	4,2	10,7	9,2	170	170
				20-35	zand, bv	-	Ap	4	14	1,1	7101	30,4	0,23	118	25	11095	14	1	3,8	10,1	7,1	129	129
				35-45	zand, lemig, insp.	-	Bx	4	15	1,2	2998	12,0	0,25	153	16	6411	11	2	4,0	8,2	5,5	28	28
				45-55	zand, lemig, insp.	-	Bx	3	14	1,4	2172	8,0	0,27	166	13	4637	15	4	4,7	9,9	4,6	16	16
				55-65	zand, lemig, insp.	x	Bx	2	13	1,5	1912	6,3	0,30	138	11	3378	16	4	5,0	8,7	4,3	10	10
67	60	110	40	0-15	zand, bv	-	Ap	6	25	1,1	3863	22,9	0,17	116	36	16601	34	3	4,3	16,6	14,4	94	94
				15-30	zand, bv	-	Ap	4	20	1,3	2904	16,1	0,18	100	28	12343	28	3	2,2	8,4	9,4	61	61
				30-40	zand, geroerd	x	AxC	0	12	1,5	880	3,7	0,24	86	12	3854	27	10	2,6	9,7	4,1	2	2
				40-50	zand	x	C	1	15	1,5	228	1,3	0,17	244	39	17255	103	108	13,0	22,1	1,6	0	0
71	85	130	50	0-15	zand, siltig, bv	-	Apx	4	16	1,5	5657	21,1	0,27	226	14	4914	33	2	9,6	15,0	6,1	85	85
				15-30	zand, siltig, bv	-	Apx	4	16	1,4	4673	22,5	0,21	194	17	6417	34	2	9,3	14,8	6,9	91	91
				30-40	zand, geroerd	-	CE	2	15	1,5	658	5,4	0,12	284	11	3495	57	13	12,2	32,8	1,5	7	4
				40-50	zand	x	BC	1	10	1,5	203	1,8	0,11	136	6	538	30	20	6,9	16,9	0,8	0	0
73	60	130	30	0-20	zand, bv	x	Ap	2	16	1,5	3663	20,2	0,18	174	32	13850	54	4	15,0	24,1	7,2	108	108
				20-35	zand, bv	x	Ap	2	19	1,5	3584	18,6	0,19	201	34	15119	56	5	18,1	27,2	7,0	73	73
				35-45	zand, insp.	x	B	1	17	1,6	976	4,6	0,21	228	26	10687	63	19	23,4	27,3	3,0	5	5
				45-55	zand, insp.	x	B	1	16	1,6	1222	6,0	0,20	209	25	10233	59	14	20,4	26,3	3,8	9	9
				60-70	zand	x	C	1	13	1,6	379	2,4	0,16	200	21	8165	51	30	16,9	21,7	3,1	0	0

29.

De lemige, ijzerrijke (115-155 mmol/l) bouwvoor van 25 cm is verrijkt met fosfaat (totaal-P 17-18 mmol/l en Olsen-P 1369-1425 $\mu\text{mol/l}$). Voor de ontwikkeling van een blauwgrasland/veldrusschraalland (Ca-t 38-43 mmol/l en Ca-z ± 17000 -20000 $\mu\text{mol/l}$) is een verschrallingsbeheer van 80-90 jaar maaien en afvoeren of circa 20 jaar uitmijnen vereist. Wanneer 15 cm wordt afgegraven resteert een verschrallingsduur van circa 35 jaar maaien en afvoeren of 8 jaar uitmijnen. Let hierbij op dat vernatting onder P-rijke omstandigheden tot P-mobilisatie en verzuuring kan leiden. Op 25-35 cm-mv is de bodem eveneens lemig maar P-arm (P-t 3 mmol/l en Olsen-P 75 $\mu\text{mol/l}$), zeer ijzerrijk (814 mmol/l) en geschikt voor de ontwikkeling van een blauwgrasland, veldrusschraalland of dotterbloemhooiland (Ca-t 46 mmol/l en Ca-z ± 20000 $\mu\text{mol/l}$).

51.

De lemige, ijzerrijke (145-189 mmol/l) bouwvoor van 25 cm is beperkt verrijkt met fosfaat (totaal-P 9 mmol/l en Olsen-P 539-702 µmol/l). Voor de ontwikkeling van een blauwgrasland/veldrusschraalland (Ca-t 45-48 mmol/l en Ca-z ±21500 µmol/l) is een verschrallingsbeheer van circa 11 jaar (Olsen-P streefconcentratie 500 µmol/l) maaien en afvoeren vereist. Wanneer 15 cm wordt afgegraven is dit 8 jaar. Vanaf 25 cm-mv is de bodem P-arm (totaal-P 2 mmol/l en Olsen-P 107 µmol/l) en geschikt voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t 39 mmol/l en Ca-z ±37500 µmol/l). Vanaf 35 cm is de bodem minder rijk aan aluminium, ijzer en calcium en liggen eerder kansen voor een heischraal grasland.

54.

De bouwvoor van 35 cm is beperkt verrijkt met fosfaat (totaal-P 10-11 mmol/l en Olsen-P ±650 µmol/l). Verschralling tot een blauwgrasland (Ca-t 33-37 mmol/l en Ca-z ±15000-18000 µmol/l) vereist minimaal 10-15 (Olsen-P 500 µmol/l) en maximaal 35-45 (Olsen-P 300 µmol/l) jaar maaien en afvoeren of 10 jaar uitmijnen. Wanneer 20 cm wordt afgegraven volstaat 10-25 jaar maaien en afvoeren. Let hierbij op dat vernatting onder P-rijke omstandigheden tot P-mobilisatie en verzuiging kan leiden. Vanaf 35 cm is de bodem P-arm (totaal-P 2 mmol/l en Olsen-P 140 µmol/l). De calciumarme bodem (Ca-t 5 mmol/l en Ca-z ±300 µmol/l) is geschikt voor de ontwikkeling van vochtige heide. Hierbij wordt een eenmalige bekalking met Dolokal (2000 kg/ha) geadviseerd.

56.

De bouwvoor van 35 cm is sterk verrijkt met fosfaat (totaal-P 27-29 mmol/l en Olsen-P ±2250 µmol/l). De bodem is matig calcium- (Ca-t 45 mmol/l en Ca-z ±21000 µmol/l) en ijzerhoudend (36-37 mmol/l) en na ongeveer 175 jaar maaien en afvoeren of circa 45 jaar uitmijnen geschikt voor de ontwikkeling van een blauwgrasland. Wanneer 20 cm wordt afgegraven volstaat circa 100 jaar maaien en afvoeren of 25 jaar uitmijnen. Let hierbij op dat vernatting onder P-rijke omstandigheden tot P-mobilisatie en verzuiging kan leiden. Vanaf 35 cm-mv is de bodem P-arm. Op 35-45 cm-mv is de bodem zwak calciumhoudend (Ca-t 12 mmol/l en Ca-z ±3500 µmol/l) en geschikt voor de ontwikkeling van heide of een heischraal grasland. Op 45-55 cm-mv is de bodem weer rijker aan calcium (Ca-t 37 mmol/l en Ca-z ±16000 µmol/l) en geschikt voor de ontwikkeling van een blauwgrasland.

65.

Op deze hoog gelegen locatie is de bouwvoor van 35 cm zeer sterk verrijkt met fosfaat (totaal-P 30 mmol/l en Olsen-P 7100-8100 µmol/l). Voor de ontwikkeling van een (droog) heischraal grasland (Ca-t 25-28 mmol/l en Ca-z ±11000-12500 µmol/l) is circa 210 jaar maaien en afvoeren (of 30 jaar uitmijnen) vereist. Wanneer 15 cm wordt afgegraven resteert een verschrallingsduur van 160 jaar maaien en afvoeren of circa 40 jaar uitmijnen. Er is sprake van behoorlijk forse P-uitspoeling direct onder de bouwvoor (totaal-P 12 mmol/l en Olsen-P 2998 µmol/l). Wanneer de bouwvoor wordt verwijderd volstaat is 50 jaar aanvullend maaien en afvoeren vereist voor de ontwikkeling van een (droog) heischraal grasland (Ca-t 16 mmol/l en Ca-z ±6500 µmol/l). Ook op 45-65 cm-mv is de zandbodem beperkt verrijkt met fosfaat. Wanneer 45 of 55 cm wordt afgegraven is respectievelijk circa 25 of 10 jaar aanvullend maaien en afvoeren vereist voor de ontwikkeling van een heischraal grasland/heide (Ca-t 11-13 mmol/l en Ca-z ±3400-6500 µmol/l). Afgraven op deze locatie is alleen acceptabel als dit inpasbaar is in het hydrologische systeem en geen negatieve consequenties heeft voor de opbolling van de grondwaterspiegel in deze rug. Het bijstellen van het ambitieniveau en het inzetten op de ontwikkeling van een kruidenrijk grasland is eveneens een optie.

67.

De bouwvoor van 30 cm is verrijkt met fosfaat (totaal-P 16-23 mmol/l en Olsen-P 2900-3900 µmol/l). Voor het creëren van P-gelimiteerde omstandigheden is een verschrallingsbeheer van 130-140 jaar maaien en afvoeren of circa 35 jaar uitmijnen vereist. Wanneer 15 cm wordt afgegraven resteert een verschrallingsduur van circa 60-65 jaar maaien en afvoeren of 15 jaar uitmijnen. Let hierbij op dat vernatting onder P-rijke omstandigheden tot P-mobilisatie en verruiging kan leiden. De matig calciumhoudende bouwvoor (Ca-t 28-36 mmol/l en Ca-z ±11000-12500 µmol/l) is na verschralling geschikt voor de ontwikkeling van een (heischraal grasland of) blauwgrasland. Er is sprake van een beperkte P-uitspoeling tot onder de bouwvoor. Op 30-40 cm-mv is de zwak calciumhoudende bodem (Ca-t 12 mmol/l en Ca-z ±4000 µmol/l) in combinatie met zeer beperkt aanvullend verschrallingsbeheer geschikt voor de ontwikkeling van een heischraal grasland (mede doordat de bodem op 40-50 cm-mv meer gebufferd is). De ijzerhoudende (103 mmol/l) bodem op 40-50 cm-mv is fosfaatarm (P-t 1,3 mmol/l en Olsen-P 228 µmol/l) en geschikt voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t 39 mmol/l en Ca-z ±17000 µmol/l).

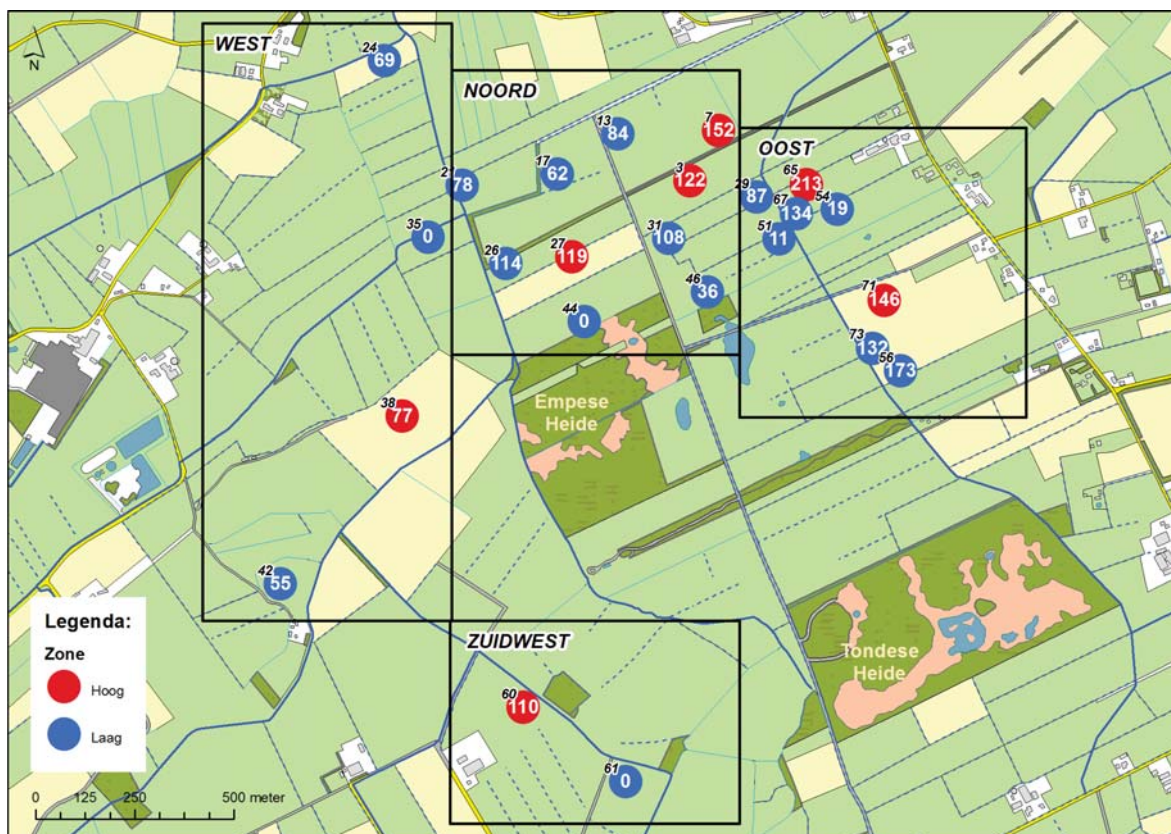
71.

Op deze hoog gelegen locatie is de bouwvoor van 30 cm sterk verrijkt met fosfaat (totaal-P 21-23 mmol/l en Olsen-P 47003-5650 µmol/l). Voor de ontwikkeling van een (droog) heischraal grasland (Ca-t 14-17 mmol/l en Ca-z ±5000-6500 µmol/l) is circa 140-150 jaar maaien en afvoeren (of 35 jaar uitmijnen) vereist. Wanneer 15 cm wordt afgegraven resteert een verschrallingsduur van 95 jaar maaien en afvoeren of circa 25 jaar uitmijnen. Er is sprake van beperkte P-uitspoeling onder de bouwvoor (totaal-P 5,4 mmol/l en Olsen-P 658 µmol/l). Wanneer de bouwvoor wordt verwijderd volstaat enkele jaren maaien en afvoeren voor de ontwikkeling van heide/heischraal grasland (Ca-t 11 mmol/l en Ca-z ±3500 µmol/l). Op 40 cm-mv is de bodem voldoende P-arm (totaal-P 1,8 mmol/l en Olsen-P 203 µmol/l) voor heideontwikkeling (Ca-t 6 mmol/l en Ca-z ±550 µmol/l). Afgraven op deze locatie is alleen acceptabel als dit inpasbaar is in het hydrologische systeem en geen negatieve consequenties heeft voor de opbolling van de grondwaterspiegel in deze rug. Het bijstellen van het ambitieniveau en het inzetten op de ontwikkeling van een kruidenrijk grasland is eveneens een optie.

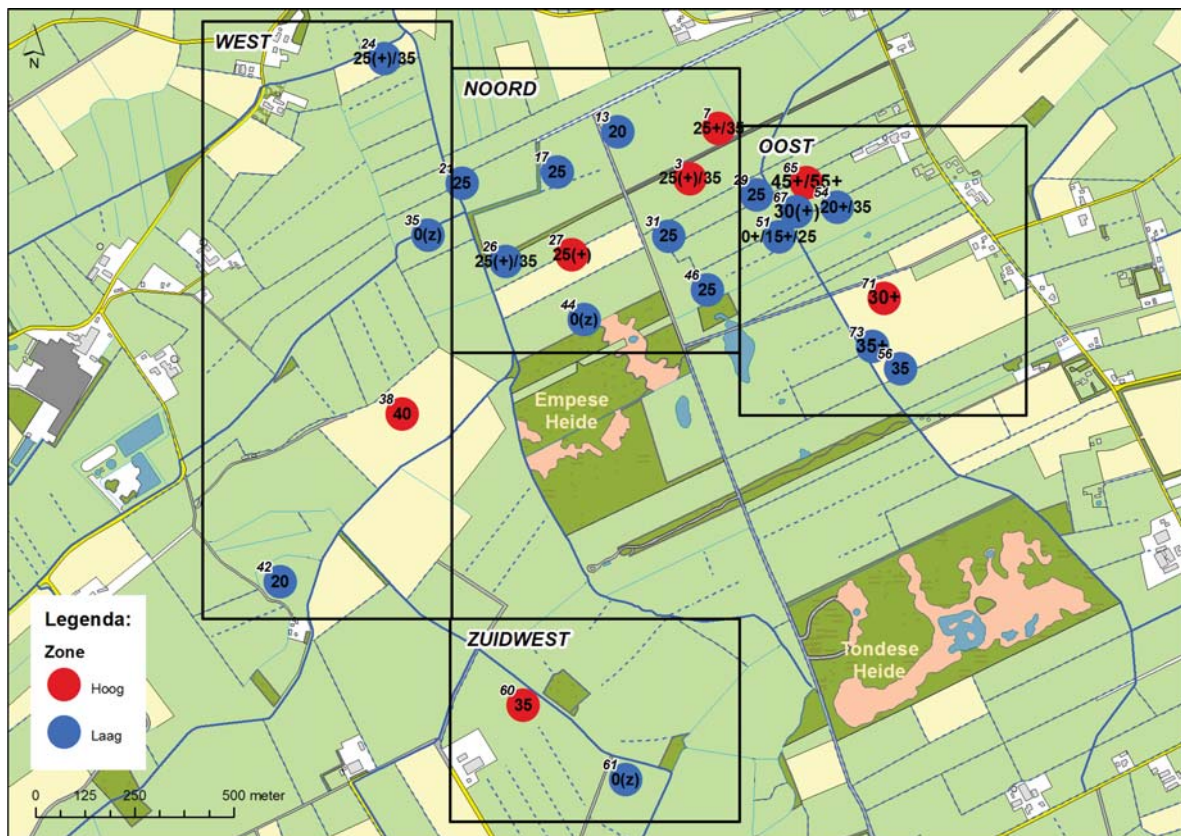
73.

De bouwvoor van 35 cm is verrijkt met fosfaat (totaal-P 19-20 mmol/l en Olsen-P 3600-3700 µmol/l). Voor het creëren van P-gelimiteerde omstandigheden is een verschrallingsbeheer van 130 jaar maaien en afvoeren of circa 30-35 jaar uitmijnen vereist. Wanneer 20 cm wordt afgegraven resteert een verschrallingsduur van circa 75-80 jaar maaien en afvoeren of 20 jaar uitmijnen. Let hierbij op dat vernatting onder P-rijke omstandigheden tot P-mobilisatie en verruiging kan leiden. De matig calciumhoudende bouwvoor (Ca-t 32-34 mmol/l en Ca-z ±14000-15000 µmol/l) is na verschralling, onder de juiste hydrologische omstandigheden, geschikt voor de ontwikkeling van een blauwgrasland. Er is sprake van een beperkte P-uitspoeling tot onder de bouwvoor. Op 35-45 cm-mv is de matig calciumhoudende bodem (Ca-t 26 mmol/l en Ca-z ±11000 µmol/l) in combinatie met beperkt aanvullend verschrallingsbeheer (10-15 jaar maaien en afvoeren, mede doordat de bodem op 45-55 cm-mv ook nog beperkt verrijkt is met fosfaat) geschikt voor de ontwikkeling van een heischraal grasland of blauwgrasland. Op 60-70 cm-mv is de bodem fosfaatarm (P-t 2,4 mmol/l en Olsen-P 379 µmol/l) en geschikt voor de ontwikkeling van een heischraal grasland of blauwgrasland (Ca-t 21 mmol/l en Ca-z ±8200 µmol/l).

De ruimtelijke variatie in de verschrallingsduur (van een bodempakket van 25 cm) en het ontgrondingsadvies wordt weergegeven in figuur 4.3 en figuur 4.4.



Figuur 4.3. Overzicht van de ruimtelijke variatie in de verschrallingsduur (in jaren) van de toplaag. De verschrallingsduur is berekend voor een bodempakket van 25 cm en een P-afvoer van 10 kg/ha/jaar bij een Olsen-P streefconcentratie van 500 $\mu\text{mol/l}$ (totaal-P >3 mmol/l).

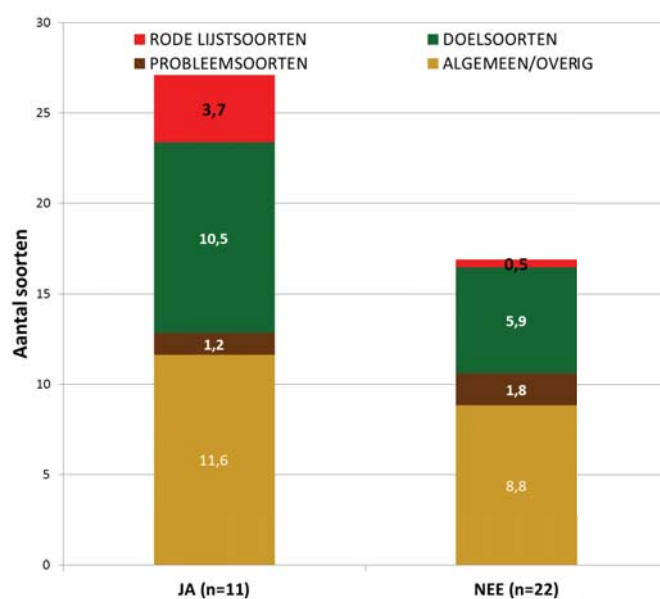


Figuur 4.4. Overzicht van de ruimtelijke variatie in het ontgrondingsadvies (in centimeters) voor het creëren van P-gelimiteerde omstandigheden, waarbij (+) = zeer beperkt aanvullend verschrallingsbeheer vereist (<5 jaar); + = beperkt aanvullend verschrallingsbeheer vereist; (z) = zode verwijderen voor het creëren van vestigingsplaatsen voor doelsoorten.

4.4. Aanvullende inrichtingsmaatregelen

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

Op de afgegraven locaties wordt geadviseerd om kort na afgraven (<1 jaar) maaisel/plagsel op te brengen uit goed ontwikkelde referentielocaties om kolonisatie door doelsoorten te stimuleren. Op voormalige landbouwgronden is van de oorspronkelijke zaadbank vaak niets meer over. Natte, venige laagtes kunnen een uitzondering vormen. Zonder het uitstrooien van vers maaisel of plagsel uit geschikte referentiegebieden is de kans op vestiging van doelsoorten klein. Veel zeldzame en bijzondere soorten (meestal tevens de doelsoorten) vestigen zich doorgaans niet of slechts na lange tijd op de herstelde terreinen. Het herintroduceren van doelsoorten uit zo lokaal mogelijke bronnen (in verband met de genetische diversiteit en de aanpassing aan lokale omstandigheden) leidt onder de juiste bodemchemische en hydrologische omstandigheden tot een succesvol herstel van ontgronde terreinen (figuur 4.5).



Figuur 4.5. Links: resultaten van een ontgrondingsevaluatie, uitgevoerd door Onderzoekcentrum B-WARE in 2014 en 2015. Op 33 locaties zijn vegetatieopnames gemaakt in gebieden waar door middel van ontgronding (minimaal 4 jaar geleden) voedselarme condities zijn gecreëerd op voormalige landbouwgronden ten behoeve van schraallandontwikkeling. Hierbij is een onderscheid gemaakt tussen locaties waar wel (11 locaties) en geen (22 locaties) herintroductie, door middel van het opbrengen van maaisel na ontgronding, heeft plaatsgevonden. De soorten zijn verdeeld over vier klassen: Rode Lijstsoorten, Doelsoorten, Probleemsoorten en Algemene/overige soorten. Bron: Onderzoekcentrum B-WARE. **Rechts:** Foto's van succesvolle ontwikkeling van nat schraalland met onder ander Moeraskartelblad, Blauwe zegge, Zwarte zegge, Blauwe knoop, Vetblad, heidekartelblad, Gevlekte orchis, Welriekende nachtorchis, Brede orchis en Moeraswespenorchis door middel van het afgraven van de voedselrijke toplaag in combinatie met de herintroductie van doelsoorten. Foto's Mark van Mullekom.

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.

Jaarlijks maaien en afvoeren (gemiddelde P-afvoer 10 kg/ha/jr) is op (sterk) met fosfaat verrijkte percelen niet optimaal voor een efficiënte afvoer van fosfaat. Een alternatief is uitmijnen (gemiddelde P-afvoer 40 kg/ha/jr): een 'natuurvriendelijke' vorm van het voeren van intensieve landbouw. Wanneer de huidige zode voldoende productieve soorten bevat kan met behulp van stikstof- en kalibemesting de P-afvoer worden vergroot. Wanneer deze te weinig productieve soorten bevat wordt geadviseerd om in te zaaien met een grasklaver mengsel. In combinatie met aanvullende kalibemesting wordt de productiviteit, en daarmee ook de P-afvoer,

geoptimaliseerd. Hiervoor kunnen door middel van aanvullende analyses door het Louis Bolk Instituut gerichte bemestingsadviezen worden opgesteld. De percelen dienen gedurende een lange periode voldoende droog te vallen zodat 4-5 snedes gemaaid kunnen worden. Dit maakt het nemen van vernattingsmaatregelen meestal niet mogelijk.

Voor een succesvolle ontwikkeling zijn niet alleen de bodemchemische omstandigheden leidend. De hydrologie dient eveneens te worden geoptimaliseerd. Voor grondwaterafhankelijke natuurtypen zoals heischrale graslanden, blauwgraslanden en dotterbloemhooilanden is grondwaterinvloed in de wortelzone of het maaiveld vereist van circa oktober/november t/m maart/april om verzuring, de vorming van regenwaterlenzen en de ontwikkeling van zure vegetaties (op kansrijke locaties voor (zwak) gebufferde schraallande/hooilanden) tegen te gaan. Op plekken waar regenwater stagneert kunnen veenmossen gaan domineren, vooral op gebufferde bodems omdat hier veel CO₂ beschikbaar komt.

5. Literatuur

Bell Hullenaar (2015). Projectbeschrijving 'Planuitwerking nog in te richten deelgebieden Empese en Tondense Heide'. Ecohydrologisch Adviesbureau Bell Hullenaar.

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.

Graaf, M.C.C. de, R. Bobbink, N.A.C. Smits, R. van Diggelen & J.G.M. Roelofs (2009). Biodiversity, Vegetation gradients and key geochemical processes in the heathland landscape. *Biological Conservation* 142: 2191-2201.

Jansen, A.J.M., A.M.J. Sloot, S. Soede & M. van Ham (2008). Herstel van blauwgraslanden op de Empese en Tondense Heide? *De Levende Natuur* 109: 197-204.

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

Loeb, R. (2011). Bodemchemisch onderzoek Empese Heide. Onderzoekcentrum B-WARE rapportnummer 2011.59.

Loeb, R. (2012). Vervolgonderzoek bodemchemie Empese Heide. Onderzoekcentrum B-WARE rapportnummer 2012.31.

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.

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

Olsen S.R., Cole C.W., Watanabe R. & Dean L.A., 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *US Dpt. of Agriculture circular* 939.

Roelofs, J.G.M., 1993. De fragiele balans tussen verzuring en verbasing in blauwgraslanden. In: E.J. Weeda (red.), *Blauwgraslanden in Twente; Schatkamers van het natuurbehoud*: 32-38. Wet. Med. nr. 209, KNNV, Utrecht.

Smolders, A., J.G.M. Roelofs & E.C.E.T. Lucassen (2011). Goede grond voor natuur - Abiotische bodemcondities sturen vegetatieontwikkeling in natuurgebieden. *Bodem* 2: 11-13.

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

Smolders A.J.P., Lamers L.P.M., Lucassen E.C.H.E.T., Van der Velde G. & Roelofs J.G.M. (2006a). Internal eutrophication: 'How it works and what to do about it', a review. *Chemistry and Ecology* 22: 93-111.

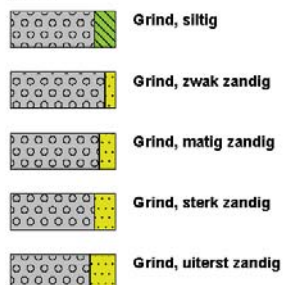
Smolders, A., E. Lucassen, H. Tomassen, L. Lamers & J. Roelofs (2006b). De problematiek van fosfaat voor natuurbeheer. *Vakblad Natuur Bos Landschap* 3(4): 5-11.

Waal, R.W. de, P.C. Jansen, S.P.J. van Delft en P. Bolhuis (2011). Herstelplan Tondense heide. Alterra, Wageningen.

Bijlage 1. Boorprofielen

Legenda conform NEN5104:

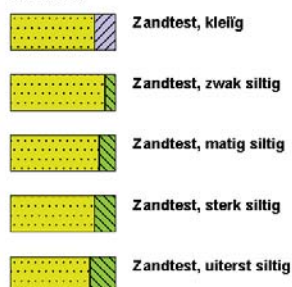
grind



klei



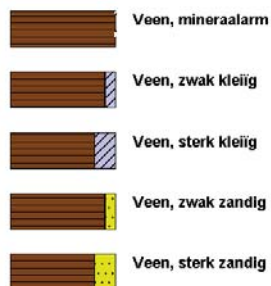
zandtest



leem

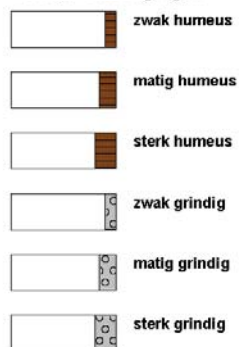


veen



Maaiveld

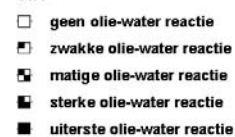
gingen



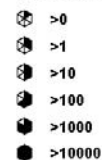
geur



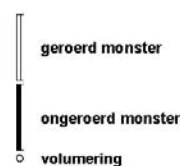
olie



p.i.d.-waarde



monsters



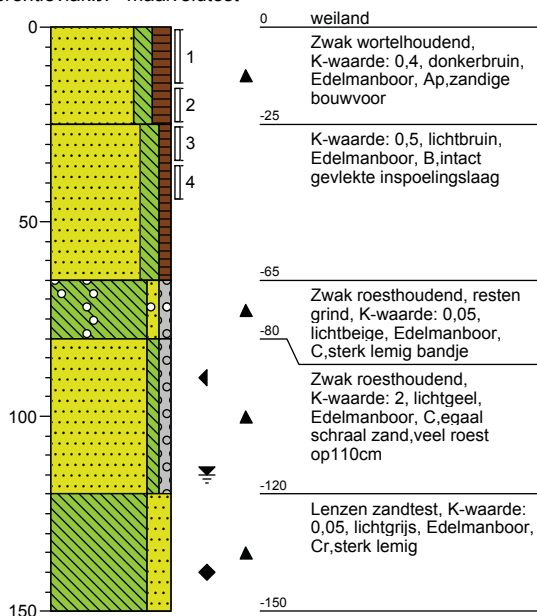
overig



Bron: Veldwerkbureau, Jan Vermeer.

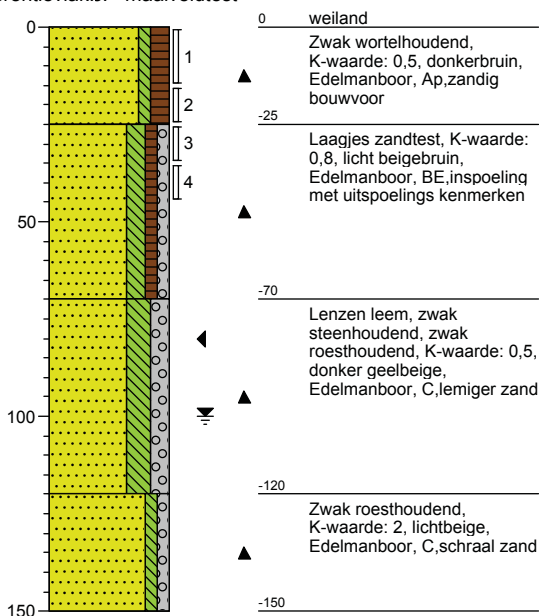
Boring: eth_03

X: 202781,94
Y: 461919,94
GWS: 115
GHG: 90
GLG: 140
Boormeester: J. Vermeer
Referentievlak: maaiveldtest



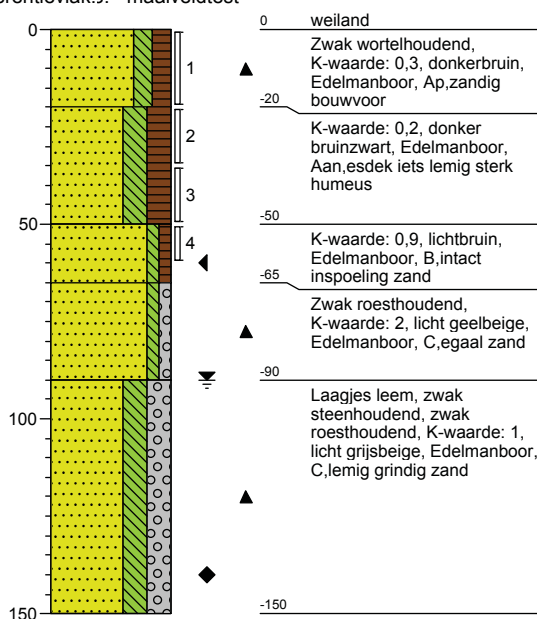
Boring: eth_07

X: 202855,06
Y: 462045,91
GWS: 100
GHG: 80
GLG: 140
Boormeester: J. Vermeer
Referentievlak: maaiveldtest



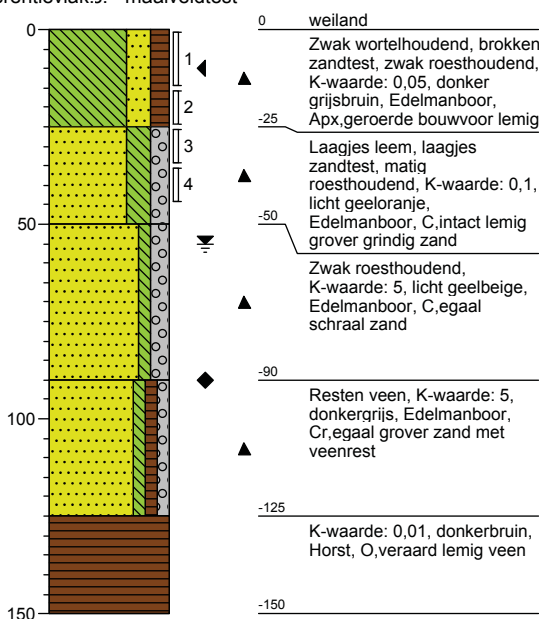
Boring: eth_13

X: 202601,06
Y: 462037,5
GWS: 90
GHG: 60
GLG: 140
Boormeester: J. Vermeer
Referentievlak: maaiveldtest



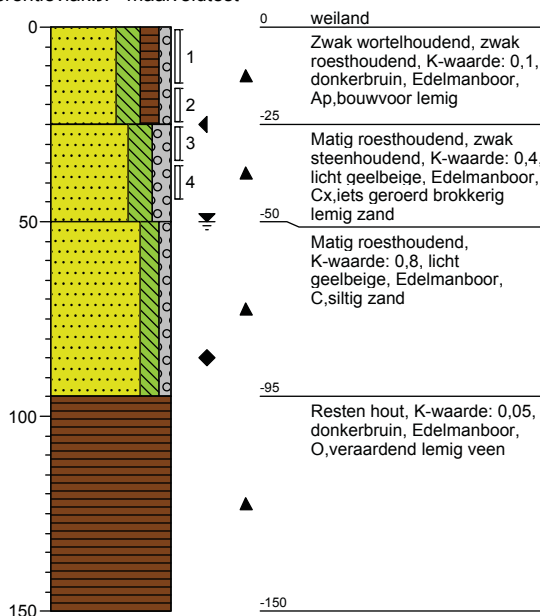
Boring: eth_17

X: 202447,69
Y: 461936,5
GWS: 55
GHG: 10
GLG: 90
Boormeester: J. Vermeer
Referentievlak: maaiveldtest



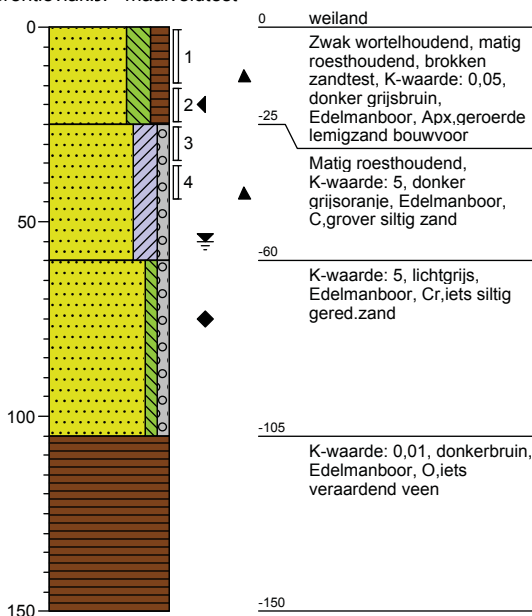
Boring: eth_21

X: 202208,56
Y: 461907,53
GWS: 50
GHG: 25
GLG: 85
Boormeester: J. Vermeer
Referentievlaak: maaiveldtest



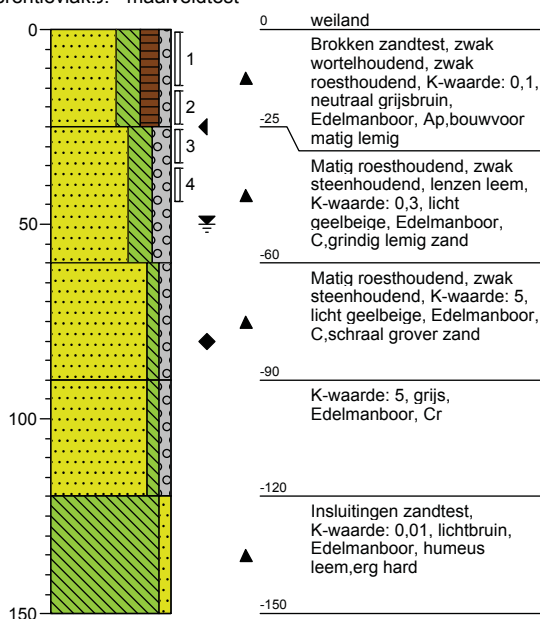
Boring: eth_24

X: 202011,58
Y: 462222,44
GWS: 55
GHG: 20
GLG: 75
Boormeester: J. Vermeer
Referentievlaak: maaiveldtest



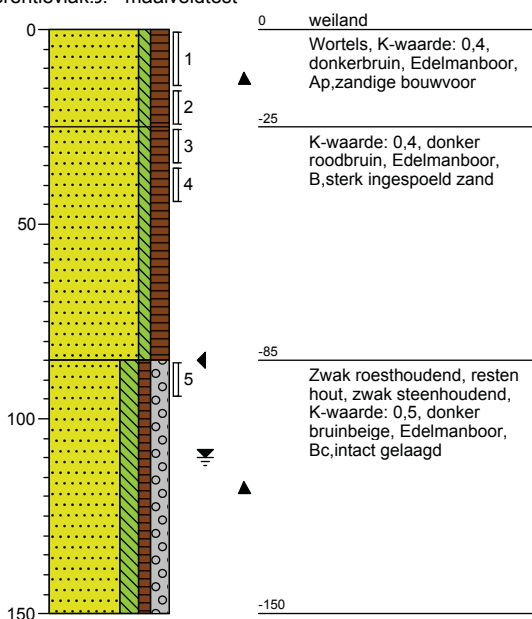
Boring: eth_26

X: 202318,23
Y: 461710,63
GWS: 50
GHG: 25
GLG: 80
Boormeester: J. Vermeer
Referentievlaak: maaiveldtest



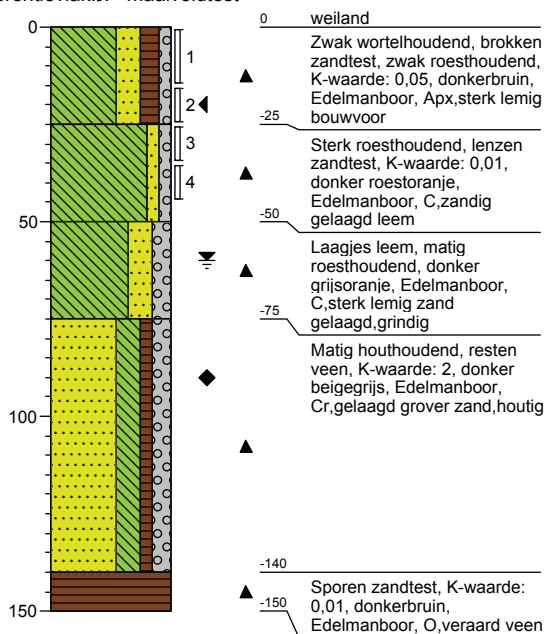
Boring: eth_27

X: 202485,03
Y: 461727,5
GWS: 110
GHG: 85
GLG: 85
Boormeester: J. Vermeer
Referentievlaak: maaiveldtest



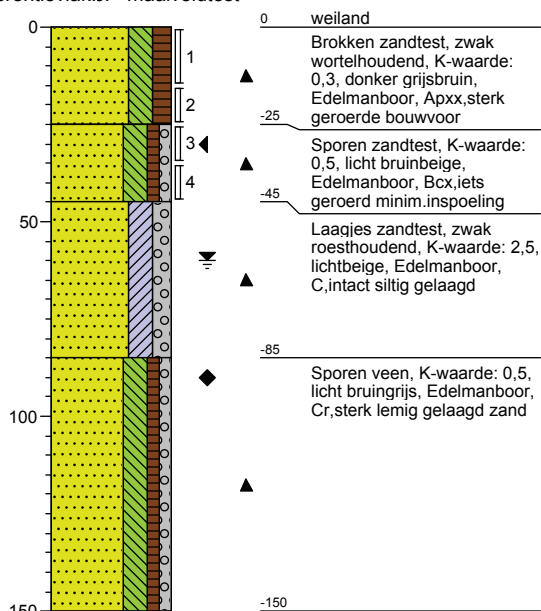
Boring: eth_29

X: 202950,27
Y: 461878,88
GWS: 60
GHG: 20
GLG: 90
Boormeester: J. Vermeer
Referentievlaak: maaiveldtest



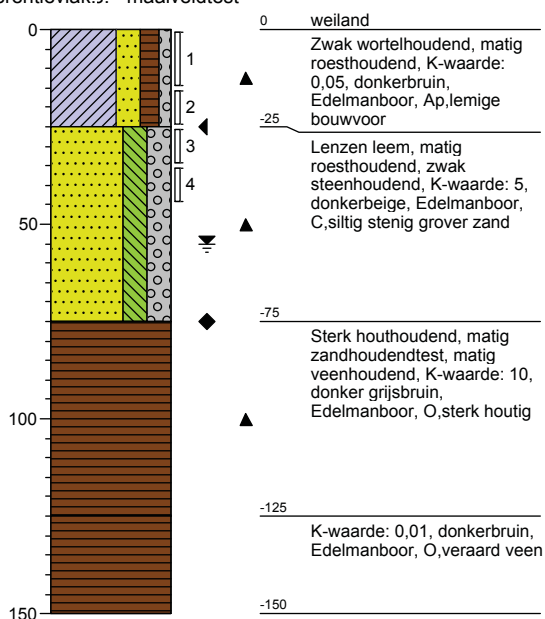
Boring: eth_31

X: 202729,36
Y: 461774,84
GWS: 60
GHG: 30
GLG: 90
Boormeester: J. Vermeer
Referentievlaak: maaiveldtest



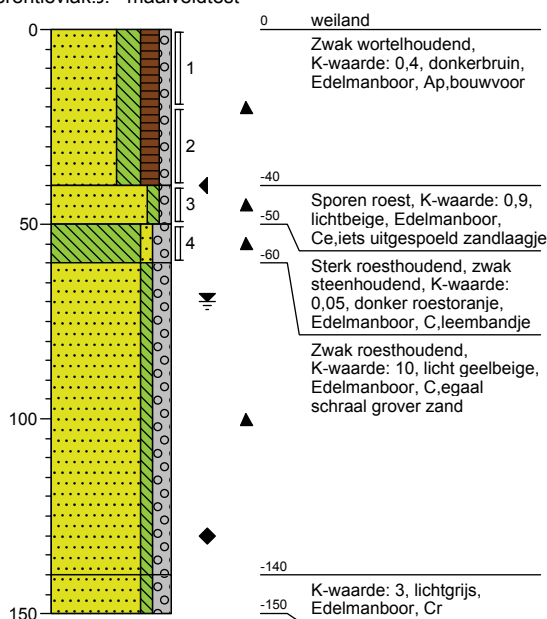
Boring: eth_35

X: 202122,58
Y: 461777,63
GWS: 55
GHG: 25
GLG: 75
Boormeester: J. Vermeer
Referentievlaak: maaiveldtest



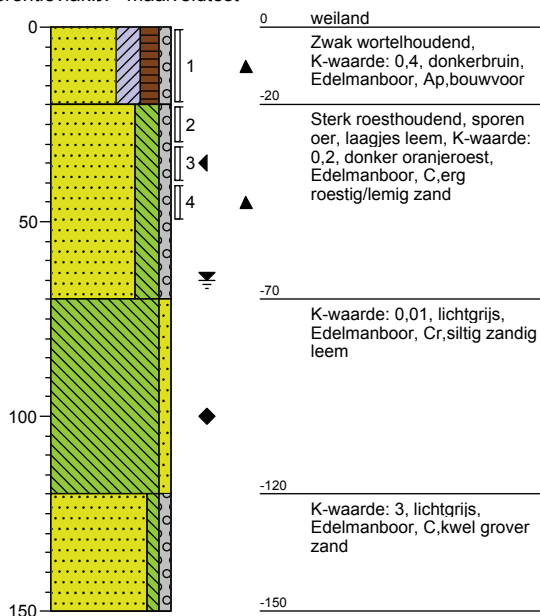
Boring: eth_38

X: 202057,11
Y: 461325,25
GWS: 70
GHG: 40
GLG: 130
Boormeester: J. Vermeer
Referentievlaak: maaiveldtest



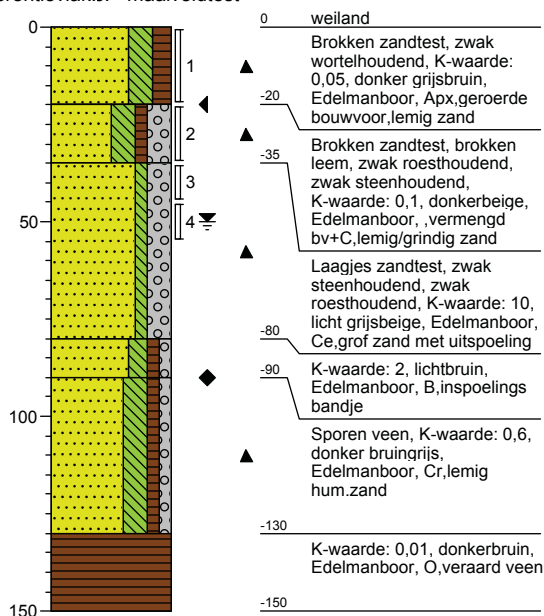
Boring: eth_42

X: 201749,3
Y: 460903,31
GWS: 65
GHG: 35
GLG: 100
Boormeester: J. Vermeer
Referentievlak: maaiveldtest



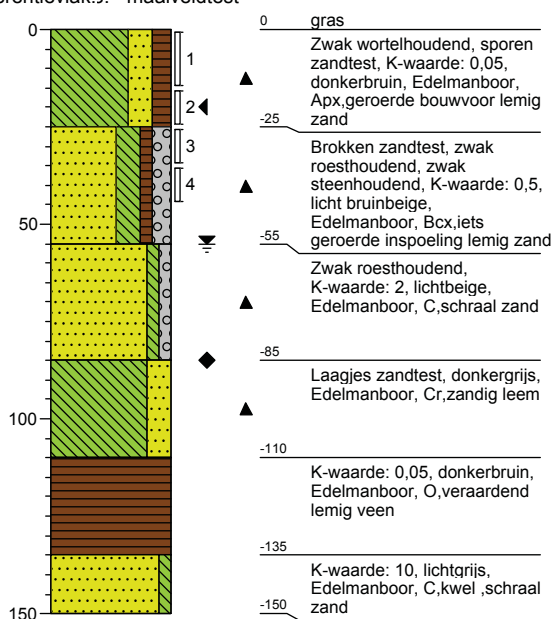
Boring: eth_44

X: 202516,09
Y: 461563,22
GWS: 50
GHG: 20
GLG: 90
Boormeester: J. Vermeer
Referentievlak: maaiveldtest



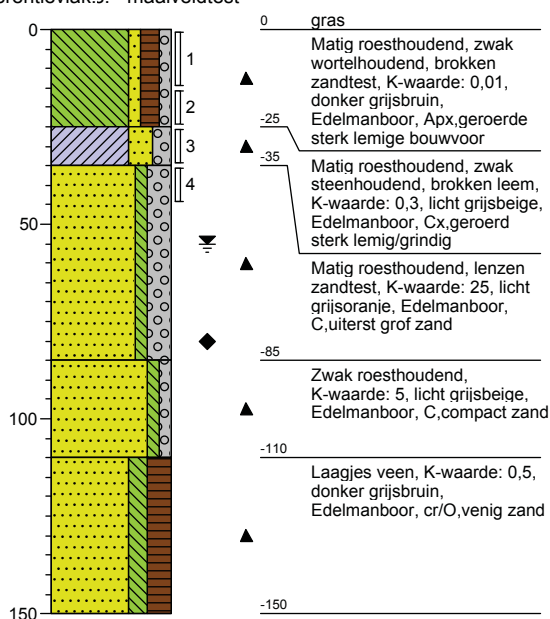
Boring: eth_46

X: 202826,98
Y: 461638,69
GWS: 55
GHG: 20
GLG: 85
Boormeester: J. Vermeer
Referentievlak: maaiveldtest



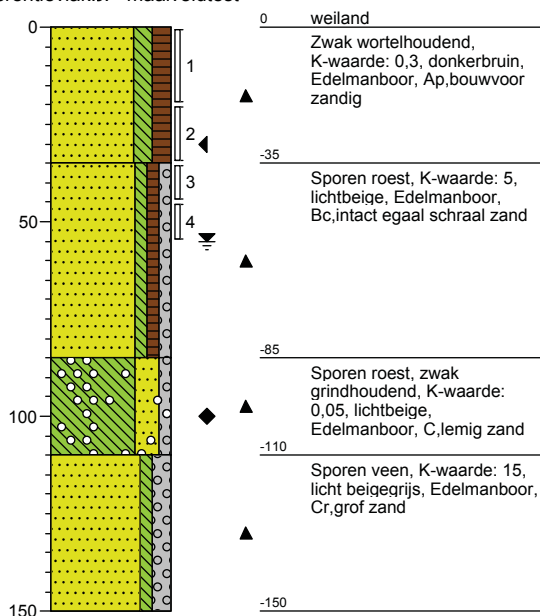
Boring: eth_51

X: 203006,97
Y: 461772,66
GWS: 55
GHG: 0
GLG: 80
Boormeester: J. Vermeer
Referentievlak: maaiveldtest



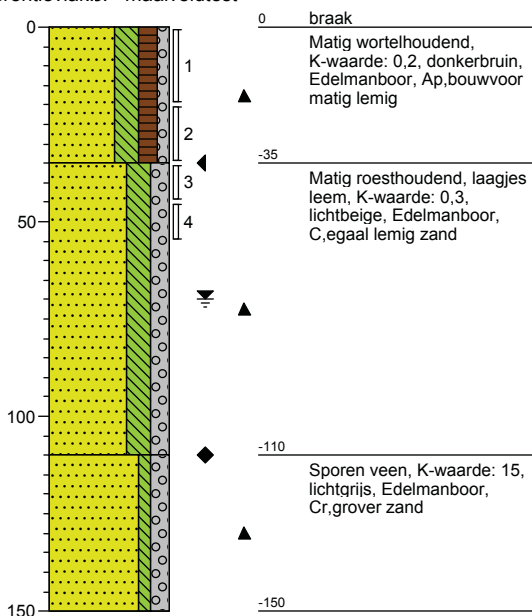
Boring: eth_54

X: 203153,28
Y: 461847,69
GWS: 55
GHG: 30
GLG: 100
Boormeester: J. Vermeer
Referentievlak: maaiveldtest



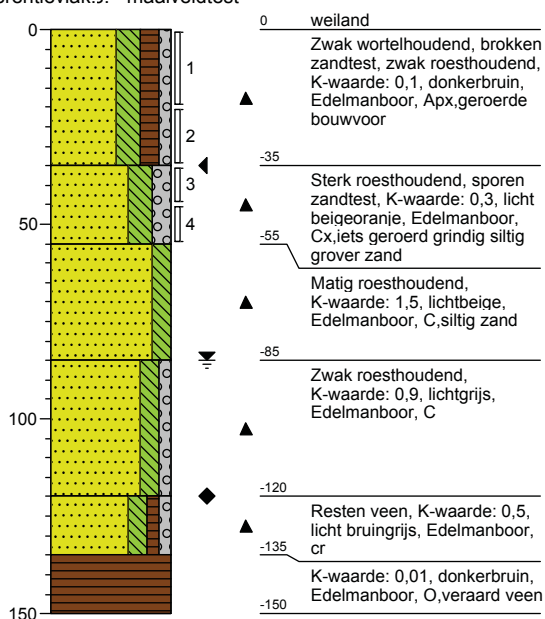
Boring: eth_56

X: 203314
Y: 461439
GWS: 70
GHG: 35
GLG: 110
Boormeester: J. Vermeer
Referentievlak: maaiveldtest



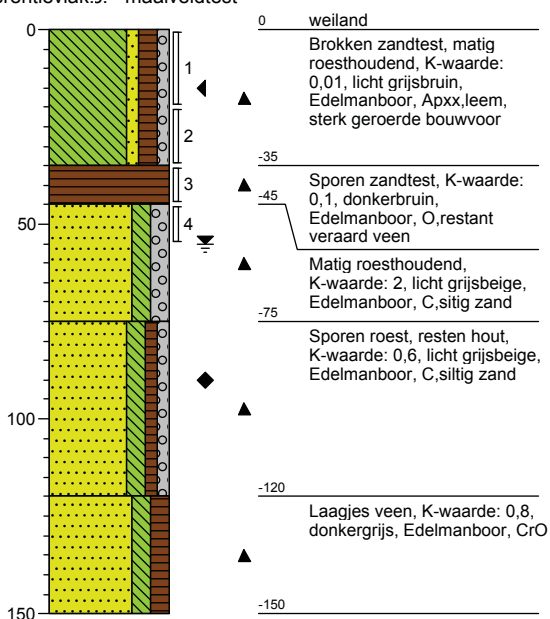
Boring: eth_60

X: 202362
Y: 460591
GWS: 85
GHG: 35
GLG: 120
Boormeester: J. Vermeer
Referentievlak: maaiveldtest



Boring: eth_61

X: 202621
Y: 460403
GWS: 55
GHG: 15
GLG: 90
Boormeester: J. Vermeer
Referentievlak: maaiveldtest

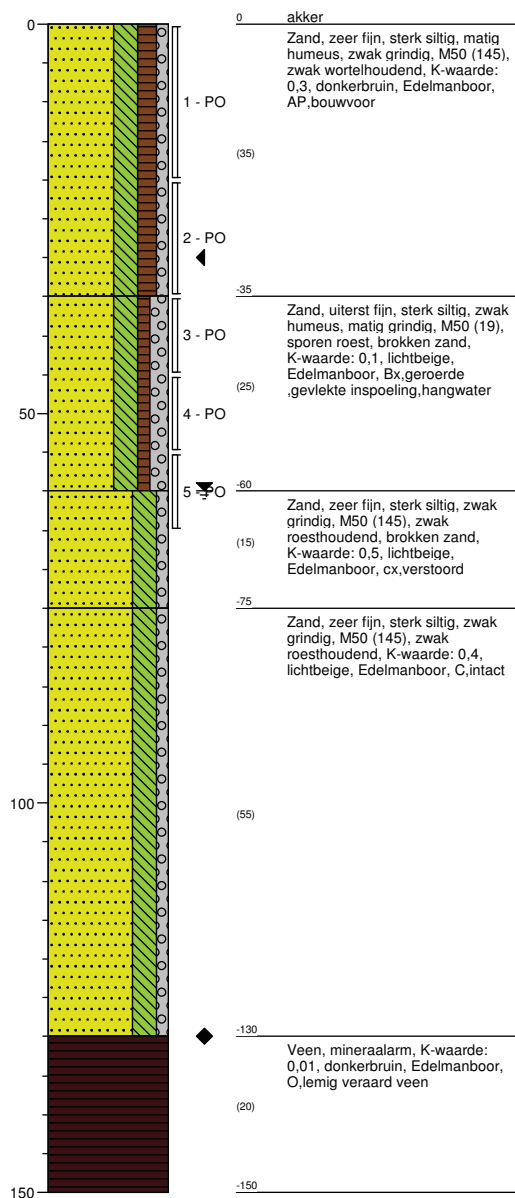


Boring: ETH-73

X: 203243,00
Y: 461496,00
Datum: 10-02-2017
GWS: 60
GHG: 30
GLG: 130

in m t.o.v. NAP
Boormeester

J. Vermeer

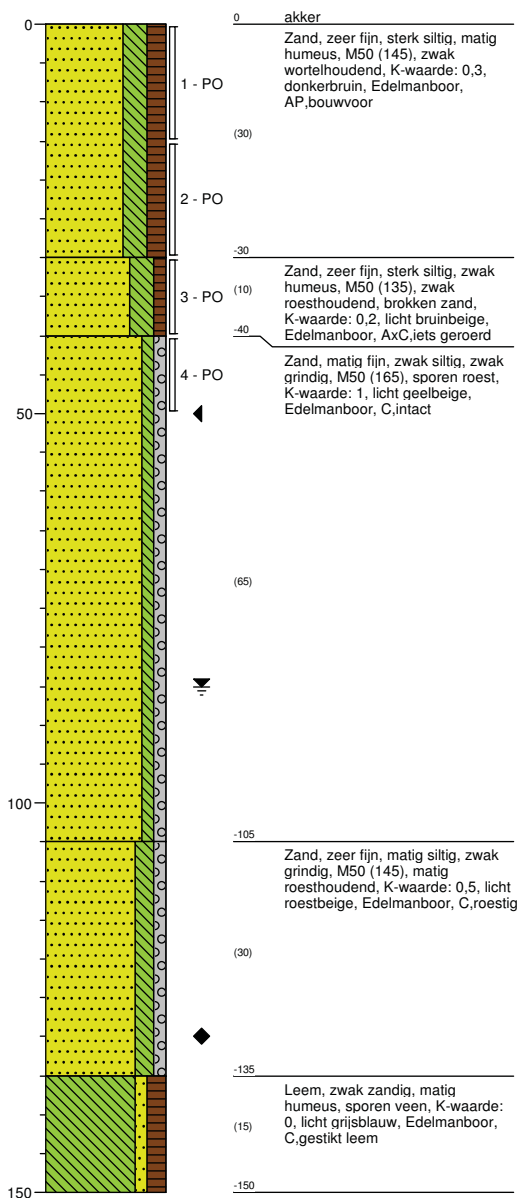


Boring: ETH-71

X: 203273,00
Y: 461618,00
Datum: 10-02-2017
GWS: 85
GHG: 50
GLG: 130

in m t.o.v. NAP
Boormeester

J. Vermeer

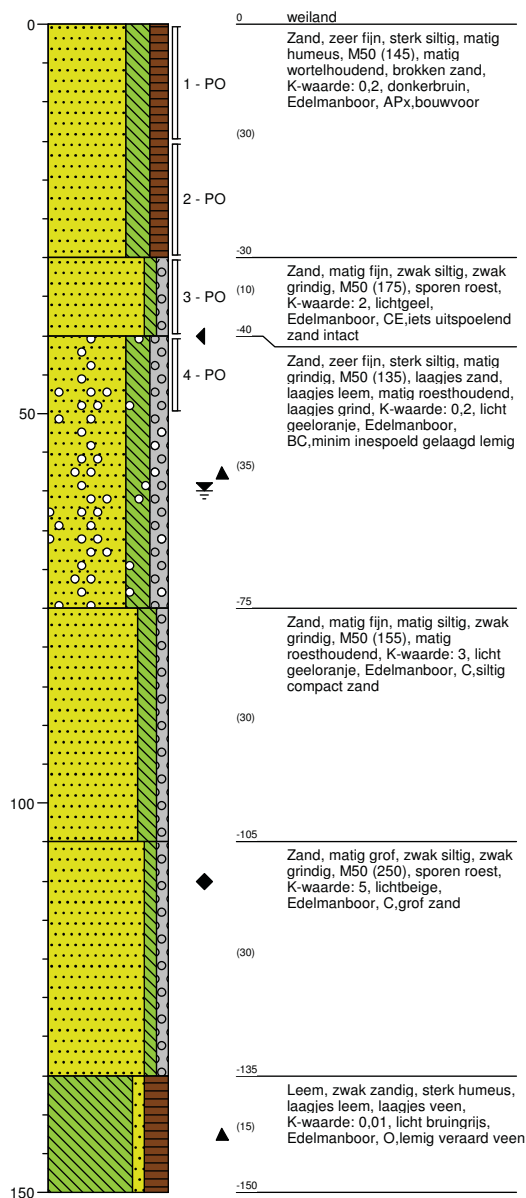


Boring: ETH-67

X: 203051,00
Y: 461836,00
Datum: 10-02-2017
GWS: 60
GHG: 40
GLG: 110

in m t.o.v. NAP
Boormeester

J. Vermeer

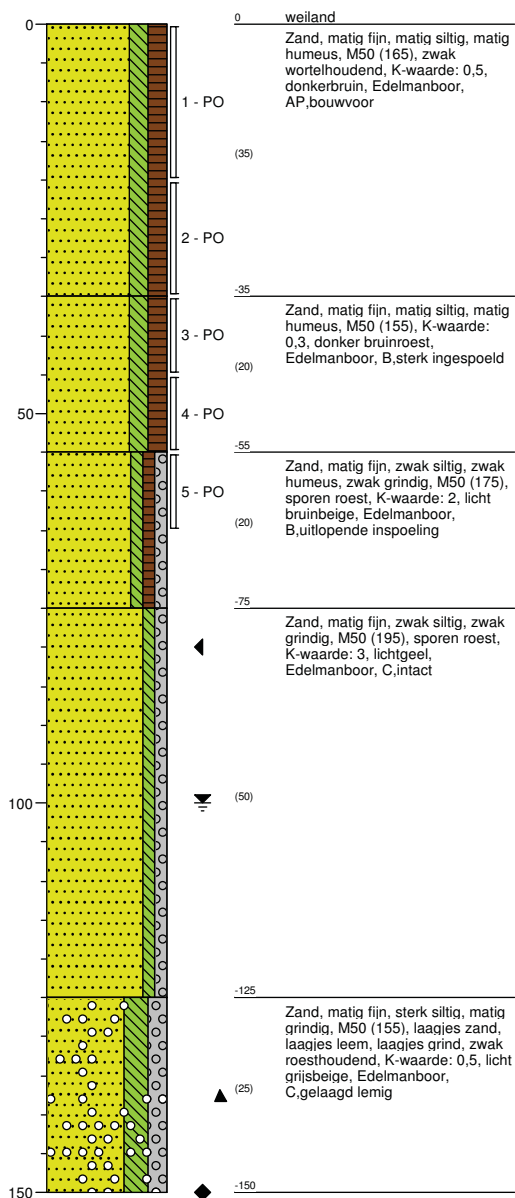


Boring: ETH-65

X: 203076,00
Y: 461910,00
Datum: 10-02-2017
GWS: 100
GHG: 80
GLG: 150

in m t.o.v. NAP
Boormeester

J. Vermeer



Bijlage 4 Grondwaterstandsverloop peilbuizen B33G0390 en B33G0404

