Evaluatie van de basen- en voedingstoestand tien jaar na herstelmaatregelen in enkele OBN-referentieprojecten van natte schraalgraslanden

Dit onderzoek werd uitgevoerd in opdracht van het Expertisecentrum LNV, dat daartoe financieële middelen ter beschikking stelde

Evaluatie van de basen- en voedingstoestand tien jaar na herstelmaatregelen in enkele OBN-referentieprojecten van natte schraalgraslanden

R.H. Kemmers
S.P.J. van Delft

Alterra-rapport 784

Alterra, Wageningen, 2003

REFERAAT

Kemmers, R.H., S.P.J. van Delft, 2003. *Evaluatie van de basen- en voedingstoestand tien jaar na herstelmaatregelen in enkele OBN-referentieprojecten van natte schraalgraslanden*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 784. 85 blz. 16 fig.; 5 tab.; 20 ref.

In natte schraalgraslanden is onderzocht aan welke abiotische processen het botanisch herstel na effectgericht maatregelen kan worden toegeschreven. Daartoe zijn bodemmonsters verzameld en geanalyseerd op basen-, voedings- en redoxtoestand. De gegevens werden gebruikt als invoer voor een chemisch evenwichtsmodel, waarmee het effect van vernatting op de basentoestand en de fosfaatmobilisatie werden berekend. Er werden twee hypothesen geformuleerd die op houdbaarheid werden getoetst met de modelresultaten. Beide hypothesen moeten worden aangepast. Tegen de verwachting in blijft in een aantal gevallen herstel van de basentoestand uit ondanks voldoende redoxcapaciteit. Niet alleen op plaatsen met veel maar ook op plaatsen met weinig geadsorbeerd anorganisch fosfaat kan een relatief sterke fosfaatmobilisatie optreden bij vernatting. Geconcludeerd wordt dat herstel van de basenverzadiging en fosfaatmobilisatie van een veelheid van factoren afhankelijk is. Vuistregels om kansrijke situaties voor botanisch herstel aan te geven, zijn vooralsnog niet te formuleren.

Trefwoorden: Schraalgraslanden, herstelmaatregelen, basenverzadiging, fosfaatmobilisatie, ijzeroxiden, pyriet, redoxcapaciteit

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door € 18,- over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 784. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2003 Alterra
Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: info@alterra.nl

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

[Alterra-rapport 784/November 2003]

Inhoud

Woord vooraf 7

Samenvatting 9

1 Inleiding 15

2 Materiaal en methoden 17
2.1 Algemene werkwijze 17
2.2 Selectie van standplaatsen 17
2.3 Beschrijving en bemonstering van humusprofielen 17
2.4 Bodemchemische analyses 19
2.5 Bodemchemische evaluatie 20
2.5.1 Algemeen 20
2.5.2 Hypothesen 21
2.5.3 Definitie van het bodem-water-systeem 22
2.5.4 Calibratie en verificatie 24

3 Resultaten 25
3.1 Standplaatsen en hun eigenschappen 25
3.1.1 Geselecteerde standplaatsen 25
3.1.2 Humusprofielen 26
3.1.3 Bodemchemische eigenschappen 26
3.1.4 Conclusies 31
3.2 Modelberekeningen 32
3.2.1 Calibratie en verificatie 32
3.2.2 Modelresultaten 36
3.2.2.1 Regulatie van de basentoestand 36
3.2.2.2 Regulatie van de fosfaatbeschikbaarheid 39
3.2.3 Evaluatie van de modelresultaten 44

4 Conclusies 49

Literatuur 51

Bijlagen

1 Coderingen voor beschrijving van humusprofielen 53
2 Beschrijving van het humusprofiel per standplaats 63
3 Resultaten bodemchemisch onderzoek en afgeleide variabelen 83

Woord vooraf

Ruim tien jaar geleden is het OBN-deskundigenteam 'Natte schraalgraslanden' gestart met het volgen van effecten van herstelgerichte maatregelen in referentiegebieden. De uitgevoerde maatregelen werden in de verschillende terreinen aanvankelijk intensief en later extensief gemonitord door verschillende onderzoeksgroepen. Daarbij werd regelmatig in pq's de vegetatie, de grondwaterstand en de waterkwaliteit van het grondwater opgenomen. De bodemkundige toestandsvariabelen werden in de uitgangstoestand vastgesteld op een gestandaardiseerde wijze. Voor de laatste monitoringronde (2000-2002) is binnen het OBN-deskundigenteam de afspraak gemaakt dat in een aantal terreinen het bodemkundig onderzoek aan het eind van deze periode in 2002 nog eenmaal zal worden uitgevoerd. Dit zgn. reguliere bodemkundig onderzoek beperkte zich daarbij tot een beschrijving, bemonstering en bodemchemische analyse van humusprofielen van standplaatsen die door de partners werden geselecteerd. De interpretatie van deze resultaten werd uitgevoerd door de onderzoeksgroepen die het nauwst waren betrokken bij de betreffende terreinen.

Dit rapport is een verslag van een meer procesgericht bodemkundig onderzoek naar een verklaring van het botanisch herstel, of het uitblijven daarvan, van terreinen waar ca. tien jaar geleden herstelmaatregelen zijn genomen. Het onderzoek werd uitgevoerd in een selectie van terreinen waarvan op basis van floristische informatie (o.a. rode lijst soorten) de mate van vegetatiekundig herstel is beoordeeld, maar nog niet getoetst aan de abiotische condities.

Zowel voor de selectie van de terreinen als voor de standaardisering van te monitoren bodemvariabelen hebben de discussies in het deskundigenteam een doorslaggevende rol gespeeld. Voor het bodemchemische onderzoek zijn we in hoge mate afhankelijk geweest van het Bureau Giessen & Geurts, dat de analyses naar grote tevredenheid heeft uitgevoerd. Bij het verlenen van toestemming voor betreding van de terreinen is het Staatsbosbeheer steeds zeer behulpzaam geweest. Wij zijn allen veel dank verschuldigd.

Samenvatting

Probleem en doel

In de periode 1990-1992 zijn in het kader van het huidige Overlevingsplan Bos en Natuur in geselecteerde referentiegebieden voor natte schraalgraslanden effectgerichte maatregelen uitgevoerd om de vermestings-en verzuringstoestand terug te dringen. Uit botanische evaluaties is gebleken dat vernatting en plaggen als herstelmaatregel alleen tot succes leiden als sprake is van een kwelsituatie en in het verleden geen bemesting en drainage heeft plaatsgevonden. Langdurige drainage of bemesting lijken tot irreversibele veranderingen in de bodem te leiden die moeilijk of niet zijn te herstellen.

Een verklaring voor botanisch herstel vanuit abiotische processen ontbreekt echter. Verschillende studies geven aan dat vernatting het gevaar in zich draagt van het creëren instabiele milieus met sterke fluctuaties in zuurgraad en fosfaatmobilisatie. Het doel van het onderzoek is geweest om op een gestandaardiseerde wijze te analyseren in hoeverre de uitgevoerde herstelmaatregelen tegen vermesting en verzuring ook daadwerkelijk tot een duurzame verbetering van de abiotische randvoorwaarden (basen- en nutriëntentoestand) van natte schraalgraslanden hebben geleid. Het onderzoek heeft zich daarbij beperkt tot mechanismen die de basentoestand en de fosfaatmobilisatie reguleren.

Aanpak

Het onderzoek is uitgevoerd in referentiegebieden waarvan eerder een botanische evaluatie van de herstelmaatregelen heeft plaatsgevonden, maar waar nog niet eerder systematisch procesgericht bodemonderzoek is verricht. In de geselecteerde terreinen werden in overleg met deskundigen standplaatsen geselecteerd voor nader onderzoek. Het betrof standplaatsen waarvan het herstel op basis van botanische criteria als positief dan wel als negatief werd beoordeeld.

Van de standplaatsen werd zowel het bodem- als het humusprofiel beschreven. Van het humusprofiel werden een of twee horizonten bemonsterd voor chemische analyse. De bodemchemische resultaten werden gebruikt om de basen-, voedings-, eutrofiërings- en redoxtoestand van de standplaats vast te stellen. De gegevens werden eveneens gebruikt als invoer voor een chemisch model (Ecosat), waarmee evenwichtsconcentraties van stoffen kunnen worden berekend in een bodem-water-systeem in afhankelijkheid van o.a. evenwichtsreacties, adsorptie, ionenwisseling en redoxreacties. Het model werd gebruikt voor de identificatie van bodemchemische processen die optreden tijdens vernatting. Het bodem-water-systeem werd daartoe gedefinieerd met die elementen die een belangrijke rol spelen bij de zuurbuffering en de mobilisatie van fosfaat. Daarbij is ervan uitgegaan dat de pH onder aërobe omstandigheden uitsluitend wordt gebufferd door ionenwisseling en door oplossing van de mineralen (amorf) gibbsiet ($Al(OH)_3$) en goethiet ($Fe(OH)_3$). Onder anaërobe omstandigheden treden reductieprocessen op waardoor goethiet wordt gereduceerd en mogelijk pyriet wordt gevormd. Reductie is een zuurneutraliserend proces

waardoor zuurionen worden omgewisseld tegen basische ionen en de basenverzadiging van het adsorptiecomplex stijgt.. De zuurbuffercapaciteit neemt hierdoor toe.

In het model is ook de aanwezigheid van aluminium- en ijzerfosfaatzouten (varisciet, strengiet, vivianiet) verondersteld, zodat ook de invloed van redoxprocessen op de fosfaatconcentratie kan worden gesimuleerd. Daarnaast is verondersteld dat de fosfaatconcentratie ook door adsorptie en desorptie aan ijzeroxiden kan plaatsvinden. Door reductie gaan ijzeroxiden in oplossing, zodat tegelijkertijd de fosfaatadsorptiecapaciteit wordt verlaagd.
Met het model werd de basentoestand en de fosfaatmobilisatie als functie van vernatting berekend.

Er werden twee hypothesen opgesteld over processen waaraan het botanisch herstel van een standplaats, of de afwezigheid daarvan, kan worden toegeschreven. De modelresultaten werden gebruikt om de hypothesen per standplaats op houdbaarheid te toetsen.
Hypothese 1: Op verzuurde standplaatsen waar botanisch herstel ondanks maatregelen uitblijft, vindt onvoldoende zuurneutralisatie plaats door onvoldoende redoxcapaciteit, waardoor de basentoestand zich niet herstelt.
Hypothese 2: Op voedselrijke standplaatsen waar botanisch herstel ondanks maatregelen uitblijft vindt door vernatting een ongewenste fosfaatmobilisatie plaats door oplossing van ijzeroxiden.

Veldwaarnemingen
Uit de analysegegevens blijkt dat de basentoestand van de standplaatsen sterk uiteenloopt en varieert tussen 10 en 80%. In het Ilperveld, plaatselijk in Punthuizen, Stroothuizen, de Wobberibben en de Koegelwieck komt over het algemeen een lage basenbezetting (<50%) voor.
Op de meeste standplaatsen komt een vrij hoge voedingstoestand met snelle nutriëntenkringlopen voor, getypeerd door lage C/N en C/P waarden. In Punthuizen, Stroothuizen en de plagplekken van Lage Maden is een ontwikkeling naar voedselarmere omstandigheden gaande. In De Wobberibben en het Ilperveld komen vrij voedselarme omstandigheden voor. Uit de resultaten blijkt ook dat naarmate de basenverzadiging hoger is, er voedselrijkere omstandigheden voorkomen.
In Taarlo, de Veenkampen en in de ondergrond van Lage Made en sommige delen van de Koegelwieck is sprake van een eutrofe toestand door accumulatie van anorganisch fosfaat. Het blijkt dat er meer anorganisch fosfaat in de bodem voorkomt naarmate het gehalte ijzeroxiden hoger is en dat dit effect in gebieden met een landbouwkundig verleden nog sterker is.
De redoxtoestand is gerelateerd aan de verhouding tussen ijzeroxiden en pyriet. In de Wobberibben en Ilperveld wordt geen pyriet aangetroffen en is de redoxtoestand laag. In de dagzomende horizonten van Lage Made en Taarlo is nauwelijks pyrietvorming aanwezig in tegenstelling tot de iets dieper gelegen Oh-horizonten. In de Reitma en Stroothuizen en de natste standplaats van de Veenkampen is sprake van pyrietvorming maar zijn ijzeroxiden nog ruim aanwezig. In Punthuizen zijn

vrijwel alle ijzeroxiden omgevormd tot pyriet. In de M-horizont van standplaats Kw6 (plagjaar 1956) is dit proces ver gevorderd.

Modelberekeningen

Het model Ecosat is gecalibreerd door de aluminiumoxidegehalten aan te passen totdat berekende waarden van de calciumverzadiging overeenstemden met gemeten waarden. Ter verificatie zijn gemeten ijzerconcentraties vergeleken met berekende concentraties. De correlatie is laag maar er blijkt geen significant verschil te zijn tussen het gemiddelde en de variantie van berekende en gemeten waarden.

Met het gecalibreerde model werd het effect van vernatting op de basentoestand gesimuleerd door de redoxpotentiaal te verlagen. Uit de resultaten blijkt dat de zuurneutralisatiecapaciteit (de basentoestand) toeneemt bij vernatting Het bleek echter niet mogelijk deze toename met een regressiemodel te verklaren.

De resultaten laten zien dat in de meeste standplaatsen slechts een deel van de redoxcapaciteit verbruikt wordt bij vernatting. Alleen in de Wobberibben en het Ilperveld wordt de redoxcapaciteit volledig verbruikt en kan de basenverzadiging niet verder worden verhoogd. Het blijkt tevens dat op sommige standplaatsen de basenverzadiging ondanks vernatting en voldoende redoxcapaciteit laag blijft. De relatie tussen het gehalte ijzeroxiden (en sulfaten) en de toename van de basentoestand bij vernatting is niet eenduidig.

De fosfaatconcentratie in het bodemvocht wordt volgens de modelberekeningen niet gecontroleerd door de oplosbaarheid van fosfaatzouten, maar door adsorptie en desorptieprocessen. Voor de verschillende standplaatsen werd de relatie tussen geadsorbeerd fosfaat en opgelost fosfaat berekend met een adsorptie-isotherm, waabij ervan uit is gegaan dat het gehalte ijzeroxiden bepalend is voor de fosfaatadsorptiecapaciteit. Fosfaatdesorptie werd verondersteld plaats te vinden door verlies van sorptiecapaciteit als gevolg van het oplossen van ijzeroxiden door reductie. Onder natte reducerende omstandigheden worden hogere fosfaatconcentraties berekend dan onder niet reducerende omstandigheden. De fosfaatmobilisatie per standplaats werd berekend uit het verschil in fosfaatconcentraties. Het blijkt dat er soms een sterke discrepantie bestaat tussen absolute en procentuele hoeveelheden fosfaat die worden gemobiliseerd. In absolute zin wordt bij vernatting een grote fosfaatmobilisatie berekend voor standplaatsen met een landbouwkundig verleden, zelfs indien geplagd is. In strikte natuurgebieden is de absolute fosfaatmobilisatie bij vernatting gering, maar kan procentueel aanzienlijk zijn.

De berekende fosfaatmobilisatie kan vrij goed worden verklaard met een regressiemodel, waarbij de mobilisatie toeneemt naarmate de geadsorbeerde fosfaatfractie groter is en de pH lager is. Dit effect is sterker bij een landbouwkundig gebruiksverleden. Een verklaring van de fosfaatmobilisatie uit correlatieve verbanden met meetgegevens uit het veld bleek niet mogelijk.

Evaluatie van maatregelen
De modelresultaten zijn gebruikt om te beoordelen of de herstelmaatregelen hebben geleid tot een verbetering van de abiotische condities, die als randvoorwaarden voor botanisch herstel kunnen worden beschouwd.
In de Twentse terreinen lijkt een duurzaam herstel op basis van de modelresultaten als twijfelachtig te moeten worden beschouwd. Vrij hoge pyrietgehaltes kunnen sterke fluctuaties in basenverzadiging veroorzaken. Bij te natte omstandigheden is bovendien gevaar voor fosfaatmobilisatie aanwezig.

In de Lage Maden hebben plagmaatregelen volgend op hydrologische aanpassingen geleid tot condities die een duurzaam herstel van het Calthion lijken te garanderen. In Taarlo is door alleen hydrologische aanpassingen de fosfaatmobilisatie voldoende teruggedrongen om geschikte condities voor het Juncion acutiflori te laten ontstaan. Zonder maatregelen blijven de voorheen bemeste standplaatsen in Lage Maden en Taarlo te eutroof voor de gewenste doeltypen.

In het landbouwkundig gebruikte terrein de Veenkampen kan vanuit het modelresultaat niet worden verklaard waarom plaggen en vernatting tot botanisch herstel hebben geleid. Er worden geen verschillen berekend in de basenhuishouding en de fosfaatmobilisatie tussen percelen met en zonder herstelmaatregelen.

Voor de Reitma geeft het modelresultaat aan dat de hydrologische maatregelen tot een duurzaam herstel van condities voor het Cirsio-Molinietum hebben geleid. Het systeem beschikt bij vernatting over voldoende redoxcapaciteit om een hoge basenverzadiging te genereren zonder dat fosfaatmobilisatie optreedt.

In het Ilperveld kan het uitblijven van botanisch herstel van het Pallavicinio-Sphagnetum volgens het model worden toegeschreven aan het onvermogen interne alkaliniteit te produceren door gebrek aan redoxcapaciteit. Zowel hydrologische maatregelen (standplaats 9 en 10) als plaggen (10) hebben niet tot herstel van de basentoestand en botanisch herstel geleid. De bodem is irreversibel verzuurd. De vrij sterke fosfaatmobilisatie lijkt niet problematisch. Aanvoer van ijzerhoudend water kan een oplossing zijn.

In de Wobberibben hebben hydrologische maatregelen niet tot botanisch herstel geleid van het Scorpidio-Caricetum diandrae omdat het systeem een tekort aan ijzer heeft waardoor zowel de basenverzadiging te laag als de fosfaatmobilisatie te hoog blijft.

De plagmaatregelen in de Koegelwieck hebben niet tot een duurzaam herstel van de basentoestand geleid, ondanks voldoende redoxcapaciteit. Na plaggen wordt in de loop der jaren de anorganisch fosfaatvoorraad weer opgebouwd. De fosfaatmobilisatie is steeds gering, maar neemt licht toe bij veroudering van de plagplek.

Conclusie

Tenslotte kan worden geconcludeerd dat de hypothesen over abiotische processen die bijdragen aan het botanisch herstel zullen moeten worden herzien. De hypothese dat op verzuurde standplaatsen het uitblijven van botanisch herstel kan worden verklaard uit onvoldoende redoxcapaciteit wordt niet in alle gevallen ondersteund door de modelberekeningen. In een aantal gevallen blijft herstel van de basentoestand uit ondanks voldoende redoxcapaciteit. De hypothese dat op eutrofe standplaatsen het uitblijven van botanisch herstel kan worden verklaard uit fosfaatmobilisatie door vernatting wordt wel door de modelberekeningen ondersteund. Daarentegen blijkt ook op voedselarme standplaatsen een aanzienlijk fosfaatmobilisatie te kunnen optreden bij vernatting. Voor beide processen zijn de modelresultaten dan ook niet of maar deels met regressiemodellen te verklaren uit gemeten toestandvariabelen. Vuistregels voor kansrijke situaties voor botanisch herstel zijn daarom vooralsnog niet te formuleren.

Processen die aan herstel ten grondslag liggen zijn ingewikkelder dan gedacht.

1 Inleiding

Achtergrond

In de periode 1990-1992 zijn in het kader van het huidige Overlevingsplan Bos en Natuur in geselecteerde referentiegebieden voor natte schraalgraslanden effectgerichte maatregelen uitgevoerd om de vermestings-en verzuringstoestand terug te dringen. Via een monitoringprogramma zijn de effecten op vegetatie, grondwaterstanden en waterkwaliteit aanvankelijk intensief en later extensief gemonitord. Van de meeste terreinen is de bodemkundige uitgangstoestand van het humusprofiel (van Delft, 1995) en de basen- en nutriëntentoestand op een gestandaardiseerde wijze vastgelegd. Vanuit het deskundigenteam Natte Schraalgraslanden is de wens geformuleerd deze toestandsvariabelen ook aan het eind van de monitoringperiode op een gestandaardiseerde wijze vast te leggen en eventuele veranderingen te verklaren vanuit onderliggende processen.

Probleemstelling

Zes jaar na de start van het monitoringprogramma is naar aanleiding van een tussentijdse evaluatie (Jansen et al., 1997) in een aantal terreinen bodemchemisch onderzoek verricht om meer inzicht te krijgen in processen die een rol spelen bij het herstel van de basentoestand (Kemmers et al., 2000). Uit het onderzoek bleek dat in anaërobe milieus door reductie zuurneutralisatie optreedt, wat een belangrijke randvoorwaarde is voor herstel van een hoge basentoestand. Standplaatsen waar herstel van een hoge basentoestand uitbleef, bleken gekenmerkt te worden door zeer lage gehalten ijzeroxiden in de bovenste bodemhorizonten. Waarschijnlijk zijn dit standplaatsen waar kwel is omgeslagen in infiltratie. Onder natte reducerende omstandigheden kunnen ijzeroxiden oplossen en in geval van infiltratie uitspoelen. Het ijzergehalte kan daardoor onder een kritische grens zakken waardoor onvoldoende redoxcapaciteit aanwezig is, zodat onvoldoende zuurconsumptie plaatsvindt en de basentoestand laag blijft ondanks aanwezigheid van basenrijk water.

De resultaten van het onderzoek leidden tot de hypothese dat in deze (voormalige) kwelmilieus naast ijzer- ook sulfaatreductie een belangrijke bron van zuurneutralisatie zou kunnen zijn. Deze hypothese werd bevestigd in het onderzoek naar effecten van bevloeiïng (Kemmers et al., 2002, 2003), waarbij bleek dat regelmatig zeer oppervlakkig (0-15 cm-mv) pyriet in de bodem van natte natuurterreinen wordt aangetroffen. Niet alleen leidt pyrietvorming tot zuurneutralisatie, maar genereert tevens potentiële aciditeit, die beschikbaar kan komen bij aëratie van de bodem. Uit onderzoek van Lamers (2001) kwamen belangrijke aanwijzingen naar voren dat in natte milieus met overmaat aan sulfaat door pyrietvorming fosfaatmobilisatie en ongewenste eutrofiëring kan optreden. Beide onderzoeken geven aan dat vernatting, gericht op herstel van de basentoestand, het gevaar in zich draagt van instabiele milieus met sterke fluctuaties in zuurgraad en fosfaatmobilisatie.

Uit onderzoek van Grootjans et al. (2002) bleek dat vernatting en plaggen als herstelmaatregel alleen tot botanisch succes leiden als sprake is van een kwelsituatie

en in het verleden geen bemesting en drainage heeft plaatsgevonden. Langdurige drainage of bemesting lijken tot irreversibele veranderingen in de bodem te leiden die moeilijk of niet zijn te herstellen. Een verklaring vanuit abiotische processen ontbreekt echter.

Doel

Het doel van het huidige onderzoek is op een gestandaardiseerde wijze te analyseren in hoeverre de uitgevoerde herstelmaatregelen tegen vermesting en verzuring ook daadwerkelijk tot een duurzame verbetering van de abiotische randvoorwaarden (basen- en nutriëntentoestand) van natte schraalgraslanden hebben geleid. Dit hangt samen met de vraag in hoeverre buffermechanismen in de bodem zijn hersteld, die leiden tot stabiele randvoorwaarden voor natuurherstel. Het onderzoek heeft zich daarbij beperkt tot mechanismen die de basentoestand en de fosfaatmobilisatie reguleren.

Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt na de algemene werkwijze besproken hoe de selectie van onderzoekslokaties en de beschrijving en bemonstering van de bodem heeft plaatsgevonden. Na de beschrijving van de chemische analysemethoden wordt aangegeven hoe de analyseresultaten zijn verwerkt, welke hypothesen ten grondslag lagen aan het onderzoek en op welke wijze de resultaten zijn geëvalueerd. In hoofdstuk 3 worden de resultaten besproken, waarbij eerst de abiotische toestand wordt besproken en vervolgens deze toestand wordt verklaard vanuit onderliggende processen die met een bodemchemisch model worden gesimuleerd. Tenslotte wordt in dit hoofdstuk beoordeeld in hoeverre de modelresultaten een verklaring kunnen zijn voor het succes of het falen van het botanisch herstel van een standplaats. In hoofdstuk 4 worden de conclusies van het onderzoek samengevat.

2 Materiaal en methoden

2.1 Algemene werkwijze

Het onderzoek is uitgevoerd in referentiegebieden waarvan eerder een botanische evaluatie van de herstelmaatregelen heeft plaatsgevonden (Grootjans, et. al, 2002), maar waar nog niet eerder systematisch procesgericht bodemonderzoek is verricht. In de geselecteerde terreinen werden in overleg met deskundigen standplaatsen geselecteerd voor nader onderzoek. Het betrof standplaatsen waarvan het herstel op basis van botanische criteria als positief dan wel als negatief werd beoordeeld.

Van de standplaatsen werd zowel het bodem- als het humusprofiel beschreven. Van het humusprofiel werden een of twee horizonten bemonsterd voor chemische analyse.

De bodemchemische resultaten werden gebruikt om de basen-, voedings-, eutrofiërings- en redoxtoestand van de standplaats te typeren. De gegevens werden eveneeens gebruikt als invoer voor een chemisch model (Ecosat), waarmee evenwichtsconcentraties van stoffen kunnen worden berekend in een bodem-watersysteem in afhankelijkheid van o.a evenwichtsreacties, adsorptie, ionenwisseling en redoxreacties. Het model werd gebruikt voor de identificatie van bodemchemische processen die een rol spelen bij zuurneutralisatie en fosfaatmobilisatie en die ten grondslag liggen aan de basen-, voedings- en eutrofieringstoestand. De resultaten van de modelexercitie werden gebruikt voor de evaluatie van het effect van de herstelmaatregelen op de abiotische randvoorwaarden voor natuurherstel.

2.2 Selectie van standplaatsen

Op basis van een botanische evaluatie door Grootjans et al. (2002) zijn te onderzoeken terreinen gekozen en op aanwijzing van de plaatselijk deskundigen zijn daarbinnen standplaatsen voor nader bodemchemisch onderzoek geselecteerd.

2.3 Beschrijving en bemonstering van humusprofielen

Beschrijving
De humusprofielen zijn beschreven door met een humushapper een deel van het profiel uit te steken en de kenmerken hiervan te beschrijven. Voor een humusprofielbeschrijving wordt het profiel beschreven tot 40 cm – mv. Om de rest van het profiel te kunnen beoordelen hebben we het profiel verder uitgeboord. De maximale boringsdiepte was ca 100 cm – mv. Voor meer achtergrondinformatie bij de beschrijving van humusprofielen en de classificatie van humusvormen verwijzen

we naar de betreffende literatuur: (Green et al. 1993, Van Delft 2001, Kemmers en De Waal, 1999, Kemmers et al. 2001).

De profielbeschrijvingen bestaan uit een algemeen gedeelte en informatie per laag. In het algemene gedeelte staat informatie over de locatie. Tevens worden hier gegevens over het profiel samengevat. De meeste van deze gegevens spreken voor zich. In aanhangsel 1 worden ze kort toegelicht.

Bij de profielbeschrijvingen hebben we de volgende kenmerken van de horizonten gemeten of geschat:

- typering van de horizont, op grond van moedermateriaal en bodemvorming.

Dit komt tot uiting in de horizontcode (zie tabel 1)

- begin- en einddiepte van de horizont
- vorm en afmeting van de grens
- organische stof gehalte
- aard van de organische stof of de veensoort
- textuur (% lutum, % leem en zandgrofheid)
- pH van een aantal horizonten, bepaald met indicatorstrookjes
- kalkklasse
- geologische formatie
- structuurtype
- dichtheid, dikte en oriëntatie van aanwezige horizonten

Voor een efficiënte en consequente opname van deze kenmerken is gebruik gemaakt van coderingen die verklaard worden in aanhangsel 1. De profielbeschrijvingen zijn opgenomen in juli 2002 en in aanhangsel 2 weergegeven.

Op basis van de diktes van verschillende horizonten hebben we bepaald bij welke humusvorm het profiel gerekend moet worden. In het rapport “Ecologische typering van bodems; Deel 2 Humusvormtypologie korte vegetaties” (Van Delft 2001) wordt een humusvormclassificatie voor korte vegetaties besproken. De benaming voor de hier besproken humusprofielen is gebaseerd op deze humusvormclassificatie.

Tabel 1 Codering van de horizonten in humusprofielen

Code	Toevoeging	Omschrijving
S	-	jonge veenmoslaag, zowel op veenprofielen, als bij minerale profielen
M	-	wortelmateriaal
	f	matten van onverteerde dode wortelresten
	m	gedeeltelijk verteerde wortelresten
	h	sterk verteerde wortelresten
OM	-	overgangshorizont tussen O- en M-horizont (> 30 % humus)
	f, m, h	zie onder M
O	-	veen (moerige laag)
	f	onverweerd veen
	m	verweerd veen
	h	eutroof veraard veen
	g	anaëroob veraard mesotroof veen (gyttja)
	d	anaëroob oligotroof veraard veen (gliede)
OA		moerige horizont (15 – 30% organische stof) die ontstaan is door oxidatie

Code	Toevoeging	Omschrijving
		van veen waarbij het residu niet meer dan 30 % organische stof bevat
AMh	-	overgangshorizont tussen een A- en een M-horizont, ontstaan door accumulatie van wortels in een minerale A-horizont (< 30 % humus)
Ah	-	gehumificeerd organisch materiaal dat door dierlijke activiteit (bioturbatie) vermengd is met de minerale ondergrond
	e	idem met uitlogingskenmerken (micropodzol)
	g	idem met gleyverschijnselen
E	-	Ontijzerde en uitgeloogde horizont
B	-	Horizont met ijzer- en humusinspoeling
BC		minerale C horizont met inspoeling van humus (overgang van een B naar een C horizont)
C		minerale horizont zonder kenmerken van bodemvorming
	gc	ijzerrijke horizont (geoxideerd)
	r	gereduceerde horizont

Bemonstering

Bemonstering vond plaats in juli 2002 en in mei 2003 (Koegelwieck). Van alle standplaatsen zijn een of meer horizonten van het humusprofiel gericht bemonsterd, zodat alleen materiaal van de betreffende horizont werd verzameld. Bij voldoende dikte werd steeds de dagzomende horizont bemonsterd. Bij een sterke differentiatie van het profiel werd soms een tweede onderliggende horizont verzameld. Het materiaal werd uiterlijk binnen acht uur na bemonstering in een koelcel opgeslagen.

2.4 Bodemchemische analyses

De veldvochtige monsters werden met vacuümfiltratie op een Büchnertrechter met filter gescheiden in een vaste en een vloeibare fase. De vaste fase werd gedurende 40-50 uur aan de lucht gedroogd door geforceerde ventilatie. Na droging werden de monsters gemalen (0,5 mm) en gehomogeniseerd. Van het luchtdroge monster werd het vochtgehalte bepaald (4 uur drogen 105 ºC). Gehalten werden berekend op basis van ovendroge grond. In de vloeibare fase werd onmiddellijk na filtratie over een glasfilter (1,5 µ) de pH en alkaliniteit gemeten. Daarna werden de overige parameters gemeten.
De analyses zijn uitgevoerd door het bureau ‘Giesen & Geurts Biologische projecten’ te Ulft.

Vaste fase

In de vaste fase zijn de volgende parameters gemeten:
- pH-KCl (potentiometrisch)
- organische stof gehalte (gloeiverlies)
- actief Al (oxalaat extraheerbaar Al)
- actief Fe (oxalaat extraheerbaar Fe)
- P-oxalaat (oxalaat extraheerbaar P, i.e. anorganisch P)
- Pyriet (HNO_3 extractie na verwijdering van Na_3-EDTA-oplosbare sulfaten en jarosiet)
- Uitwisselbaar Ca, Mg, K, Na, H (Bascomb, pH 8.1)
- N- en P-totaal (Kjeldahl destructie)

Vloeibare fase

- pH,
- Na^+, K^+, Mg^{2+}, Ca^{2+}, Fe^{2+}
- $HCO3^-$

Ionenwisseling

Uit de analysegegevens van de vaste en vloeibare fase zijn omwisselconstanten voor ionenwisseling berekend. Daarbij is alleen de omwisseling van H^+ en Ca^{2+} in beschouwing genomen. De omwisseling van een- en tweewaardige ionen wordt uitgedrukt in de zgn. Gaponcoefficient (K_G):

$$K_G = \{(H_s) *([Mn^{2+}])^{0.5}\} / \{(Mn_s)* [H^+]\}$$

Waarbij: $Mn^{2+} = Ca^{2+}$ (mol.l^{-1}, in activiteiten)
$Mn_s = Ca_s$ ($cmol^+.kg^{-1}$)

Afgeleide variabelen

Uit de analysegegevens zijn een aantal bodemvariabelen afgeleid:

- Potentiële $CEC_{pH=8.1}$: Som uitwisselbare basen en waterstof bij pH=8.1
- Ca-verzadiging: Ca-uitw./Potentiële CEC
- C/N: 0,5 * org.stof / N-totaal
- C/P: 0,5 * org.stof / (P-totaal – P-oxalaat)
- FBF: Fosfaatbezettingsfractie: $P_{oxalaat}/(Fe+Al)_{oxalaat}$

Uit de afgeleide variabelen is de basen-, voedings-, eutrofiërings- en redoxtoestand herleid.

Soil/solution ratio

Voor berekeningen met het model ECOSAT is de 'bodemconcentratie' (soil/solution ratio') nodig. Voor de modelberekeningen moeten alle componenten van de vaste fase worden uitgedrukt in mol per liter. Hiertoe is gebruik gemaakt van het volumepercentage vocht (dm^3 vocht/dm^3 grond, afgeleid uit een relatie met het bulkgewicht) en het bulkgewicht (kg droge grond/dm^3 grond). Het bulkgewicht (Bd) is daarbij herleid uit de relatie (Kemmers et al., 2001) met het organisch stofgehalte (Os): Bd= 0,364LnOrg.stof + 1,52 (r^2=0.84).

2.5 Bodemchemische evaluatie

2.5.1 Algemeen

Met het speciatiemodel ECOSAT (Keizer & van Riemsdijk, 1996) kan inzicht worden verkregen welke chemische componenten en processen de basen- en nutriëntentoestand van de bodem controleren. Het model is gebruikt om concentraties van ionspecies in het bodemvocht te berekenen op basis van evenwichtsreacties, redoxreacties en ionenwisseling tussen verschillende chemische

componenten in een bodem-water-systeem. Het model berekent evenwichtsconcentraties voor alleen die ionenspecies die zijn te herleiden uit de componenten die voor het systeem zijn gedefinieerd. Daarbij vraagt het model tevens gegevens over gassen, mineralen, geadsorbeerde ionen en ionwisselingsconstanten. Als omgevingsvariabelen vraagt het model gegevens van de ionsterkte, temperatuur en het gasvolume in de bodem.

Het model werd gebruikt om het effect van vernatting op de bodemchemische processen te simuleren. De electronenconcentratie (pe) is daartoe bij de berekeningen gevarieerd tussen 7 (aëroob) en -3 (anaëroob) om via de redoxpotentiaal het effect van vernatting op de basen- en de fosfaattoestand te kunnen berekenen.

2.5.2 Hypothesen

Het bodem-water-systeem is door ons gedefinieerd met die factoren die een belangrijke rol spelen bij de zuurbuffering en de mobilisatie van fosfaat door oplosbaarheid van fosfaatzouten of desorptie.

We zijn ervan uitgegaan dat de pH onder aërobe omstandigheden uitsluitend wordt gebufferd door ionenwisseling en door oplossing van de mineralen (amorf) gibbsiet en goethiet. Buffering door calciet speelt geen rol. De buffercapaciteit van de vaste fase is een veelvoud groter dan van de vloeibare fase. Alleen bij systemen met een zeer lage soil/solution ratio (venen) kan het bicarbonaatgehalte in het bodemvocht bijdragen aan de pH buffering. Onder anaërobe omstandigheden treden reductieprocessen op waardoor goethiet wordt gereduceerd. Dit is een zuurconsumerend proces, waarbij H^+ ionen uit de oplossing kunnen verdwijnen, de pH stijgt en pH-afhankelijke evenwichten gaan verschuiven. Afhankelijk van de voorraad ijzer in de bodem zal dit proces doorgaan totdat alle goethiet is gereduceerd. Aansluitend kan echter sulfaat worden gereduceerd, hetgeen ook een zuurconsumerend proces is. Daarbij wordt pyriet gevormd (FeS_2). Als tevens al het sulfaat is omgezet dan stagneert de verdere reductie en zal de pH niet verder stijgen.

Een van de belangrijkste consequenties van de pH stijging door reductie is dat uitwisselbare H^+-ionen van het adsorptiecomplex in oplossing komen en worden uitgewisseld tegen Ca^{2+} (en Fe^{2+}). De basenverzadiging stijgt hierdoor. Reductie is aldus een zuurneutraliserend proces waardoor de zuurbuffercapaciteit stijgt en de basentoestand verbetert.

Redoxprocessen kunnen niet alleen de basentoestand maar tevens de fosfaatconcentratie in het bodemvocht beïnvloeden door hun invloed (al dan niet via de pH) op de concentraties ijzer en aluminium. Door deze beïnvloeding wordt het oplosbaarheidsevenwicht van aluminium- en ijzerfosfaatzouten (varisciet, strengiet, vivianiet) verschoven. Daarnaast zijn we ervan uitgegaan dat de fosfaatconcentratie ook door adsorptie en desorptie aan ijzeroxiden kan plaatsvinden. Door reductie gaan ijzeroxiden in oplossing, zodat tegelijkertijd de fosfaatadsorptiecapaciteit wordt

verlaagd. Uit onderzoek van Kemmers et al. (2001) blijkt dat in kwelnatuur de bijdrage van aluminiumoxiden aan fosfaatadsorptie verwaarloosbaar is.

Voor de uiteindelijke evaluatie van de effectiviteit van de maatregelen zijn twee hypothesen geformuleerd over processen waaraan het succes of falen van het botanisch herstel per standplaats kan worden toegeschreven. Met het model werd de basenverzadiging en de fosfaatmobilisatie in afhankelijkheid van de redoxpotentiaal (vernatting) berekend. De modelresultaten dienden als toetsingsfactor voor de hypothesen en als evaluatiefactor voor de effectiviteit van de maatregelen.

Hypothese 1: Op verzuurde standplaatsen waar botanisch herstel ondanks maatregelen uitblijft, vindt onvoldoende zuurneutralisatie plaats door onvoldoende redoxcapaciteit, waardoor de basentoestand zich niet herstelt.

Hypothese 2 Op voedselrijke standplaatsen waar botanisch herstel ondanks maatregelen uitblijft vindt door vernatting een ongewenste fosfaatmobilisatie plaats door oplossing van ijzeroxiden.

2.5.3 Definitie van het bodem-water-systeem

Componenten
Componenten zijn als chemische bouwstenen op te vatten. De volgende componenten zijn door ons voor de systemen in beschouwing genomen: H^+, Ca^{2+}, CO_3^{2-}, Fe^{3+}, OH^-, SO_4^{2-}, Al^{3+}, PO_4^{3-} en e^-. Met uitzondering van e^- en Ca^{2+} is gerekend met een vaste massabalans, waarbij de concentratie van de verschillende ionenspecies wordt berekend (Kemmers et al., 2000). Voor e^- en Ca^{2+} is van een vaste concentratie uitgegaan, waarbij de massabalans wordt berekend.
De Ca^{2+} concentratie is gebaseerd op de meetgegevens van de vloeibare fase (aanhangsel 3). De e^- concentratie werd gevarieerd. Voor de componenten zijn de totaalgehalten (Al_{ox}, Fe_{ox}, P_{ox}) aangehouden die voor de vaste fase zijn bepaald[1]. Voor sulfaat is het componentgehalte herleid uit het gemeten pyrietgehalte.

Ionspecies
Door combinatie van componenten ontstaan ionspecies zoals, HCO_3^- uit H^+ en CO_3^{2-} of Fe^{2+} uit Fe^{3+} en e^- etc. Het model selecteert automatisch alle voorkomende ionsoorten. In totaal worden voor het door ons gedefinieerde systeem 75 ionspecies onderscheiden. Voor ons doel zijn deze echter lang niet allemaal relevant.

Gassen
Gassen worden als een bijzondere vorm van ionspecies opgevat. CO_2, H_2 en O_2 worden door het model automatisch geselecteerd. Door ons is gerekend met een variabele gasdruk voor CO_2, wat impliceert dat de systemen zijn afgesloten van de atmosfeer (waterverzadigd).

[1] De monsters van het Ilperveld en Wobberibben bleken geen P-oxalaat te bevatten. De totale hoeveelheid P in het systeem is daarom gebaseerd op gemiddelde P concentraties in het bodemvocht (Barendregt et al., 1997 blz 56 voor Ilperveld en Van Wirdum, 1991 blz 172 voor Wobberibben)

Mineralen
Als mineralen die in het systeem voorkomen of gevormd kunnen worden hebben wij gekozen voor die mineralen die een belangrijke rol spelen bij de zuurbuffering. Onder aërobe omstandigheden is dit gibbsiet ($Al(OH)_3$) en goethiet ($Fe(OH)_3$), onder anaërobe omstandigheden wordt goethiet gereduceerd, waarbij sideriet ($FeCO_3$), of pyriet (FeS_2) kan worden gevormd. De reductie van goethiet en de vorming van pyriet is een zuurconsumerend proces. Van goethiet en gibbsiet is verondersteld dat ze in de amorfe vorm voorkomen die iets beter oplosbaar is dan de minerale vorm. Ook zijn de fosfaatzouten strengiet, vivianiet, varisciet en apathiet in beschouwing genomen. ECOSAT voegt automatisch de relevante oplosbaarheidsconstanten van de mineralen (of ioncomplexen) toe.

Ionenwisseling
Door ons zijn alleen H^+ en Ca^{2+} als componenten beschouwd die door het adsorptiecomplex kunnen worden gebonden. De benodigde gegevens om de ionenwisselingconstante te berekenen (K_G: Gaponcoefficient) zijn afgeleid uit de meetresultaten (zie 2.4 en aanhangsel 3). De adsorptiecapaciteit is gelijkgesteld aan de potentiële $CEC_{pH=8,1}$.

Fosfaatadsorptie
Om fosfaatadsorptie in beschouwing te kunnen nemen is het evenwicht tussen gebonden en opgelost fosfaat gemodelleerd met een Langmuir-adsorptie-isotherm, waarbij de volgende reactie werd verondersteld:

$$F_{ox} + 2H^+ + PO_4^{3-} \; < \text{------} > \; F_{ox}\text{-}H_2PO_4^-$$

Waarbij F_{ox} de maximale fosfaatadsorptiecapaciteit is.
De Langmuirvergelijking vraagt als invoergegeven het adsorptiemaximum (F_{ox}) en een evenwichtsconstante (K) en berekend de verdeling tussen geadsorbeerd fosfaat ($F_{ox}\text{-}H_2PO_4^- = F_{ox}P$) en fosfaat in oplossing ($H_2PO_4^-$) volgens:

$$F_{ox}P = \{F_{ox} * K * [H_2PO_4^-]\} / \{1 + K*[H_2PO_4^-]\}$$

Voor de evenwichtsconstante is een waarde logK=25 aangehouden (Keizer en van Riemsdijk, 1991). Als adsorptiemaximum onder aërobe omstandigheden is uitgegaan van 0,5 maal het gemeten Fe-oxalaatgehalte (Van Riemsdijk et al., 1984; van der Zee, 1988; Schoumans, 1994, 1995). Onder reducerende omstandigheden gaat het ijzeroxidegehalte in oplossing. Daardoor neemt de fosfaatadsorptiecapaciteit af. Het adsorptiemaximum onder anaërobe omstandigheden is daarom gebaseerd op het met ECOSAT berekende Fe-oxalaatgehalte bij een pe=-3, vermenigvuldigd met 0,5.

Omgevingsfactoren
De ionsterkte is berekend uit de concentratie van de gemeten ionen (Van Wirdum, 1991). Als temperatuur is 283 K aangehouden (10 °C). Als gasvolume is steeds 0,01 $l.l^{-1}$ aangehouden.

2.5.4 Calibratie en verificatie
De berekende calciumverzadiging is gecalibreerd aan de meetgegevens daarvan, die via de omwisselconstante sterk gecorreleerd zijn met de pH. Bij de calibratieprocedure werd het gibbsiet- (Al-oxalaat) en goethietgehalte (Fe-oxalaat) aangepast om modelresultaten in overeenstemming te brengen met meetwaarden van de calciumverzadiging. De gehalten werden aangepast tot bevredigende resultaten werden verkregen. Bij de berekening werd de redoxpotentiaal (pe) gevarieerd. Gecalibreerd werd bij een pe-waarde die bij benadering overeenstemde met de waarde tijdens de bodembemonstering (visuele interpretatie van bodemvochtcondities). Daartoe werd de berekende Ca-verzadiging bij een waarde pe=3 voor aërobe en bij een waarde pe=-3 voor anaërobe omstandigheden aangehouden.

Voor verificatie van de resultaten kon niet worden beschikt over een onafhankelijke dataset. Verificatie heeft daarom niet plaatsgevonden. In plaats daarvan zijn berekende Fe^{2+} concentraties vergeleken met gemeten concentraties. De berekening van ijzerconcentraties is geheel onafhankelijk van de parameters waarmee werd gecalibreerd en geven daarom enig inzicht in de betrouwbaarheid van de berekeningen. Verificatie heeft plaatsgevonden met een ‘Two-sample unpaired T-test (Genstat, 1995).

3 Resultaten

3.1 Standplaatsen en hun eigenschappen

3.1.1 Geselecteerde standplaatsen

In tabel 1 is een overzicht van de geselecteerde standplaatsen en hun botanische evaluatie gegeven. De standplaatscode komt overeen met het lokaal gebruikte PQ-nummer. Zowel succesvolle als mislukte objecten werden geselecteerd. In de standplaatsen LMA4, Trl419, VkD, Ilp9, Ilp10, Kw3 en Kw16 blijft de ontwikkeling naar de verwachte doeltypen en het aantal doelsoorten achter bij de verwachting (Grootjans et al., 2002).

Tabel 1 Terreinen met code, coördinaten en gemiddelde hoogste en laagste grondwaterstanden (GHG/GLG) van onderzochte standplaatsen en de beoordeling van het botanische herstel (+: succesvol; - niet succesvol) na plaggen (P), vernatting (H) of geen maatregelen (0/0)

Terrein	Standplaats code	x/y-coördinaten	Doeltype	GHG/ GLG	Herstel
Punthuizen	Pth 9	269076/485873	Lycop.-Rhynchosp.	-35/90	P/H (+)
	Pth 15	269301/485984	Cirsio-Mol. parn.	5/100	0/H (+)
Stroothuizen	Sth 1	268117/488109	Crepido-Juncetum	-5/60	P/0 (?)
Lage Maden	LM A4	238364/559376	Junco-Molinion	0/40	0/0 (-)
	LM C4	238333/559347	Junco-Molinion	0/40	P/0 (+)
Taarlo	Trl 419	238923/561959	Juncion acutiflori	0/45	0/0 (-)
	Trl 424	238968/562138	Juncion acutiflori	0/50	0/H (+)
De Reitma	Rt	240560/543900	Cirsio-Molinietum	0/80	0/H (+)
Veenkampen	Vk C	171296/443552	Cirsio-Molinietum	0/30	P/H (+)
	Vk D	171420/443581	Cirsio-Molinietum	0/50	0/0 (-)
Ilperveld	Ilp 9	124353/494250	Pallavicinio-Sph.	0/10	0/H (-)
	Ilp 10	124358/494254	Pallavicinio-Sph.	0/10	P/H (-)
Wobberibben	Wb 1	194849/533119	Scorpidio-Car.dian.	10/10	0/H (+/-)
Koegelwieck	12 (1920)	151145/602709	Car. trinervi-nigrae	-20/50	P/0 (+)
	6 (1956)	151124/602740	Car. trinervi-nigrae	-30/45	P/0 (+)
	3 (1986)	151031/602712	J. balt.-Schoen. nigr	-20/40	P/0 (-)
	10 (1990)	150924/602718	J. balt.-Schoen. nigr	-50/23	P/0 (+/-)
	16 (1995)	151374/602762	J. balt.-Schoen. nigr	-20/50	P/0 (-)

De standplaatsen van de Veenkampen, Taarlo en Lage Maden hebben een landbouwkundig verleden. Alleen bij plagmaatregelen ontwikkelen de standplaatsen zich daar gunstig. Zonder plagmaatregelen blijft succes uit. In het Ilperveld blijft succes uit ondanks plaggen en hydrologische maatregelen. In de Koegelwieck blijft herstel ondanks plagmaatregelen uit op plaatsen waar kalkminnende vegetaties werden verwacht.

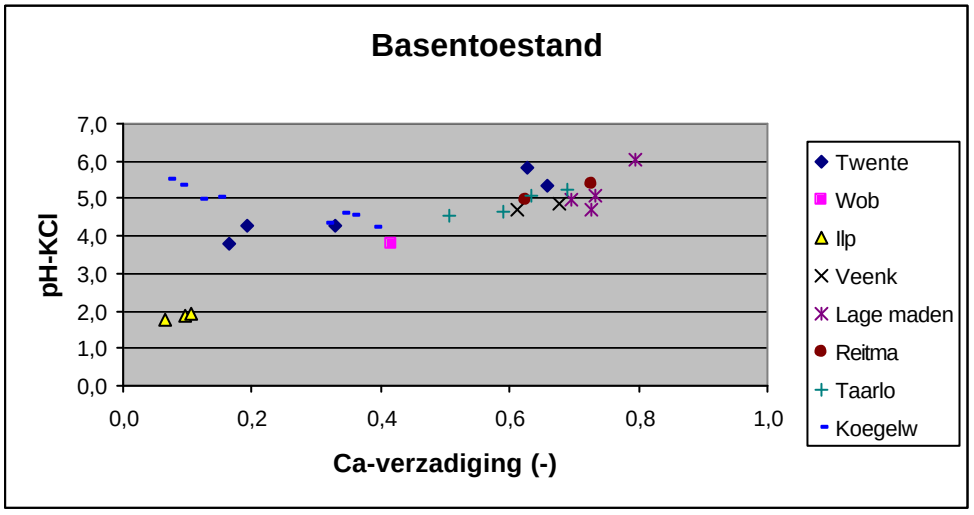
3.1.2 Humusprofielen

De resultaten van de humusprofielbeschrijvingen zijn opgenomen in aanhangsel 2.
In verschillende profielen komen effecten van vernatting tot uiting in de aanwezigheid van een weinig omgezette horizont (.f, .m) boven een sterk gehumificeerde horizont (.m, .h): Ilp9, Trl 419, Trl 424, Sth1, LMA4, LMC4, Kw3,6,12.

3.1.3 Bodemchemische eigenschappen

Een overzicht van de bodemchemische analyseresultaten en afgeleide variabelen is opgenomen in aanhangsel 3. Met de afgeleide variabelen is de basen-, voedings-, eutrofiërings- en de redoxtoestand getypeerd.

Basentoestand
De basentoestand wordt gerelateerd aan de pH-KCl en de Ca-verzadiging van het adsorptiecomplex (Ca_s). Bij een hoge basentoestand heeft de pH-KCl en de Ca-verzadiging een hoge waarde. Bij verzuring daalt de Ca-verzadiging sneller dan de pH-KCl omdat de zuurgraad enigszins wordt gebufferd door kationwisseling op het adsorptiecomplex. Een lage basentoestand wordt gekenmerkt door een combinatie van lage waarden van de pH en een lage calciumverzadiging van het adsorptiecomplex van de bodem. In figuur 1 wordt de basentoestand van de standplaatsen in de verschillende terreinen weergegeven.



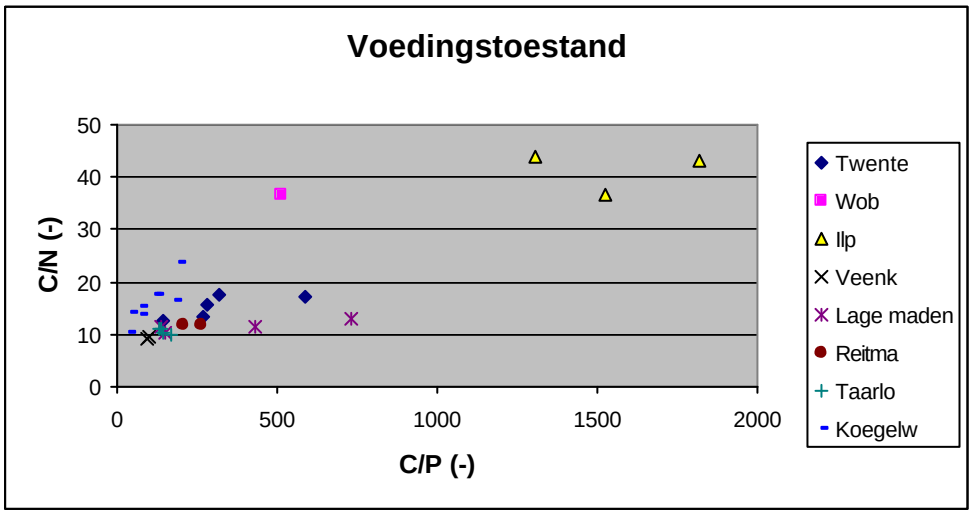
Figuur 1 De calciumverzadiging van het adsorptiecomplex in relatie tot de pH-KCl van de onderzochte standplaatsen

Uit figuur 1 blijkt dat de bodemhorizonten in Lage Made, de Reitma, de Veenkampen en standplaats 15 in Punthuizen een hoge calciumverzdiging en pH hebben. Hieruit kan worden afgeleid dat de betreffende horizonten onder invloed van kwelwater staan. De zuurbuffercapaciteit van deze standplaatsen is groot. Hetzelfde geldt voor de bovengronden (0-10 cm-mv) van Taarlo en in iets mindere

mate voor de ondergronden (>10 cm-mv). De Wobberibben nemen een tussenpositie in. Standplaats 9 in Punthuizen (Ca_s=0,20; pH=4,3) is sterk verzuurd als gevolg van uitspoeling en infiltratie. In Stroothuizen is de bovengrond van standplaats 1 in de slenk sterk verzuurd, waardoor vorming van een wortelmat (Mm-horizont) heeft plaatsgevonden. De ondergrond is er nog enigszins gebufferd, maar lijkt eveneens te verzuren. In het Ilperveld komt een lage Ca_s en een extreem lage pH voor. Dit wijst op een sterke uitspoeling en infiltratie. Omdat er geen minerale horizonten voorkomen kan de zuurgraad niet door aluminiumoxide worden gebufferd. De lage zuurgraad is het gevolg van dissociatie van organische zuren. In de Koegelwieck hebben de dagzomende horizonten van de oudere plagplekken waar zich inmiddels een organisch stofrijke wortelhorizont heeft ontwikkeld, een zuur karakter met een Ca_s van 30 to 40% . De onderliggende horizonten bevatten vrijwel geen organische stof en hebben een zeer lage Ca_s , maar de pH wordt op een hoog niveau gebufferd. De dagzomende horizonten van de recentere plagplekken (>1990) hebben nog geen organische stofaccumulatie en een zeer lage Ca_s.

Voedingstoestand

De voedingstoestand wordt gerelateerd aan de C/N- en C/P-verhouding van de organische stof. Naarmate de C/N of C/P verhouding hoger is, is het organisch materiaal minder omgezet en is sprake van een geringe mineralisatie, een tragere nutriëntenkringloop en voedselarmere omstandigheden. Vers strooisel dat niet is afgebroken heeft daarom in zijn algemeenheid hogere C/N en C/P waarden dan stabiele (gehumificeerde) organische stof. Lage C/N en C/P waarden wijzen op een intensieve omzetting en humificatie van de organische stof en een snelle nutriëntenkringloop. De hoogte van de C/N en C/P verhouding is dus een maat voor biologische activiteit in de bodem en dus voor de mate waarin voedingstoffen door afbraak beschikbaar komen. In figuur 2 wordt de voedingstoestand van de standplaatsen in de verschillende terreinen weergegeven.



Figuur 2 De C/N en C/P verhouding van de organische stof van de onderzochte standplaatsen

In de C/P waarden is een grotere spreiding aanwezig dan in de C/N. In Wobberibben en Ilperveld is sprake van geringe omzetting van organische stof en

voedselarme omstandigheden. In Taarlo, de Reitma, de Veenkampen, de niet geplagde standplaatsen in Lage Made wordt organische stof intensief omgezet waardoor N en P in principe rijkelijk beschikbaar komen door mineralisatie. In de bovengrond van Punthuizen en Stroothuizen en in de geplagde standplaatsen van Lage Made lijkt een ontwikkeling naar wat minder voedselrijke omstandigheden gaande. In de Koegelwieck worden de dagzomende wortelhorizonten getypeerd door wat hogere C/N waarden wat wijst op enige accumulatie van organische stof. De C/P verhouding is daarentegen laag, wat wijst op een ruime beschikbaarheid van fosfaat die in de organisch stof door humificatie wordt ingebouwd.

Bij waarden Ca_s < 0,25 neemt de biologische activiteit van de bodem sterk af, waardoor accumulatie van strooisel en nutrienten plaatsvindt. Boven deze waarde overheersen decompositie en humificatieprocessen. De correlatie tussen de C/P en C/N verhouding enerzijds en de Ca_s anderzijds is daardoor vrij goed:

$C/N = 9{,}3\ Ca_s^{-0{,}57}$ ($r^2 = 0{,}70$)

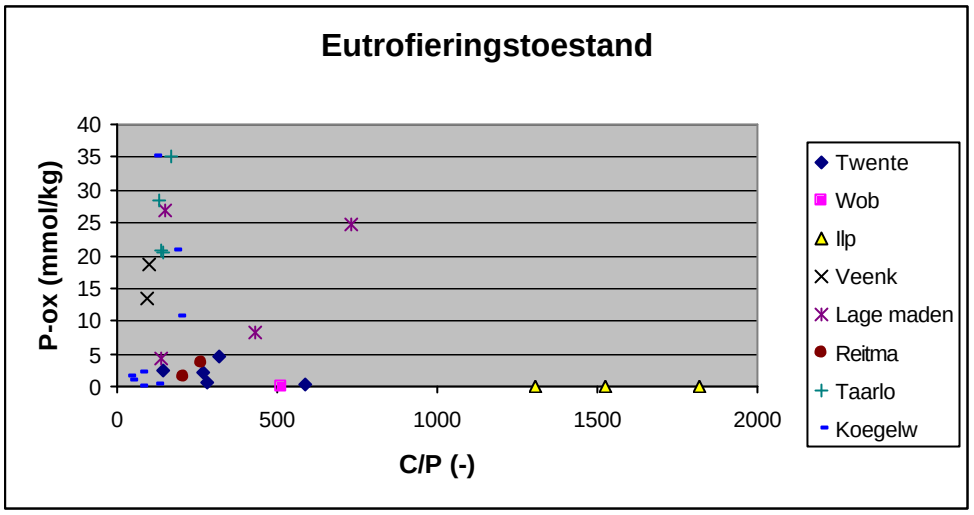
$C/P = 121{,}58 Ca_s^{-0{,}84}$ ($r^2 = 0{,}48$)

Eutrofiëringstoestand

In tegenstelling tot stikstof kan fosfor in belangrijke mate in anorganische vorm in de bodem zijn vastgelegd. De eutrofiëringstoestand wordt herleid uit de hoeveelheid anorganisch fosfaat dat aan ijzer en aluminiumoxiden kan worden gebonden in relatie tot de C/P verhouding van de organische stof. De gedachte hierachter is dat naast immobilisatie van anorganisch P tijdens humificatie (waardoor lage C/P verhoudingen ontstaan) tevens P-fixatie aan ijzer- (en aluminium)oxiden kan plaatsvinden. Naarmate meer P beschikbaar is dan nodig voor het humificatieproces, zal de overmaat aan ijzeroxiden worden gebonden. Door desorptie kan deze fractie gedeeltelijk weer beschikbaar komen voor de vegetatie. Uit figuur 3 blijkt dat eutrofiëring alleen voorkomt bij de standplaatsen met lage C/P verhoudingen, waar in principe al een ruime beschikbaarheid van P aanwezig is door mineralisatie.

In beekdalsystemen is het oppervlaktewater meestal de belangrijkste bron van deze anorganische fosfor. Ook kan bemesting een fosfaatbron zijn. In figuur 3 wordt de eutrofiëringstoestand van de standplaatsen in de verschillende terreinen weergegeven.

Volgens figuur 3 is in Taarlo, de Veenkampen en in de ondergrond (>10cm-mv) van Lage Made fosfaat geaccumuleerd en kan eutrofiëring ontstaan door desorptie. De bron van dit fosfaat is ongetwijfeld bemesting tijdens landbouwkundig gebruik in het vreleden. Ook in de Koegelwieck is plaatselijk (Kw3, 6) veel fosfaat geaccumuleerd. Mogelijk is dit fosfaat afkomstig uit vroegere inundatie (1915) met zeewater. In de Reitma, Twente en de bovengrond van Lage Maden is geen fosfaat geaccumuleerd. De lage P_{ox} gehalten in de bovengrond van zowel de geplagde als de ongeplagde standplaats in Lage Made kan worden verklaard uit de nieuwvorming van een organische horizont door vernatting.



Figuur 3 C/P verhouding in relatie tot anorganisch fosfaat op de onderzochte standplaatsen.

Het fosfaatfixerend vermogen is sterk gekoppeld aan het gehalte ijzer- en aluminium oxiden. In figuur 4 is de relatie tussen het P_{ox}-gehalte en het Fe_{ox}-gehalte weergegeven. De monsters zijn daarbij gestratificeerd naar het beheer dat in het verleden plaatsvond. De relatie heeft een hoge verklaarde variantie (r^2=79,1), waaraan Fe_{ox} sterk significant (t_{pr}<0,001) en de factor beheer significant (t_{pr}=0,002) bijdraagt:

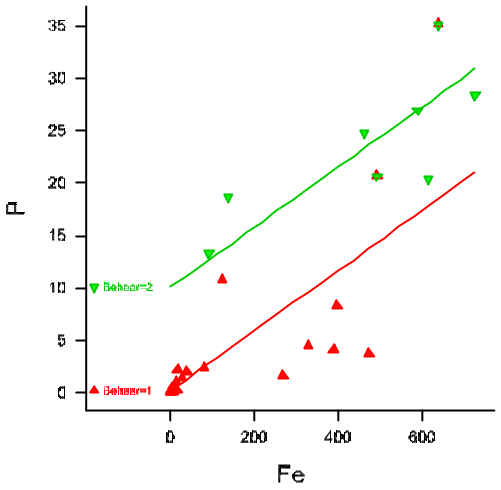
Landbouw verleden: $P_{ox} = 0{,}0288Fe_{ox} + 10{,}01$
Geen landbouw verleden: $P_{ox} = 0{,}0288Fe_{ox} + 0{,}14$

Figuur 4 illustreert dat de anorganisch fosfaatgehalten over het algemeen hoger zijn naarmate meer ijzeroxiden in de bodem voorkomen. Bij landbouwkundig gebruik wordt bij een vergelijkbaar ijzergehalte meer fosfaat gebonden. De fosfaatbezetingsfractie wordt berekend als:

$$FBF = P_{ox}/(Fe+Al)_{ox}.$$

Een grond wordt als fosfaatverzadigd beschouwd bij een waarde FBF>0,5 (Schoumans,1995,1996). De gemiddelde fosfaatbezettingsfractie van de horizonten in de voormalige landbouwgronden is hoger dan die in de natuurterreinen en bedraagt 0,049 resp. 0,010. Kennelijk zijn ondanks het langjarige verschralingsbeheer in de Drentse Aa (>25 jaar) en de Veenkampen (>15 jr) nog steeds verhoogde fosfaatgehalten in de bodem aanwezig. Nergens is echter sprake van fosfaatverzadiging.

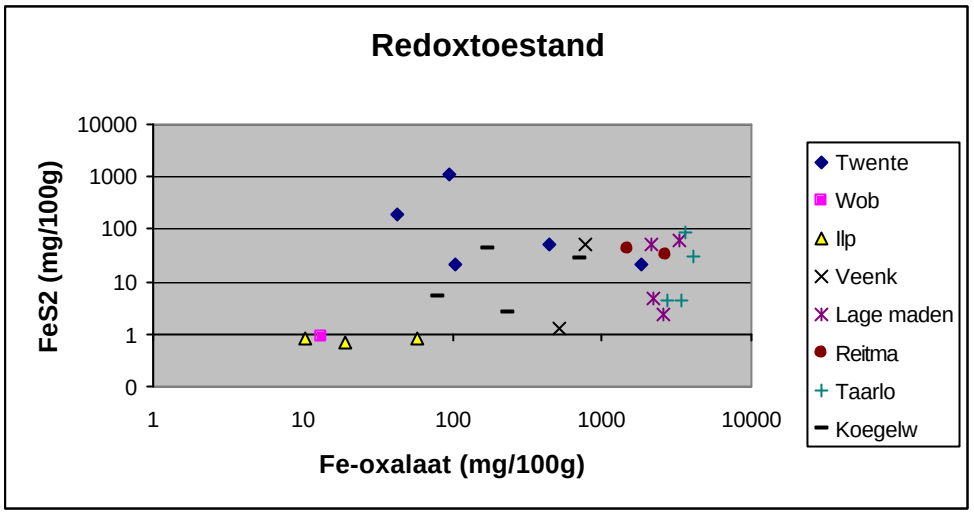
In natuurgebieden blijft het anorganisch fosfaatgehalte zelfs bij hoge ijzergehalten onder 10 mmolP/kg. Alleen op standplaats 3 van de Koegelwieck (plagjaar 1986) komen de fosfaatgehalten boven deze grenswaarde.



Figuur 4 Anorganisch gebonden fosfaat (P in mmol/kg) als functie van het ijzeroxalaatgehalte (Fe in mmol/kg) gestratificeerd naar bodemgebruik; Beheer 1: natuur; beheer 2: landbouwverleden

Redoxtoestand

IJzeroxiden ($Fe(OH)_3$) spelen een belangrijke rol bij redoxprocessen, omdat Fe^{3+} bij oxidatie van organische stof onder anaërobe omstandigheden als electronenacceptor fungeert en daardoor wordt gereduceerd tot Fe^{2+}. Afhankelijk van de voorraad kunnen uiteindelijk alle ijzeroxiden door reductie tot oplossing komen. Indien aanwezig kan sulfaat vervolgens de rol van electronenacceptor bij redoxprocessen overnemen. Hierbij wordt sulfaat gereduceerd tot sulfide en kan in combinatie met Fe^{2+} 'pyrietvorming' (FeS/FeS_2) plaatsvinden. De verhouding tussen ijzeroxiden en pyriet kan daarom als een maat voor de redoxtoestand worden gezien. Bij langdurige en structurele anaërobie door vernatting kunnen alle ijzeroxiden omgezet worden in ijzersulfiden. Eenmaal gevormd zijn ijzersulfiden vrij stabiel en beschermd tegen oxidatie door coatings (Bush and Sullivan,1999). De aanwezigheid van pyriet wijst tevens op een sterke zuurconsumptie, wat faciliterend is voor omwisseling van H-ionen tegen Ca-ionen op het adsorptiecomplex en tot een hoge calciumverzadiging (Ca_s) leidt. In dergelijke situaties is daarentegen veel potentiële aciditeit aanwezig, wat kan leiden tot sterke fluctuaties in zuurgraad. Op plaatsen waar een belangrijk deel van de ijzeroxiden zijn omgezet in pyriet zal de fosfaatadsorptiecapaciteit zijn afgenomen. Uit figuur 5 blijkt dat geen pyrietvorming plaatsvindt in Wobberibben en Ilperveld. In de nieuwgevormde M-horizonten (vernatting) van Lage Made en Taarlo is nauwelijks pyrietvorming in tegenstelling tot de iets dieper gelegen Oh-horizonten. In de Reitma en Stroothuizen en de natste standplaats van de Veenkampen is sprake van pyrietvorming maar zijn ijzeroxiden nog ruim aanwezig. In Punthuizen zijn vrijwel alle ijzeroxiden omgevormd tot pyriet. In de M-horizont van standplaats Kw6 (plagjaar 1956) is dit proces ver gevorderd. In de diepere horizonten van de Koegelwieck ontbreekt organische stof die nodig is voor reductie. Daar wordt geen pyriet gevormd.



Figuur 5 Pyrietgehalte in relatie tot het gehalte ijzeroxiden van de onderzochte standplaatsen

3.1.4 Conclusies

In tabel 2 zijn aan de hand van de analyseresultaten de standplaatseigenschappen gekarakteriseerd. Het volgende kan worden geconcludeerd:

1. De basentoestand lijkt in relatie tot het te realiseren doeltype te laag bij standplaats Sth1, Ilp9, Ilp10 en de jongere plagplekken in de Koegelwieck (Kw3,10,16).
2. De voedingstoestand lijkt in relatie tot het te realiseren doeltype aan de hoge kant bij standplaats Pth9, Pt15, LMA4, Rt, Vk C, Vk D en Kw12 en bij Sth 1 en Kw3 juist aan de lage kant.
3. De eutrofiëringstoestand lijkt te hoog bij beide standplaatsen van Lage Maden, Taarlo en de Veenkampen en bij standplaats Kw3.
4. Bij standplaatsen Pth 9, Pth15 en Kw6 komen hoge gehalten pyriet voor evenals in de diepere horizonten van de standplaatsen in Lage Maden en Taarlo en van Kw3.
5. Bij een hoge redoxtoestand mag een hoge basentoestand worden verwacht. In dit opzicht bestaat er een discrepantie bij standplaats Pth9 en Kw6.

Tabel 2 Doeltypen en toestandsvariabelen van de onderzochte standplaatsen

Standplaats code	Doeltype	Herstel	Basen-toestand	Voedings-toestand	Eutrof-toestand	Redox-toestand
Pth 9	Lycop.-Rhynchosp.	P/H (+)	Laag	Matig	Laag	Hoog
Pth 15	Cirsio-Mol. parn.	0/H (+)	Hoog	Rijk	Laag	Hoog
Sth 1	Crepido-Juncetum	P/0 (?)	Laag	Matig	Laag	Matig
LM A4	Junco-Molinion	0/0 (-)	Hoog	Rijk	Matig	Matig
LM C4	Junco-Molinion	P/0 (+)	Hoog	Matig	Matig	Matig
Trl 419	Juncion acutiflori	0/0 (-)	Hoog	Rijk	Hoog	Matig
Trl 424	Juncion acutiflori	0/H (+)	Hoog	Rijk	Hoog	Matig
Rt	Cirsio-Molinietum	0/H (+)	Hoog	Rijk	Laag	Matig
Vk C	Cirsio-Molinietum	P/H (+)	Hoog	Rijk	Matig	Matig
Vk D	Cirsio-Molinietum	0/0 (-)	Hoog	Rijk	Matig	Laag
Ilp 9	Pallavicinio-Sph.	0/H (-)	Laag	Arm	Laag	Laag
Ilp 10	Pallavicinio-Sph.	P/H (-)	Laag	Arm	Laag	Laag
Wb 1	Scorpidio-Car.dian.	0/H (+/-)	Laag	Arm	Laag	Laag
12 (1920)	Car. trinervi-nigrae	P/0 (+)	Laag	Rijk	Laag	Laag
6 (1956)	Car. trinervi-nigrae	P/0 (+)	Laag	Matig	Laag	Hoog
3 (1986)	J. balt.-Schoen. nigr	P/0 (-)	Laag	Matig	Hoog	Matig
10 (1990)	J. balt.-Schoen. nigr	P/0 (+/-)	Laag	Rijk	Laag	Laag
16 (1995)	J. balt.-Schoen. nigr	P/0 (-)	Laag	Rijk	Laag	Laag

3.2 Modelberekeningen

3.2.1 Calibratie en verificatie

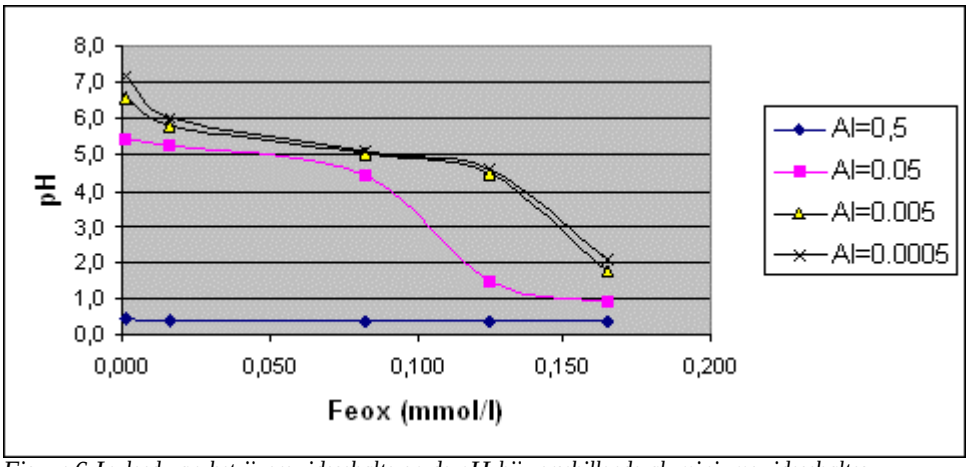
Aluminium- en ijzeroxiden

Het belangrijkste probleem bij de calibratie is het berekenen van de pH cq. Ca_s onder aërobe omstandigheden. Zowel gibbsiet als goethiet zijn de belangrijkste mineralen die de zuurgraad controleren volgens:

$$\log Al^{3+} + 3pH - \log Al(OH)_3 = 8{,}04$$

$$\log Fe^{3+} + 3pH - \log Fe(OH)_3 = 2{,}70$$

Uit beide reactievergelijkingen kan worden afgeleid dat de pH zal dalen naarmate meer van een van beide mineralen aanwezig is, waarbij de verhouding tussen de opgeloste ionen overigens gelijk blijft (zie figuur 6).



Figuur 6 Invloed van het ijzeroxidegehalte op de pH bij verschillende aluminiumoxidegehaltes

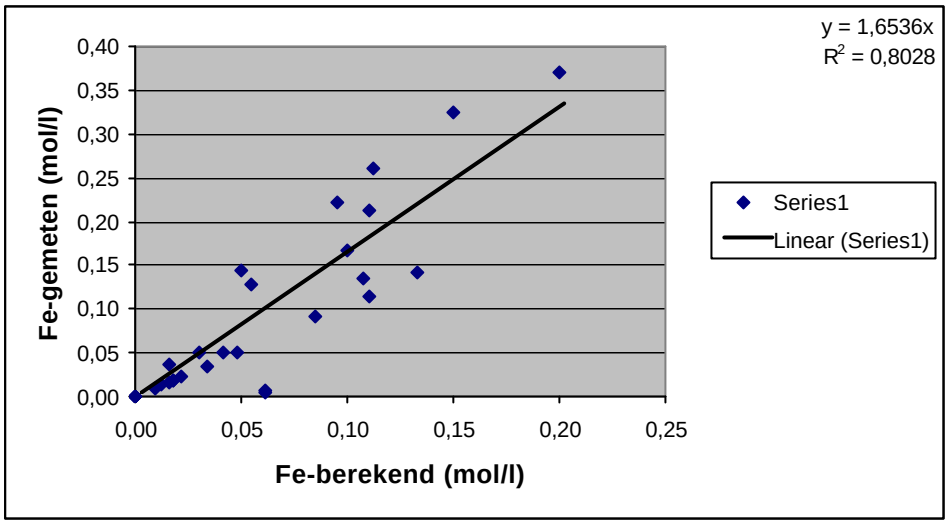
Omdat in Ecosat zowel gibbsiet (=Al-oxalaat) als goethiet (=Fe-oxalaat) een invoergegeven is, is het gehalte ervan sterk bepalend voor de pH. In veel gevallen leidt invoer van de analyseresulaten tot irreëel lage pH waarden (pH<<1). Uitgangspunt bij de calibratie is geweest dat de ijzeroxidegehalten zo min mogelijk mochten afwijken van de meetgegevens, omdat ijzer veel interacties heeft met andere gedefinieerde componenten en een sleutelrol speelt bij de evaluatie van de effecten van vernatting. In dit opzicht is minder kritisch omgegaan met het aluminiumgehalte, omdat er geen interacties tussen aluminium en de andere gedefinieerde componenten aanwezig zijn. (Alumiuniumfosfaatzouten blijken niet gevormd te worden).

Correctie ijzeroxide

Bij hoge organische stofgehalten kan een belangrijke hoeveelheid ijzer-ionen in chelaatvorm gebonden zijn aan de organische stof. Daarom is in de calibratieprocedure het gemeten ijzergehalte gecorrigeerd voor het gehalte uitwisselbaar ijzer. Hiertoe werd gebruik gemaakt van een regressieformule voor de relatie tussen uitw-Fe en het organisch stofgehalte (Kemmers en van Delft, 2003).

$$\text{Fe-uitw} = -0{,}067 + 0{,}086 * (\text{Org.st})^{1{,}0238}.\ (r^2 = 0{,}71)$$

Figuur 7 geeft de relatie tussen gecorrigeerde en gemeten gehalten weer. De gecorrigeerde ijzeroxidegehalten zijn als invoergegeven gebruikt.



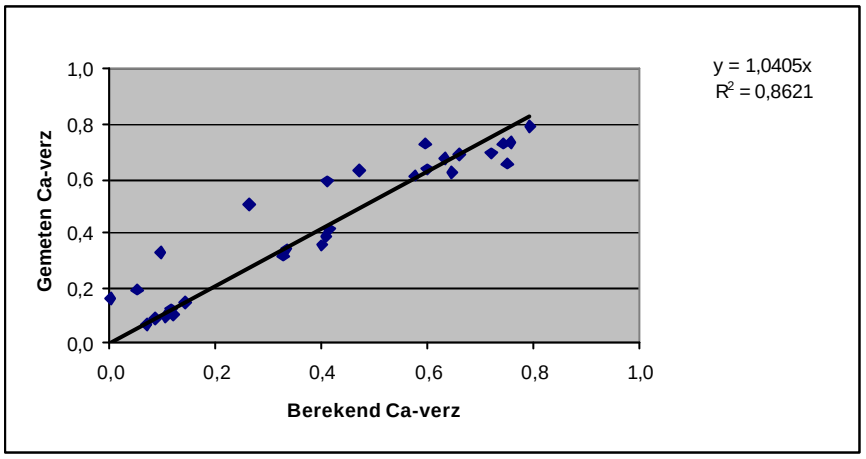
Figuur 7 Relatie tussen gemeten gehalten ijzeroxiden en gehaltenn die gecorrigeerd zijn voor de uitwisselbare fractie ijzer

Uit figuur 7 blijkt dat vooral bij hoge gehaltes het gehalte 'actief' ijzeroxide aanzienlijk kan worden gereduceerd door deze correctie.

Aanpassing aluminiumoxide

Vervolgens is het gehalte Al-oxiden als calibratieparameter gebruikt door dit net zolang aan te passen totdat de berekende pH en de Ca_s overeenstemden met de meetwaarden. Over het algemeen waren de aanpassingen aanzienlijk. Dit impliceert dat in veel gevallen òfwel aluminiumoxiden geen rol spelen bij de pH-buffering òfwel dat de gemeten Al_{ox} gehalten niet representatief zijn voor het gehalte aluminiumoxiden. Voor het eerste geval zou dit betekenen dat andere componenten dan aluminiumoxiden een rol spelen bij zuurbuffering. Omdat horizonten van de humusvorm vaak een hoog organisch stofgehalte bevatten spelen waarschijnlijk organische zuren een belangrijke rol. In wezen wordt het veronderstelde aluminiumoxide dan beschouwd als een anonieme component met als enige doel de pH op het juiste niveau te bufferen. Dit is als acceptabel beschouwd omdat deze Al-component geen interacties heeft met andere componenten.

De resultaten van de calibratie zijn weergegeven in figuur 8, waarbij gecalibreerde waarden van de Ca_s zijn vergeleken met de meetwaarden.



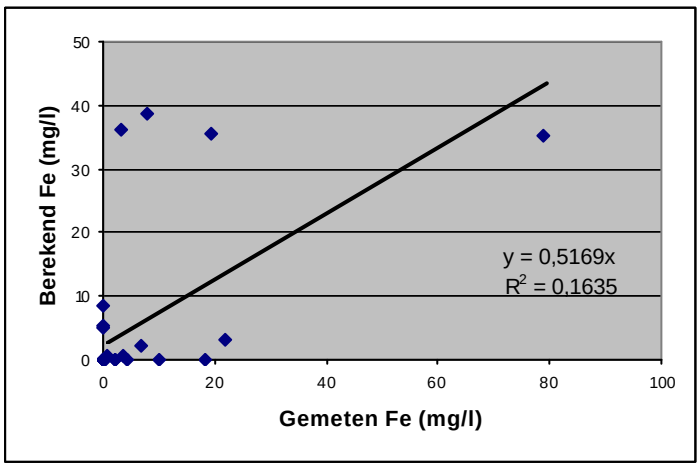
Figuur 8 Berekende waarden van de calciumverzadiging na calibratie in vergelijking met meetwaarden

De gecalibreerde en gemeten waarden zijn goed gecorreleerd, waarbij de regressielijn een 1:1 verband laat zien. De volgens figuur 8 gecalibreerde systemen zijn als uitgangspunt genomen voor verdere evaluaties.

Verificatie

Verificatie heeft plaatsgevonden door vergelijking van gemeten en berekende concentraties van Fe^{2+} in het bodemvocht. De berekening van ijzerconcentraties is geheel onafhankelijk van de parameters waarmee werd gecalibreerd en geven daarom enig inzicht in de betrouwbaarheid van de berekeningen.

Figuur 9 geeft de correlatie tussen berekende en gemeten ijzerconcentraties. De verklaarde variantie is zeer gering.



Figuur 9 Gemeten en berekende ijzerconcentraties ter verificatie van de modelresultaten

Omdat het meten van ijzerconcentraties zeer gevoelig is (O_2-effect) zijn de meetwaarden niet zeer betrouwbaar. Bij de verificatie gaat het echter niet zozeer om exacte waarden maar om de vraag of de berekende waarden binnen dezelfde range liggen als de meetwaarden en of deze berekende waarden realistisch zijn.

Met een ongepaarde (two-sample) T-toets bleek er geen significant verschil te bestaan tussen de varianties van meet- en berekende waarden (F=1,52; df =20; F_{pr}=0,36). Ook de gemiddelden van beide populaties waren niet significant verschillend (T=-0,09; df=40; T_{pr}=0,93). Deze testresultaten geven aan dat de berekende waarden binnen hetzelfde bereik zijn gelegen als de meetresultaten. Het model voorspelt geen onwaarschijnlijke waarden.

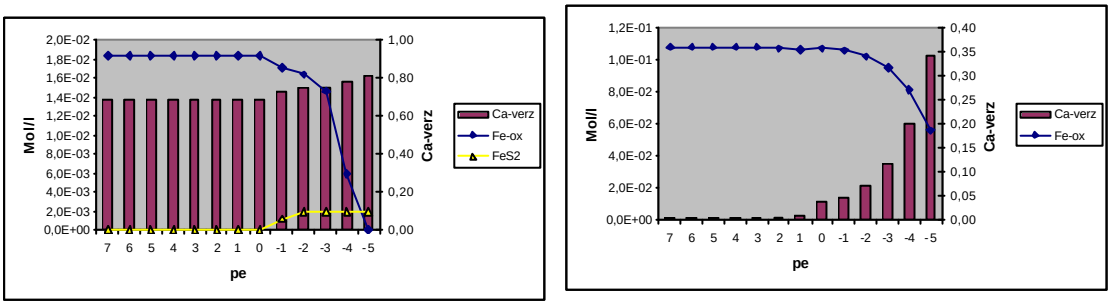
Conclusie

Uit de calibratieprocedure kan worden geconcludeerd dat berekeningen met Ecosat tot acceptabele resultaten leiden. Omdat het gehalte aluminiumoxiden als calibratieparameter is gebruikt, zijn evenwichtsberekeningen waarbij aluminium-ionen zijn betrokken onbetrouwbaar.

3.2.2 Modelresultaten

3.2.2.1 Regulatie van de basentoestand

Met het gecalibreerde model werd het effect van vernatting op de basentoestand gesimuleerd door de redoxpotentiaal te laten dalen van een waarde pe=3 tot -3 (Eh=177 resp.-177mV). Bij een daling van de redoxpotentiaal vindt reductieplaats, waardoor zuurconsumptie plaatsvindt, de pH stijgt, H^+-ionen van het adsorptiecomplex worden omgewisseld tegen Ca^{2+}-ionen en de calciumverzadiging van het adsorptiecomplex toeneemt. Dit proces kan doorgaan door totdat alle redoxcapaciteit, gevormd door ijzeroxiden en sulfaten, is verbruikt. Vanaf dat moment zullen de pH en calciumverzadiging niet verder toenemen. Dit proces wordt geïllustreerd door figuur 10 a enb.

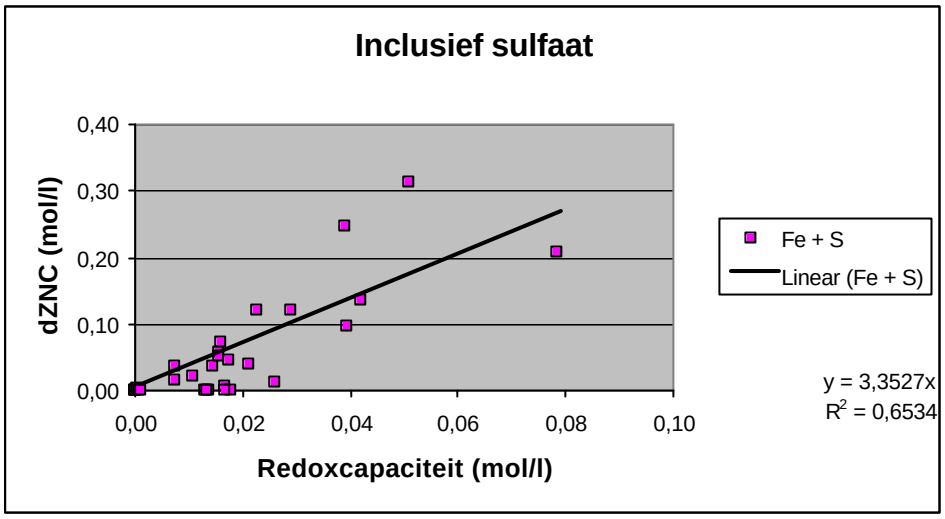


Figuur 10 Verloop van de Ca-verzadiging en het gehalte ijzeroxide en pyriet bij dalende redoxpotentiaal in a) horizont Pth15-OA en b) Sth-Mm

Afhankelijk van een veelheid van factoren (gehalte ijzeroxiden, pH uitgangssituatie bij pe=3, adsorptiecapaciteit, omwisselconstante) zal de redoxcapaciteit geheel (figuur 10a) of slechts gedeeltelijk (10b) worden verbruikt en de calciumverzadiging nauwelijks (10a) of juist sterk (10b) toenemen.

Door de stijging van de calciumverzadiging neemt de zuurneutralisatiecapaciteit (de basentoestand) toe. Figuur 11 is een samenvatting van de berekening voor alle standplaatsen en laat het verband zien tussen de toename van de ZNC en de

verbruikte redoxcapaciteit als de redoxpotentiaal daalt van pe=3 tot pe=-3. De resultaten laten zien dat de ZNC toeneemt naarmate meer ijzeroxiden en sulfaten zijn gereduceerd.



Figuur 11 Berekende toename in zuurneutralisatiecaapiteit in relatie tot de verbruikte redoxcapaciteit van de onderzochte standplaatsen

Regressie-onderzoek heeft niet geleid tot een verklaring van de verbuikte redoxcapaciteit vanuit factoren die daarbij procesmatig zijn betrokken. Er kon geen verband worden gelegd met bv. gehalte ijzeroxiden, pH in uitgangssituatie bij pe=3, adsorptiecapaciteit, omwisselconstante. Het blijft daarom onduidelijk welke factoren bepalend zijn voor de toename van de ZNC.

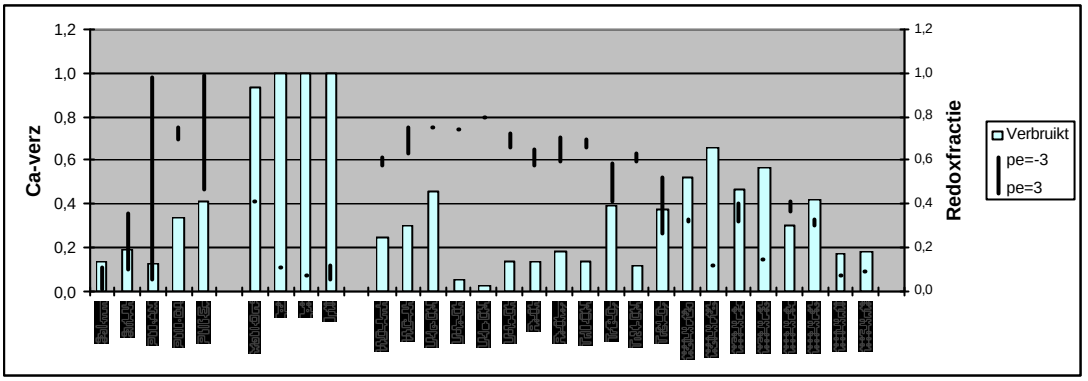
De basen- en redoxtoestand

Van alle standplaatsen is berekend wat de maximale basentoestand is bij vernatting en welke fractie van de redoxcapaciteit verbruikt wordt om deze toestand te bereiken (figuur 12). Daartoe is berekend in welke mate de calciumverzadiging stijgt als de redoxpotentiaal daalt van pe=3 naar pe=-3. De verbruikte redoxfractie is berekend als het quotient van de verbruikte en de potentiële redoxcapaciteit. De potentiële redoxcapaciteit is gelijkgesteld aan de som van ijzeroxiden en sulfaten in het systeem.

De resultaten laten zien dat in de meeste standplaatsen slechts een deel van de redoxcapaciteit verbruikt is bij een pe=-3. Alleen in de Wobberibben en het Ilperveld is de redoxcapaciteit volledig verbruikt en kan de basentoestand niet verder worden verbeterd. De totale redoxcapaciteit is er het geringst van alle onderzochte standplaatsen.

In de Stroothuizen is maximaal 20% van de redoxcapaciteit verbruikt bij een pe=-3. Niettemin bereikt de calciumverzadiging daarbij een waarde van nog geen 40%. In Punthuizen daarentegen is slechts een deel van de redoxcapaciteit verbruikt maar kan een calciumverzadiging worden bereikt van 70 tot 100%. Voor een deel is dit te

verklaren uit de grote voorraad pyriet. Dit maakt deze standplaatsen tevens gevoelig voor sterke fluctuaties in de calciumverzadiging.



Figuur 12. De toename van de calciumverzadiging tussen pe=3 en pe=-3(zwarte lijnen) en de fractie van de redoxcapaciteit (staven) die daarbij verbruikt wordt op de verschillende standplaatsen

De Veenkampen, Lage Maden en de Reitma hebben ook onder aërobe omstandigheden (pe=3) een hoge calciumverzadiging (>60%), die bij vernatting (pe=-3) nog maar nauwelijks toeneemt (70-80%) en waarbij nauwelijks redoxcapaciteit wordt verbruikt. De basentoestand van deze standplaatsen ligt op een hoog niveau en er is nog een grote voorraad 'interne' alkaliniteit aanwezig.

In Taarlo neemt de calciumverzadiging van de bovengrond nauwelijks toe bij vernatting, terwijl voldoende redoxcapaciteit beschikbaar is. In de ondergrond stijgt de calciumverzadiging iets sterker en wordt ook een grotere fractie van de redoxcapaciteit daarvoor aangesproken.

In de Koegelwieck wordt op de oudere plagplekken bijna de helft van de redoxcapaciteit verbruikt, waarbij in de bovengrond de calciumverzadiging oploopt tot 35-40%, terwijl in de ondergrond de calciumverzadiging onder de 15% blijft hangen.

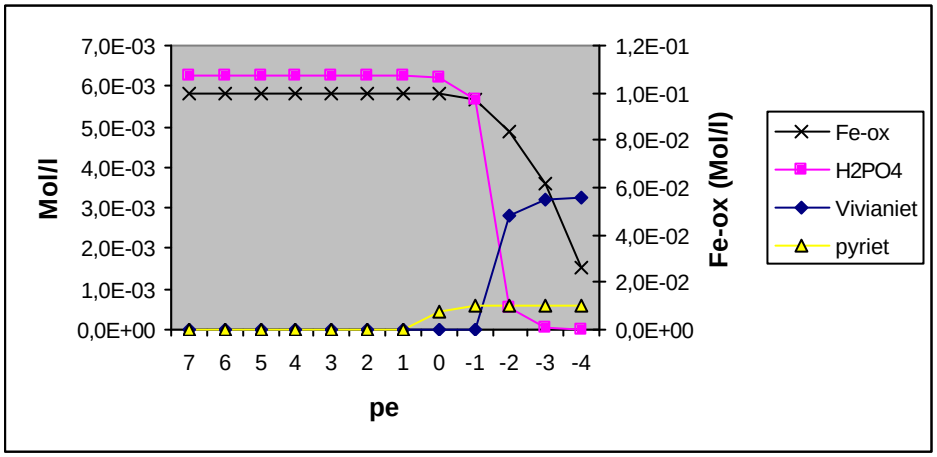
Conclusies

- In algemene zin kan geconcludeerd worden dat de basentoestand en de zuurneutralisatiecapaciteit toeneemt bij vernatting. Deze toename kan vooralsnog niet met een regressiemodel worden verklaard vanuit onderliggende factoren. Het aangeven van de kansrijkdom voor herstel van de basentoestand op basis van bodem(chemische) factoren is daarom nog niet mogelijk.
- In de meeste standplaatsen wordt slechts een deel van de redoxcapaciteit verbruikt bij vernatting. Alleen in de Wobberibben en het Ilperveld wordt de redoxcapaciteit volledig verbruikt en kan de basentoestand niet verder worden verbeterd.
- Op sommige standplaatsen blijft de basenverzadiging ondanks vernatting en voldoende redoxcapaciteit laag.
- De relatie tussen het gehalte ijzeroxiden (en sulfaten) en de toename van de basentoestand bij vernatting is niet eenduidig.

3.2.2.2 Regulatie van de fosfaatbeschikbaarheid

Fosfaatzouten

De modelberekeningen laten zien dat de Fe^{3+} en Al^{3+} concentraties onder aërobe omstandigheden zo laag zijn dat geen verzadigingspunt wordt bereikt voor Fe(III)-P zouten (strengiet) of Al-P zouten (varisciet). De voor de systemen gedefinieerde totale hoeveelheid fosfaat (=P-oxalaat) zou dan volgens het model geheel in opgeloste vorm moeten voorkomen. De berekende concentraties fosfaat zijn dan irreëel hoog. De combinatie van hoge fosfaatconcentraties en de hoge Fe^{2+} concentraties door reductie leidt onder anaërobe condities volgens de modelberekeningen tot een verzadigde oplossing van het Fe(II)-P zout vivianiet. Volgens deze berekening zou dan de fosfaatconcentratie onder reducerende omstandigheden dalen. Dit is in werkelijkheid alleen mogelijk als er voldoende hoge fosfaatconcentraties in oplossing aanwezig zijn. Dit is niet het geval.

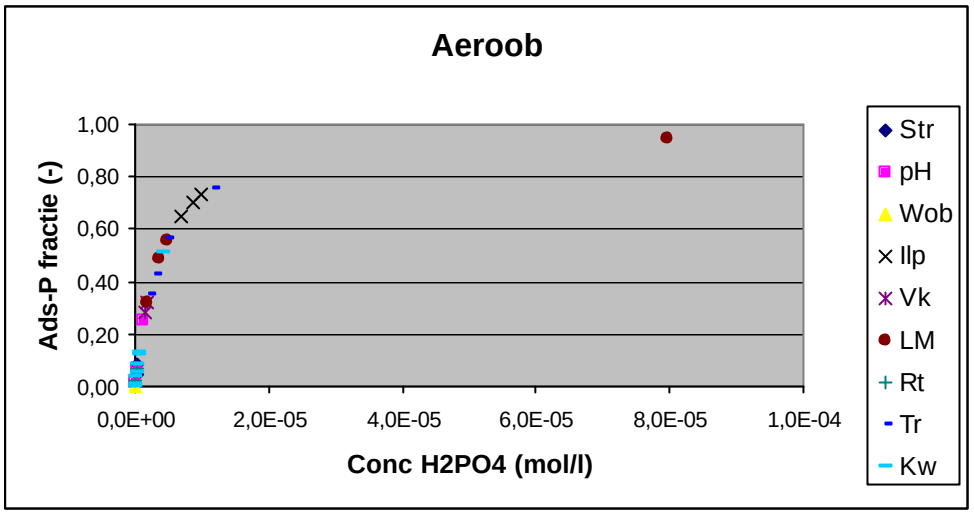


Figuur 13 Het verloop van de fosfaatconcentratie, de vorming van pyriet en vivianiet en het oplossen van ijzeroxide bij daling van de redoxpotentiaal ervan uitgaande dat al het fosfaat in de aërobe fase in opgeloste vorm aanwezig zou zijn (Tr19-Oh)

Fosfaatadsorptie

In figuur 14 is het verband weergegeven tussen de berekende fosfaatconcentratie en de geadsorbeerde fosfaatfractie, uitgaande van een berekening volgens de Langmuir-adsorptie-isotherm zoals gedefinieerd in paragraaf 2.5.3. Daarbij is uitgegaan van het ijzeroxidegehalte in de bodem dat door Ecosat is berekend voor aërobe (pe=3) omstandigheden. Een geadsorbeerde P-fractie van 1,0 komt overeen met het adsorptiemaximum (=0,5* F-oxalaat). Alleen in Lage Made (bovengrond perceel A) wordt dit maximum bijna gehaald.

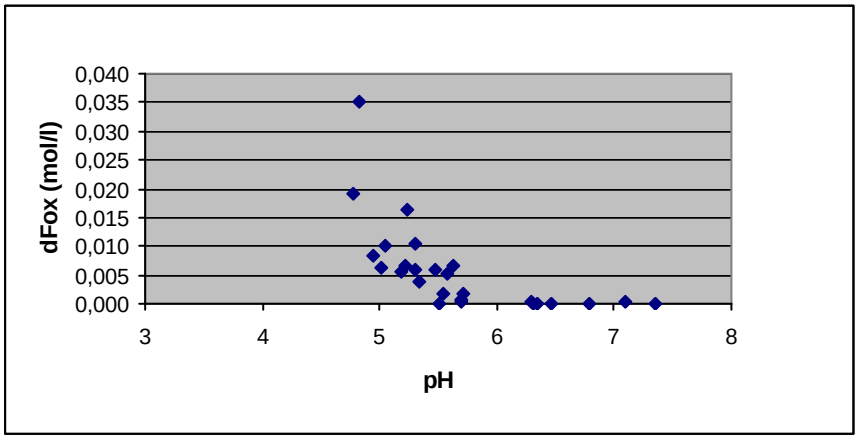
De K-waarde van de adsorptie-isotherm (zie 2.5.3) is iets aangepast (logK=25) ten opzichte van de literatuurreferentie (logK=26). De K-waarde werd zodanig bijgesteld dat 'realistische' fosfaatconcentraties werden berekend, variërend van enkele tot honderden microgrammen $H_2PO_4^-$ per liter.



Figuur 14 Verband tussen opgelost fosfaat en de geadsorbeerde fosfaatfractie berekend volgens een Langmuir-adsorptie-isotherm voor de verschillende standplaatsen

Fosfaatdesorptie

Er is verondersteld dat fosfaatdesorptie plaatsvindt door verlies van sorptiecapaciteit als gevolg van het oplossen van ijzeroxiden door reductie. IJzeroxiden lossen tijdens reductie beter op naarmate de pH lager is. Figuur 15 geeft het verband tussen de pH en de hoeveelheid ijzeroxiden die oplossen als de pe daalt van pe=3 naar pe=-3. Fosfaatdesorptie zal daarom naar verwachting van meer betekenis zijn naarmate de pH lager is.



Figuur 15 Verband tussen pH en het verlies aan fosfaatadsorptiecapaciteit door het oplossen van ijzeroxiden bij een daling van de redoxpotentiaal van pe=3 naar pe=-3(alle standplaatsen m.u.v. Ilperveld)

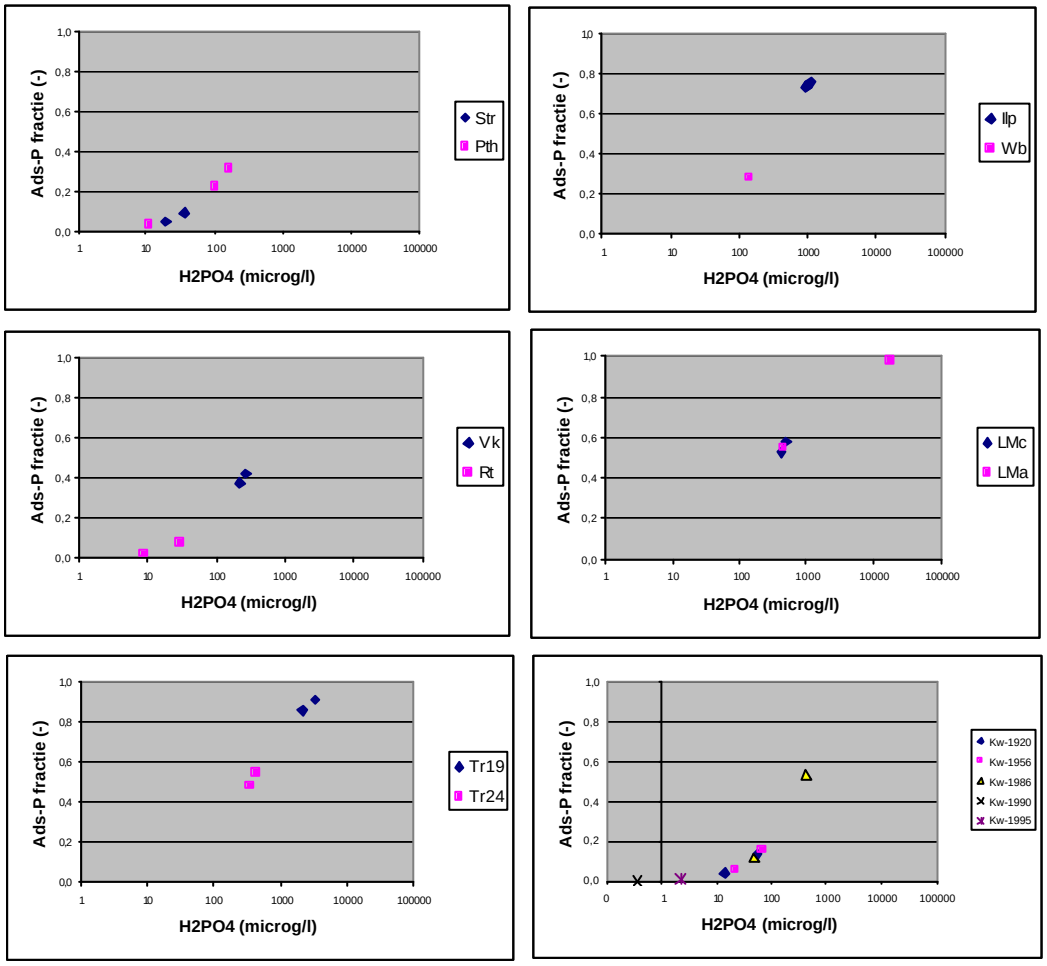
Door verlies van sorptiecapaciteit wijzigt het adsorptiemaximum en daardoor het evenwicht tussen geadsorbeerd en opgelost fosfaat. Het verlies aan sorptiecapaciteit is berekend door met Ecosat het ijzeroxidegehalte te berekenen onder anaërobe omstandigheden (pe=-3). Het adsorptiemaximum werd vastgesteld op 0,5 maal het ijzeroxide gehalte. Figuur 16 geeft per standplaats de berekende fosfaatconcentraties in (µg/l; logschaal) en de geadsorbeerde fosfaatfractie onder reducerende

omstandigheden. Onder natte reducerende omstandigheden zijn de geadsorbeerde fosfaatfracties lager en de fosfaatconcentraties hoger dan onder aërobe omstandigheden.

Uit figuur 16 blijkt dat er een sigmoïde verband aanwezig is tussen geadsorbeerde fractie en opgelost fosfaat. Bij zeer lage (< 0,10) en bij zeer hoge (>0,90) geadsorbeerde fracties leidt een toename van fosfaat in het systeem tot een relatief sterke stijging van de concentratie. De fosfaatconcentratie is in deze trajecten zwak gebufferd. In het middentraject leidt een fosfaattoename tot een sterke adsorptie en een relatief geringe stijging van de concentratie. Hier is de fosfaatconcentratie sterk gebufferd.

Fosfaatmobilisatie

De fosfaatmobilisatie door vernatting is berekend door de fosfaatconcentraties die met Ecosat zijn berekend voor anaërobe en aërobe omstandigheden van elkaar af te trekken. In tabel 3 is een overzicht gegeven van de berekende adsorptiemaxima, geadsorbeerde fracties en gehaltes, fosfaatconcentraties en fosfaatmobilisatie.



Figuur 16 Fosfaatconcentraties en geadsorbeerde fosfaatfractie onder anaërobe omstandigheden volgens berekening met Ecosat

Tabel 3Overzicht gegeven van de berekende adsorptiemaxima, geadsorbeerde fracties en gehaltes, fosfaatconcentraties en fosfaatmobilisatie

Horizont	Adsorptiemaximum molP/kg		P-ads fractie (-)		Geadsorbeerd P molP/kg		H2PO4 microg/l		P-mob microg/l	dConc H2PO4
	pe=3	pe=-3	pe=3	pe=-3	pe=3	pe=-3	pe=3	pe=-3		%
Str1-mm	0,054000	0,047500	0,08	0,09	0,004498	0,004275	33,7	36,6	3	9
Str1-Ah	0,055000	0,049500	0,04	0,05	0,002365	0,002376	16,9	18,8	2	11
Ph9-AM	0,017100	0,008600	0,01	0,03	0,000248	0,000241	5,4	11,0	6	102
Ph15-OA	0,009150	0,007300	0,25	0,31	0,002288	0,002278	119,3	163,0	44	37
Ph15-Ee	0,009150	0,002700	0,07	0,22	0,000595	0,000594	25,1	101,9	77	305
Wob1-Omf	0,000064	0,000004	0,00	0,00	0,000012	0,000001	86,6	139,7	53	61
Ilp9	0,000054	0,000000	0,73	0,76	0,000039	0,000000	970,0	1105,8	136	14
Ilp9	0,000084	0,000000	0,65	0,73	0,000054	0,000000	664,5	955,5	291	44
Ilp10	0,000120	0,000000	0,70	0,73	0,000084	0,000000	849,7	979,7	130	15
VkD-Amh	0,042450	0,032000	0,32	0,42	0,013499	0,013504	171,7	268,7	97	56
VkC-Ah	0,066500	0,050000	0,28	0,37	0,018620	0,018650	142,6	217,3	75	52
LMc-OM	0,015000	0,014550	0,56	0,57	0,008400	0,008264	468,5	502,5	34	7
LMc-Oh	0,008250	0,008200	0,52	0,52	0,004265	0,004264	413,2	418,1	5	1
Lma-OM	0,025000	0,024500	0,95	0,98	0,023750	0,023986	7721,2	17692,8	9972	129
Lma-Oh	0,055000	0,049000	0,49	0,55	0,026895	0,026950	354,1	450,1	96	27
Rt-Oh	0,056250	0,050000	0,07	0,08	0,003819	0,003800	26,7	30,3	4	13
Rt-Ohcg	0,075000	0,065000	0,02	0,02	0,001500	0,001586	7,8	9,1	1	16
Tr19-OM	0,027500	0,023800	0,76	0,86	0,020790	0,020373	1134,9	2172,8	1038	91
Tr19-Og	0,050000	0,030900	0,57	0,91	0,028250	0,028088	479,2	3278,6	2799	584
Tr24-OM	0,047500	0,042200	0,43	0,48	0,020425	0,020425	278,4	346,3	68	24
Tr24-Og	0,100000	0,065000	0,35	0,54	0,035100	0,035100	197,9	429,7	232	117
1920-Kw12a	0,008200	0,007685	0,12	0,13	0,001016	0,001016	51,3	55,2	4	8
1920-Kw12b	0,004698	0,004694	0,04	0,04	0,000172	0,000172	13,7	13,7	0	0
1956-Kw6a	0,010782	0,009200	0,13	0,15	0,001409	0,001409	54,6	65,6	11	20
1956-Kw6b	0,006363	0,006345	0,05	0,06	0,000348	0,000365	22,0	22,1	0	0
1986-Kw3a	0,020819	0,020150	0,51	0,53	0,010722	0,010720	394,3	422,2	28	7
1986-Kw3b	0,024239	0,018200	0,08	0,11	0,002032	0,002032	33,8	46,4	13	37
1990-Kw10	0,030863	0,030861	0,00	0,00	0,000030	0,000030	0,4	0,4	0	0
1995-Kw16	0,030863	0,030855	0,01	0,01	0,000185	0,000185	2,2	2,2	0	0

Uit tabel 3 blijkt dat er soms een grote discrepantie bestaat tussen absolute en procentuele hoeveelheden fosfaat die worden gemobiliseerd. In absolute hoeveelheden is de mobilisatie het grootst in het ongeplagde referentieperceel A van Lage Made en in het botanisch slecht ontwikkelde perceel 19 van Taarlo. Ook in het goed ontwikkelde perceel 24 van Taarlo is de mobilisatie in de ondergrond nog vrij groot. Ondanks de afwezigheid van meetbare hoeveelheden P-oxalaat geven de rekenresultaten voor Ilperveld een grote mobilisatie aan. In de Wobberibben is een matige mobilisastie (61%) aanwezig. Zowel het geplagde perceel C van de Veenkampen als het ongeplagde perceel D geven ook een sterke mobilisatie aan. In dezelfde orde van grootte wordt fosfaat gemobiliseerd in standplaats 15 van Punthuizen. In Stroothuizen, perceel C van Lage Made, de Reitma is vrijwel geen mobilisatie aanwezig. Dit geldt ook voor standplaats 9 in Punthuizen, maar procentueel neemt de mobilisatie daar met ruim 100% toe. In de Koegelwieck tenslotte komt alleen op de plagplek van 1986 en 1956 (Kw3 en 6) enige mobilisatie voor. Er is geen verband met de ouderdom van de plagplek op de Koegelwieck.

Opvallend is dat in de horizonten met de sterkste absolute P-mobilisatie ook volgens figuur 3 getypeerd worden door een hoge eutrofiëringstoestand (P_{ox} gehalten) voorkomen .

De fosfaatmobilisatie kan het best worden verklaard met een regressiemodel (r^2= 75,5) , waarbij rekening wordt gehouden met het beheersverleden volgens:

Natuur: P-mob = $175P_{ads}$ - 15pH + 69
Landbouw P-mob = $12446P_{ads}$ - 2773pH + 8789

Waarbij: P-mob = mobilisatie $H_2PO_4^-$ door reductie in microgram/l
P_{ads} = geadsorbeerde P-fractie bij pe=3
pH = pH van het bodemvocht

Dit empirische model geeft aan dat er een grotere fosfaatmobilisatie zal zijn naarmate de geadsorbeerde fosfaatfractie groter is en de pH lager is en dat het beheersverleden daarbij een grote rol speelt. Een verklaring voor dit model is logisch: volgens de gebruikte adsorptie-isotherm neemt de fosfaatconcentratie toe naarmate meer fosfaat geadsorbeerd is; bij een lage pH lossen ijzeroxiden beter op, waardoor sorptiecapaciteit verloren gaat en fosfaat sterker wordt gemobiliseerd.

Een probleem bij dit empirische model is dat de fosfaatmobilisatie niet uit meetgegevens kan worden voorspeld. De geadsorbeerde fosfaatfractie is een modelresultaat en is niet a priori bekend. De pH is wel uit meetgegevens bekend.

Conclusies

- De concentratie fosfaat in het bodemvocht wordt niet gecontroleerd door de oplosbaarheid van fosfaatzouten, maar door adsorptie en desorptieprocessen
- Onder natte reducerende omstandigheden worden hogere fosfaatconcentraties berekend dan onder niet reducerende omstandigheden.
- Het blijkt dat er soms een sterke discrepantie bestaat tussen absolute en procentuele hoeveelheden fosfaat die worden gemobiliseerd.
- In absolute zin wordt bij vernatting een grote fosfaatmobilisatie berekend voor standplaatsen met een landbouwkundig verleden, zelfs indien geplagd is.
- In strikte natuurgebieden is de absolute fosfaatmobilisatie gering, maar kan procentueel aanzienlijk zijn.
- De berekende fosfaatmobilisatie kan vrij goed worden verklaard met een regressiemodel, waarbij de mobilisatie toeneemt naarmate de geadsorbeerde fosfaatfractie groter is en de pH lager is. Dit effect is sterker bij een landbouwkundig gebruiksverleden.
- Fosfaatmobilisatie is afhankelijk van een veelheid van factoren. Een verklaring uit correlatieve verbanden met meetgegevens uit het veld is moeilijk.

3.2.3 Evaluatie van de modelresultaten

In deze paragraaf zullen de modelresultaten worden geëvalueerd op hun mogelijke betekenis voor een verklaring van het succes of falen van het botanisch herstel (zie tabel 1) bij de verschillende standplaatsen. Voor de evaluatie van de effectiviteit van de maatregelen zijn twee hypothesen geformuleerd (paragraaf 2.5.2) over processen waaraan het succes of falen van het botanisch herstel per standplaats kan worden toegeschreven. De modelresultaten dienden als toetsingsfactor voor de hypothesen en als evaluatiefactor voor de effectiviteit van de maatregelen.

Stroothuizen
Het is onduidelijk of plaggen van PQ 1 heeft geleid tot botanisch herstel van het Crepido-Juncetum.

In de Mm-horizont kan alleen nog onder sterk reducerende omstandigheden een Ca-verzadiging van 10-15% worden gerealiseerd. De redoxcapaciteit is dan nog slechts zeer gedeeltelijk verbruikt. Onder aërobe omstandigheden leidt het hoge gehalte Fe_{ox} tot een sterke zuurproductie en een zeer lage Ca-verzadiging. In de iets dieper gelegen en daardoor langduriger anaërobe Ah-horizont is een iets groter deel van de redoxcapaciteit verbruikt en wordt een basenverzadiging van ca. 35% bereikt.

In beide horizonten treedt enige fosfaatmobilisatie op door reductie. Er is echter een overmaat aan ijzer om fosfaat te adsorberen en de concentratie op een laag niveau te bufferen.

De plagmaatregelen hebben niet geleid tot herstel van de basentoestand ondanks voldoende redoxcapaciteit. Via hydrologische maatregelen zal gestuurd moeten worden op een verlenging van de anaërobe fase, waardoor de redoxcapaciteit kan worden benut voor zuurneutralisatie.

Punthuizen
Plaggen en hydrologische maatregelen hebben bij PQ 9 geleid tot herstel van het Lycopodio-Rhynchosporetum. Op basis van de procesanalyse is het twijfelachtig of het herstel als duurzaam kan worden beschouwd. Onder reducerende omstandigheden treedt een zeer hoge basenverzadiging (> 95%) op als gevolg van ruime hoeveelheid sulfaat en daarop volgende pyrietvorming. Niet alle Fe_{ox} wordt daarbij gereduceerd, zodat niet alle redoxcapaciteit wordt verbruikt. Onder aërobe omstandigheden treedt een sterke daling van de Ca-verz door pyrietoxidatie op. Hierdoor treden sterk fluctuaties in Ca-verzadiging op. Een stabiel hydrologisch regime (GHG/GLG thans -35/90) zou dit kunnen voorkomen.

Er is slechts een zeer geringe fractie geadsorbeerd fosfaat. Door reductie neemt de absolute fosfaatconcentratie toe van 5 naar 11 µg$H_2PO_4^-$ per liter. Procentueel is dit echter een stijging van ruim 100%. De fosfaatbuffering is hier zwak (zie ook 3.2.2.2 figuur 16). Door de overmaat aan S ten opzichte van Fe (Fe/S=0,1) kan hier een ernstig eutrofiëringsprobleem ontstaan door vernatting.

Bij PQ 15 zijn hydrologische maatregelen genomen die geleid hebben tot herstel van het Cirsio-Molinietum. In de ondergrond (Ee-horizont) komt veel pyriet voor waardoor een overmaat aan S t.o.v. Fe aanwezig is. Door de aanwezigheid van pyriet zijn sterke fluctuaties in de basenverzadiging aanwezig (45-100%). Niet alle ijzeroxiden worden gereduceerd. Door reductie neemt de fosfaatmobilisatie sterk toe met 305% (77 µg $H_2PO_4^-$/l). In de bovengrond (OA) is weinig pyriet aanwezig en wordt een basenverzadiging van 75% bereikt bij reductie. De Ca-verzadiging is stabiel en goed gebufferd op een hoog niveau. De fosfaatmobilisatie neemt bij vernatting toe met 37% (44 µg $H_2PO_4^-$/l). Probleem van deze standplaats is vooral in de Ee-horizont gelegen, waar een sterke fluctuatie in de Ca-verzadiging en een sterke fosfaatmobilisatie optreden.

Op basis van de procesanalyse lijkt hier een te langdurige anaërobe fase de belangrijkste dreiging voor een duurzaam herstel. De kans op eutrofiëring neemt dan toe. Dit zou kunnen worden ondervangen door de GHG op een lager niveau af te regelen, waardoor condities voor reductie minder gunstig worden.

Lage Maden

De percelen in Lage Maden zijn landbouwkundig in gebruik en bemest geweest. In perceel C hebben plagmaatregelen (20 cm) tot een terugkeer van Calthion-soorten geleid. Perceel A is een referentie waar een productief witbolgrasland aanwezig is en geen herstelmaatregelen zijn genomen. Eerder zijn door verlanding van sloten beide percelen vernat. Bij de calibratie is op basis van de foto's verondersteld (1968, 1970) dat de omstandigheden zeer nat/anaëroob waren, zodat reducerende omstandigheden heersten. Door deze vernatting hebben zich wortelhorizonten ontwikkeld op de veraarde Oh-horizonten.

In beide percelen komt in beide horizonten een hoge basenverzadiging (>70%) voor. De horizonten zijn ijzerrijk (kwelinvloed) en er is ruim voldoende redoxcapaciteit aanwezig om de basentoestand op een hoogniveau te bufferen. Daarbij wordt enig pyriet gevormd. IJzeroxiden blijven in overmaat aanwezig.

Met name in perceel A komen vrij hoge anorganisch fosfaatfracties (ca. 30%) voor. Op het geplagde perceel C is deze fractie iets lager (ca. 20%). Volgens de modelberekeningen komen in perceel A zeer hoge geadsorbeerde fosfaatfracties voor (50-98%). Dit leidt zelfs onder aërobe omstandigheden tot hoge fosfaatconcentraties in het bodemvocht. Door reductie neemt de concentratie verder toe (129% toename), zodat er een zeer hoge fosfaatmobilisatie wordt berekend voor met name de dagzomende OA-horizont (10mg $H_2PO_4^-$/l). Bij dergelijk hoge geadsorbeerde fosfaatfracties laat de adsorptie-isotherm sterke toename van concentraties zien (zie figuur 16, 3.2.2.2). Plaggen heeft in perceel C geleid tot een verlaagde geadsorbeerde fosfaatfractie (30-60%). Weliswaar worden voor aërobe omstandigheden vrij hoge fosfaatconcentraties berekend, maar vernatting leidt slechts tot een beperkte fosfaatmobilisatie (1-7%; 5-34 µg $H_2PO_4^-$/l). De relatief hoge fosfaatconcentraties onder aërobe condities (413-468 µg $H_2PO_4^-$/l) zijn voor het relatief productieve Calthion kennelijk geen probleem.

In Lage Maden heeft plaggen in alle opzichten tot goede condities voor een Calthion geleid. De nieuwe dagzomende horizonten zijn zowel wat basenhuishouding als fosfaathuishouding op een goed niveau gebufferd. Door plaggen is de eutrofiëringstoestand verlaagd. Vernatting leidt niet tot versterkte fosfaatmobilisatie.

Taarlo

De percelen in Taarlo zijn landbouwkundig in gebruik en bemest geweest. Perceel 424 is door herstelmaatregelen vernat, waardoor soorten van het Juncion acutiflori zijn teruggekeerd. In perceel 419 is de hydrologie niet hersteld en zijn geen doelsoorten teruggekeerd.

De horizonten van beide percelen zijn zeer ijzerrijk. Er is ruim voldoende redoxcapaciteit aanwezig om de dagzomende horizonten op een hoog niveau van de calciumverzadiging te bufferen (60-70%). In de onderliggende veraarde Oh-horizonten komt enig pyriet voor, waardoor onder aërobe omstandigheden enige zuurproductie ontstaat en de fluctuaties in calciumverzadiging iets sterker zijn.

Met name in de dagzomende horizonten van beide percelen komen vrij hoge anorganische fosfaatgehalten voor (25-35 mmol/kg, zie figuur 3), wat waarschijnlijk samenhangt met het landbouwkundig verleden. Volgens de modelberekeningen komen in perceel 419 hoge geadsorbeerde fosfaatfracties voor onder aërobe omstandigheden (57-76%; zie tabel 3). Door vernatting neemt deze fractie toe tot 86-91%, waardoor een sterke fosfaatmobilisatie optreedt (1-3 mg $H_2PO_4^-$/l). Ook onder aërobe (niet vernatte) condities is er sprake van hoge fosfaatconcentraties (0,5-1 mg $H_2PO_4^-$/l). Kennelijk is dit te eutroof voor vestiging van de doelsoorten. In perceel 424 ligt het geadsorbeerde fosfaat op een lager niveau en stijgt de fosfaatconcentratie bij vernatting minder sterk (350 à 430 µg $H_2PO_4^-$/l). Dit niveau is kennelijk geschikt voor soorten van het Juncion acutiflori. Het is niet duidelijk hoe deze geschikte toestand is te verklaren uit de genomen hydrologische maatregelen.

De Reitma

In de Reitma hebben hydrologische maatregelen tot vernatting geleid waardoor doelsoorten van het Cirsio-Molinietum weer in de vegetatie zijn teruggekeerd.
De beide onderzochte horizonten zijn ijzerrijk en bevatten enig pyriet. Er is ruim voldoende redoxcapaciteit om de Ca-verzadiging op een hoog niveau te bufferen. De fluctuaties zijn gering.
In beide horizonten komt slechts een laag gehalte anorganisch fosfaat voor (figuur 3). Volgens de modelberekeningen is de geadsorbeerde fosfaatfractie laag (< 10%). Onder aërobe omstandigheden wordt een fosfaatconcentratie van 8-27 µgP/l berekend die bij vernatting oploopt tot 9-30 µg $H_2PO_4^-$/l. Procentueeel bedraagt de fosfaatmobilisatie door vernatting hierdoor 13-16%. Kennelijk is dit een niveau waarbij vestiging van doelsoorten mogelijk is.

Veenkampen

De Veenkampen heeft een landbouwkundig verleden. De percelen zijn bemest geweest. Door vernatting en plaggen zijn in perceel C doelsoorten van het Cirsio-

Molinietum teruggekeerd. In perceel D zijn geen maatregelen genomen en blijft herstel uit.

Plaggen heeft in percel C geleid tot een iets hogere basenverzadiging dan in het niet geplagde perceel. De redoxcapaciteit is ruim voldoende om onder anaërobe omstandigheden de calciumverzading te laten oplopen tot ca. 75%. Ook het ongeplagde perceel heeft ruim voldoende redoxcapaciteit om een calciumverzadiging van ca. 60% te halen.

In beide percelen is het anorganisch fosfaatgehalte matig hoog. De modelberekeningen geven een geadsorbeerde fosfaatfractie die voor het geplagde perceel iets lager (28-37%) ligt dan voor het ongeplagde perceel (32-42%). In perceel C neemt de fosfaatconcentratie door vernatting met 52% toe van 142 tot 217 µg $H_2PO_4^-$/l . In het ongeplagde perceel is sprake van een stijging met 56% van 172 tot 269 µg $H_2PO_4^-$/l.
Het effect van plaggen lijkt dus gering.

In de Veenkampen is het botanisch herstel moeilijk te verklaren vanuit het effect van de maatregel op de basen- en eutrofiëringstoestand.

Ilperveld
In het Ilperveld komen zeer lage gehalten ijzeroxiden voor. Pyriet wordt niet aangetroffen. De calciumverzadiging is extreem laag en de redoxcapaciteit is in hoge mate ontoereikend om de basenverzadiging door vernatting te herstellen. Zowel hydrologische maatregelen (standplaats 9 en 10) als plaggen (10) hebben niet tot herstel van de basentoestand en botanisch herstel geleid. De bodem is irreversibel verzuurd.

Hoewel in de bodem geen anorganisch fosfaat kon worden aangetoond worden vrij hoge fosfaatconcentraties in het bodemvocht gemeten. Het model berekent voor aërobe condities echter vrij hoge geadsorbeerde fosfaatfracties (65-73%) en evenwichtsconcentraties (660-970 µg $H_2PO_4^-$/l). Door vernatting stijgen de fosfaatconcentraties met 14-44% tot 950-1100 µg $H_2PO_4^-$/l. De fosfaatmobilisatie door vernatting is dus vrij sterk.

In het Ilperveld kan het uitblijven van botanisch herstel worden toegeschreven aan het onvermogen interne alkaliniteit te produceren door gebrek aan redoxcapaciteit. Aanvoer van ijzerhoudend water kan een oplossing zijn. Er komen hoge fosfaatconcentraties die echter niet problematisch lijken.

Wobberibben
Het herstel van de botanische kwaliteit zet in de Wobberibben niet door, hoewel nog steeds soorten van basenrijke omstandigheden aanwezig zijn. Er is er onvoldoende redoxcapaciteit om het adsorptiecomplex hoger met calcium op te laden dan 40%. Dit is ontoereikend voor een kraggesysteem. Aanvoer van ijzerhoudend water kan een oplossing zijn.

In de bodem kon geen anorganisch fosfaat worden aangetoond en in het bodemvocht wordt een gemiddelde concentratie $1{,}54.10^{-6}$ Mol$H_2PO_4^-$ per liter gemeten. Het model berekend voor aërobe en anaërobe omstandigheden een zeer lage geadsorbeerde fosfaatfractie (<< 1%) die aanzienlijk lager is dan in Ilperveld. Bij vernatting stijgt de fosfaatconcentratie met 61% van 85 naar 140 µg $H_2PO_4^-$/l. Dit is aanzienlijk. Ook hier kan aanvoer van ijzerhoudend water mogelijk tot een versterking van de fosfaatadsorptie leiden waardoor de fosfaatmobilisatie beperkt wordt.

Hydrologische maatregelen in de Wobberibben leiden niet tot botanisch herstel om het systeem een tekort aan ijzer heeft waardoor zowel de basenverzadiging te laag als de fosfaatmobilisatie te hoog blijft.

Koegelwieck

In de Koegelwieck is een reeks pq's met oplopende 'plag'leeftijd. De calciumverrzadiging van de organische M-horizonten komt onder anaërobe omstandigheden nergens boven de 40%. In de minerale horizonten komt de calciumverzadiging niet hoger dan10-15%, evenals in de dagzomende horizonten van de recentste plagplekken. Desondanks is er overal voldoende redoxcapaciteit beschikbaar. Naarmate de plagleeftijd ouder is, wordt meer redoxcapaciteit verbruikt. Plaatselijk kan pyriet voorkomen. Het is onduidelijk waarom de basenverzadiging niet verder stijgt onder anaërobe omstandigheden.

Met uitzondering van de plagplek uit 1986 komt weinig anorganisch fosfaat voor in de bodem. Het model berekent voor deze plek een geadsorbeerde fosfaatfractie van ruim 50% en hoge fosfaatconcentraties (ca. 400 µg $H_2PO_4^-$/l). Deze plek is kennelijk een anomalie. Voor de oudere plagplekken worden geadsorbeerde fosfaatfracties van 5-13% en fosfaatconcentraties varieërend tussen 13 en 55 µg $H_2PO_4^-$/l. In de recente plagplekken (>1990) zijn de geadsorbeerde fosfaatfracties en de fosfaatconcentraties aanzienlijk lager. Blijkbaar wordt de fosfaatvoorraad na plaggen in de loop der jaren weer opgebouwd. De fosfaatmobilisatie door vernatting is in alle gevallen procentueel gering.

Algemeen

Op basis van de modelberekeningen is een interessante reeks te herleiden voor fosfaatbeschikbaarheid, die goed overeenstemt met de productiviteit van de verschillende vegetatietypen (tabel 4).

Tabel 4 Vegetatietypen in volgorde van productiviteit en berekende fosfaatconcentraties

Standplaats	Vegetatietype	Berekende fosfaatconcentraties
Pth. 9	Lyc-Rhynch.	5- 10 µg $H_2PO_4^-$/l
Reitma:	Cirsio-Molinietum	10- 30 µg $H_2PO_4^-$/l
Pth.15	Cirsio-Molinietum	25- 160 µg $H_2PO_4^-$/l
Veenkampen:	Cirsio-Molinietum	140- 217 µg $H_2PO_4^-$/l
Taarlo:	Juncion acutiflori	200- 430 µg $H_2PO_4^-$/l
Lage Maden:	Calthion	400- 500 µg $H_2PO_4^-$/l
Wobberibben:	Scorp. Car. dian.	85- 140 µg $H_2PO_4^-$/l
Ilperveld:	Pall.-Sphagnetum	650-1000 µg $H_2PO_4^-$/l

4 Conclusies

Ten aanzien van de maatregelen kan worden geconcludeerd dat,

- Plaggen kan leiden tot succes zonder dat er verlaging van de P-mobilisatie door vernatting is opgetreden (Vk);
- Ook zonder plaggen een sterke P-mobilisatie door vernatting tot succes kan leiden (Pth15, Tr24);
- Ook zonder vernatting soms al sprake is van een hoge P-beschikbaarheid (Pth15, LMc);
- Lage anorganisch-P-gehalten in de bodem niet garanderen dat er geen P-mobilisatie door vernatting kan optreden (Pth15);
- Het 'gewenste' niveau van P-beschikbaarheid (conc.) afhankelijk is van het doeltype;
- Plaggen leidt tot een verlies van de zuurneutralisatiecapaciteit..

Geconcludeerd kan worden dat de hypothesen over abiotische processen die bijdragen aan het botanisch herstel zullen moeten worden herzien.

- De hypothese dat op verzuurde standplaatsen het uitblijven van botanisch herstel kan worden verklaard uit onvoldoende redoxcapaciteit wordt niet in alle gevallen ondersteund door de modelberekeningen. In een aantal gevallen blijft herstel van de basentoestand uit ondanks voldoende redoxcapaciteit.
- In algemene zin kan wel geconcludeerd worden dat de basentoestand en de zuurneutralisatiecapaciteit toeneemt bij vernatting. Deze toename kan vooralsnog niet met een regressiemodel worden verklaard vanuit onderliggende factoren.
- De hypothese dat op eutrofe standplaatsen het uitblijven van botanisch herstel kan worden verklaard uit fosfaatmobilisatie door vernatting wordt wel door de modelberekeningen ondersteund. Daarentegen blijkt ook op voedselarme standplaatsen een aanzienlijk fosfaatmobilisatie te kunnen optreden bij vernatting.
- De concentratie fosfaat in het bodemvocht wordt niet gecontroleerd door de oplosbaarheid van fosfaatzouten, maar door adsorptie en desorptieprocessen
- Onder natte reducerende omstandigheden worden hogere fosfaatconcentraties berekend dan onder niet reducerende omstandigheden.
- De berekende fosfaatmobilisatie kan vrij goed worden verklaard met een regressiemodel, waarbij de mobilisatie toeneemt naarmate de geadsorbeerde fosfaatfractie groter is en de pH lager is. Dit effect is sterker bij een landbouwkundig gebruiksverleden.

Voor zowel de basenregulatie als de fosfaatmobilisatie zijn de modelresultaten niet of maar deels met regressiemodellen te verklaren uit gemeten toestandvariabelen.

- Vuistregels voor kansrijke situaties voor botanisch herstel zijn daarom vooralsnog niet te formuleren.

Literatuur

Bush, R.T. and L.A. Sullivan, 1999. Pyrite micromorphology in three Australian Holocene sediments. Aust. J. Soil Res., 37,637-53.

Delft, S.P.J. van, 1995. Humus- en bodemprofielen in natte schraalgraslanden; resultaten van een bodemkundig onderzoek in 13 referentiegebieden voor het onderzoek naar effectgerichte maatregelen tegen verzuring (EGM). Rapport 309. DLO-Staring Centrum. Wageningen.

Delft, S.P.J. van, 2001. Ecologische typering van bodems; Deel 2 Humusvormtypologie voor korte vegetaties. Wageningen, Alterra. Rapport 268.

Genstat 5 Committee, 1995. Genstat for Windows Reference Manual Supplement. Oxford, Numerical Algorithms Group Ltd

Green, R.N., R.L.Trowbridge and K.Klinka, 1993. 'Towards a Taxonomic Classification of Humus Forms.' Forest Science. Monograph 29. Washington DC (USA), The Society of American Foresters.

Grootjans, A.P., J.P. Bakker, A.J.M. Jansen & R.H. Kemmers, 2002. Restoration of brook valley meadows in the Netherlands. Hydrobiologia 478: 149-170.

Jansen, A.J.M., A. Barendregt, B. Beltman, A.P. Grootjans, D. van der Hoek, R.H. Kemmers & G. van Wirdum, 1997. Natte schraallanden en het overlevingsplan bos en natuur; evaluatie van zes jaar monitoring en onderzoek in beekdalen, laagvenen en natte duinvaleien. KOA 97.047. KIWA. Nieuwegein.

Keizer, M.G. en W.H. van Riemsdijk, 1991. Chemical equilibria in soil, water, sediment. Syllabus J100-216. Agricultural University. Wageningen.

Keizer, M.G. en W.H. van Riemsdijk, 1996. ECOSAT, user manual. Department of Soil Science and Plant Nutrition. Agricultural University. Wageningen.

Kemmers, R.H. & R.W. de Waal, 1999. Ecologische typering van bodems; raamwerk en humusvormtypologie. DLO-Staring Centrum. Rapport 667-1. Wageningen

Kemmers R.H & P.C. Jansen, 2000. De regulatie van de basentoestand in kwelafhankelijke schraalgraslanden en laagvenen. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 32.

Kemmers, R.H., S.P.J. van Delft & P.C. Jansen, 2001. Productiviteit van korte vegetaties en beperkende factoren in relatie tot voedselrijkdom en vochttoestand; basisonderzoek voor ecologische nutrientemodellen. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-Rapport 257

Kemmers, R.H., F.P Sival en P.C. Jansen, 2002. Effecten van bevloeiing op de basentoestand en nutrientenbeschikbaarheid van natte schraalgraslanden op klei-, zand-, en veengronden; Veldwaarnemingen en laboratoriumexperimenten. Wageningen, ALTERRA, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Rapport 534.

Kemmers, R.H., S.P.J. van Delft, F.P. Sival & P.C. Jansen, 2003. Effecten van bevloeiing op de basen- en voedingstoestand van verzuurde en verdroogde beekdalgraslanden.; mogelijkheden van bevloeiing als effectgerichte maatregel. Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 748.

Kemmers, R.H., S.P.J. van Delft and P.C. Jansen, 2003. Iron and sulphate as possible key factors in the restoration ecology of rich fens in discharge areas. Wetlands Ecology and Management. In press.

Lamers, L.P.M., 2001. Tackling biogeochemical questions in peatlands. Proefschrift Katholieke Universiteit Nijmegen. Krips bv. Meppel.

Riemsdijk, Van, W.H., L.J.M. Boumans and F.A.M. de Haan. 1984. Phosphate sorption by soils, I. A diffusion-precipitation model for the reaction of phosphates with metal oxides in soil. Soil Sci. Soc.Am.J. 48, 537-540.

Schoumans, O.F., 1994. Relatie tussen de fosfaattoestand van de bodem en de fosfaatconcentratie in oplossing van een onderzoekslocatie aan de Mosbeek. Wageningen. DLO-Staring Centrum. Rapport 348.

Schoumans, O.F. 1995. Beschrijving en validatie van de procesformulering van de abiotische fosfaatreacties in kalkloze zandgronden.Wageningen. DLO-Staring Centrum. Rapport 381.

Zee, Van der, S.E.A.T.M., 1988. Transport of reactive contaminants in heterogeneous soil systems. Wageningen. Proefschrift. Landbouwuniversiteit Wageningen.

Bijlage 1 Coderingen voor beschrijving van humusprofielen

De indelingen en coderingen die gebruikt zijn voor de profielbeschrijvingen zijn grotendeels gebaseerd op bestaande indelingen en coderingen zoals deze gebruikelijk zijn in bodemprofielbeschrijvingen (Ten Cate et al. 1995a), en humusprofielbeschrijvingen (Van Delft 2001). De meeste kenmerken zijn ingevuld op veldformulier anderen worden afgeleid in Humbase. De hier beschreven gegevens komen voor op de profielbeschrijvingen in aanhangsel 2.

Algemene gegevens

- ***Administratieve gegevens***

IDcode
Uniek nummer van het profiel in HumBase. Hiermee wordt de relatie gelegd tussen algemene gegevens en laaggegevens en met bodemmonsters.

Terrein
Naam van het terrein waarbinnen de beschreven locatie voor komt (zie figuur 2 en aanhangsel 1).

Alfacode
Unieke alfanumerieke code waarmee de locatie aangeduid kan worden.

Datum
De datum waarop de profielbeschrijving is gemaakt

X-coördinaat / Y-coördinaat
RD coördinaten van de locatie. De nauwkeurigheid hiervan varieert van enkele dm voor locaties die met GPS zijn opgemeten tot enkele tientallen meters voor locaties waarvan de coördinaten van topografische kaarten af zijn bepaald.

m + NAP
Hoogteligging in meters boven NAP, voor zover dat bekend is.

Topkaart
Kaartbladnummer van de topografische kaart 1 : 25.000 waarop de locatie ligt.

Centr. profielnr
Uniek nummer voor het Bodemkundig InformatieSysteem (BIS) van Alterra.

Projectnummer
Alterra-projectnummer voor project waarin gegevens verzameld zijn

Project
Omschrijving voor project waarin gegevens verzameld zijn

Opnemer
Code en naam voor de maker van de profielbeschrijving

Bodemgebruik
Codering voor bodemgebruik die bij Alterra standaard wordt opgenomen bij profielbeschrijvingen. De omschrijving is erbij gezet.

Beheer
Eenvoudige beschrijving van het beheer. De volgende beheersklassen worden onderscheiden:

Beheer
Onbekend
Maaien (natuur)
Begrazen (intensief)
Begrazen (extensief)
Niets doen
Bosbouw
Maaien (agrarisch)

Plagjaar
Jaar waarin een profiel is afgeplagd. Door dit te vergelijken met het jaar waarin de profielbeschrijving gemaakt is, kan een idee gekregen worden van de snelheid waarmee zich een nieuw humusprofiel ontwikkelt

Humusprofiel / Bodemprofiel
Selectievakjes waarmee aangeduid wordt of humusprofiel of een bodemprofiel is beschreven.

Opmerkingen over de locatie
Hier kunnen korte opmerkingen over de locatie op maximaal 62 posities worden ingevoerd. Meer uitvoerige opmerkingen komen onder ‘toelichting’

- Landschap
Fysiografische eenheid
Aanduiding voor de fysiografische eenheid waartoe de locatie gerekend kan worden, volgens de indeling van Kemmers en De Waal 1999. De volgende fysiografische eenheden worden onderscheiden:

nummer	Fysiografische Eenheid
1	Löss en Mergelgronden
2	Kalkrijke zandgronden
3	Jonge kleigronden
4	Oude kleigronden
5	Buitendijkse riviergronden
6	Venen
7	Kwelgevoede zandgronden
8	Regenwatergevoede zandgronden

Fysiotoop
Aanduiding voor het fysiotoop waar de locatie toe gerekend kan worden (Hennekens et al. 2001). De gebruikte indeling wordt bij Alterra voor meerdere projecten gebruikt.

Geomorfologie
Korte aanduiding van de geomorfologische positie.

Microreliëf
Code voor het reliëf op korte afstand:

Code	Omschrijving
VL	Vlak; weinig locale hoogteverschillen
GO	Golvend; locale hoogteverschillen << onderlinge afstand
ON	Ongelijk; locale hoogteverschillen < onderlinge afstand
ZO	Zeer Ongelijk; locale hoogteverschillen => onderlinge afstand
	Onbepaald

Helling / Expositie
Helling in graden en expositie in graden ten opzichte van Noord bij niet vlakke ligging van het terrein.

Vegetatietype
Voor zover vegetatiegegevens beschikbaar zijn is een vegetatietype toegekend volgens de bij Staatsbosbeheer ontwikkelde indeling (Beets et al. 2000).

- ***Hydrologie***

Hydrologisch systeem
Korte kenschets van het hydrologisch systeem volgens onderstaande indeling.

Hydrologisch Systeem
Wegzijgingsgebied
Wegzijgingsgebied, randzône
Kwelgebied (zoet)
Kwelgebied, gedraineerd
Geïsoleerd gebied
Kraggesysteem
Kwelgebied (brak)

GHG (veld)
Geschatte Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (in cm – mv)

GLG (veld)
Geschatte Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (in cm – mv)

GVG (veld)
Geschatte Gemiddelde Voorjaars Grondwaterstand (in cm – mv)

Berekende GVG
GVG berekend uit GHG en GLG volgens empirische relaties die apart zijn afgeleid voor locaties in polders of in stroomgebieden (Ten Cate et al. 1995b). Deze relaties zijn als volgt:
- voor polders: GVG = 12 + 0,96 * GHG + 0,17 * (GLG – GHG)
- voor stroomgebieden GVG = 4 + 0,97 * GHG + 0,15 * (GLG – GHG)

GWS, pH en EGV
Grondwaterstand en veldmetingen van pH en EGV van het water in het boorgat (hier niet opgenomen)

Inundatieduur
Schatting van de gemiddelde inundatieduur in maanden. Deze schatting is zeer grof, tenzij voldoende meetgegevens van grondwaterstanden beschikbaar zijn.

Inundatietype
Indien een inundatieduur van 1 maand of meer is aangegeven kan het watertype vermeld worden. De volgende watertypen worden hierbij onderscheiden

Inundatietype
Stagnatie regenwater op slecht doorlatende laag
Oppervlaktewater
Onbekend
Stagnatie (regen)water in afvoerloze laagten
Kwelwater (zoet)
Kwelwater (brak)
Zeewater

- ***Profielgegevens***

Standaardpuntencode
Code die bij bodemkarteringen aan een punt wordt toegekend (Ten Cate et al. 1995a). Deze geeft meer gedetailleerde informatie dan de kaarteenheid omdat in een kaarteenheid de spreiding binnen een vlak is verwerkt. Voor een verklaring van de codering verwijzen we naar Ten Cate et al. (1995a).

Bodemkaart 1 : 50 000
Kaarteenheid van de bodemkaart 1 : 50 000 die op grond van dit profiel toegekend zou worden (zie Steur et al. 1987 en Ten Cate et al. 1995). In deze eenheid zijn zowel de bodemeenheid als de grondwatertrap verwerkt.

Humusvorm
Codering en naam voor de humusvorm (zie hoofdstuk 3 en aanhangsel 5).

Ontkalkingsdiepte
Diepte in cm tot waar het profiel kalkloos is. Als het gehele profiel kalkloos is wordt hier 999 ingevuld.

Bewortelbare diepte
Theoretische bewortelbare diepte, geschat op basis van profielkenmerken. Deze is soms groter dan de diepte waarop ook werkelijk wortels worden aangetroffen. (zie Ten Cate et al. 1995a).

Effectieve bewortelbare diepte
Diepte waar in de praktijk de meerderheid van de wortels worden aangetroffen Deze diepte kan geringer zijn dan de bewortelbare diepte.

Spreiding profielkenmerken
Indien de profielopbouw op meerdere plaatsen in de directe omgeving sterk afwijkt kan hier aangegeven worden wat de spreiding is.

- ***Grafieken***

Humusprofiel
Voor de lagen tot 40 cm – mv is hier een schematische weergave gegeven van de profielopbouw.

pH profiel
Het pH verloop tot 40 cm – mv. is hier grafisch uitgezet, om een idee te krijgen van de variatie in zuurgraad bovenin het profiel. De waarden in deze grafiek zijn afkomstig van de metingen die met pH strookjes in de verschillende horizonten gedaan zijn (zie bij profielopbouw).

Kenmerken van de horizonten

Horizontcode
De horizont is gecodeerd volgens de indeling in tabel 1. Een cijfer vóór de code geeft een volgorde aan voor verschillende soorten moedermateriaal. Als twee opeenvolgende horizonten een zelfde code zouden krijgen worden ze van elkaar onderscheiden door een volgnummer achter de code.

Voor gebruik in BIS en ter vergelijking met de bodemprofielbeschrijving, wordt op het veldformulier en in Humbase ook de horizontcode volgens Ten Cate et al. (1995a) ingevuld.

Diepte
Begin- en einddiepte van de horizont. Voor ectorganische horizonten vullen we hier een negatieve waarde in: cm boven maaiveld, waarbij het maaiveld overeenkomt met de eerste endorganische horizont. Een S horizont beschouwen wij hier als een ectorganische horizont.

Grens/vorm en afmeting
In deze kolom worden codes voor de vorm en de afmeting van de grens tussen twee horizonten gecombineerd.
De vorm van de grens tussen twee horizonten met de volgende klassen:

Code	Omschrijving
IR	Irregular, welvingen dieper dan breed
SM	Smooth, vrijwel vlak
WA	Wavy, welvingen breder dan diep
BR	Broken, discontinu

De dikte van de grens tussen twee horizonten met de volgende klassen:

Code	Omschrijving
AB	Abrubt, < 5 mm
CL	Clear, 5 - 10 mm
DI	Diffuse, 11 - 20
GR	Gradual, > 20

Organische stof/%
% organische stof

Organische stof/Aard
Aard van de organische stof, bij humushoudende zandbovengronden

Code	Omschrijving
1	Bruin
2	zwart (mild)
3	zwart (wreed)

Organische stof/VS
Veensoort, alleen voor moerige lagen

Code	Omschrijving
BA	Bagger
BE	Eutroof broekveen
BM	Mesotroof broekveen
C	Zeggeveen
CR	Zeggerietveen
D	Veraard of verweerd veen
DK	Veraard of verweerd veen, relatief kleirijk
DV	Veraard of verweerd veen, overige
DZ	Veraard of verweerd veen, relatief zandrijk
OV	Overige veensoorten
R	Rietveen
RC	Rietzeggeveen
S	Overig veenmosveen
SP	Spalterveen
VV	Verslagen veen, detritus
J	Bolster
B	Boveen
GL	Gliede
GY	Gyttja
L	Strooisel

Textuur / <2µ
Lutumpercentage

Textuur / 50µ
Leem; percentage

Textuur / M50
Mediaan van de zandfractie (zandgrofheid)

pH
pH-waarde van de horizont, in het veld bepaald met indicatorstaafjes. Deze staafjes geven een indicatie voor de pH die overeenkomt met de pH-KCl bepaling in bodemmonsters (Breeuwsma 1976).

Kalk
Kalkklasse, bepaald met zoutzuur

Code	Omschrijving
1	Kalkloos; geen opbruising
2	Kalkarm; hoorbare opbruising
3	Kalkrijk; zichtbare opbruising

Vlekken / a
Aantal roestvlekken volgens de volgende codering:

Code	Omschrijving
o	geen
w	weinig: 0 - 2% van het oppervlak
m	matig veel: 2-20% van het oppervlak
b	veel, bont: meer dan 20%, maar bont
h	veel, homogeen: meer dan 20%, maar heterogeen

Vlekken / Hue / V / C
Codering voor de kleur van de vlekken (Hue, Value, Chroma) volgens het Munsell kleurenboekje.

Geo
Geologische formatie

Code	Omschrijving
110	Moerig materiaal, zonder herkenbare plantenresten (bijv. veraard of sterk verweerd)
120	Boveen, eutroof broekveen
130	Zeggeveen, rietzeggeveen, mesotroof broekveen
140	Rietveen, zeggerietveen
152	Overig veenmosveen
160	Sedimentair veen (bijv. gliede, gyttja, bagger, meerbodem, detritus)
170	Strooisellaag
190	Overige veensoorten (bijv. Scheuchzeriaveen)
211	Jonge getij-afzetting; zout, brak (Afzettingen van Duinkerke; incl. zand)

Code	Omschrijving
212	Oude getij-afzetting; zout, brak (Afzettingen van Calais; incl. zand)
410	Dekzand
411	Jong dekzand
412	Oud dekzand
413	Fluivioperiglaciaal
431	Jong kustduinzand
432	Oud kustduinzand
532	Smeltwaterafzetting; (warven)klei
699	Onbekend, ongedifferentieerd (bijv. gliede)
150	Veenmosveen
151	Bolster
171	Strooisellaag van loofhout
172	Strooisellaag van naaldhout
210	getij-afzetting; zout, brak
220	Getij-afzettingen; zoet
230	Onderwaterafzetting (lagunair)
310	Zeer recente afzettingen in uiterwaarden
320	Holocene afzettingen van Rijn of Maas
321	Holocene afzettingen van Rijn
322	Holocene afzettingen van Maas
330	Pleistocene afzettingen van Rijn of Maas
331	Laat-Pleistocene afzettingen van Rijn of Maas (Formatie van Kreftenheye)
332	Midden- en Vroeg-Pleistocene afzettingen van Rijn of Maas (niet gestuwd)
340	Afzettingen van overige rivieren (bijv. Vecht, Berkel, Roer) en beekklei
390	Overige fluviatiele afzettingen (bijv. Formatie van Enschede)
420	Löss
421	Löss dek
422	Löss in lokale depressies (bijv. Brabantse leem)
430	Kustduinzand
440	Rivierduinzand
450	Landduinzand (Bijv. stuifzand)
490	Overige eolische en fluvioperiglaciale afzettingen (bijv. eolisch premorenaal zand)
510	Keileem
520	Keizand
530	Smeltwaterafzetting
531	Smeltwaterafzetting; zand
533	Smeltwaterafzetting; potklei
610	Hellingafzettingen, incl. puinwaaierafzetting (aan de voet van droge dalen)
620	Secundaire löss (bijv. colluvium)
630	Gestuwde afzetting
631	Gestuwde afzetting; Rijn, Maas
632	Gestuwde afzetting; Oostelijke rivieren
633	Gestuwde afzetting; Tertiaire afzettingen
691	Overige geogene afzettingen (bijv. kalksteen, tertiaire klei)
692	Antropogeen homogeen (bijv. mestdek, toemaakdek)
693	Antropogeen heterogeen (bijv. zand + veen)

Stru
Structuurtype (met name van organische horizonten) volgens volgende klassen:

Code	Omschrijving
BL	Blocky; rechthoekig afgevlakte delen
CM	Compact matted; horizontaal gelaagd, ingedrukt
GR	Granular; afgeronde delen
MA	Massive
NM	Non-compact matted, horizontaal gelaagd, niet ingedrukt
RE	Recumbent
SP	Single particals, losse delen
WO	Woven, verweven, meestal door wortels, moeilijk los te trekken
ER	Erect, verticaal

Wortels / Aant
Aantal wortels uitgedrukt per 6,25 cm^2 (dat is 1 $inch^2$) in de volgende klassen:

Code	Omschrijving
AB	Abundant; > 30 per 6,25 cm2
PF	Plentiful; 21 - 30 per 6,25 cm2
CO	Common; 11 - 20 per 6,25 cm2
FE	Few; 3 - 10 per 6,25 cm2
VF	Very few; 0 - 3 per 6,25 cm2
NO	None; 0 per 6,25 cm2

Wortels / Dik
Dikte van de wortels in mm. Als er meerdere diktes door elkaar voorkomen geven we de dominante dikte op. We gebruiken de volgende klassen:

Code	Omschrijving
VF	Very fine; < 1mm
FI	Fine; 1 - 2 mm
ME	Medium; 3 - 10 mm
CO	Coarse; 11 - 25 mm
VC	Very Coarse; > 25

Wortels / Richt
Richting van de wortels in de volgende klassen:

Code	Omschrijving
RA	Random
HO	Horizontaal
VE	Vertical
OB	Oblique (scheefstaand)

Fauna
Waargenomen bodemfauna of sporen van bodemfauna, zoals wormgangen.

Opmerkingen
Opmerkingen over de beschreven laag.

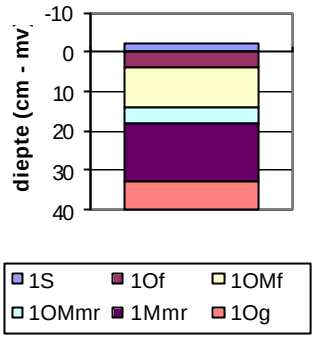
Bijlage 2 Beschrijving van het humusprofiel per standplaats

Profielbeschrijving W1m

Administratieve gegevens

IDcode	Terrein			Alfacode	Datum
726	Weerribben			W1m	17-7-2002
X-coördinaat	Ycoördinaat	m+NAP	Topkaart TDN	Oud	Cent. prof
194849	533119		16D	16D	
Projectnr	Project			Opnemer	
11744	Bodembemonstering OBN			Bas van Delft	
Bodemgebruik					
WN - natuurterreinen, natte vegetatie (o.a. slikken)					
Beheer		Plagjaar		Humusprofiel ☑	
Maaien (natuur)				Bodemprofiel ☑	
Opmerkingen over de locatie					

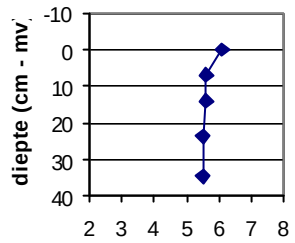
Humusprofiel



Landschap

Fysiografische eenheid			
Venen			
Fysiotoop			
lv2d - diepe zoete laagveenplassen			
Geomorfologie	Microrelïef	Helling	Expositie
kragge	VL		
Vegetatietype (SBB)	09B3		
Klasse	Parvocaricetea		
Verbond	Caricion lasiocarpae		
Associatie	Scorpidio-Caricetum diandrae		
Subassociatie	Onbepaald		

pH-profiel



Hydrologie

Hydrologisch systeem					
Kraggesysteem			Berekende GVG		
GHG (veld)	GLG (veld)	GVG (veld)	polder	stroomgebied	
10	10		22	14	
GWS	pH (veld)	EGV (veld; mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype	

Profielgegevens

Standaardpuntencode	Bodemkaart 1 : 50 000	Humusvorm	
1kc wIa	Vo - wIa	RMp - Rauwmesimor	
Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve bewortelbare diepte	Spreiding profielkenmerken
999	33	33	

Profielopbouw

Horizont	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof		Textuur			pH	K	R	Vlekken		Geo	ST	Wortels			worm	Opmerkingen
				%	A V	<2µ	<50 µ	M50				A	Hue V/C			A	D	R		
1S	-2 - 0		SMCL	100	S									152	SP	NO				levend veenmos
1Of	0 - 4		SMDI	100	S				6, 2					152	SP	COVFR A				veenmos, deels veraard
1OMf	4 - 14		SMCL	100	S				5, 7					152	W O	PFVFR A				veel veenmos
1OMmr	14 - 18		SMDI	100	S				5, 7					152	W O	PFVFR A				
1Mmr	18 - 33		SMGR	90	O V				5, 5					130	W O	ABVFR A				
1Og	33 - 60			80	D V				5, 6					110						prut tussen rietwortels
1W	60 - 90																			vrij water
2Omr1	90 - 160			70	VV									160						verslagen veen
2Om2	160 - 215			70	B M									130						
3Cr	215 - 240			12	3		35	130						410						zwart

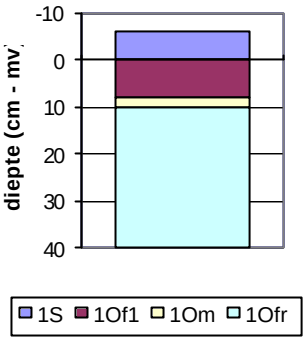
Toelichting
70 % Veenmoskussen, 30 % slenken. Bodemmonster aan raand veenmoskussen. In slenken wel aanvoer gebufferd water (zie pH-waarde!). Veenmos deels veraard

Profielbeschrijving ILP9o

Administratieve gegevens

IDcode	Terrein			Alfacode	Datum
727	Ilperveld			ILP9o	16-7-2002
X-coördinaat	Ycoördinaat	m+NAP	Topkaart TDN	Oud	Cent. prof
124353	494250		25E	25E	
Projectnr	Project			Opnemer	
11744	Bodembemonstering OBN			Bas van Delft	
Bodemgebruik					
WN - natuurterreinen, natte vegetatie (o.a. slikken)					
Beheer			Plagjaar	Humusprofiel ☑	
Maaien (natuur)				Bodemprofiel ☐	
Opmerkingen over de locatie					

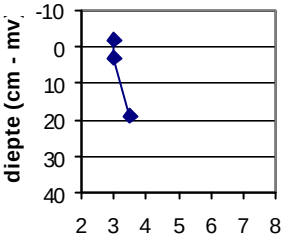
Humusprofiel



Landschap

Fysiografische eenheid			
Venen			
Fysiotoop			
lv2e - diepe brakke laagveenplassen			
Geomorfologie	Microreliëf	Helling	Expositie
kragge	VL		
Vegetatietype (SBB)	09-a		
Klasse	Parvocaricetea		
Verbond	RG Eriophorum angustifolium - Sphagnum [Parvocaric		
Associatie	Onbepaald		
Subassociatie	Onbepaald		

pH-profiel



Hydrologie

Hydrologisch systeem					
Kraggesysteem			Berekende GVG		
GHG (veld)	GLG (veld)	GVG (veld)	polder	stroomgebied	
0	10		14	6	
GWS	pH (veld)	EGV (veld; mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype	

Profielgegevens

Standaardpuntencode	Bodemkaart 1 : 50 000	Humusvorm	
1ks wla	Vo - wla	RVp - Rauwveenmosmor	
Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve bewortelbare diepte	Spreiding profielkenmerken
999	40	40	

Profielopbouw

Horizont	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof			Textuur			pH	K	R	Vlekken		Geo	ST	Wortels			worm	Opmerkingen
				%	A	V	<2µ	<50 µ	M50				A	Hue V/C			A	D	R		
1S	-6 - 0		SMDI	100		S									152	ER	NO				levend veenmos/haarmos
1Of1	0 - 8		SMAB	100		O V				3,0					190	RE	FEVFRA				haarmos/veenmos
1Om	8 - 10		SMCL	100		S				3,0					152	SP	VFVFRA				deels veraard
1Ofr	10 - 40			100		S				3,5					152	W O	COFIRA				veenmos met wortels veenpluis

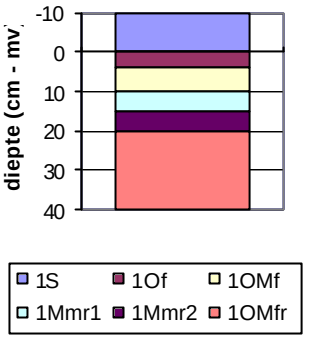
Toelichting
Veenmos / Haarmos, zonnedauw …varen, Riet, Waternavel, Moerasviooltje
Begroeiing vrij open
Scherpe grens tussen Of en Om --> Of ligt er los op --> Om veraardingsfase na bevloeiing? Later is hier weer Of op ontwikkeld.

Profielbeschrijving ILP10o

Administratieve gegevens

IDcode	Terrein			Alfacode	Datum
728	Ilperveld			ILP10o	16-7-2002
X-coördinaat	Ycoördinaat	m+NAP	Topkaart TDN	Oud	Cent. prof
124358	494254		25E	25E	
Projectnr	Project			Opnemer	
11744	Bodembemonstering OBN			Bas van Delft	
Bodemgebruik					
WN - natuurterreinen, natte vegetatie (o.a. slikken)					
Beheer			Plagjaar	Humusprofiel	☑
Maaien (natuur)			1992	Bodemprofiel	☐
Opmerkingen over de locatie					

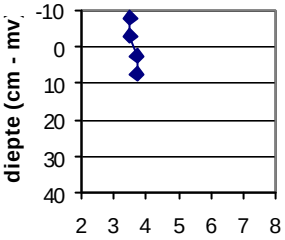
Humusprofiel



Landschap

Fysiografische eenheid			
Venen			
Fysiotoop			
lv2e - diepe brakke laagveenplassen			
Geomorfologie	Microreliëf	Helling	Expositie
Kragge	VL		
Vegetatietype (SBB)	09-a		
Klasse	Parvocaricetea		
Verbond	RG Eriophorum angustifolium - Sphagnum [Parvocaric		
Associatie	Onbepaald		
Subassociatie	Onbepaald		

pH-profiel



Hydrologie

Hydrologisch systeem					
Kraggesysteem			Berekende GVG		
GHG (veld)	GLG (veld)	GVG (veld)	polder	stroomgebied	
0	10		14	6	
GWS	pH (veld)	EGV (veld; mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype	

Profielgegevens

Standaardpuntencode	Bodemkaart 1 : 50 000	Humusvorm	
1k wla	Vo - wla	RMp - Rauwmesimor	
Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve bewortelbare diepte	Spreiding profielkenmerken
999	40	40	

Profielopbouw

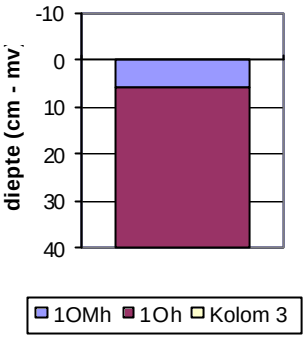
Horizont	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof		Textuur			pH	K	R	Vlekken		Geo	ST	Wortels			worm	Opmerkingen
				%	A	V	<2µ	<50 µ	M50			A	Hue V/C			A	D	R		
1S	-10 - 0		SMCL	100		S								152	SP	NO				levend veenmos
1Of	0 - 4		SMDI	100		S				3,5				152	SP	COFIRA				veenmos + haarmos
1OMf	4 - 10		SMAB	100		S				3,5				152	WO	ABVFR A				wortelmat met veenmos
1Mmr1	10 - 15		SMGR							3,8				190	WO	ABFIRA				dichte wortelmat
1Mmr2	15 - 20									3,8				190	WO	ABFIRA				minder dicht dan vorige laag
1OMfr	20 - 40													190	WO	PFFIRA				

Toelichting

In vergelijking met ILP09o meer Riet, minder Haarmos, meer Veenmos, minder Zonnedauw. …rus
Grens tussen OMf en Mmr1 is heel scherp --> Plaggrens?

Profielbeschrijving T419

Humusprofiel



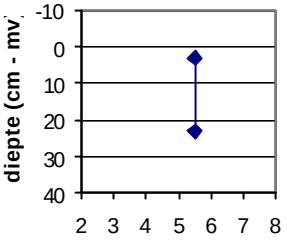
Administratieve gegevens

IDcode	Terrein			Alfacode	Datum
729	Taarlo			T419	12-7-2002
X-coördinaat	Ycoördinaat	m+NAP	Topkaart TDN	Oud	Cent. prof
238923	561959		12D	12D	
Projectnr	Project			Opnemer	
11744	Bodembemonstering OBN			Bas van Delft	
Bodemgebruik					
GR - grasland, blijvend					
Beheer			Plagjaar	Humusprofiel ☑	
Maaien (natuur)				Bodemprofiel ☑	
Opmerkingen over de locatie					

Landschap

Fysiografische eenheid			
Venen			
Fysiotoop			
hz5b - natte beekdalen			
Geomorfologie	Microreliëf	Helling	Expositie
beekdal met veen	VL		
Vegetatietype (SBB)			
Klasse	Onbepaald		
Verbond	Onbepaald		
Associatie	Onbepaald		
Subassociatie	Onbepaald		

pH-profiel



Hydrologie

Hydrologisch systeem					
Kwelgebied (zoet)			Berekende GVG		
GHG (veld)	GLG (veld)	GVG (veld)	polder	stroomgebied	
0	45		20	11	
GWS	pH (veld)	EGV (veld; mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype	

Profielgegevens

Standaardpuntencode	Bodemkaart 1 : 50 000	Humusvorm	
1gc wIa	aEVc - wIa	fDEf - Fluviatiele-Beekeerdmoder	
Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve bewortelbare diepte	Spreiding profielkenmerken
999	45	45	

Profielopbouw

Horizont	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof			Textuur			pH	K	R	Vlekken		Geo	ST	Wortels			worm	Opmerkingen
				%	A	V	<2µ	<50 µ	M50				A	Hue V/C			A	D	R		
1OMhg	0 - 6	CL		50		DK	10			5,6	1	5			110	WO	ABVFA			worm	
1Oh	6 - 45			60		DK	5			5,5	1	5			110		FEVFA			R	
1Ohr	45 - 115			60		DK	5			6,0	1	5			110						
1Omr	115 - 140			70		C					1	5			130						
1Ohr	140 - 200			70		D					1	5			110						

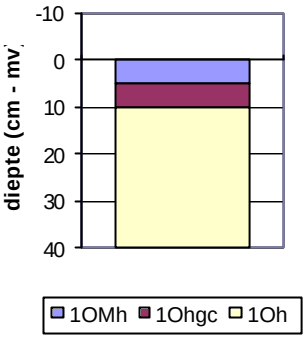
Toelichting
Punt ligt tussen PQ 4 en 5

Profielbeschrijving T424

Administratieve gegevens

IDcode	Terrein			Alfacode	Datum
730	Taarlo			T424	12-7-2002
X-coördinaat	Ycoördinaat	m+NAP	Topkaart TDN	Oud	Cent. prof
238968	562138		12D	12D	
Projectnr	Project			Opnemer	
11744	Bodembemonstering OBN			Bas van Delft	
Bodemgebruik					
GR - grasland, blijvend					
Beheer		Plagjaar		Humusprofiel ☑	
Maaien (natuur)				Bodemprofiel ☑	
Opmerkingen over de locatie					

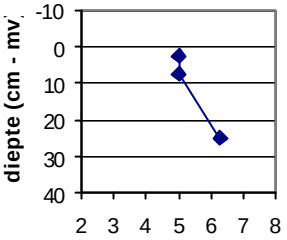
Humusprofiel



Landschap

Fysiografische eenheid			
Venen			
Fysiotoop			
hz5b - natte beekdalen			
Geomorfologie	Microreliëf	Helling	Expositie
flank venig beekdal	GO		
Vegetatietype (SBB)			
Klasse	Onbepaald		
Verbond	Onbepaald		
Associatie	Onbepaald		
Subassociatie	Onbepaald		

pH-profiel



Hydrologie

Hydrologisch systeem					
Kwelgebied (zoet)			Berekende GVG		
GHG (veld)	GLG (veld)	GVG (veld)	polder	stroomgebied	
0	50		21	12	
GWS	pH (veld)	EGV (veld; mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype	

Profielgegevens

Standaardpuntencode	Bodemkaart 1 : 50 000	Humusvorm	
1gc IIa	aEVc - IIa	fDEf - Fluviatiele-Beekeerdmoder	
Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve bewortelbare diepte	Spreiding profielkenmerken
999	50	10	

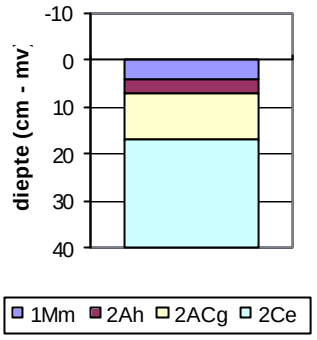
Profielopbouw

Horizont	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof			Textuur			pH	K	R	Vlekken		Geo	ST	Wortels			worm	Opmerkingen
				%	A	V	<2µ	<50 µ	M50				A	Hue V/C			A	D	R		
1OMh	0 - 5		SMCL	80		D				5,0					110	WO A	ABVFR A			worm	donker bruinzwart
1Ohgc	5 - 10		SMDI	80		D				5,0					110	MA	PFVFR A			worm	ijzerconcreties
1Oh	10 - 50		SMDI	60		D K	5			6,3					110	MA	VFVFR A				
1Ohr1	50 - 100			40		D K	15			6,3	1	5			110						
1Ohr2	100 - 120			80		D									110						

Toelichting
boring tussen pq 3 en 4

Profielbeschrijving 3KW3o

Humusprofiel



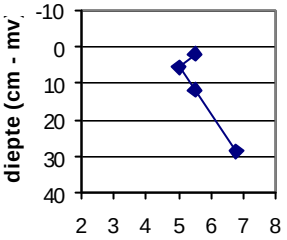
Administratieve gegevens

IDcode	Terrein			Alfacode	Datum
879	Terschelling, De Koegelwieck			3KW3o	7-5-2003
X-coördinaat	Ycoördinaat	m+NAP	Topkaart TDN	Oud	Cent. prof
151031	602712		01D	01D	
Projectnr	Project			Opnemer	
11744	Bodembemonstering OBN			Bas van Delft	
Bodemgebruik					
WN - natuurterreinen, natte vegetatie (o.a. slikken)					
Beheer			Plagjaar	Humusprofiel ☑	
Niets doen			1986	Bodemprofiel ☑	
Opmerkingen over de locatie					
Zie ook 3KW3					

Landschap

Fysiografische eenheid			
Regenwatergevoede zandgronden			
Fysiotoop			
du1g - vochtige duinvalleien			
Geomorfologie	Microreliëf	Helling	Expositie
Secundaire duinvallei	VL		
Vegetatietype (SBB)	09C3a		
Klasse	Parvocaricetea		
Verbond	Caricion davallianae		
Associatie	Junco baltici-Schoenetum nigricantis		
Subassociatie	Junco baltici-Schoenetum nigricantis typicum		

pH-profiel



Hydrologie

Hydrologisch systeem					
Wegzijgingsgebied			Berekende GVG		
GHG (veld)	GLG (veld)	GVG (veld)	polder	stroomgebied	
-20	40		3	-6	
GWS	pH (veld)	EGV (veld; mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype	
12	6,3	26	5	Stagnatie (regen)water in afvoerloze laagten	

Profielgegevens

Standaardpuntencode	Bodemkaart 1 : 50 000	Humusvorm	
5k431 wla	Zn21 - wla	DHs - Schraalhydromoder	
Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve bewortelbare diepte	Spreiding profielkenmerken
999	40	7	

Profielopbouw

Horizont	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof %	A	V	Textuur <2µ	<50 µ	M50	pH	K	R	Vlekken A	Hue V/C	Geo	ST	Wortels A	D	R	worm	Opmerkingen
1Mm	0 - 4	SMCL		80		O V				5,5	1				190	W O	PFVA		FR		
2Ah	4 - 7	SMDI		5	3		2		180	5,0	1				432	MA	COVA		FR		
2ACg	7 - 17	SMGR		1	3		2		180	5,5	1				432		VFVE		FV		
2Ce	17 - 40						2		180	6,8	1				432						
2Cr	40 - 180						2		180		1				432						

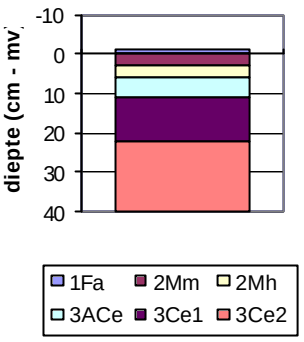
Toelichting
redox -8 mV

Profielbeschrijving 3KW6o

Administratieve gegevens

IDcode	Terrein			Alfacode	Datum
880	Terschelling, De Koegelwieck			3KW6o	7-5-2003
X-coördinaat	Ycoördinaat	m+NAP	Topkaart TDN	Oud	Cent. prof
151124	602740		01D	01D	
Projectnr	Project			Opnemer	
11744	Bodembemonstering OBN			Bas van Delft	
Bodemgebruik					
WN - natuurterreinen, natte vegetatie (o.a. slikken)					
Beheer			Plagjaar	Humusprofiel ☑	
Niets doen			1956	Bodemprofiel ☑	
Opmerkingen over de locatie					

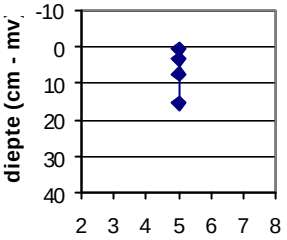
Humusprofiel



Landschap

Fysiografische eenheid			
Regenwatergevoede zandgronden			
Fysiotoop			
du1g - vochtige duinvalleien			
Geomorfologie	Microreliëf	Helling	Expositie
Secundaire duinvallei	VL		
Vegetatietype (SBB)	09A1		
Klasse	Parvocaricetea		
Verbond	Caricion nigrae		
Associatie	Caricetum trinervi-nigrae		
Subassociatie	Onbepaald		

pH-profiel



Hydrologie

Hydrologisch systeem					
Wegzijgingsgebied			Berekende GVG		
GHG (veld)	GLG (veld)	GVG (veld)	polder	stroomgebied	
-30	45		-4	-14	
GWS	pH (veld)	EGV (veld; mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype	
3	6,01	22	6	Stagnatie (regen)water in afvoerloze laagten	

Profielgegevens

Standaardpuntencode	Bodemkaart 1 : 50 000	Humusvorm	
5k431 wla	Zn21 - wla	DHs - Schraalhydromoder	
Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve bewortelbare diepte	Spreiding profielkenmerken
999	45	22	

Profielopbouw

Horizont	Diepte (cm)		Grens	Meng	Org. stof			Textuur			pH	K	R	Vlekken		Gleo	ST	Wortels			worm	Opmerkingen
					%	A	V	<2µ	<50 µ	M50				A	Hue V/C			A	D	R		
1Fa	-1 -	0	SMCL		100		OV				1					170	SP	NO				
2Mm	0 -	3	SMCL		80		OV				5,0	1				190	WO	PFVFRA				
2Mh	3 -	6	SMCL		60		OV				5,0	1				190	WO	ABVFRA				
3ACe	6 -	11	SMGR		1	3		2	180		5,0	1				432		COVFRA				
3Ce1	11 -	22	SMGR					2	180		5,0	1				432		FEFIVE				
3Ce2	22 -	45						2	180		1					432		NO				
3Cr	45 -	180						2	180		1					432						

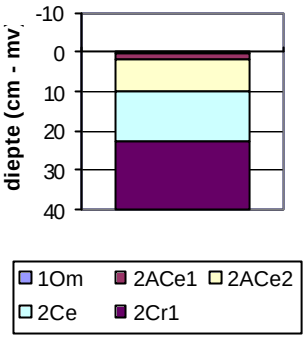
Toelichting
Kruipwilg + Cranberry Carex rostrata Carex nigra
Redox -9 mV

Profielbeschrijving 3KW10o

Administratieve gegevens

IDcode	Terrein			Alfacode	Datum
881	Terschelling, De Koegelwieck			3KW10o	7-5-2003
X-coördinaat	Ycoördinaat	m+NAP	Topkaart TDN	Oud	Cent. prof
150924	602718		01D	01D	
Projectnr	Project			Opnemer	
11744	Bodembemonstering OBN			Bas van Delft	
Bodemgebruik					
WN - natuurterreinen, natte vegetatie (o.a. slikken)					
Beheer		Plagjaar		Humusprofiel ☑	
Niets doen		1990		Bodemprofiel ☑	
Opmerkingen over de locatie					
Zie 3KW10					

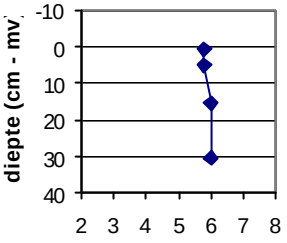
Humusprofiel



Landschap

Fysiografische eenheid			
Regenwatergevoede zandgronden			
Fysiotoop			
du1g - vochtige duinvalleien			
Geomorfologie	Microreliëf	Helling	Expositie
secundaire duinvallei	VL		
Vegetatietype (SBB)	09C3		
Klasse	Parvocaricetea		
Verbond	Caricion davallianae		
Associatie	Junco baltici-Schoenetum nigricantis		
Subassociatie	Onbepaald		

pH-profiel



Hydrologie

Hydrologisch systeem					
Wegzijgingsgebied			Berekende GVG		
GHG (veld)	GLG (veld)	GVG (veld)	polder	stroomgebied	
-50	23		-24	-34	
GWS	pH (veld)	EGV (veld; mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype	
-15	7,83	50	8	Stagnatie (regen)water in afvoerloze laagten	

Profielgegevens

Standaardpuntencode	Bodemkaart 1 : 50 000	Humusvorm	
5k431 wla	Zn21 - wla	vLHz - Vage-Zandhydromull	
Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve bewortelbare diepte	Spreiding profielkenmerken
999	40	10	

Profielopbouw

Horizont	Diepte (cm)		Grens	Meng	Org. stof			Textuur			pH	K	R	Vlekken		Geo	ST	Wortels			worm	Opmerkingen
					%	A	V	<2µ	<50 µ	M50				A	Hue V/C			A	D	R		
1Om	0 -	0,5	SMAB		100		O V									170	SP					plantenresten/algen
2ACe1	0,5 -	2	SMCL		1	3		2		180	5,8	1				432	W O	PFVFH O				
2ACe2	2 -	10	SMGR		1	3		2		180	5,8	1				432	SP	COVFR A				
2Ce	10 -	23	SMGR					2		180	6,0	1				432		FEVFR A				grijs
2Cr1	23 -	40						2		180	6,0	1				432		FEFIVE				blauwgrijs
2Cr2	40 -	180						2		180		1				432		NO				

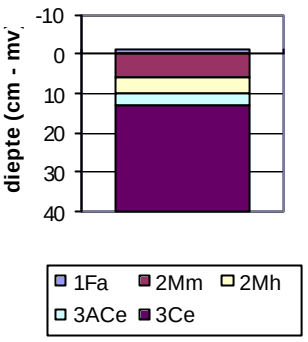
Toelichting

Profielbeschrijving 3KW12o

Administratieve gegevens

IDcode	Terrein			Alfacode	Datum
882	Terschelling, De Koegelwieck			3KW12o	7-5-2003
X-coördinaat	Ycoördinaat	m+NAP	Topkaart TDN	Oud	Cent. prof
151145	602709		01D	01D	
Projectnr	Project			Opnemer	
11744	Bodembemonstering OBN			Bas van Delft	
Bodemgebruik					
WN - natuurterreinen, natte vegetatie (o.a. slikken)					
Beheer			Plagjaar	Humusprofiel ☑	
Niets doen			1920	Bodemprofiel ☑	
Opmerkingen over de locatie					
zie 3KW12					

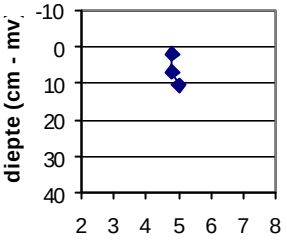
Humusprofiel



Landschap

Fysiografische eenheid			
Regenwatergevoede zandgronden			
Fysiotoop			
du1g - vochtige duinvalleien			
Geomorfologie	Microreliëf	Helling	Expositie
secundaire duinvallei	VL		
Vegetatietype (SBB)	09A1		
Klasse	Parvocaricetea		
Verbond	Caricion nigrae		
Associatie	Caricetum trinervi-nigrae		
Subassociatie	Onbepaald		

pH-profiel



Hydrologie

Hydrologisch systeem					
Wegzijgingsgebied			Berekende GVG		
GHG (veld)	GLG (veld)	GVG (veld)	polder	stroomgebied	
-20	50		5	-5	
GWS	pH (veld)	EGV (veld; mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype	
12	5,74	33	4	Stagnatie (regen)water in afvoerloze laagten	

Profielgegevens

Standaardpuntencode	Bodemkaart 1 : 50 000	Humusvorm	
5k431 wIIa	Zn21 - wIIa	DHs - Schraalhydromoder	
Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve bewortelbare diepte	Spreiding profielkenmerken
999	50	15	

Profielopbouw

Horizont	Diepte (cm)		Grens	Meng	Org. stof			Textuur			pH	K	R	Vlekken		Geo	ST	Wortels			worm	Opmerkingen
					%	A	V	<2µ	<50 µ	M50				A	Hue V/C			A	D	R		
1Fa	-1 -	0	SMCL		100		OV				1					170	SP	NO				
2Mm	0 -	6	SMCL		100		OV				4,8	1				190	WO	ABVFRA				ondergrens 3/4/6/10
2Mh	6 -	10	SMCL		70		OV				4,8	1				190	WO	PFVFRA				ondergrens 9/6/13/12
3ACe	10 -	13	SMGR		1			2	180		5,0	1				432		FEVFRA				ondergrens 10/15/22/24
3Ce	13 -	50						2	180		1					432						
3Cr	50 -	180						2	180		5,3	1				432		NO				

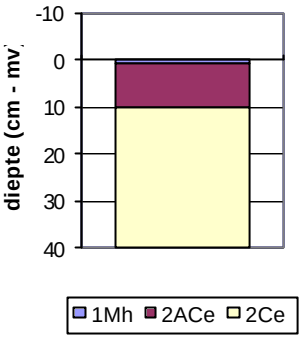
Toelichting
Redox -10 mV

Profielbeschrijving 3KW16o

Administratieve gegevens

IDcode	Terrein			Alfacode	Datum
883	Terschelling, De Koegelwieck			3KW16o	7-5-2003
X-coördinaat	Ycoördinaat	m+NAP	Topkaart TDN	Oud	Cent. prof
151374	602762		01D	01D	
Projectnr	Project			Opnemer	
11744	Bodembemonstering OBN			Bas van Delft	
Bodemgebruik					
WN - natuurterreinen, natte vegetatie (o.a. slikken)					
Beheer		Plagjaar		Humusprofiel ☑	
Niets doen		1995		Bodemprofiel ☑	
Opmerkingen over de locatie					

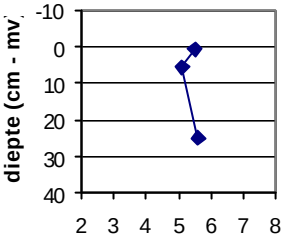
Humusprofiel



Landschap

Fysiografische eenheid			
Regenwatergevoede zandgronden			
Fysiotoop			
du1g - vochtige duinvalleien			
Geomorfologie	Microreliëf	Helling	Expositie
secundaire duinvallei	VL		
Vegetatietype (SBB)	09C3		
Klasse	Parvocaricetea		
Verbond	Caricion davallianae		
Associatie	Junco baltici-Schoenetum nigricantis		
Subassociatie	Onbepaald		

pH-profiel



Hydrologie

Hydrologisch systeem					
Wegzijgingsgebied			Berekende GVG		
GHG (veld)	GLG (veld)	GVG (veld)	polder	stroomgebied	
-20	50		5	-5	
GWS	pH (veld)	EGV (veld; mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype	
12	6,54	28	4	Stagnatie (regen)water in afvoerloze laagten	

Profielgegevens

Standaardpuntencode	Bodemkaart 1 : 50 000	Humusvorm	
5k431 wIIa	Zn21 - wIIa	vLHz - Vage-Zandhydromull	
Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve bewortelbare diepte	Spreiding profielkenmerken
999	50	10	

Profielopbouw

Horizont	Diepte (cm)		Grens	Meng	Org. stof			Textuur			pH	K	R	Vlekken		Geo	ST	Wortels			worm	Opmerkingen
					%	A	V	<2µ	<50 µ	M50				A	Hue V/C			A	D	R		
1Mh	0 -	1	SMAB		25		OV				5,5	1				110	WO	PFVA	FR			
2ACe	1 -	10			1			2	180		5,2	1				432		FEVA	FR			
2Ce	10 -	50						2	180		5,7	1				432		VFFIVE				
2Cr	50 -	100						2	180			1				432						

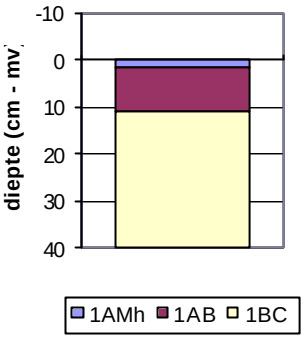
Toelichting

Profielbeschrijving PH09o

Administratieve gegevens

IDcode	Terrein				Alfacode	Datum
884	Punthuizen				PH09o	18-7-2002
X-coördinaat	Ycoördinaat	m+NAP	Topkaart TDN		Oud	Cent. prof
269076	485873		29C		29C	
Projectnr	Project				Opnemer	
11744	Bodembemonstering OBN				Bas van Delft	
Bodemgebruik						
GR - grasland, blijvend						
Beheer			Plagjaar		Humusprofiel ☑	
Maaien (natuur)			1991		Bodemprofiel ☑	
Opmerkingen over de locatie						
Plagjaar 1991?						

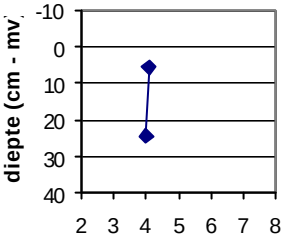
Humusprofiel



Landschap

Fysiografische eenheid			
Regenwatergevoede zandgronden			
Fysiotoop			
hz3d1 - vochtige dekzandlaagten			
Geomorfologie	Microreliëf	Helling	Expositie
Laagte in dekzandgebied	VL		
Vegetatietype (SBB)	11A1		
Klasse	Oxycocco-Sphagnetea		
Verbond	Ericion tetralicis		
Associatie	Lycopodio-Rhynchosporetum		
Subassociatie	Onbepaald		

pH-profiel



Hydrologie

Hydrologisch systeem					
Kwelgebied, gedraineerd			Berekende GVG		
GHG (veld)	GLG (veld)	GVG (veld)	polder	stroomgebied	
-35	90		0	-11	
GWS	pH (veld)	EGV (veld; mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype	
			5	Stagnatie (regen)water in afvoerloze laagten	

Profielgegevens

Standaardpuntencode	Bodemkaart 1 : 50 000	Humusvorm	
5h423 G wIIIa	Zn23 G - wIIIa	vLHf - Vage-Beekhydromull	
Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve bewortelbare diepte	Spreiding profielkenmerken
999	90	11	

Profielopbouw

Horizont	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof			Textuur			pH	K	R	Vlekken		Geo	ST	Wortels			worm	Opmerkingen
				%	A	V	<2µ	<50 µ	M50				A	Hue V/C			A	D	R		
1AMh	0 - 1,5		SMCL	5	2		25	145		1					413	W O	PF A	V	FR		DiepteO 2/1/2
1AB	1,5 - 11		WADI	4	2		25	145		4,2	1				413	MA	VF	FIV	E		zeer compact DiepteO 12/6/10/15
1BC	11 - 45			1			22	145		4,0	1				413	MA	VF	FIV	E		vlekkerig
1Ceg	45 - 90						25	130			1				413						
1Cr	90 - 130						25	120		4,2	1				413						Grijs met zwarte vlekken (sulfide?)

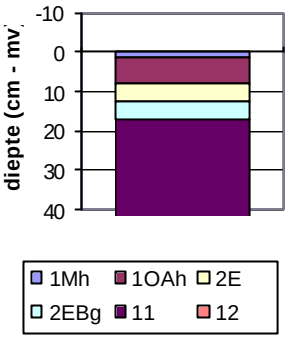
Toelichting
Veel bruine snavelbies met wat kruipwilg, waternavel, watermunt, pijpestro, waterbies. Productie gering, daardoor weinig bodemvorming.

Profielbeschrijving PH15o

Administratieve gegevens

IDcode	Terrein				Alfacode	Datum
886	Punthuizen				PH15o	18-7-2002
X-coördinaat	Ycoördinaat	m+NAP	Topkaart TDN		Oud	Cent. prof
269301	485984		29C		29C	
Projectnr	Project				Opnemer	
11744	Bodembemonstering OBN				Bas van Delft	
Bodemgebruik						
GR - grasland, blijvend						
Beheer			Plagjaar		Humusprofiel ☑	
Maaien (natuur)					Bodemprofiel ☑	
Opmerkingen over de locatie						

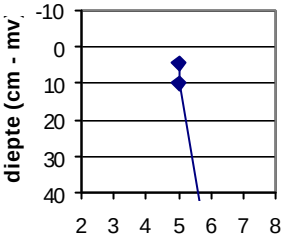
Humusprofiel



Landschap

Fysiografische eenheid			
Kwelgevoede zandgronden			
Fysiotoop			
hz3d2 - vochtige dekzandlaagten met veen			
Geomorfologie	Microreliëf	Helling	Expositie
dekzandlaagte met veenrest	VL		
Vegetatietype (SBB)	16A1d		
Klasse	Molinio-Arrhenatheretea		
Verbond	Junco-Molinion		
Associatie	Cirsio-Molinietum		
Subassociatie	Cirsio-Molinietum parnassietosum		

pH-profiel



Hydrologie

Hydrologisch systeem					
Wegzijgingsgebied, randzône			Berekende GVG		
GHG (veld)	GLG (veld)	GVG (veld)	polder	stroomgebied	
5	100		33	23	
GWS	pH (veld)	EGV (veld; mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype	

Profielgegevens

Standaardpuntencode	Bodemkaart 1 : 50 000	Humusvorm	
v4d433 IIIa	vWz - IIIa	DEv - Vaageerdmoder	
Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve bewortelbare diepte	Spreiding profielkenmerken
999	50	8	

Profielopbouw

Horizont	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof			Textuur			pH	K	R	Vlekken		Geo	ST	Wortels			worm	Opmerkingen
				%	A	V	<2µ	<50 µ	M50				A	Hue V/C			A	D	R		
1Mh	0 - 1,3		SMAB	85		D									190	W O	ABVFR A				diepO 1/2/1/1
1OAh	1,3 - 8,3		SMAB	25		D				5,0					110	MA	COVFR A				zwart DiepO 7/10/9/7
2E	8,3 - 12,5		WACL	1	3		9	155		5,0	1				411		FEFIRA				witgrijs diepO 10/17/15/7
2EBg	12,5 - 17		SMCL	2	3		20	155			1		m		412		FEFIRA				vlekkerig diepO 17/17/19/15
2Bhg	17 - 28		SMGR	3	3		20	140		5,5	1				412		VFFIVE				bruin
2BCg	28 - 50						25	140			1				412		VFFIVE				zwak roestig
2Ceg	50 - 100						20	130			1				412		NO				zwak rooestig
2Cr1	100 - 125						17	155			1				412						grijs
2Cr2	125 - 150						25	140		6,5	1				412						blauwgrijs

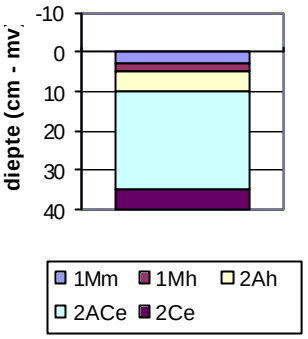
Toelichting

Profielbeschrijving STR01o

Administratieve gegevens

IDcode	Terrein			Alfacode	Datum
887	Stroothuizen			STR01o	18-7-2002
X-coördinaat	Ycoördinaat	m+NAP	Topkaart TDN	Oud	Cent. prof
268117	488109		29A	29A	
Projectnr	Project			Opnemer	
11744	Bodembemonstering OBN			Bas van Delft	
Bodemgebruik					
WH - natuurterreinen, heide					
Beheer			Plagjaar	Humusprofiel ☑	
Niets doen			1988	Bodemprofiel ☑	
Opmerkingen over de locatie					
zie STR01					

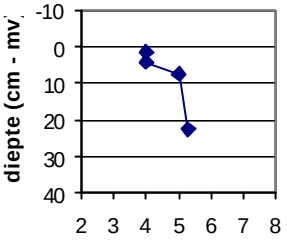
Humusprofiel



Landschap

Fysiografische eenheid			
Fysiotoop			
hz3d1 - vochtige dekzandlaagten			
Geomorfologie	Microreliëf	Helling	Expositie
dekzandwelving	VL		
Vegetatietype (SBB)	16A2c		
Klasse	Molinio-Arrhenatheretea		
Verbond	Junco-Molinion		
Associatie	Crepido-Juncetum		
Subassociatie	Crepido-Juncetum inops		

pH-profiel



Hydrologie

Hydrologisch systeem					
Kwelgebied, gedraineerd			Berekende GVG		
GHG (veld)	GLG (veld)	GVG (veld)	polder	stroomgebied	
-5	60		18	9	
GWS	pH (veld)	EGV (veld; mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype	
			2	Kwelwater (zoet)	

Profielgegevens

Standaardpuntencode	Bodemkaart 1 : 50 000	Humusvorm	
5h432 wIIa	Zn23 - wIIa	DHs - Schraalhydromoder	
Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve bewortelbare diepte	Spreiding profielkenmerken
999	60	12	

Profielopbouw

Horizont	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof			Textuur			pH	K	R	Vlekken		Gleo	STWortels			worm	Opmerkingen
				%	A	V	<2µ	<50 µ	M50				A	Hue V/C			A	D	R	
1Mm	0 - 3		SMDI	90		OV				4,0					190	WO	ABA	V	FR	diepO 4/3/2/3
1Mh	3 - 5		SMDI	60		OV				4,1					190	WO	PFA	V	FR	diepO 7/5/4/4
2Ah	5 - 10		SMGR	14	2		40	110		5,0					413	MA	COA	V	FR	diepO 12/9/11/8
2ACe	10 - 35			1			14	160		5,3					413		FEFIVE			
2Ce	35 - 60						14	160							413					
2Cr	60 - 120						14	160		5,3					413					blauwgrijs

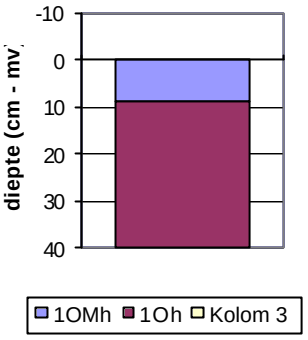
Toelichting

Profielbeschrijving LM-A4

Administratieve gegevens

IDcode	Terrein				Alfacode	Datum
890	Lage Maden				LM-A4	12-7-2002
X-coördinaat	Ycoördinaat	m+NAP	Topkaart TDN		Oud	Cent. prof
238364	559376		12D		12D	
Projectnr	Project			Opnemer		
11744	Bodembemonstering OBN			Bas van Delft		
Bodemgebruik						
GR - grasland, blijvend						
Beheer		Plagjaar	Humusprofiel ☑			
Maaien (natuur)			Bodemprofiel ☑			
Opmerkingen over de locatie						
Maaien lukt vaak niet ivm natte bodem						

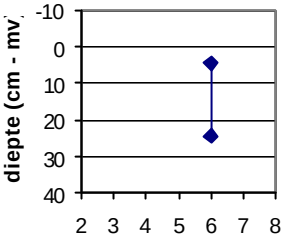
Humusprofiel



Landschap

Fysiografische eenheid			
Venen			
Fysiotoop			
hz5b - natte beekdalen			
Geomorfologie	Microreliëf	Helling	Expositie
Venig beekdal	VL		
Vegetatietype (SBB)	16A		
Klasse	Molinio-Arrhenatheretea		
Verbond	Junco-Molinion		
Associatie	Onbepaald		
Subassociatie	Onbepaald		

pH-profiel



Hydrologie

Hydrologisch systeem					
Kwelgebied (zoet)			Berekende GVG		
GHG (veld)	GLG (veld)	GVG (veld)	polder	stroomgebied	
0	40		19	10	
GWS	pH (veld)	EGV (veld; mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype	

Profielgegevens

Standaardpuntencode	Bodemkaart 1 : 50 000	Humusvorm	
1hz5 Ia	aVz - Ia	sDEf - Schrale-Beekeerdmoder	
Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve bewortelbare diepte	Spreiding profielkenmerken
999	43	9	

Profielopbouw

Horizont	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof			Textuur			pH	K	R	Vlekken		Geo	ST	Wortels			worm	Opmerkingen
				%	A	V	<2µ	<50 µ	M50				A	Hue V/C			A	D	R		
1OMh	0 - 9		SMDI	70		D				6,0					110	W O	ABVFA				
1Oh	9 - 43			70		D				6,0					110						
2Cr	43 - 100						12	170		5,5					410						

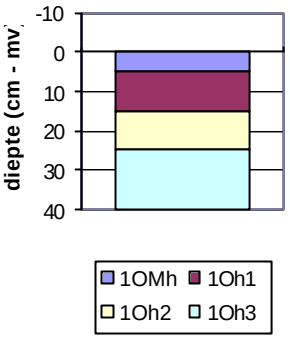
Toelichting

Profielbeschrijving LM-C4

Administratieve gegevens

IDcode	Terrein			Alfacode	Datum
891	Lage Maden			LM-C4	12-7-2002
X-coördinaat	Ycoördinaat	m+NAP	Topkaart TDN	Oud	Cent. prof
238333	559347		12D	12D	
Projectnr	Project			Opnemer	
11744	Bodembemonstering OBN			Bas van Delft	
Bodemgebruik					
GR - grasland, blijvend					
Beheer			Plagjaar	Humusprofiel ☑	
Maaien (natuur)			1995	Bodemprofiel ☑	
Opmerkingen over de locatie					
Maaien lukt vaak niet ivm natte bodem, 20 cm geplagd					

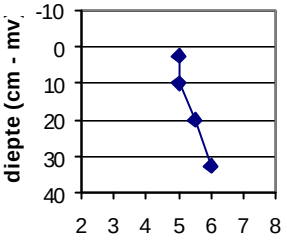
Humusprofiel



Landschap

Fysiografische eenheid			
Venen			
Fysiotoop			
hz5b - natte beekdalen			
Geomorfologie	Microreliëf	Helling	Expositie
Beekdal met veen	VL		
Vegetatietype (SBB)	16A		
Klasse	Molinio-Arrhenatheretea		
Verbond	Junco-Molinion		
Associatie	Onbepaald		
Subassociatie	Onbepaald		

pH-profiel



Hydrologie

Hydrologisch systeem					
Kwelgebied (zoet)			Berekende GVG		
GHG (veld)	GLG (veld)	GVG (veld)	polder	stroomgebied	
0	40		19	10	
GWS	pH (veld)	EGV (veld; mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype	

Profielgegevens

Standaardpuntencode	Bodemkaart 1 : 50 000	Humusvorm	
1hc G Ia	aVc G - Ia	sDEf - Schrale-Beekeerdmoder	
Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve bewortelbare diepte	Spreiding profielkenmerken
999	40	15	

Profielopbouw

Horizont	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof		Textuur			pH	K	R	Vlekken		Ge o	ST	Wortels			worm	Opmerkingen
				%	A	V	<2µ	<50 µ	M50			A	Hue V/C			A	D	R		
1OMh	0 - 5		SMDI	70		D				5,0				110		ABVFRA				
1Oh1	5 - 15		SMDI	50		DK	10			5,0	1			110		COVFRA				
1Oh2	15 - 25		SMDI	60		DK	5			5,5	1			110		NO				
1Oh3	25 - 200			60		DK	5			6,0	1			110						met riet

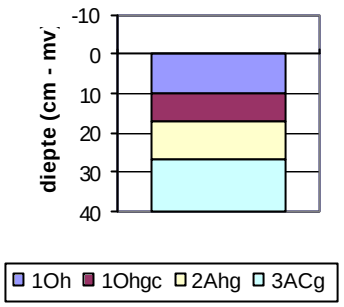
Toelichting

Profielbeschrijving AB

Administratieve gegevens

IDcode	Terrein			Alfacode	Datum
892	Reitma			AB	12-7-2002
X-coördinaat	Ycoördinaat	m+NAP	Topkaart TDN	Oud	Cent. prof
240560	543900		17E	17E	
Projectnr	Project			Opnemer	
11744	Bodembemonstering OBN			Bas van Delft	
Bodemgebruik					
GR - grasland, blijvend					
Beheer		Plagjaar		Humusprofiel ☑	
Maaien (natuur)				Bodemprofiel ☑	
Opmerkingen over de locatie					

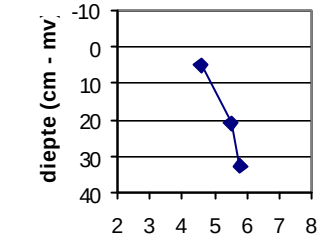
Humusprofiel



Landschap

Fysiografische eenheid			
Kwelgevoede zandgronden			
Fysiotoop			
hz5b - natte beekdalen			
Geomorfologie	Microreliëf	Helling	Expositie
beekdal met veen	VL		
Vegetatietype (SBB)	16A1		
Klasse	Molinio-Arrhenatheretea		
Verbond	Junco-Molinion		
Associatie	Cirsio-Molinietum		
Subassociatie	Onbepaald		

pH-profiel



Hydrologie

Hydrologisch systeem					
Kwelgebied (zoet)			Berekende GVG		
GHG (veld)	GLG (veld)	GVG (veld)	polder	stroomgebied	
0	80		26	16	
GWS	pH (veld)	EGV (veld; mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype	

Profielgegevens

Standaardpuntencode	Bodemkaart 1 : 50 000	Humusvorm	
fv4d432 IIIa	fvWz - IIIa	yfDEf - IJzerrijke Fluviatiele-Beekeerdmoder	
Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve bewortelbare diepte	Spreiding profielkenmerken
999	50	20	

Profielopbouw

Horizont	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof		Textuur			pH	K	R	Vlekken		Gleo	ST	Wortels			worm	Opmerkingen
				%	A/V	<2µ	<50 µ	M50				A	Hue V/C			A	D	R		
1Oh	0 - 10,3		SMDI	40	DK				4,7					110	GR	COVFRA				diepO 12/10/10/9
1Ohgc	10,3 - 17		SMGR	35	DK									110	GR	FEVFRA				ijzerconcreties diepO 20/10/20/16
2Ahg	17 - 27		WAGR	12		10			5,5	1	4			340	MA	VFVFVE				
3ACg	27 - 50		GR	1			17	155	5,8	1				410		VFVFVE				
3Ceg	50 - 80			1		10	45	110		1				413		NO				sterk gelaagd
3Cr	80 - 120			5		10	45	110	6,0	1	4			413						

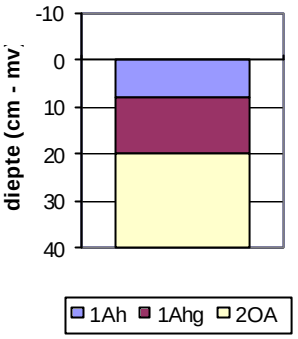
Toelichting
Vegetatie: Blauwgrasland met Zwarte zegge, Blauwe zegge, Blonde zegge, Orchideën vlozegge

Profielbeschrijving VK-C

Administratieve gegevens

IDcode	Terrein			Alfacode	Datum
893	Veenkampen			VK-C	16-7-2002
X-coördinaat	Ycoördinaat	m+NAP	Topkaart TDN	Oud	Cent. prof
171296	443552		39F	39F	
Projectnr	Project			Opnemer	
11744	Bodembemonstering OBN			Bas van Delft	
Bodemgebruik					
GR - grasland, blijvend					
Beheer			Plagjaar	Humusprofiel ☑	
Maaien (natuur)			1986	Bodemprofiel ☑	
Opmerkingen over de locatie					

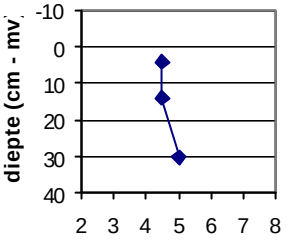
Humusprofiel



Landschap

Fysiografische eenheid			
Jonge kleigronden			
Fysiotoop			
ri3b - kommen en laagten			
Geomorfologie	Microreliëf	Helling	Expositie
Klei op veen	VL		
Vegetatietype (SBB)	16B		
Klasse	Molinio-Arrhenatheretea		
Verbond	Calthion palustris		
Associatie	Onbepaald		
Subassociatie	Onbepaald		

pH-profiel



Hydrologie

Hydrologisch systeem					
Kwelgebied (zoet)			Berekende GVG		
GHG (veld)	GLG (veld)	GVG (veld)	polder	stroomgebied	
0	30		17	9	
GWS	pH (veld)	EGV (veld; mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype	

Profielgegevens

Standaardpuntencode	Bodemkaart 1 : 50 000	Humusvorm	
R4m321cp9 Ia	pRv81Cp - Ia	fLHf - Fluviatiele-Beekhydromull	
Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve bewortelbare diepte	Spreiding profielkenmerken
999	50	20	

Profielopbouw

Horizont	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof			Textuur			pH	K	R	Vlekken		Geo	ST	Wortels			worm	Opmerkingen
				%	A	V	<2µ	<50 µ	M50				A	Hue V/C			A	D	R		
1Ah	0 - 8		SMDI	15		DK	30			4,5	1	5			322	BL	ABA	V	FR		
1Ahg	8 - 20		SMGR	15		DK	40			4,5	1	5			322	MA	FEA	V	FR		
2OA	20 - 50		SMGR	20		DK	30			5,0	1	5			110		NO				
2OAr	50 - 90			50		D									110						
3Cr	90 - 120			1				25	155						410						

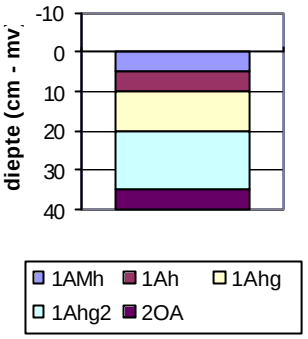
Toelichting
2 x maaien en afvoeren
peilbeheer: voorjaar -10, zomer -30 winter 0
Vegetatie (van foto) Holcus lanatus Lotus uliginosum, Juncus… Galium…

Profielbeschrijving VK-D

Administratieve gegevens

IDcode	Terrein			Alfacode	Datum
894	Veenkampen			VK-D	16-7-2002
X-coördinaat	Ycoördinaat	m+NAP	Topkaart TDN	Oud	Cent. prof
171420	443581		39F	39F	
Projectnr	Project			Opnemer	
11744	Bodembemonstering OBN			Bas van Delft	
Bodemgebruik					
GR - grasland, blijvend					
Beheer		Plagjaar		Humusprofiel ☑	
Maaien (natuur)				Bodemprofiel ☑	
Opmerkingen over de locatie					

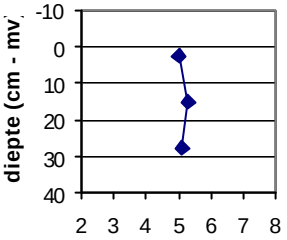
Humusprofiel



Landschap

Fysiografische eenheid			
Jonge kleigronden			
Fysiotoop			
ri3b - kommen en laagten			
Geomorfologie	Microreliëf	Helling	Expositie
Klei op veen	VL		
Vegetatietype (SBB)	16		
Klasse	Molinio-Arrhenatheretea		
Verbond	Onbepaald		
Associatie	Onbepaald		
Subassociatie	Onbepaald		

pH-profiel



Hydrologie

Hydrologisch systeem					
Kwelgebied (zoet)			Berekende GVG		
GHG (veld)	GLG (veld)	GVG (veld)	polder	stroomgebied	
0	50		21	12	
GWS	pH (veld)	EGV (veld; mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype	

Profielgegevens

Standaardpuntencode	Bodemkaart 1 : 50 000	Humusvorm	
R4m231c IIa	pRv51C - IIa	fLDHw - Fluviatiele-Wormhydromullmoder	
Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve bewortelbare diepte	Spreiding profielkenmerken
999	50	10	

Profielopbouw

Horizont	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof			Textuur			pH	K	R	Vlekken		Geo	ST	Wortels			worm	Opmerkingen
				%	A	V	<2µ	<50 µ	M50				A	Hue V/C			A	D	R		
1AMh	0 - 5		SMDI	15		DK	20			5,0	1	5			322	GR	PFA	V	FR	worme n	
1Ah	5 - 10		SMDI	15		DK	20				1	5			322	BL	COA	V	FR	worme n	
1Ahg	10 - 20		SMDI	15		DK	30			5,3	1	5			322						
1Ahg2	20 - 35			10			30			5,2	1	5			322						
2OA	35 - 50			20		DK	20								110						
2Oh	50 - 110			50		DK	10								110						
2Omr	110 - 180			70		BM									130						broekveen
2Oh	180 - 200			60		DK	10								130						

Toelichting
Peilbeheer: voorjaar -10 zomer -50 winter 0
2 x maaien en afvoeren

Bijlage 3 Resultaten bodemchemisch onderzoek en afgeleide variabelen

						pH	Org.	Uitwisselbaar					Oxalaat				Pyriet		Totaal	
Alterra	nr	Gebied	Horizont	diepte	datum	KCl	stof	Ca	Mg	K	Na	H	Fe	Al	P	FBF	FeS2	als Fe	N	P
Code							%	cmol+/kg					mg/100 g							
Str	01b	Stroothuizen	Mm+Mh	0-7	18-7-2002	3,8	46,4	14,18	1,15	1,86	0,71	68,0	1846,7	452,2	14,0	0,01	20,4	25,7	1309,3	86,9
Str	01b	Stroothuizen	Ah	7-12	18-7-2002	4,3	9,1	10,56	0,53	0,21	0,12	20,7	450,6	148,7	7,3	0,02	49,4	23,0	367,7	39,5
Ph	09b	Punthuizen	Amh+AB	0-12	18-7-2002	4,3	3,9	3,24	0,13	0,12	0,03	13,2	94,5	100,3	0,8	0,00	1121,8	522,2	112,7	4,1
Ph	15b	Punthuizen	OA	1-7	18-7-2002	5,3	16,2	37,57	0,44	0,44	0,20	18,4	103,3	116,3	7,1	0,04	21,0	9,8	614,3	37,6
Ph	15b	Punthuizen	E+EB	7-17	18-7-2002	5,8	2,4	12,73	0,08	0,07	0,03	7,4	43,4	76,5	1,8	0,02	195,8	91,2	76,9	6,2
W	1m	Wobberibben	Mg	18-33	17-7-2002															
W	1m	Wobberibben	Omf	4-14	17-7-2002	3,8	91,4	120,85	8,61	1,37	3,00	157,6	13,3	19,9	0,0	0,00	0,9	5,8	1249,2	89,1
llp	9	Ilperveld	Of1	0-8	16-7-2002	1,9	95,1	13,75	4,96	2,27	1,96	118,8	10,5	6,0	0,0	0,00	0,8	5,8	1297,2	31,2
llp	9	Ilperveld		10-20	16-7-2002	1,7	94,9	7,07	3,08	1,32	1,67	93,4	19,1	12,7	0,0	0,00	0,7	15,2	1098,2	26,1
llp	10	Ilperveld	OMf	4-10	15-7-2002	1,9	99,3	15,87	4,73	1,88	2,67	123,7	57,8	1,6	0,0	0,00	0,8	37,0	1129,7	38,0
llp	10	Ilperveld	Mmr	10-20	15-7-2002															
Vak	D	Veenkamp	Amh+Ah	0-10	16-7-2002	4,7	18,2	60,66	2,37	0,54	0,08	35,3	520,3	263,3	41,5	0,07	1,3	0,6	998,0	135,9
Vak	C	Veenkamp	Ah+Ahg	0-20	16-7-2002	4,9	16,8	76,05	2,73	0,60	0,09	32,7	776,4	322,0	57,6	0,07	52,4	24,4	898,4	139,8
C	4	Lage Maden		0-5	12-7-2002	5,1	78,1	237,89	4,79	1,48	1,73	79,0	2220,3	115,3	25,7	0,02	4,8	2,2	3410,1	116,5
C	4	Lage Maden	Oh1	5-15	12-7-2002	4,7	83,6	276,80	4,91	0,30	1,05	97,3	2172,0	37,3	12,9	0,01	50,2	23,4	3265,2	70,2
A	4	Lage Maden	OM	0-9	12-7-2002	6,1	54,8	192,54	1,84	1,09	1,22	45,9	2588,1	107,4	76,6	0,05	2,4	1,1	2406,1	273,6
A	4	Lage Maden	Oh	9-43	12-7-2002	5,0	50,2	178,63	1,07	0,16	0,17	77,2	3291,5	130,6	83,5	0,04	61,2	28,5	2403,5	253,4
-	-	Reitma	Oh	0-12	12-7-2002	5,0	36,1	90,29	0,86	0,32	0,17	52,9	2649,2	151,7	11,8	0,01	32,4	15,1	1526,5	80,4
-	-	Reitma	Ohcg	12-20	12-7-2002	5,4	12,8	66,64	0,62	0,12	0,06	24,2	1502,9	106,0	4,9	0,01	44,8	20,9	539,7	36,2
	419	Taarlo	OMg	0-6	12-7-2002	5,2	66,3	152,59	1,59	1,13	0,72	65,7	3435,8	107,1	63,2	0,03	4,6	2,1	3217,4	295,6
	419	Taarlo	Oh	6-20	12-7-2002	4,7	64,0	138,26	0,86	0,29	0,13	94,2	4056,8	110,1	87,7	0,04	31,2	14,5	3217,7	278,2
	424	Taarlo	OM+Ohcg	0-10	12-7-2002	5,1	43,0	93,11	0,95	0,98	1,06	50,7	2754,1	88,4	64,0	0,04	4,4	2,0	1967,9	219,1
	424	Taarlo	Oh	10-20	12-7-2002	4,5	34,3	68,28	0,67	0,23	0,16	65,2	3566,7	141,4	108,8	0,05	86,0	40,0	1545,7	240,9
KW 1-1986	3a	Koegelwieck	Mm	0-4	1-5-2003	4,20	46,0	42,43	3,70	1,84	2,76	57,6	699,10	52,76	33,44	0,04	27,13		1416,25	161,06
KW 2-1986	3b	Koegelwieck	Ah	4-7	1-5-2003	4,34	12,2	12,73	1,20	0,37	0,65	25,2	230,17	15,33	6,32	0,05	2,65		343,41	58,21
KW 3-1956	6a	Koegelwieck	Mm+Mh	0-6	1-5-2003	4,53	24,6	32,65	4,68	0,47	1,04	52,3	168,88	22,15	4,53	0,07	44,51		522,91	67,95
KW 4-1956	6b	Koegelwieck	ACe	6-11	1-5-2003	5,01	1,0	2,40	0,44	0,09	0,06	13,0	24,13	7,48	1,12	0,04	0,00		35,70	7,70
KW 5-1990	10	Koegelwieck	ACe	0-10	1-5-2003	5,49	0,6	0,82	0,18	0,06	0,03	10,2	10,46	5,23	0,09	0,04	0,00		30,90	9,00
KW 6-1920	12a	Koegelwieck	Mm+Mh	0-9	1-5-2003	4,60	13,3	16,06	2,35	0,32	0,49	27,7	80,58	18,14	3,16	0,05	5,09		380,32	56,72
KW 7-1920	12b	Koegelwieck	AC	9-15	1-5-2003	4,98	1,1	1,80	0,36	0,11	0,05	12,6	18,51	8,29	0,58	0,01	0,00		37,20	8,40
KW 8-1995	16	Koegelwieck	ACe	0-10	1-5-2003	5,33	0,7	0,96	0,19	0,07	0,07	9,3	8,34	5,50	0,57	0,05	0,00		25,80	8,50

Vervolg

Intern	Alterra	nr	Gebied	Horizont	diepte	datum	Pot. CEC	Ca-verz	H-verz	Bulk	Vochtgeh	droge grond/* liter vocht	C/N	C/P
nr	Code						cmol+/kg	(-)		kg/dm3	vol %	kg/l	(-)	
OB 1	Str	01b	Stroothuizen	Mm+Mh	0-7	18-7-2002	85,87	0,17	0,79	0,267	66,09	0,40	17,7	318,5
OB 2	Str	01b	Stroothuizen	Ah	7-12	18-7-2002	32,15	0,33	0,64	0,797	55,93	1,43	12,4	142,0
OB 3	Ph	09b	Punthuizen	Amh+AB	0-12	18-7-2002	16,74	0,19	0,79	1,079	53,41	2,02	17,1	590,3
OB 4	Ph	15b	Punthuizen	OA	1-7	18-7-2002	57,07	0,66	0,32	0,610	58,27	1,05	13,2	265,9
OB 5	Ph	15b	Punthuizen	E+EB	7-17	18-7-2002	20,28	0,63	0,36	1,230	52,35	2,35	15,8	280,1
OB 6	W	1m	Wobberibben	Mg	18-33	17-7-2002								
OB 7	W	1m	Wobberibben	Omf	4-14	17-7-2002	291,43	0,41	0,54	0,046	86,36	0,05	36,6	512,8
OB 8	Ilp	9	Ilperveld	Of1	0-8	16-7-2002	141,75	0,10	0,84	0,033	90,92	0,04	36,7	1523,1
OB 9	Ilp	9	Ilperveld		10-20	16-7-2002	106,55	0,07	0,88	0,034	90,51	0,04	43,2	1817,2
OB 10	Ilp	10	Ilperveld	OMf	4-10	15-7-2002	148,87	0,11	0,83	0,019	98,82	0,02	43,9	1307,5
OB 11	Ilp	10	Ilperveld	Mmr	10-20	15-7-2002								
OB 12	Vak	D	Veenkamp	Amh+Ah	0-10	16-7-2002	98,93	0,61	0,36	0,573	58,82	0,97	9,1	96,2
OB 13	Vak	C	Veenkamp	Ah+Ahg	0-20	16-7-2002	112,19	0,68	0,29	0,598	58,44	1,02	9,4	102,4
OB 14	C	4	Lage Maden		0-5	12-7-2002	324,88	0,73	0,24	0,098	77,08	0,13	11,4	429,7
OB 16	C	4	Lage Maden	Oh1	5-15	12-7-2002	380,39	0,73	0,26	0,075	80,21	0,09	12,8	729,2
OB 15	A	4	Lage Maden	OM	0-9	12-7-2002	242,55	0,79	0,19	0,213	68,43	0,31	11,4	139,1
OB 17	A	4	Lage Maden	Oh	9-43	12-7-2002	257,19	0,69	0,30	0,242	67,10	0,36	10,4	147,6
OB 18	-	-	Reitma	Oh	0-12	12-7-2002	144,54	0,62	0,37	0,349	63,45	0,55	11,8	263,4
OB 19	-	-	Reitma	Ohcg	12-20	12-7-2002	91,63	0,73	0,26	0,688	57,20	1,20	11,8	204,0
OB 20		419	Taarlo	OMg	0-6	12-7-2002	221,77	0,69	0,30	0,151	72,13	0,21	10,3	142,7
OB 23		419	Taarlo	Oh	6-20	12-7-2002	233,74	0,59	0,40	0,163	71,30	0,23	9,9	167,9
OB 22		424	Taarlo	OM+Ohcg	0-10	12-7-2002	146,78	0,63	0,35	0,292	65,21	0,45	10,9	138,7
OB 21		424	Taarlo	Oh	10-20	12-7-2002	134,51	0,51	0,48	0,366	63,00	0,58	11,1	130,0
OB 24	KW 1-1986	3a	Koegelwieck	Mm	0-4	1-5-2003	108,33	0,39	0,53	0,270	65,99	0,41	16,2	180,3
OB 25	KW 2-1986	3b	Koegelwieck	Ah	4-7	1-5-2003	40,10	0,32	0,63	0,704	57,01	1,23	17,7	117,3
OB 26	KW 3-1956	6a	Koegelwieck	Mm+Mh	0-6	1-5-2003	91,12	0,36	0,57	0,475	60,54	0,78	23,5	193,6
OB 27	KW 4-1956	6b	Koegelwieck	ACe	6-11	1-5-2003	15,95	0,15	0,81	1,524	50,67	3,01	13,8	74,9
OB 28	KW 5-1990	10	Koegelwieck	ACe	0-10	1-5-2003	11,33	0,07	0,90	1,670	49,96	3,34	10,2	35,4
OB 29	KW 6-1920	12a	Koegelwieck	Mm+Mh	0-9	1-5-2003	46,90	0,34	0,59	0,676	57,37	1,18	17,4	123,9
OB 30	KW 7-1920	12b	Koegelwieck	AC	9-15	1-5-2003	14,92	0,12	0,84	1,478	50,90	2,90	15,3	72,6
OB 31	KW 8-1995	16	Koegelwieck	ACe	0-10	1-5-2003	10,63	0,09	0,88	1,624	50,17	3,24	14,0	45,7

Vloeibare fase

Intern nr	Alterra Code	nr	Gebied	Horizont	diepte	datum	pH	Ca mg/l	Mg mg/l	K mg/l	Na mg/l	Fe mg/l	HCO3 mmol/l
OB 1	Str	01b	Stroothuizen	Mm+Mh	0-7	18-7-2002	5,21	53,73	9,49	14,87	25,35	0,20	0,15
OB 2	Str	01b	Stroothuizen	Ah	7-12	18-7-2002	5,18	76,79	12,04	5,34	20,75	0,03	0,10
OB 3	Ph	09b	Punthuizen	Amh+AB	0-12	18-7-2002	4,95	27,55	5,81	5,60	12,49	0,76	0,10
OB 4	Ph	15b	Punthuizen	OA	1-7	18-7-2002	5,54	16,26	1,53	3,15	8,84	3,76	0,15
OB 5	Ph	15b	Punthuizen	E+EB	7-17	18-7-2002	5,62	26,56	1,28	1,99	7,95	2,02	0,15
OB 6	W	1m	Wobberibben	Mg	18-33	17-7-2002							
OB 7	W	1m	Wobberibben	Omf	4-14	17-7-2002	5,50	14,23	2,75	4,50	23,17	0,16	0,15
OB 8	Ilp	9	Ilperveld	Of1	0-8	16-7-2002	3,65	5,03	1,80	4,20	18,58	0,11	0,00
OB 9	Ilp	9	Ilperveld	Ofr	10-20	16-7-2002	3,39	5,13	3,52	4,47	18,16	0,00	0,00
OB 10	Ilp	10	Ilperveld	OMf	4-10	15-7-2002	3,90	2,20	1,60	5,76	17,94	0,00	0,00
OB 11	Ilp	10	Ilperveld	Mmr	10-20	15-7-2002							
OB 12	Vak	D	Veenkamp	Amh+Ah	0-10	16-7-2002	5,30	56,09	7,79	1,47	8,12	0,03	0,10
OB 13	Vak	C	Veenkamp	Ah+Ahg	0-20	16-7-2002	5,23	48,40	6,09	1,31	5,86	0,00	0,15
OB 14	C	4	Lage Maden	OM	0-5	12-7-2002	6,30	30,75	3,09	4,50	19,11	18,29	0,30
OB 16	C	4	Lage Maden	Oh1	5-15	12-7-2002	7,10	135,43	8,69	2,75	18,93	2,01	0,50
OB 15	A	4	Lage Maden	OM	0-9	12-7-2002	7,36	99,16	4,22	4,33	25,28	4,25	6,15
OB 17	A	4	Lage Maden	Oh	9-43	12-7-2002	5,48	63,76	3,15	1,46	8,38	9,93	0,20
OB 18	-	-	Reitma	Oh	0-12	12-7-2002	5,02	47,21	1,54	1,30	8,47	6,87	0,10
OB 19	-	-	Reitma	Ohcg	12-20	12-7-2002	5,05	27,60	0,83	1,37	8,20	19,50	0,30
OB 20		419	Taarlo	Omg	0-6	12-7-2002	5,34	44,85	1,17	1,42	9,29	21,86	0,10
OB 23		419	Taarlo	Og	6-20	12-7-2002	4,82	75,10	1,77	1,04	3,95	3,08	0,05
OB 22		424	Taarlo	OM+Ohcg	0-10	12-7-2002	5,57	14,21	0,35	1,42	6,03	78,91	0,20
OB 21		424	Taarlo	Oh	10-20	12-7-2002	4,78	45,51	1,43	1,16	5,75	8,05	0,05
OB 24	KW 1	3a	Koegelwieck	Mm	0-4	1-5-2003	5,69	46,33	9,37	5,47	65,93		0,35
OB 25	KW 2	3b	Koegelwieck	Ah	4-7	1-5-2003	5,31	43,45	8,83	2,84	46,12		0,30
OB 26	KW 3	6a	Koegelwieck	Mm+Mh	0-6	1-5-2003	5,71	12,22	5,88	3,53	40,69		0,40
OB 27	KW 4	6b	Koegelwieck	ACe	6-11	1-5-2003	6,34	9,53	4,76	4,90	37,85		0,60
OB 28	KW 5	10	Koegelwieck	ACe	0-10	1-5-2003	6,79	11,35	5,02	3,64	33,91		0,75
OB 29	KW 6	12a	Koegelwieck	Mm+Mh	0-9	1-5-2003	5,69	17,10	5,73	3,08	27,07		0,35
OB 30	KW 7	12b	Koegelwieck	AC	9-15	1-5-2003	6,31	5,87	4,05	4,64	32,16		0,80
OB 31	KW 8	16	Koegelwieck	ACe	0-10	1-5-2003	6,46	12,51	5,80	3,57	40,15		0,65