



ALTERRA

Bodemkundige aspecten van de uitgangstoestand in het Reestdal en de Westbroekse zodde bij bevloeiing als herstelmaatregel voor verzuurde beekdalgraslanden

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



Alterra-rapport 196, ISSN 1566-7197

Bodemkundige aspecten van de uitgangstoestand in het Reestdal en de Westbroekse zodde bij bevoeiing als herstelmaatregel voor verzuurde beekdalgraslanden

**Bodemkundige aspecten van de
uitgangstoestand in het Reestdal
en de Westbroekse zodde bij
bevloeiing als herstelmaatregel
voor verzuurde
beekdalgraslanden**

R.H. Kemmers

S.P.J. van Delft

Alterra-rapport 196

REFERAAT

Kemmers, R.H en S.P.J. van Delft, 2001. Bodemkundige aspecten van de uitgangstoestand in het Reestdal en de Westbroekse zodde bij bevloeiing als herstelmaatregel voor verzuurde beekdal-graslanden. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-Rapport 196. 61 blz. 19 fig.; 4 tab.; 21 ref.

In het Reestdal en de Westbroekse zodde worden vloeivelden ingericht ter bestrijding van verzuring van schraalgraslanden. Via een monitoringprogramma zullen de effecten van bevloeiing worden geregistreerd. De bodemkundige uitgangstoestand is vastgelegd middels beschrijvingen en chemische analyses van het humusprofiel. De onderzochte profielen hebben een zuur karakter en bevatten pyriet. Met het chemische evenwichtsmodel ECOSAT is beoordeeld of de bodem voldoende ijzeroxiden en zwavelcomponenten bevat om via reducerende processen de basenverzadiging in de profielen te kunnen laten stijgen. Alleen de veraarde kleiige horizonten in het Reestdal blijken vooral dankzij de accumulatie van pyriet een hoge basenverzadiging te kunnen realiseren. De profielen in Westbroek bevatten te weinig ijzeroxiden om een hoge basenverzadiging te kunnen genereren.

Trefwoorden: Verzuring, bevloeiing, natte schraalgraslanden, humusprofielen, landevaluatie, ijzer, pyriet, reductie,

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door NLG 40,- (€18,-) over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-Rapport De Horsten.doc. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2001 Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte,
Postbus 47, NL-6700 AA Wageningen.
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: postkamer@alterra.wag-ur.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 vooraf-gaande 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.

Projectnummer 382-10901-01 [Alterra-Rapport 278/De Horsten].T./05-2001]

Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	13
2 Uitgangssituatie	15
2.1 Inleiding	15
2.2 Materiaal en methode	15
2.2.1 Locaties	15
2.2.1.1 Reestdal	15
2.2.1.2 Westbroekse Zodden	18
2.2.2 Humusprofielbeschrijvingen	19
2.2.3 Bemonstering	20
2.2.3.1 Chemisch	20
2.2.3.2 Bulkdichtheid	20
2.3 Resultaten	20
2.3.1 Humusprofielen	20
2.3.1.1 Reestdal	22
2.3.1.2 Westbroekse Zodden	23
2.3.2 Analyseresultaten	23
2.3.2.1 Chemisch	23
2.3.2.2 Bulkdichtheid	25
3 Bodemchemische evaluatie met ECOSAT	26
3.1 Inleiding	26
3.2 Definitie van de systemen	26
3.3 Calibratie en verificatie	27
3.4 Resultaten	28
3.4.1 Calibratie en verificatie	28
3.4.2 Reestdal	28
3.4.3 Westbroekse zodde	32
3.5 Discussie en conclusies	34
Literatuur	37
Aanhangsels	39
Aanhangsel 1 Verklaring coderingen in profielbeschrijvingen	
Aanhangsel 2 Profielbeschrijvingen	
Aanhangsel 3 Chemische analyses	
Aanhangsel 4 Ecosat-resultaat	

Woord vooraf

Effectgerichte maatregelen ter bestrijding van verzuring en verdroging van schraalgraslanden blijken niet altijd even effectief te zijn. Een van de oorzaken is dat vooral hydrologische maatregelen vaak moeilijk zijn te realiseren. Deze maatregelen beogen juist de aanvoer van basenrijk grondwater naar de wortelzone te stimuleren. Uit onderzoek dat is uitgevoerd in het kader van het Overlevingsplan Bos en Natuur komen aanwijzingen naar voren dat de aanwezigheid van voldoende ijzer in het bodemprofiel een belangrijke randvoorwaarde vormt voor herstel van de basentoestand. Vermoed wordt dat op veel plaatsen gedurende de afgelopen halve eeuw de bodem van kwelgebieden ontijzerd is geraakt waar kwel is omgeslagen naar infiltratie door verlaging van regionale drainage basis.

Recent is onderzoek gestart waarin zal worden onderzocht in hoeverre de oude praktijk van bevoeiing met oppervlaktewater als herstelmaatregel perspectief biedt. Oppervlakte water zou zeker als het slibhoudend is niet alleen calcium kunnen aanvoeren maar ook ijzer. Om dit te onderzoeken zijn door de Universiteit Groningen een aantal natuurterreinen geselecteerd waar de oude bevoeiingspraktijk in ere is of zal worden hersteld.

Het onderzoek kent verschillende facetten: hydrologische, vegetatiekundige, plantenfysiologische (bemesting) en bodemkundige. Het bodemkundige deel wordt door Alterra uitgevoerd. Het onderzoek staat onder auspiciën van het OBN-deskundigenteam Natte Schraalgraslanden.

Tijdens het onderzoek waar dit rapport verslag van doet werd samengewerkt met het Lab. voor Plantenecologie van de RUG, de vakgroep Geobiologie van de RUU en het adviesbureau Giesen & Geurts, dat zorg heeft gedragen voor de chemische analyses. Voor deze samenwerking zijn wij hen allen zeer erkentelijk.

Samenvatting

Zowel in de pleistocene beekdalen als in de veenweidegebieden blijft herstel van de oorspronkelijke vegetatie vaak achterwege omdat hydrologische maatregelen gericht op herstel van basenrijke kwel niet mogelijk zijn. Als een van de mechanismen die hiervoor verantwoordelijk zijn wordt ontijzering van de bovenste humushorizonten genoemd, waardoor ijzerreductie als belangrijk zuurconsumerend proces een hoge basenstatus onmogelijk maakt. Een oplossing zou kunnen zijn de verzuring te bestrijden door basen- en ijzerrijk oppervlaktewater over de verzuurde en verdroogde vegetatie te laten stromen. Het succes van deze maatregel is waarschijnlijk afhankelijk van de kwaliteit van het oppervlaktewater en de lokale standplaatscondities. Bij dergelijke maatregelen zal dus kritisch gekeken moeten worden naar de samenstelling van het overstromingswater in relatie tot de bodemkundige condities en de mogelijke ongewenste neveneffecten van directe of indirecte eutrofiering.

In het kader van OBN is door het deskundigenteam natte schraalgraslanden een project opgestart waarin de ecologische effecten onderzocht worden van een vijftal reservaatgebieden waar gebruik gemaakt wordt van bevoeiing om verzuring en verdroging te bestrijden. Dit onderzoeksrapport beschrijft en evalueert de bodemkundige uitgangstoestand in het Reestdal en de Westbroekse Zodde. Daartoe is een nauwkeurige beschrijving gemaakt van het humusprofiel van de bodem om gericht per horizont de bodem te kunnen bemonsteren op een aantal chemische en fysische componenten. De chemische analyseresultaten zijn gebruikt om een chemisch evenwichtsmodel ECOSAT te calibreren waarmee vervolgens effecten van bevoeiing kunnen worden geevalueerd.

Het veenpakket in de middenloop van de Reest bestaat voornamelijk uit broekveen en (riet)zeggeveen. Reeds in de Middeleeuwen waren delen van de veengronden in het Reestdal in gebruik als hooiland, waarbij men profiteerde van de toestroom van kwelwater en de verrijking van de bodem tijdens overstromingen. Voor een humusprofielbeschrijving wordt het profiel beschreven tot 40 cm - mv na bemonsterd te zijn met een humushapper. Het eerste punt (RDV1) is beschreven in het centrale deel van het bevoeide perceel. Op deze locatie zijn ook de monsters genomen. In het niet bevoeide deel is het profiel RDB1 beschreven. In het Reestdal bestaan alle beschreven profielen beneden ca. 30 cm-mv uit onverweerd veen, daarbovenop komt een veraarde kleiige horizont voor, die wordt afgedekt door een 3 à 4 cm dikke, matig verteerde wortelmat (Mm). Deze wortelmat is een gevolg van de natte omstandigheden waardoor de afbraak van de organische stof geremd wordt.

De Westbroekse Zodden liggen in het Utrechtse Vechtplassengebied, ten noordwesten van Westbroek. In dit gebied heeft vervening plaatsgevonden. Hierdoor zijn petgaten van verschillende grootte ontstaan, waarin door verlanding trilvenen ontstaan zijn. Een deel van de polder Westbroek is een kwelgebied, op andere plaatsen is sprake van infiltratie van oppervlaktewater. Onder invloed van kwel zijn basenminnende

vegetaties in de kraggen ontstaan. Het bevoeiingsexperiment wordt uitgevoerd in een terreindeel waar sprake is van sterke verzuring en vergrassing. Om de uitgangssituatie vast te leggen zijn zes profielbeschrijvingen gemaakt, waarvan er twee zijn bemonsterd. De profielen in de Westbroekse Zodden bestaan uit een ca 40 cm dikke kragge. In het onderste deel van de profielen is gegeven aanwezig dat is ontstaan onder basenrijke omstandigheden. Naar onder toe is dit gegeven verder verteerd. In de bovenste lagen van het gegeven is door regenwaterinvloed een laag haarmos en veenmosveen met wisselende dikte aanwezig.

In het Reestdal en Westbroekse Zodden zijn elk 6 bodemonsters genomen van verschillende lagen in twee profielen. Deze monsters zijn door middel van vacuümfiltratie gescheiden in een vaste en een vloeibare fase. Uit de analysegegevens van de vaste en vloeibare fase zijn o.a. omwisselconstanten voor ionenwisseling berekend

In de reestprofielen neemt de pH in het bodemvocht met de diepte toe. De Ca concentraties variëren rond de 20 mg.l^{-1} . De Cl concentraties variëren tussen de 40 en 50 mg.l^{-1} en zijn vrij hoog. De sulfaatconcentraties zijn over het algemeen laag. De pH-KCl van de vaste fase is aanzienlijk lager dan van de vloeibare fase en bedraagt ca. 4. De monsters uit Westbroek vertonen voor alle variabelen lagere waarden. De pH van het bodemvocht varieert tussen 4 en 5, de pH-KCl-waarden variëren tussen de 2 en 3. Met uitzondering van Cl is de concentratie van de meeste stoffen slechts enkele mg.l^{-1} . Het Fe-totaalgehalte is in de reestprofielen aanzienlijk hoger dan in die van de Westbroekse zodde. Opvallend zijn de hoge gehalten pyriet die in de humusprofielen van het Reestdal worden gemeten. In de Westbroekse zodde zijn pyrietgehalten aanmerkelijk lager.

De chemische analyseresultaten zijn gebruikt om een chemisch evenwichtsmodel ECOSAT te calibreren waarmee vervolgens effecten van bevoeiing kunnen worden geëvalueerd. Met dit model kunnen concentraties van ionspecies in het bodemvocht worden berekend op basis van evenwichtsreacties, redoxreacties en ionenwisseling tussen verschillende chemische componenten in een bodem-water-systeem. Daarbij hebben we verondersteld dat de pH onder aerobe omstandigheden uitsluitend kan worden gebufferd door ionenwisseling en door de mineralen (amorf) gibbsiet en goethiet. Onder anaerobe 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 gereduceerd dan stagneert de verdere reductie en zal de pH niet verder stijgen.

Het model is gecalibreerd door de berekende Ca^{2+} (en Fe-)bezetting te vergelijken met de gemeten waarden. Als belangrijkste calibratieparameter is het aluminiumgehalte van de bodem gebruikt. De gecalibreerde waarden bleken sterk af te wijken van de gemeten Al-gehalten. Deze variabele werd aangepast totdat berekende en gemeten waarden van de Ca- (en Fe-)bezetting overeenstemden met gemeten waarden. Bij de verificatie bleken de berekende pH waarden zeer goed en de ijzerconcentraties matig overeen te komen met de meetgegevens van het bodemvocht.

Voor de evaluatie werden berekeningen uitgevoerd, waarbij de redoxpotentiaal (pe) werd gevarieerd. Uit de modevaluatie blijkt dat in het Reestdal alleen de kleiige Oh-horizonten over voldoende redoxcapaciteit beschikken om de basenverzadiging op een hoog niveau te kunnen handhaven. De dagzomende Mm-horizonten en de onderliggende Of/m horizonten beschikken over onvoldoende redoxcapaciteit om een hoge basen-verzadiging te kunnen realiseren. In het Reestdal komen hoge gehalten pyrietgehalten in de bovengrond voor. De redoxcapaciteit van de Oh-horizonten wordt naast de

aanwezigheid van ijzeroxiden bepaald door zwavel dat in de bodem is geaccumuleerd als pyriet. De relatief hoge basenverzadiging lijkt een artefact als gevolg van zwaveldepositie in de afgelopen halve eeuw. In het Reestdal is een sterke daling van de basenverzadiging te verwachten bij lagere grondwaterstanden door pyrietoxidatie.

In de Westbroekse zode bezitten de kraggen een zeer geringe redoxcapaciteit, waardoor de basenverzadiging niet hoger kan worden dan 30%. De lage redoxcapaciteit hangt samen met de lage ijzer- en zwavelgehalten. Er is enige evidentie dat de lage ijzer- en zwavelgehalten veroorzaakt zijn door uitspoeling.

1 Inleiding

Probleemstelling

Sinds 1990 wordt in het kader van OBN in bloemrijke hooilanden en natte schraalgraslanden onderzocht hoe effecten van verzuring en verdroging kunnen worden hersteld. Zowel in de pleistocene beekdalen als in de veenweidegebieden blijft herstel van de oorspronkelijke vegetatie vaak achterwege omdat hydrologische maatregelen gericht op herstel van basenrijke kwel niet mogelijk zijn (Jansen et al., 1997; Van Delft en Kemmers, 1998). Er blijft veelal een gesloten vegetatie van grassoorten bestaan met een wortelmat waarin veel dood organisch (wortel)materiaal is geaccumuleerd. Het is onduidelijk welke mechanismen hiervoor verantwoordelijk zijn: 1) ontijzering, van de bovenste humushorizonten, waardoor ijzerreductie als belangrijk zuurconsumerend proces een hoge basenstatus onmogelijk maakt (Kemmers et al., 2000); 2) kaliumgebrek door uitspoeling (Duren & van Andel, 1997), 3) sulfidetoxiciteit en indirecte eutrofiering als gevolg van sulfaatreductie in aangevoerd oppervlaktewater (Lamers et al., 1998).

Een oplossing zou kunnen zijn de verzuring te bestrijden door basen- en ijzerrijk oppervlaktewater over de verzuurde en verdroogde vegetatie te laten stromen. Het succes van deze maatregel is waarschijnlijk afhankelijk van de kwaliteit van het oppervlaktewater (nutrienten, sulfaat, ijzer) en de lokale standplaatscondities. Denkbaar is dat door directe of indirecte werking overstroming met oppervlakte water leidt tot ongewenste eutrofiering (Boxman & Stortelder, 2000). Bestrijding van verzuring en verdroging door overstroming met oppervlaktewater is dus geen autonome maatregel; bij een verkeerde combinatie van maatregelen kan aan de bestaande vegetatie extra schade worden aangericht.

Bij dergelijke herstelmaatregelen tegen verzuring en verdroging zal dus kritisch gekeken moeten worden naar de samenstelling van het overstromingswater in relatie tot de bodemkundige condities en de mogelijke ongewenste neveneffecten van directe of indirecte eutrofiering.

Achtergrond

In het verleden werd veelvuldig het systeem van bevoeiing toegepast waarmee een verhoging van de bodemvruchtbaarheid van madelanden werd beoogd door aanvoer van slib (Burny, 1999; Baayens, in prep). Daarbij werd niet alleen slib maar ook basenrijk water, ijzermineralen en kalium aangevoerd.

Recent staat overstroming van (boezem- en made)graslanden hernieuwd in de maatschappelijke belangstelling met als doel water tijdelijk te kunnen bergen tijdens piekafvoeren in neerslagrijke perioden en daarmee tevens een buffer op te bouwen voor drogere perioden. Interessant is de vraag of een dergelijk beleid tevens kan worden benut om verdroging en verzuring van natuurgebieden te bestrijden. Bestrijding van verzuring zou aldus meegekoppeld kunnen worden via de maatschap-

pelijke wens natuurgebieden te gebruiken voor tijdelijke berging van water. De kwaliteit van het hedendaagse oppervlaktewater wijkt echter sterk af van de oorspronkelijke kwaliteit. Het is daarom onduidelijk of deze win-win-strategie niet tot ongewenste neveneffecten in schraalgraslanden leidt in de vorm van eutrofiering en aanvoer van toxische stoffen.

In het kader van OBN is door het deskundigenteam natte schraalgraslanden een project opgestart waarin de ecologische effecten onderzocht worden van een vijftal reservaatgebieden waar gebruik gemaakt wordt van bevoeiing om verzuring en verdroging te bestrijden: Plateaux (N.Br), Reestdal (Dr/Ov), Westbroekse zodden (Ut), Weerribben (Ov) en Zijdebrug (ZH).

Dit project bestudeert de waterkwaliteitsaspecten in relatie tot de basensamenstelling van de bodem als abiotische randvoorwaarde voor de vegetatie. Uit onderzoek van Kemmers et al. (2000) is gebleken dat ijzer en zwavel via reductieprocessen een belangrijke rol spelen bij de realisering van een hoge basenverzadiging van verzuurde gronden.

Projectdoelstelling

In dit rapport wordt een beschrijving gegeven van de bodemkundige uitgangstoestand in het Reestdal en de Westbroekse Zodde. Daartoe is een nauwkeurige beschrijving gemaakt van het humusprofiel van de bodem om gericht per horizont de bodem te kunnen bemonsteren op een aantal chemische componenten. De chemische analysesresultaten worden gebruikt om een chemisch evenwichtsmodel te calibreren waarmee vervolgens effecten van bevoeiing kunnen worden geevalueerd. Uit veldkenmerken van het humusprofiel kan daarbij informatie worden herleid over de verzuringstoestand in de uitgangssituatie. Tijdens het bevoeiingsexperiment zullen er bodemeigenschappen worden gemonitord om de effecten van bevoeiing op de bodemkwaliteit en de bodemvorming te kunnen vaststellen.

2 Uitgangssituatie

2.1 Inleiding

Om de uitgangssituatie vast te leggen zijn in de beide locaties beschrijvingen gemaakt van het bodem- en humusprofiel en zijn bodemmonsters genomen. Deze gegevens worden gebruikt om door middel van een modelstudie een voorspelling te kunnen doen van de te verwachten veranderingen in de basenverzadiging als gevolg van de bevoeiing (zie Hoofdstuk 3). Tevens kunnen deze gegevens gebruikt worden om veranderingen in bodemchemie en humusprofielontwikkeling te monitoren.

In dit hoofdstuk geven we een beschrijving van de uitgangssituatie. De locaties worden kort beschreven in paragraaf 2.2.1. In paragraaf 2.2.2 beschrijven we de methoden die gebruikt zijn om de profielbeschrijvingen te maken en de uitgevoerde bemonstering. De resultaten komen aan de orde in paragraaf 2.3, waarbij eerst de humusprofielen beschreven worden (2.3.1) en vervolgens de analyseresultaten van de bemonstering (2.3.2).

2.2 Materiaal en methode

2.2.1 Locaties

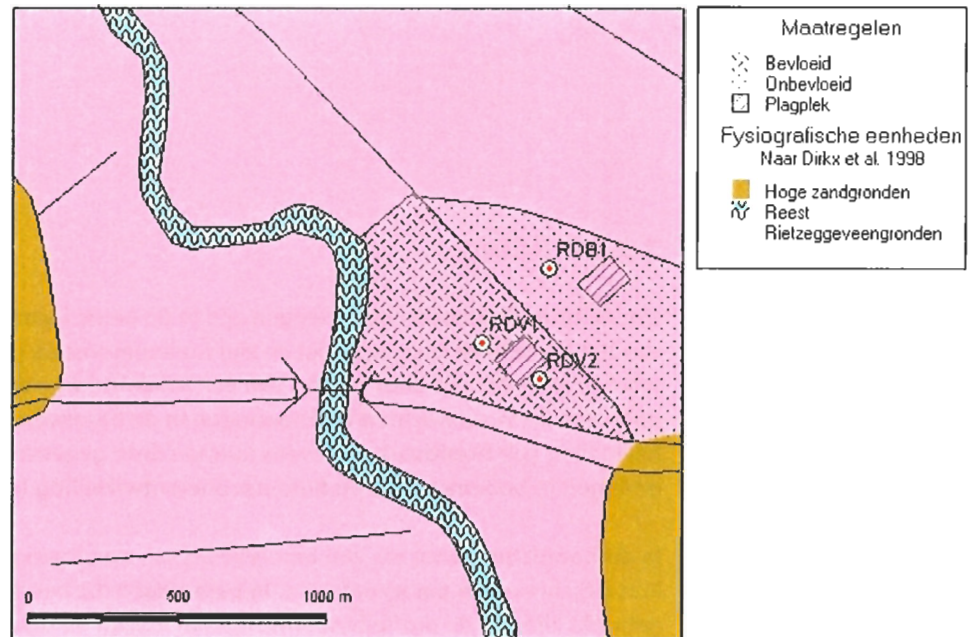
2.2.1.1 Reestdal

Beschrijving

Het vloeiveld is ingericht in de middenloop van de Reest (bij Oud Avereest). Door Dirkx et al. (1998) is onderzoek gedaan naar de historisch-ecologische ontwikkelingen in het Reestdal. Deze beschrijving is daar grotendeels op gebaseerd. Voor meer informatie verwijzen we naar het genoemde rapport.

Het Reestdal is ontstaan in het oerstroombetal van de Vecht, dat in het Saalien is gevormd tussen het Drentse keileemplateau en de Overijsselse stuwwallen (Ter Wee 1966, Dirkx et al. 1998). Het is een 40 tot 50 meter diep dal dat gedeeltelijk is opgevuld met fluvioperiglaale zanden die werden afgezet toen het landijs afsmolt. Hierop werden tijdens het Weichselien door een vlechtende rivier dikke pakketten grindhoudende, grove zanden afgezet, met soms lössachtige inschakelingen. In deze periode werden ook pakketten dekzand afgezet, die ook weer deels werden verspoeld. Door deze processen ontstond een zeer reliëfrijk zandlandschap dat nu deels is verscholen onder het veen. Op diverse plaatsen, onder andere bij Oud Avereest steken dekzandkopen boven het veen uit.

Tijdens het Holoceen is het dal opgevuld geraakt met veen. Omdat de afvoer van water, door de toegenomen begroeiing in het stroomgebied, kleiner en regelmatiger werd, werd alleen nog aan de randen van het oerdal van de Vecht water afgevoerd, door de Vecht in het zuiden en de Reest in het noorden. Als gevolg van de vorming van hoogveen in delen van het Reestdal tijdens het Atlanticum, nam de afvoer nog verder af, omdat in het hoogveen veel water wordt vastgehouden. Het veenpakket in de middenloop van de Reest bestaat voornamelijk uit broekveen en (riet)zeggeveen.



Figuur 1. Ligging van de boorpunten in het Reestdal

Reeds in de Middeleeuwen waren delen van de veengronden in het Reestdal in gebruik als hooiland, waarbij men profiteerde van de toestroom van kwelwater en de verrijking van de bodem tijdens overstromingen. Er zijn ook aanwijzingen dat doelbewust opstuwing van het rivierwater is toegepast om de hooilanden te bevoeien (Dirkx et al. 1998). Op de plaats waar het huidige experiment wordt uitgevoerd zijn door G.J. Baaijens restanten van een oud vloeiveld gevonden. Deze zijn gedeeltelijk hersteld. Door middel van een windmolen kan een deel van het perceel bevoeid worden. Het perceel is door een dijkje opgedeeld in een bevoeid en een onbevoeide deel (zie figuur 1). De profielbeschrijvingen en bemonstering zijn uitgevoerd op 3 oktober 2000, vlak voor de start van de bevoeiing.

Het perceel bevindt zich aan de rand van het beekdal, ten oosten van de Reest. Het grenst direct aan een hoge dekzandrug, maar het dekzand duikt ter plaatse snel weg onder het veen. In één boring hebben we op 160 cm - mv. zand aangetroffen. In de overige boringen loopt het veen door tot dieper dan 180 cm - mv. Door Dirkx et al. (1998) zijn in de omgeving enkele transecten beschreven. Hierin komen veenpakketten voor tot 2,5 meter dikte. In de transecten waar in het kader van de bevoeiingsmaatregel het grondwater bemonsterd wordt is in het bevoeide perceel zand aangetroffen tussen 1 en 2 meter beneden maaiveld (Boerwinkel en Verbeek 2001). In het niet bevoeide deel is het veen in het algemeen dikker, tot ca 3 meter.



Figuur 2. IJzerbacteriefilm in de plagplek van het bevoeide deel van het perceel in het Reestdal

In het beekdal komen ter plaatse van de proefplekken aanwijzingen voor kwelinvloed voor. Dit is duidelijk te zien in de plagplekken die hier zijn aangelegd. In de plagplek in het bevoeide deel komt een film van ijzerbacterien voor die wijst op de aanwezigheid van ijzerhoudend grondwater. Bij de plagplek in het niet bevoeide deel is dit minder duidelijk. Tijdens de vegetatiekartering zijn door M. de Bakker (IWACO, mondelinge mededeling) overal in het terrein ijzerconcreties gevonden. Ook dit is een aanwijzing voor het voorkomen van kwel. Of deze kwel nog steeds plaatsvindt kan hier echter niet uit worden afgeleid. Uit de grondwateranalyse (Boerwinkel en Verbeek 2001) blijkt dat tot ca 1 meter beneden maaiveld een regenwaterlens voorkomt. Ook uit stijghoogtegegevens kunnen zij geen indicatie voor kwel halen. De waargenomen ijzerbacteriefilm zou wellicht ook afkomstig kunnen zijn van uit de bovengrond uitspoelend ijzer.

Ligging van de boorpunten

De ligging van de boorpunten is aangegeven in figuur 1. Er zijn 3 profielbeschrijvingen gemaakt, twee in het bevoeide deel en 1 in het niet bevoeide deel. Het eerste punt (RDV1) is beschreven in het centrale deel van het bevoeide deel, tussen de plagplek en de bemestingsproef in, op een plek die wat betreft vegetatie en landschappelijke positie goed overeen komt met de locatie van de bemestingsproef. Op deze locatie zijn ook de monsters genomen. Het profiel RDV2 is beschreven aan de zuidoostkant van de plagplek. Deze locatie ligt iets lager dan RDV1 en is beschreven omdat de metingen die de Rijks Universiteit Groningen heeft uitgevoerd, bij het begin van de bevoeiing, op deze plek zijn verricht, omdat de hoger gelegen terreingedeelten pas later geïnuundeerd zouden raken.

Het profiel RDB1 hebben we beschreven in het niet bevoeide deel, tussen de bemestingsproef en een zone waar regelmatig regenwater stagneert langs het dijkje dat het perceel in tweeën deelt. Het punt ligt ongeveer 1 meter ten zuidwesten van de bemestingsproef en komt wat betreft vegetatie hiermee overeen.

2.2.1.2 Westbroekse Zodden

Beschrijving

De Westbroekse Zodden liggen in het Utrechtse Vechtplassengebied, ten noordwesten van Westbroek. De ondergrond bestaat in dit gebied uit Pleistocene zandgrond, waarop in het Holoceen een veenlaag is afgezet. In de polder Westbroek varieert de dikte van dit veenpakket van een halve tot één meter (Meuleman et al. 1987). Vanaf de 16e eeuw tot aan de Tweede Wereldoorlog heeft verspreid in dit gebied vervening plaatsgevonden. Hierdoor zijn petgaten van verschillende grootte ontstaan, waarin door verlanding trilvenen ontstaan zijn.

Een deel van de polder Westbroek is een kwelgebied, op andere plaatsen is sprake van infiltratie van oppervlaktewater. Het kwelwater is afkomstig van de Utrechtse heuvelrug. Kwel treedt voornamelijk op in petgaten, trilvenen en sloten, waar de veenlaag door vervening en slootshoning geheel of gedeeltelijk is verdwenen (Beltman et al 1986). Onder invloed van deze kwel ontstaan basenminnende vegetaties in de kraggen. Door constante polderpeilen, lopen sommige lage delen echter nooit meer onder water, met als gevolg dat zich neerslaglenzen vormen en de vegetatie alleen nog door stikstofrijke en zure neerslag gevoed wordt. Dit heeft geleid tot een sterke toename van Veenmossoorten en Haarmos. In sommige delen heeft ook vergrassing plaatsgevonden.

Ligging van de boorpunten

Het bevoeiingsexperiment wordt ingericht in een trilveen dat door deze processen sterk verzuurd is. In het zuidelijk deel van het perceel domineren Veenmossen en Haarmos, in het noordelijke deel is tevens een sterke vergrassing opgetreden. In beide delen worden experimenten uitgevoerd met bevoeiing, deels in combinatie met afplaggen. Hiertoe zijn zes proefvlakken aangelegd, zodat in beide vegetatiezones één



Figuur 3. Ligging van de boorpunten in de Westbroekse Zodden.

vlak ligt waar bevoeid wordt in combinatie met plaggen, één vlak waar alleen bevoeid wordt en een blanco (zie figuur 3). Om de Ausgangssituatie vast te leggen hebben we in elk vlak een profielbeschrijving gemaakt. De ligging van deze boorpunten is aangegeven in figuur 3. De profielbeschrijvingen en de bemonstering zijn verricht op 6 november 2000.

2.2.2 Humusprofielbeschrijvingen

De humusprofielen zijn beschreven door met een humushapper (Reestdal) of een met een mes (Westbroekse Zodden) 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. In het Reestdal en bij twee boringen in de Westbroekse Zodden hebben we met een guts het profiel verder uitgeboord om de dikte van het veenpakket vast te kunnen stellen. De maximale boringsdiepte was 180 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 1995, Kemmers en De Waal, 1999)

De profielbeschrijvingen bestaan uit een algemeen gedeelte en de 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 aanhangsel 2 en worden besproken in paragraaf 2.3.1.

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 1 Raamwerk en humusvormtypologie" (Kemmers en De Waal 1999) wordt een humusvormclassificatie besproken. Deze wordt met name voor de korte vegetaties nog verder uitgewerkt. De benaming voor de hier besproken humusprofielen is gebaseerd op deze voorlopige humusvormclassificatie, met enige uitbreidingen.

Tabel 1. Codering van de horizonen in het Reestdal en de Westbroekse Zodden.

Code	Toevoeging	Omschrijving
S		afgestorven deel van de huidige veenmosbegroeiing 'witveen'
M		wortelmat, behorende bij huidige vegetatie. Ligt bovenop veraarde bovengrond.
	m	gedeeltelijk verteerde wortelresten
O		Veen
	f	onverweerd veen
	m	verweerd veen
	h	veraard veen (basenrijk, aëroob)
	g	veraard veen (basenrijk, anaëroob)
BC		minerale C horizont met inspoeling van humus (overgang van een B naar een C horizont)
C		minerale horizont zonder kenmerken van bodemvorming
W		waterlaag onder kragge
	gc	ijzerrijke horizont (geoxideerd)
	r	gereduceerde horizont

2.2.3 Bemonstering

2.2.3.1 Chemisch

In het Reestdal en Westbroekse Zodden zijn elk 6 bodemonsters genomen van verschillende lagen in twee profielen per terrein (RDV1, RDB1, WBR1 en WBR6). Deze monsters zijn door middel van vacuümfiltratie gescheiden in een vaste en een vloeibare fase. Hieraan zijn de volgende analyses uitgevoerd.

vaste fase

- pH-KCl
- organische stof gehalte
- actief Al
- Fe-totaal
- Sulfide
- Uitwisselbaar Ca, Mg, K, Na, Fe
- uitwisselbaar H

vloeibare fase

- pH
- HCO₃
- Ca, Fe, Al
- SO₄
- Na, K, Mg
- Cl

De analyses zijn uitgevoerd door het bureau 'Giesen & Geurts Biologische projecten' te Ulft. De gebruikte analysemethoden zijn beschreven in een rapport (Giesen & Geurts, 2001). De resultaten worden besproken in paragraaf 2.3.2.1.

In het Reestdal zijn in de bemonsterde profielen rhyzosamplers aangebracht op 2, 10 en 30 cm - mv. om op een later tijdstip, tijdens de bevoeiing opnieuw bodemvocht te kunnen bemonsteren.

Ionenwisseling

Uit de analysegegevens van de vaste en vloeibare fase zijn omwisselconstanten voor ionenwisseling berekend. Daarbij is de omwisseling van H⁺, Ca²⁺ en Fe²⁺ in beschouwing genomen. De omwisseling van een- en tweewaardige ionen wordt uitgedrukt in de zgn Gaponcoefficient (KG):

$$KG = \frac{\{ (H_5) \times ([Mn^{2+}])^{0.5} \}}{\{ (Mn_5) \times [H]^+ \}}$$

$$\begin{aligned} \text{Waarbij: } Mn^{2+} &= Ca^{2+} + Fe^{2+} & (\text{mol.l}^{-1}) \\ Mn_5 &= Ca_5 + Fe_5 & (\text{cmol}^+.kg^{-1}) \end{aligned}$$

Hierbij is verondersteld dat calcium en ijzer een gelijk adsorptiegedrag vertonen. Met ECOSAT kunnen de waarden van Mn_5 worden berekend. Om deze waarde terug te rekenen naar Ca-uitw en Fe-uitw is de gemeten verhouding (Ca_5/Fe_5) tussen deze twee geadsorbeerde ionen genomen. In aanhangsel 3 zijn de afgeleide gegevens weergegeven.

2.2.3.2 Bulkdichtheid

Voor het bepalen van de bulkdichtheid van de verschillende horizonten hebben we met zgn. pF-ringen van 100 cm³ een ongestoord monster genomen van 7 lagen in het Reestdal en 4 lagen in de Westbroekse Zodden. In het laboratorium van Alterra zijn deze monsters eerst verzadigd met water en gewogen. Daarna zijn ze gedurende enkele dagen gedroogd bij 55 °C en daarna weer gewogen. Uit deze gegevens konden we de dichtheid van de fase en het poriënvolume afleiden.

De dichtheid is afgeleid van de massa van het droge monster gedeeld door het volume (100 cm³). Het poriënvolume komt overeen met de hoeveelheid water die uit het verzadigde monster is verdampt, gedeeld door het volume.

De resultaten worden besproken in paragraaf 2.3.2.1.

2.3 Resultaten

2.3.1 Humusprofielen

De profielbeschrijvingen zijn opgenomen in aanhangsel 2. In de volgende paragrafen bespreken we deze profielen per terrein. In figuur 4 hebben we foto's opgenomen van één profiel uit elk terrein. Een schematische weergave van de humusprofielen in beide terreinen is opgenomen in figuur 5.

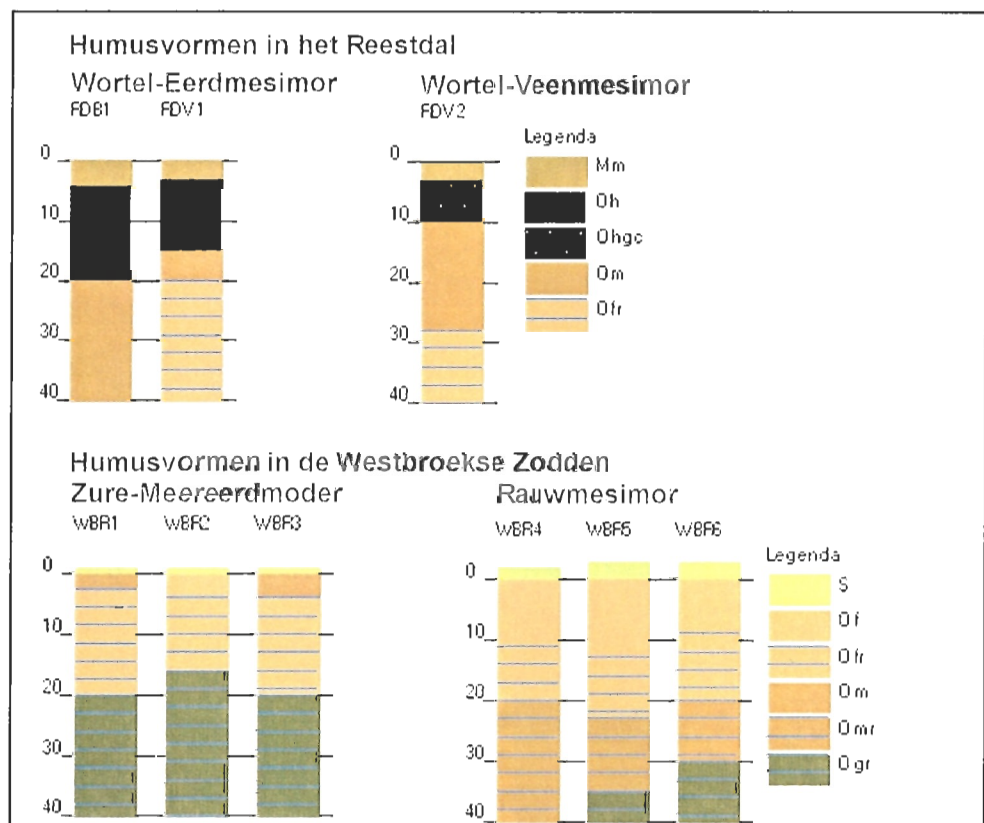


Figuur 4. Voorbeeld van humusprofielen in het Reestdal (RDB1) en in de Westbroekse Zodden (WBR6).

2.3.1.1 Reestdal

De profielen in het Reestdal bestaan voor het grootste deel uit broekveen en rietzeggeveen. In de twee profielen in het bevoeide deel begint tussen 160 en 170 cm - mv. het dekzand. Het veen is over het algemeen weinig veraard. Bovenin het profiel komt 10 tot 20 cm veraard veen voor (Oh). Dit veraarde veen is relatief kleiig. Deze klei is op het veen gesedimenteerd bij inundaties in het verleden. Daaronder komt een laag verweerd veen voor (Om). Tussen 20 en 40 cm -- mv. begint het onverweerde rietzeggeveen (Of) dat tussen 60 en 115 cm - mv overgaat in broekveen. Deze onverweerde lagen bevinden zich beneden de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) en zijn permanent gereduceerd. Dit komt tot uiting in een bruine kleur die bij blootstelling aan de lucht door oxidatie snel zwart wordt. Het profiel in het niet bevoeide deel (RDB1) is tot een grotere diepte geoxideerd (40 cm) dan in de profielen in het bevoeide deel (20 en 28 cm).

Bij alle drie de beschreven profielen in het Reestdal komt bovenop het veraarde deel van het profiel een 3 à 4 cm dikke, matig verteerde wortelmat (Mm) voor. Deze wortelmat is een gevolg van de natte omstandigheden waardoor de afbraak van de organische stof geremd wordt. Bij de afbraak en homogenisatie van dood wortelmateriaal spelen regenwormen een belangrijke rol. Waarschijnlijk is de bodem een groot deel van het jaar te nat voor regenwormen. Ze zijn ook in geen van de profielen aangetroffen. De zuurgraad kan hierbij ook een rol spelen. De pH in het bevoeide deel is ongeveer 5, met uitzondering van de veraarde bovengrond in RDV1 waar we een pH 6 gemeten hebben. In RDV2 was de pH in de bovengrond 4,5. Bij profiel RDB1 in het niet bevoeide deel is de pH van de bovengrond 4,5, met uitzondering van de wortelmat waar we een pH 5 gemeten hebben. Binnen dit pH-traject neemt de activiteit van regenwormen af, maar ze worden meestal wel aangetroffen, mits de bodem niet te nat is. Bij pH waarden lager dan 4,5 komen meestal geen regenwormen voor. Het voorkomen van wortelmatten door de afwezigheid van regenwormen in deze profielen moet dus vooral aan de natte terreincondities toegeschreven worden.



Figuur 5. Schematische weergave van de humusprofielen in Reestdal en Westbroekse Zodden.

Aanwijzingen voor kwelinvloed hebben we gevonden in profiel RDV2, waar in de veraarde bovengrond ijzerconcreties voorkomen (Ohgc). Dit komt ook overeen met de kwelverschijnselen die we in de plagplek in het bevloede deel hebben waargenomen. Het is hierbij niet zeker of het hier om actuele kwel gaat, of om verschijnselen die het gevolg zijn van kwel in het verleden.

Humusvormen

De drie beschreven profielen in het Reestdal kunnen tot twee verschillende humusvormen gerekend worden. Omdat ze binnen 40 cm - mv. grotendeels bestaan uit weinig tot niet veraard rietzeggeveen worden ze tot de *mesimors* gerekend. Op basis van de dikte van de Oh-horizont hoort RDV2 bij de *veenmesimors* (Oh < 10 cm) en de andere twee profielen bij de *eerdmesimors* (Oh 10 - 20 cm). Deze (RDV1 en RDB1) zijn dus iets verder veraard dan RDV2. Het voorkomen van een wortelmat (Mm) wordt hierbij aangegeven met het voorvoegsel *wortel-*.

2.3.1.2 Westbroekse Zodden

De profielen in de Westbroekse Zodden bestaan uit een ca 40 cm dikke kragge, in een ondiep petgat. De waterlaag onder deze kragge is 10 tot 20 cm dik. Op de overgang naar de zandondergrond komt ca 15 cm zwarte bagger voor. Vanaf 70 cm begint de zandondergrond.

De veranderingen in de vegetatie van de laatste decennia worden weerspiegeld door het humusprofiel van de kragge. De kragge is onder invloed van kalkrijk kwelwater ontstaan uit de drijvende wortelmat van een zeggevegetatie. In het onderste deel van de profielen is dit te herkennen als een dichte mat van wortels (Ofr met veensoort C), die naar onder toe verder verteerd zijn (Om - Og). Dit is in tegenstelling tot de veraarde veengronden in het Reestdal, waar de veraarde lagen (Oh) boven de niet verweerde horizonten voorkomen. In het Reestdal is dan ook sprake van aërobe veraarding, terwijl in een kragge, zoals in de Westbroekse Zodden, de veraarding onder anaërobe omstandigheden plaats vindt.

Door toenemende regenwaterinvloed is echter het aandeel veenmos en haarmos in de veenvormende vegetatie toegenomen. Dit is reeds duidelijk waar te nemen in de bovenste lagen van het zeggeveen, maar neemt naar boven toe. Er is wat dat betreft een verschil tussen de profielen in de vergrastte zone (WBR1 t/m WBR3) en in de zone waar veenmos en haarmos domineren (WBR4 t/m WBR6).

In de zone waar grassen domineren is de laag veenmosveen slechts enkele cm dik, terwijl in de moszone deze laag 9 tot 13 cm dik is (zie ook figuur 4). In deze laag komt ook veel afgestorven haarmos voor, dat in figuur 4 als een donkere, horizontaal gelaagde massa herkenbaar is.

De zuurgraad in de kragge varieert van pH 4 tot 4,5.

Humusvormen

In de eerste drie profielen (WBR1 t/m WBR3) is een Og-horizont dominant. Daarom worden zij geclassificeerd als *meereerdmoder*. In verband met de ontwikkeling van een veenmospakket bovenin het profiel krijgen zij het voorvoegsel *zure-*. Omdat in de profielen WBR4 t/m WBR6 de veenmosinvloed prominenter aanwezig is, is de Og-horizont niet meer dominant. Deze profielen beschouwen wij als *Rauwmesimor*.

2.3.2 Analyseresultaten

2.3.2.1 Chemisch

In aanhangsel 3 zijn de resultaten van het chemisch onderzoek weergegeven.

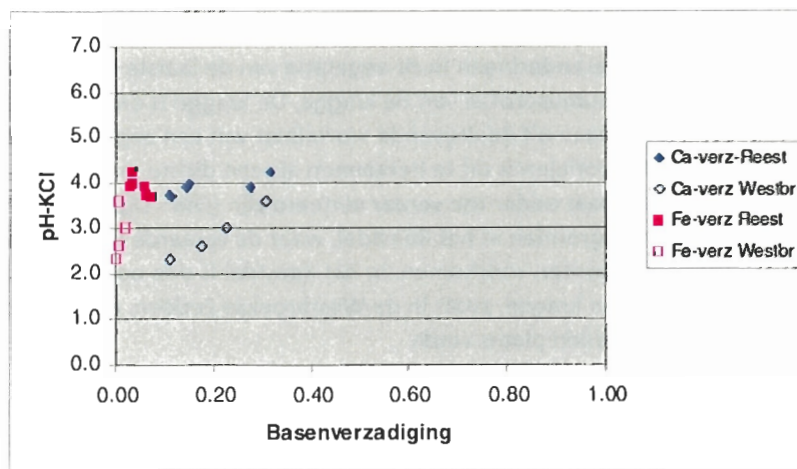
Vloeibare fase

In de reestprofielen neemt de pH in het bodemvocht met de diepte toe. De Ca concentraties variëren rond de 20 mg.l⁻¹. De Cl concentraties variëren tussen de 40 en 50 mg.l⁻¹ en zijn vrij hoog. De sulfaatconcentraties zijn over het algemeen laag. De Mm-horizont van RDB1 geeft sterk afwijkende waarden voor Fe en Cl. Typologisch zijn de watermonsters bij benadering een menging van 20% 'Rijn' water, met gelijke delen grond- en regenwater.

De monsters uit Westbroek vertonen voor alle variabelen lagere waarden. De pH varieert tussen 4 en 5. Met uitzondering van Cl is de concentratie van de meeste stoffen slechts enkele mg.l⁻¹. Typologisch vertonen de watermonsters veel verwantschap met regenwater.

Vaste fase

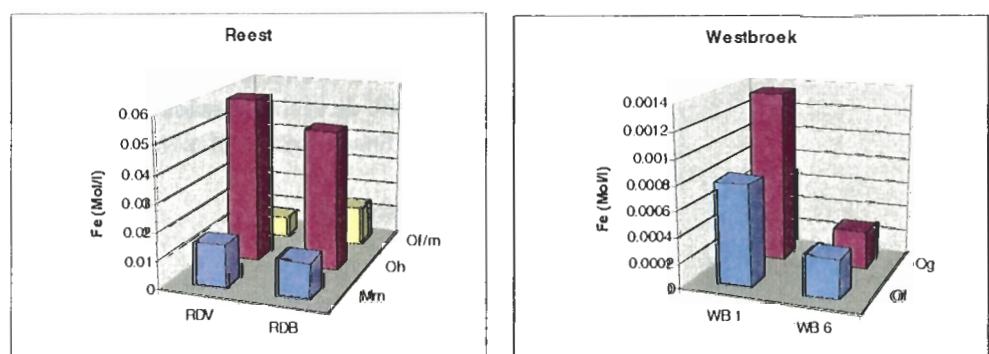
De pH-KCl is van de vaste fase aanzienlijk lager dan van de vloeibare fase. In de reestprofielen bedraagt de pH ca. 4 en in Westbroek variëren de pH-waarden tussen de 2 en 3. Het adsorptiecomplex wordt voor 60 tot 80% bezet door H⁺-ionen. De Ca-verzadiging varieert tussen de 10 en 30% en de Fe-verzadiging tussen 0 en 7%. Deze gegevens wijzen op een sterke verzuring (zie figuur 6).



Figuur 6. De verzadiging van het adsorptiecomplex met Ca- en Fe-ionen in de Reest en in Westbroek

Het Fe-totaalgehalte is in de reestprofielen aanzienlijk hoger dan in die van de Westbroekse zodde. In figuur 7 zijn de Fe-gehalten van de verschillende bodemhorizonten (in Mol/l) weergegeven. Opvallend zijn de hoge gehalten pyriet die in de humusprofielen van het Reestdal worden gemeten. In de Westbroekse zodde zijn pyrietgehalten eveneens meetbaar maar aanmerkelijk lager. Ook het gehalte "actief" aluminium is in de Reest hoger dan in Westbroek.

Ten behoeve van de berekeningen met ECOSAT zijn in aanhangsel 3 van een aantal elementen de gehalten van g.kg⁻¹ droge grond omgerekend naar mol.l⁻¹ water.



Figuur 7. IJzergehalten van de bemonsterde horizonten in het Reestdal en de Westbroekse zodde

2.3.2.2 Bulkdichtheid

De bulkdichtheid, het poriënvolume en de concentratie droge stof van de bemonsterde horizonten hebben we opgenomen in tabel 3. In het model ECOSAT worden de elementgehalten van de vaste fase uitgedrukt in de dimensie $\text{kg} \cdot \text{l}^{-1}$ water. Hiertoe moet de "concentratie drogestof" worden opgegeven.

Tabel 3 Dichtheden en poriërfractionen voor horizonten in de bovenste 40 cm van de profielen.

Profiel	Horizont	Diepte (cm - mv)	Dichtheid (ρ g/cm ³)		Poriërfactie (ϕ)	Concentratie drogestof kg/l
			Verzadigd	Droog		
RDV1	Mm	0 - 3	1,03	0,16	0,87	0,182
	Oh	3 - 15	1,12	0,44	0,67	0,663
	Om	15 - 20	1,09	0,37	0,72	0,120
	Ofr1	20 - 40	1,01	0,12	0,89	
RDB1	Mm	0 - 4	0,99	0,23	0,76	0,227
	Oh	4 - 20	1,16	0,41	0,75	0,408
	Om	20 - 40	1,04	0,16	0,88	0,162
WBR1	Ofr	2,5 - 20	1,05	0,05	0,99	0,102
	Ogr	20 - 40	1,07	0,10	0,97	0,052
WBR6	Of	0 - 9	1,05	0,05	0,99	0,051
	Ofr	9 - 20	1,04	0,04	0,99	0,044

De hoogste dichtheden, en daarmee de kleinste poriërfractionen hebben we gevonden voor de veraarde Oh horizonten in het Reestdal. Deze veraarde bovengronden zijn relatief kleiig, waardoor de dichtheid hoger is dan de onderliggende horizonten. Ook secundaire neerslag van ijzer vindt in deze horizonten plaats, hetgeen ook bijdraagt tot een hogere dichtheid. De Mm en de Of-horizonten in het Reestdal hebben lage dichtheden, evenals de Om-horizont in RDB1. De dichtheid van de Om-horizont in RDV1 is vergelijkbaar met die van de Oh-horizont in dit profiel. Mogelijk komt in deze horizont ook wat meer klei voor.

De dichtheden in het veen van de kragge in de Westbroekse Zodden zijn zeer laag. De veraarding in de Og horizont uit zich in een iets hogere dichtheid dan in de Of-horizonten.

3 Bodemchemische evaluatie met ECOSAT

3.1 Inleiding

Met het speciatiemodel ECOSAT (Keizer & van Riemsdijk, 1996) kunnen concentraties van ionspecies in het bodemvocht worden berekend 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. Met dit model kan inzicht worden verkregen welke chemische componenten en processen de basentoestand van de bodem controleren. Als omgevingsvariabelen vraagt het model gegevens van de ionsterkte, temperatuur en het gasvolume.

3.2 Definitie van de systemen

Hypothese

De systemen zijn door ons gedefinieerd met die elementen die een belangrijke rol spelen bij de zuurbuffering. Daarbij zijn we ervan uitgegaan dat de pH onder aerobe omstandigheden uitsluitend wordt gebufferd door ionenwisseling en door de mineralen (amorf) gibbsiet en goethiet. Onder anaerobe 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 gedefinieerd 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 het uitw-H van het adsorptiecomplex in oplossing komt en op het adsorptiecomplex zal worden vervangen door Ca^{2+} (en Fe^{2+}). De basenverzadiging stijgt hierdoor.

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 beide andere componenten is met een vaste concentratie gerekend, waarbij de massabalans wordt berekend.

De Ca^{2+} concentratie is gebaseerd op de meetgegevens van de vloeibare fase (aanhangel 3). Voor de componenten zijn de totaalgehalten (Al-tot, Fe-tot, S-tot) aangehouden die voor de vaste fase zijn bepaald. Voor fosfaat is een gehalte van 10^{-6} mol.l⁻¹ aangehouden. De elektronenconcentratie (pe) is bij de berekeningen gevarieerd om het effect van de verandering van de redoxpotentiaal op de basenverzadiging te kunnen berekenen.

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 onze systemen 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).

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 aerobe omstandigheden is dit gibbsiet ($\text{Al}(\text{OH})_3$) en goethiet ($\text{Fe}(\text{OH})_3$), onder anaerobe 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 zuur-consumerend proces. Ook zijn pro-forma enkele fosfaat-zouten in beschouwing genomen. Van goethiet en gibbsiet is verondersteld dat ze in de amorphe vorm voorkomen die iets beter oplosbaar zijn dan de minerale vorm. ECOSAT voegt automatisch de relevante oplosbaarheidsconstanten van de mineralen (of ioncomplexen) toe.

Adsorptie en ionwisseling

Door ons zijn alleen H, Fe en Ca als componenten beschouwd die tevens door het adsorptiecomplex kunnen worden gebonden. De benodigde gegevens van de Gapon-coëfficiënt zijn afgeleid uit de meetresultaten (zie 2.2.3.1 en aanhangsel 3).

Omgevingsfactoren

De ionsterkte is berekend uit de concentratie van de gemeten ionen. Als temperatuur is 283 K aangehouden (10 °C). Als gasvolume is steeds 0,01 l.l⁻¹ aangehouden.

3.3 Calibratie en verificatie

Het model is steeds gecalibreerd door de berekende Ca- (en Fe-)bezetting te vergelijken met de gemeten waarden. Voor de berekening werd de redoxpotentiaal (pe) gevarieerd. In principe waren de overige variabelen van het systeem bekend. Gecalibreerd werd bij een pe-waarde die overeenstemde met de waarde tijdens de bodembemonstering (zie o.a. Boerwinkel & Verbeek, 2001). De berekende waarden op basis van de invoergegevens bleken sterk af te wijken van de gemeten waarden. Besloten is om vervolgens het Al-totaalgehalte als calibratieparameter te gebruiken. Deze variabele werd aangepast totdat berekende en gemeten waarden van de Ca- (en Fe-)bezetting overeenstemden met gemeten waarden. Ter verificatie zijn vervolgens berekende pH waarden en ijzerconcentraties van het bodemvocht vergeleken met meetgegevens.

3.4 Resultaten

3.4.1 Calibratie en verificatie

In tabel 4 zijn de resultaten van de calibratie per horizont weergegeven.

Tabel 4. Gemeten en berekende waarden van een aantal variabelen als resultaat van de calibratie

Monster	pe	Al-tot		Ca-verz		Fe-verz		Fe-conc		pH	
	veldwaarde	gem.	calibratie	gem.	ber.	gem.	ber.	gem.	ber.	gem.	ber.
RDV11	2 tot 4	0.0050	0.265	0.11	0.1	0.07	0.06	55.64	0.00	5.03	5.16
RDV12	2 tot 4	0.0968	0.2	0.15	0.18	0.04	0.04	2.68	0.00	6.53	6.59
RDV13	2 tot 4	0.0150	0.22	0.32	0.29	0.04	0.03	3.26	0.00	6.31	6.19
RDB11	2 tot 4	0.0262	0.19	0.27	0.25	0.03	0.03	201.87	0.00	5.36	5.71
RDB12	2 tot 4	0.0211	0.235	0.11	0.09	0.06	0.05	2.08	0.00	5.83	5.69
RDB13	2 tot 4	0.0208	0.25	0.14	0.15	0.06	0.06	1.49	0.00	6.40	6.35
WB 11	-2.00	0.0031	0.23	0.30	0.3	0.01	0.01	0.58	0.10	4.90	4.81
WB 12	-2.00	0.0006	0.25	0.23	0.23	0.02	0.02	0.85	0.86	4.59	4.49
WB 61	-2.00	0.0002	0.295	0.11	0.12	0.00	0.00	0.39	1.86	4.15	4.11
WB 62	-2.00	0.0003	0.27	0.17	0.18	0.01	0.01	0.53	1.40	4.20	4.15

Om tot een goede overeenkomst van gemeten en berekende waarden van de Ca- en Fe-verzadiging te komen moeten de Al-totaalgehalten aanzienlijk hogere waarden worden toegekend dan we gemeten hebben. De berekende pH waarden zijn vervolgens geverifieerd met de gemeten waarden en stemmen goed overeen. Bij de verificatie van de berekende Fe-concentraties is een minder goede overeenstemming met de meetwaarden aanwezig. Met name de hoge Fe-concentraties in RDV11 en RDB11 wijken sterk af van de berekeningen. In beide horizonten blijken tevens hoge Cl concentraties (zie aanhangsel 3) aanwezig te zijn wat op een verontreiniging duidt. Wellicht is dit het effect van de 'ijzerbemesting' die in de vorm van FeCl_2 is toegediend op nabijgelegen vlakken (zie Boerwinkel & Verbeek, 2001).

In aanhangsel 4 is een voorbeeld opgenomen van een uitgebreide reeks resultaten van ECOSAT-berekeningen: naast de eerder genoemde variabelen is ook de SO_4^{2-} en HCO_3^- concentratie en de verzadigingsindex van de verschillende mineralen weergegeven. Opmerkelijk is dat bij hoge waarden van de pe (aerobe omstandigheden) de sulfaatconcentratie zeer hoge waarden kan aannemen. Dit komt ECOSAT momentane reacties verondersteld, zodat alle pyriet onmiddellijk wordt omgezet in sulfaat. In de praktijk is dit een kinetisch proces, zodat dergelijke hoge waarden niet zullen worden aangenomen. Wel berekend ECOSAT voor lage waarden van de pe lage sulfaatconcentraties wat realistisch is. Vanaf de pe-waarde waarbij pyrietoxidatie kan verlopen vindt vaak ook een sprong in de bicarbonaatconcentratie, de pH of de basenverzadiging plaats. De gedefinieerde evenwichtsconstanten bepalen door welk van deze componenten bij de oxidatie vrijkomende waterstofionen wordt gebufferd.

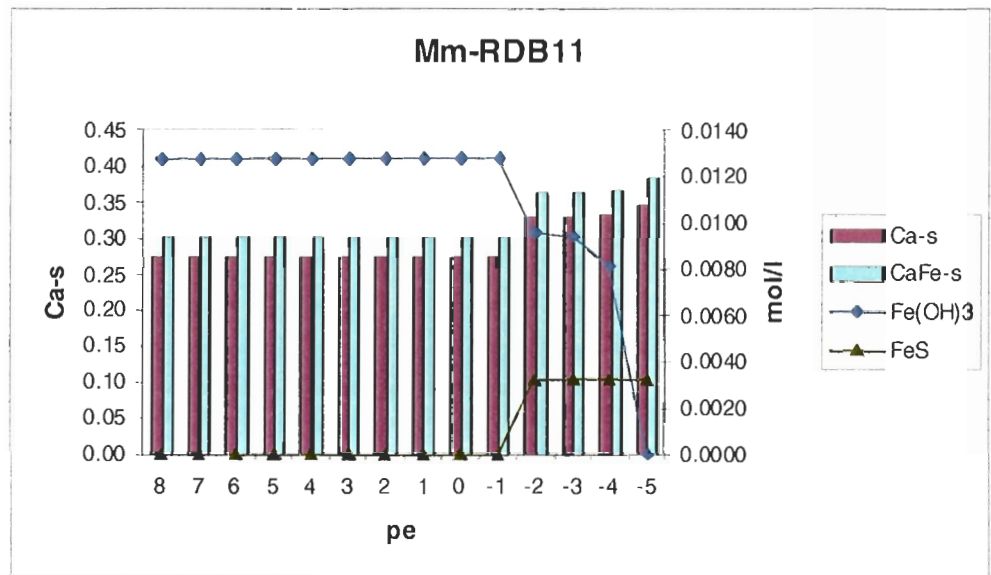
Hoewel de calibratie met Al-tot onbevredigend is zijn de voorspelde waarden van de overige variabelen zeer acceptabel. De vraag rijst of de Al-oxalaat extractie een goede maat is om het totaal-aluminiumgehalte te meten of dat een andere bepalingsmethode moet worden overwogen. Voor de verdere evaluaties met ECOSAT is uitgegaan van de gecalibreerde waarden van Al-totaal.

3.4.2 Reestdal

In de figuren 8 t/m 13 zijn de rekenresultaten van ECOSAT voor de blanco standplaats RDB1 en de bevoeide standplaats RDV1 weergegeven. Daarbij is de basenverzadiging $((\text{Ca}_5 + \text{Fe}_5) / \text{CEC}_{8,1})$ berekend als functie van de redoxpotentiaal (pe). Tevens is in de figuren het verloop van het gehalte goethiet en pyriet weergegeven.

RDB11

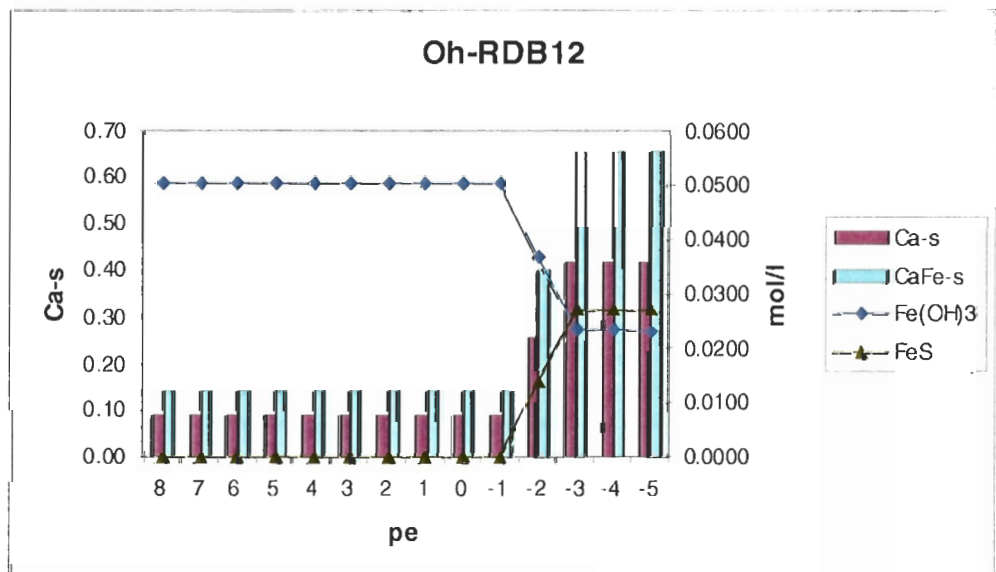
In deze horizont zijn onvoldoende oxidatoren aanwezig om de Ca-s sterk te kunnen laten oplopen. Vanaf $pe=-5$ is al het ijzeroxide omgezet in pyriet en blijft de Ca-s op ca. 0.27 steken. De Fe-s blijft laag en draagt onder anaerobe omstandigheden niet wezenlijk bij aan de basenverzadiging.



Figuur 8. De verandering van de basenverzadiging, het goethiet- en pyrietgehalte bij variatie van de redoxpotentiaal (pe) voor de Mm-horizont van standplaats RDB1 in het Reestdal

RDB12

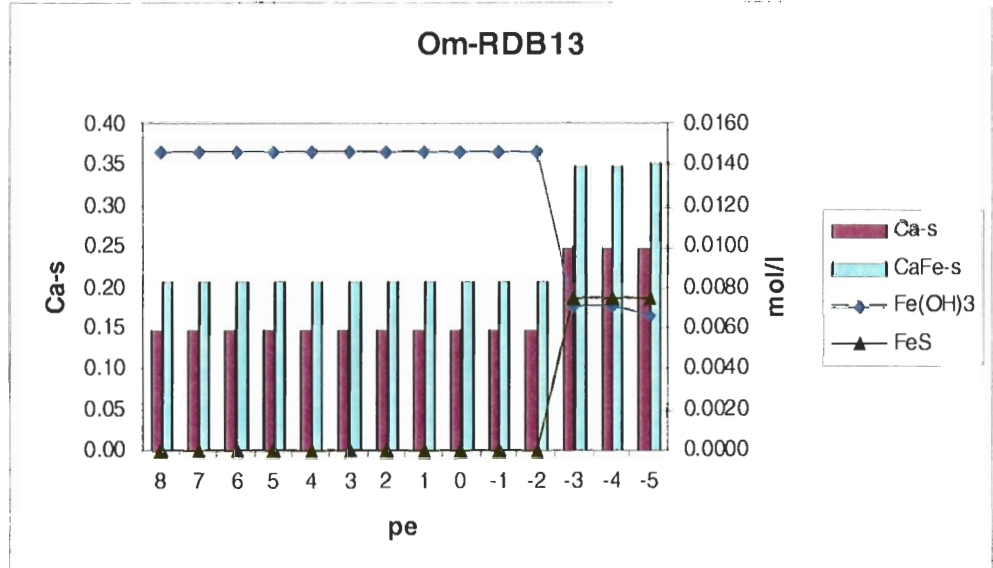
In deze horizont wordt niet al het ijzeroxide verbruikt. Wel wordt al het zwavel gereduceerd tot pyriet. De Ca-s blijft steken op va. 0.42. Echter Fe-s loopt op tot 0.2 zodat de totale basenverzadiging tot ruim 60% oploopt. Wanneer meer zwavel wordt toegevoegd daalt de Ca-s onder aerobe maar stijgt tot 0.6 onder anaerobe omstandigheden. De Fe-s loopt op tot ruim 0.35, zodat de basenverzadiging vrijwel 100% bereikt. Kennelijk is de voorraad zwavel en niet het ijzeroxide beperkend voor een verdere stijging van Ca-s.



Figuur 9. De verandering van de basenverzadiging, het goethiet- en pyrietgehalte bij variatie van de redoxpotentiaal (pe) voor de Oh-horizont van standplaats RDB1 in het Reestdal

RDB13

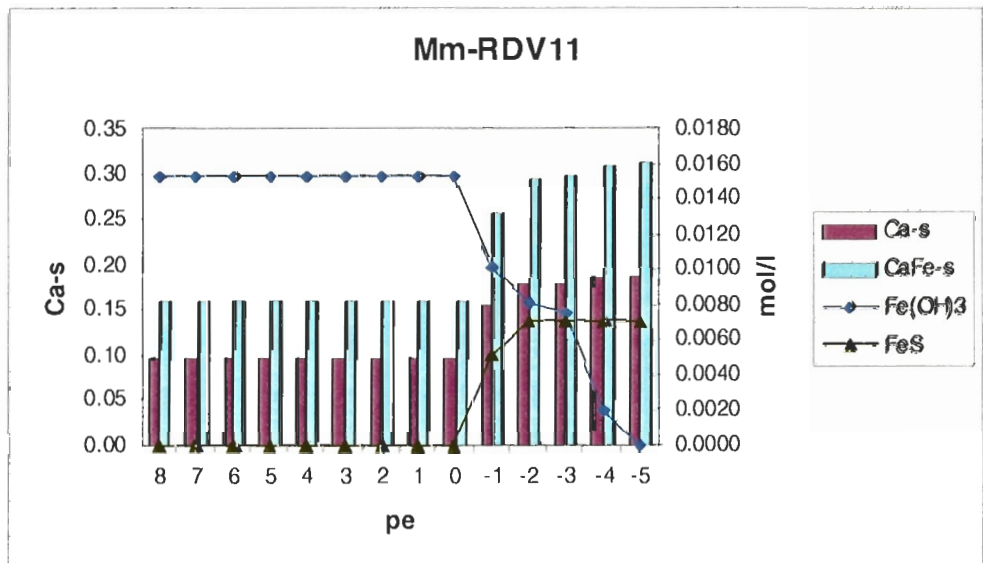
Deze horizont lijkt in gedrag sterk op RDB12. Het Fe-totaalgehalte is lager dan in de bovenliggende Oh-horizont. Ook hier is zwavel de beperkende factor voor een hogere Ca-s. De Ca-s blijft steken op 0.25 en Fe-s op 0.10.



Figuur 10. De verandering van de basenverzadiging, het goethiet- en pyrietgehalte bij variatie van de redoxpotentiaal (pe) voor de Om-horizont van standplaats RDB1 in het Reestdal

RDV11

Er is onvoldoende ijzeroxide aanwezig om de Ca-s te kunnen laten oplopen tot een waarde hoger dan 0.18. De Fe-s loopt op tot 0.12. Vanaf dat punt is al het ijzeroxide omgezet in pyriet.



Figuur 11. De verandering van de basenverzadiging, het goethiet- en pyrietgehalte bij variatie van de redoxpotentiaal (pe) voor de Mm-horizont van standplaats RDV1 in het Reestdal

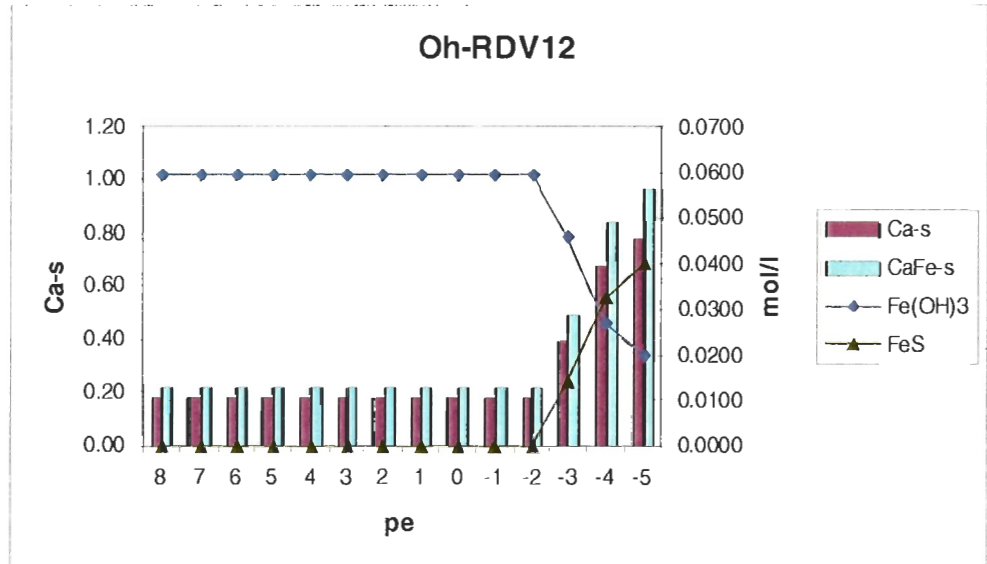
Vergroten van Fe-tot (bij gelijk blijvende Al- en S-tot) leidt bij modelberekening met ecosat tot een daling van de pH en de Ca-verz in het aerobe bereik en een stijging in het anaerobe bereik. De daling in het aerobe bereik zou teniet gedaan kunnen worden door tevens het Al-tot gehalte te verlagen.

Verlagen van S-tot leidt tot een stijging van de pH en de Ca-verz in het aerobe bereik en een daling in het anaerobe bereik ten opzichte van de Ausgangssituation. Zonder S laadt het systeem onder anaerobe condities niet verder op dan tot 15% Ca-verz.: de redoxcapaciteit is dan te gering voor verdere oplading.

Vergroting van de alkaliniteit (3mmol Ca en HCO_3) leidt tot een algehele verhoging van pH en Ca-verz tot 0.15-0.30.

RDV12

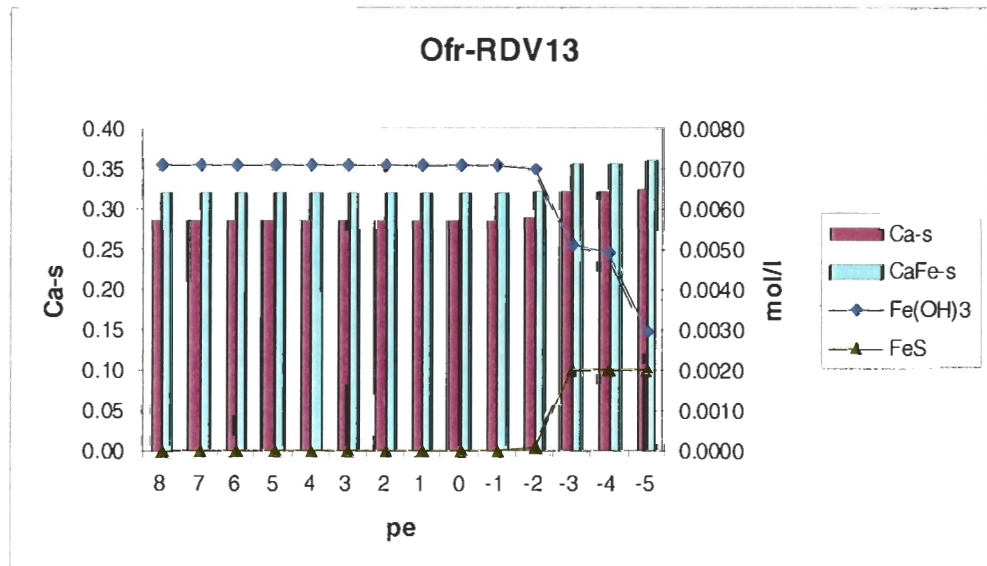
De Ca-s kan bij voldoende lage redoxpotentiaal oplopen tot bijna 0.8. De Fe-s loopt daarbij op tot bijna 0.2, zodat de basenbezetting tot 100% stijgt. Er zijn voldoende oxidatoren. Niet alle ijzer wordt verbruikt. Dankzij een redelijke voorraad zwavel blijft de redoxcapaciteit van het systeem op peil. Reductie van zwavel tot 0 leidt tot een stagneren van de redoxprocessen omdat zonder S de ijzeroxiden onvoldoende reoxcapaciteit leveren.



Figuur 12. De verandering van de basenverzadiging, het goethiet- en pyrietgehalte bij variatie van de redoxpotentiaal (pe) voor de Oh-horizont van standplaats RDV1 in het Reestdal

RDV13

De Ca-s loopt op tot slechts 0.33. De Fe-s is gering en bedraagt hooguit 0.04. Er is dan nog wel voldoende ijzeroxide maar het zwavel is dan allemaal gereduceerd.



Figuur 13. De verandering van de basenverzadiging, het goethiet- en pyrietgehalte bij variatie van de redoxpotentiaal (pe) voor de Ofr-horizont van standplaats RDV1 in het Reestdal

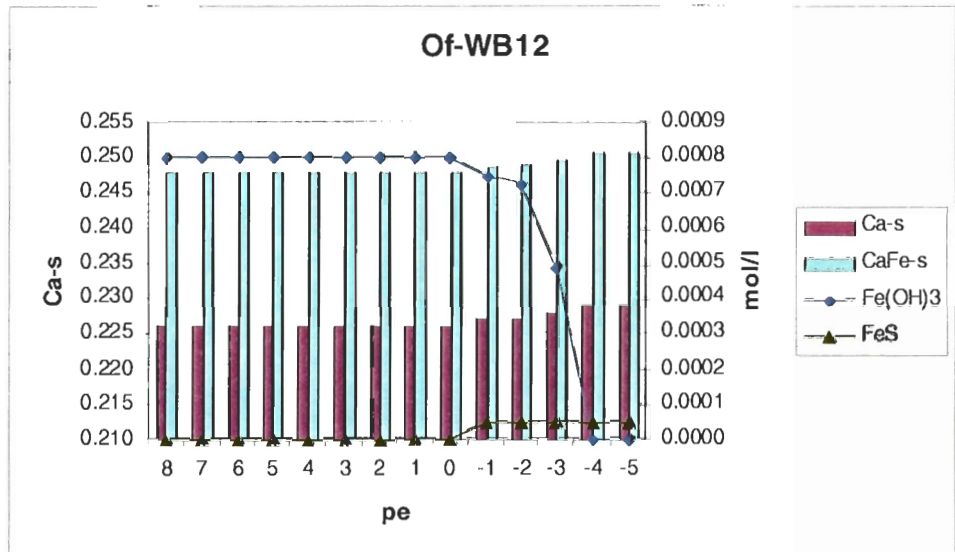
Verdrievoudiging van het S-tot gehalte doet de Ca-s oplopen tot ca. 0.43. Verdubbeling van Fe-tot leidt tot een Ca-s van 0.35 bij pe = -6. Alleen in combinatie met een sterke verlaging van het Al-tot kan een hogere Fe-tot leiden tot hoge waarden van Ca-s

3.4.3 Westbroekse zodde

In de figuren 14 t/m 17 zijn de rekenresultaten van ECOSAT voor de standplaatsen WB1 en WB6 weergegeven.

WB12

Deze Of-horizont heeft een laag S-totaal gehalte en bevat nauwelijks pyriet. Ook ijzeroxiden komen slechts in geringe mate voor. Er is onvoldoende redoxcapaciteit om de de Ca-s hoger te laten worden dan 0.23. De Fe-s bereikt een waarde van maximaal 0.02.



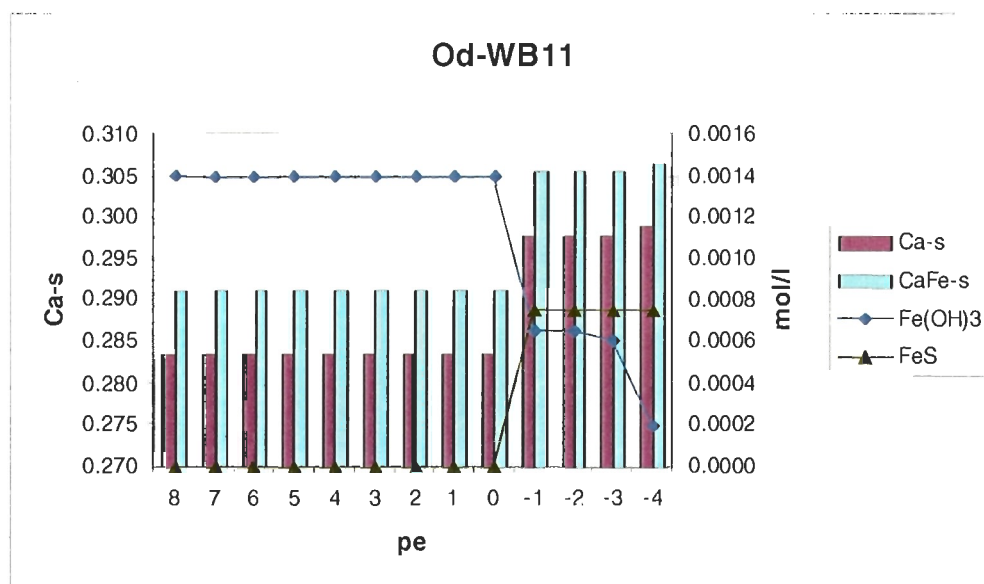
Figuur 14. De verandering van de basenverzadiging, het goethiet- en pyrietgehalte bij variatie van de redoxpotentiaal (pe) voor de Of-horizont van standplaats WB1 in de Westbroekse Zodde

WB11

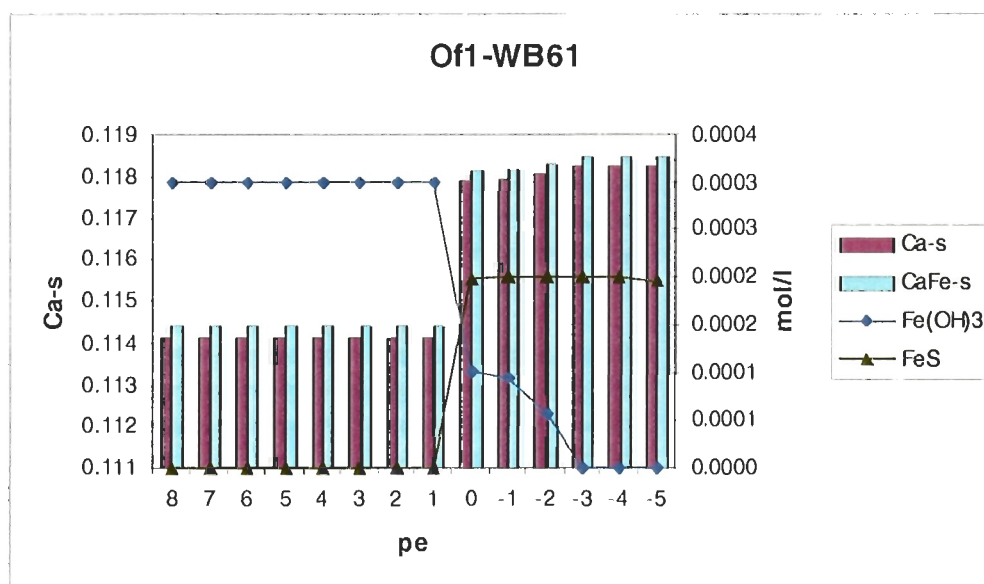
Deze Od-horizont (zie figuur 15) heeft een laag S-totaal gehalte en bevat weinig pyriet. Het gehalte ijzeroxide is zeer laag en levert slechts redoxcapaciteit om de Ca-s te laten oplopen tot ca. 0.30 en de Fe-s tot 0.01. Er is een overmaat ijzer ten opzichte van zwavel, zodat het gehalte pyriet vanaf een $pe=0$ niet verder toeneemt, terwijl er nog goethiet aanwezig is. Vanaf $pe=0$ lost goethiet verder op, waarbij de Fe(II)concentraties toenemen.

WB61

Het ijzergehalte is extreem laag in deze Of1-horizont (zie figuur 16). Er is slechts voldoende redoxcapaciteit om de Ca-s te laten oplopen tot ca. 0.12. Ook het S-totaalgehalte is zeer laag. Er wordt enige pyriet gevormd onder anaerobe omstandigheden. Er is een overmaat ijzer ten opzichte van zwavel, zodat het gehalte pyriet vanaf een $pe=0$ niet verder toeneemt, terwijl er nog goethiet aanwezig is. Vanaf $pe=0$ lost goethiet verder op, waarbij de Fe(II)concentraties toenemen.



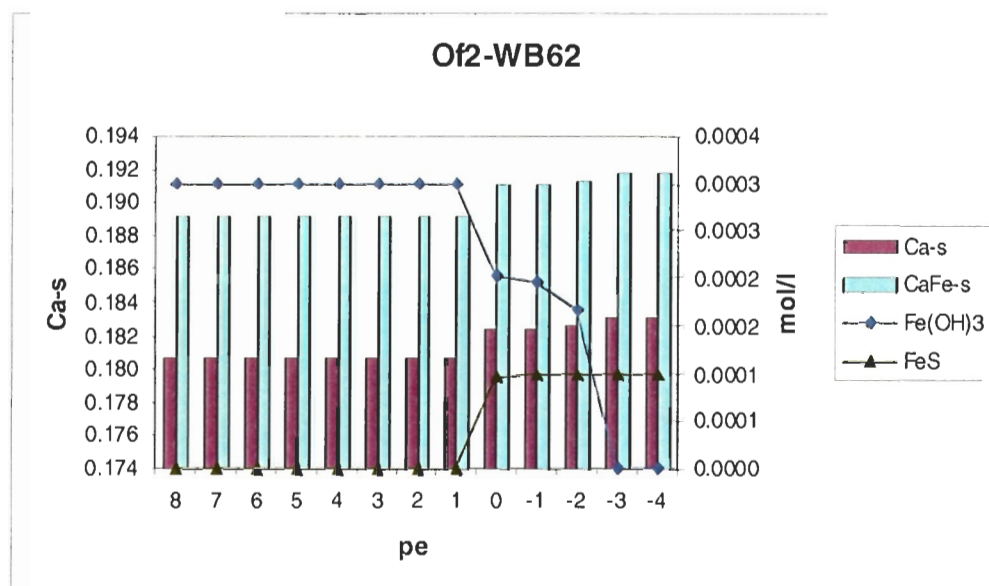
Figuur 15. De verandering van de basenverzadiging, het goethiet- en pyrietgehalte bij variatie van de redoxpotentiaal (pe) voor de Od-horizont van standplaats WB1 in de Westbroekse Zode



Figuur 16. De verandering van de basenverzadiging, het goethiet- en pyrietgehalte bij variatie van de redoxpotentiaal (pe) voor de Of1-horizont van standplaats WB6 in de Westbroekse Zode

WB62

Het ijzer- en zwavelgehalte is laag in deze Of2-horizont (zie figuur 17). De redoxcapaciteit is slechts toereikend om een Ca-s van ca. 0.18 te bereiken. De Fe-s stijgt niet verder dan 0.01. Er is overmaat ijzer ten opzichte van zwavel aanwezig waardoor vanaf $pe=0$ het pyrietgehalte niet verder toeneemt, terwijl het goethietgehalte blijft dalen.



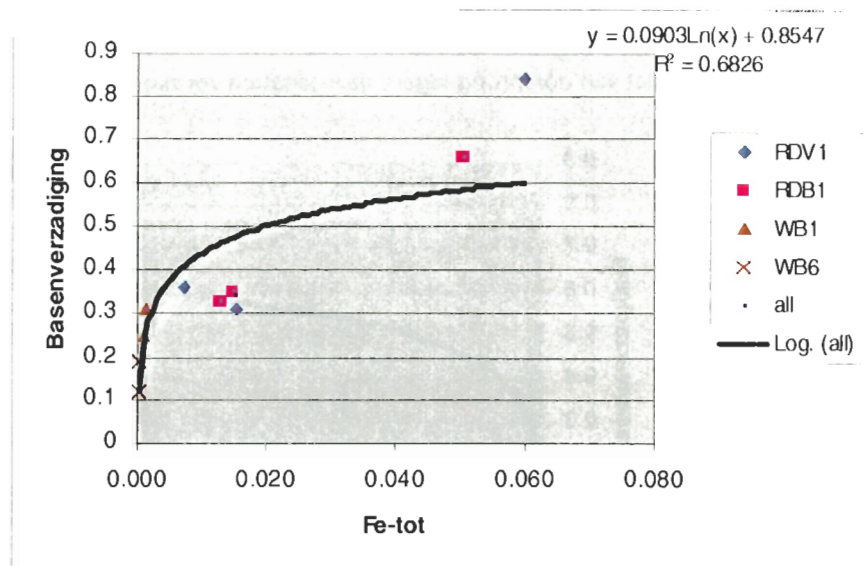
Figuur 17. De verandering van de basenverzadiging, het goethiet- en pyrietgehalte bij variatie van de redoxpotentiaal (pe) voor de Of2-horizont van standplaats WB62 in de Westbroekse Zodde

3.5 Discussie en conclusies

Discussie

Slechts de beide Oh-horizonten van de standplaatsen RDV1 en RDB1 bezitten volgens de evaluatie voldoende redoxcapaciteit om de basenverzadiging tot op een hoog niveau te kunnen opladen. Beide horizonten zijn relatief kleiig. In figuur 18 is de basenverzadiging onder anaerobe omstandigheden van de verschillende horizonten gerelateerd aan het ijzertotaalgehalte. Met uitzondering van beide genoemde Oh-horizonten bereikt de basenverzadiging nergens 40%.

Bij de analyse van de basenverzadiging is in dit onderzoek ook uitwisselbaar ijzer als belangrijke base in beschouwing genomen. Bij de modevaluatie blijkt dat in de Reest het aandeel uitwisselbaar ijzer op het adsorptiecomplex kan oplopen tot ca. 20%. Volgens de modevaluatie is dan in beide horizonten nog slechts weinig uitwisselbaar waterstof aanwezig onder anaerobe omstandigheden bij waarden $pe < -4$. Onder veldomstandigheden ($2 < pe < 4$) is de Fe-verzadiging minder dan 10% en is de H-verzadiging van beide horizonten wat groter, wat zich uit in pH-KCl waarden die zijn gelegen tussen 3,8 en 4,0. In het bodemvocht is de pH daarbij aanzienlijk hoger en bedraagt 5,8 resp. 6,5. Het adsorptiecomplex heeft dus een belangrijke bufferende werking voor de pH in het bodemvocht.



Figuur 18. De te bereiken basenverzadiging van de onderzochte standplaatsen bij $p_e = -4$ in relatie tot het totaal ijzergehalte.

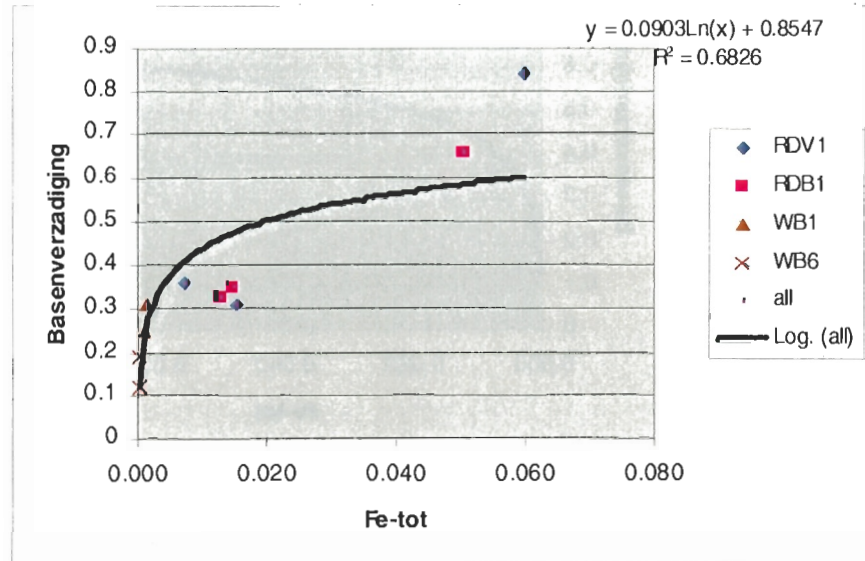
Uit de modevaluatie blijkt tevens dat de basenverzadiging in de beide Oh-horizonten tijdens aerobe fasen sterk kan terugvallen als gevolg van de optredende pyrietoxidatie. Sterke wisselingen in de aeratie vertalen zich in sterke wisselingen in de basenverzadiging. Hiermee lijkt duidelijk dat vooral de droge perioden in de Reest de aanleiding vormen van de verzuringsproblematiek. In de winterperiode beschikt de bodem in de Reest in principe over voldoende oxidatoren om een hoge basenverzadiging te kunnen genereren. Daarbij moet wel de kanttekening worden gemaakt dat de reductiecapaciteit voor een belangrijk deel moet worden toegeschreven aan de aanwezigheid van sulfaat, wat van nature waarschijnlijk niet aanwezig is. De grote atmosferische zwaveldepositie gedurende de afgelopen halve eeuw is hiervan mogelijk de oorzaak. Zwaveldepositie in een kwelsysteem impliceert dat er accumulatie van dit element optreedt, omdat er geen afvoer is naar diepere bodemlagen. De grote voorraden pyriet die zijn gemeten, bevestigen dit beeld. Zonder deze zwavelcomponent zou de maximale basenverzadiging in de bodem van de Reest aanmerkelijk lager zijn.

De onderliggende Of/m horizonten in het Reestdal bezitten evenals de bovenliggende Mm-horizonten een veel lagere redoxcapaciteit als gevolg van de geringere voorraad ijzer en zwavel. De slibhoudende tussenlaag vormt dus een belangrijke conditionele randvoorwaarde voor de instandhouding van een potentieel hoge basenverzadiging.

De basenverzadiging in de Westbroekse zode is laag. De redoxcapaciteit is zowel door het ontbreken van ijzeroxiden als sulfaat extreem laag. Kennelijk heeft zwaveldepositie hier niet tot zwavelaccumulatie geleid, waaruit zou kunnen worden afgeleid dat zwavel hier is uitgespoeld door infiltratie. Zelfs onder sterk anaerobe omstandigheden is de basenverzadiging niet meer op te laden. Er lijkt sprake van een irreversibele ontijzering/verzuring.

In figuur 19 zijn de onderzochte standplaatsen vergeleken met de standplaatsen uit het onderzoek van Kemmers et al. (2000). In de figuur zijn de Fe-totaal en Al-totaal gehalten van de onderzochte horizonten weergegeven. Hoewel in het huidige onderzoek de Al-tot gehalten werden bepaald, bleken die niet tot bevredigende resultaten te leiden, zodat de gecalibreerde Al-tot waarden voor de figuur zijn gebruikt. Tevens is vandezelfde monsters de som van Fe-tot en S-tot genomen, om daarmee de totale redoxcapaciteit te kunnen aangeven. Uit de figuur blijkt dat de vloeivelden in vergelijking tot de standplaatsen uit het onderzoek van Kemmers et al. (2000) een zeer

lage redoxcapaciteit bezitten en als kwetsbaar moeten worden getypeerd voor verdere verzuring. Of er ook sprake is van ontijzing van de onderzochte vloeivelden, dan wel dat van oorsprong lagere ijzergehalten voorkomen is niet duidelijk.



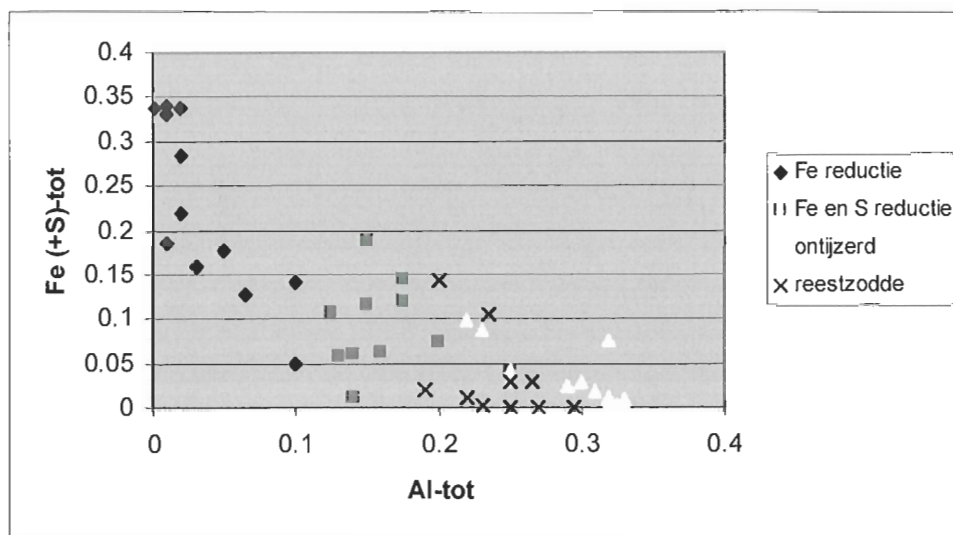
Figuur 19. Overzicht van de ijzer en aluminiumgehalten in de onderzochte standplaatsen ten opzichte van standplaatsen onderzocht door Kemmers et al., 2000

Conclusies

- In het Reestdal beschikken alleen de kleiige Oh-horizonten over voldoende redoxcapaciteit om de basenverzadiging op een hoog niveau te kunnen handhaven
- In het Reestdal hebben de dagzomende Mm-horizonten en de onderliggende Of/m horizonten onvoldoende redoxcapaciteit voor een hoge basenverzadiging.
- In het Reestdal komen hoge gehalten pyrietgehalten in de bovengrond voor.
- De redoxcapaciteit van de Oh-horizonten wordt naast de aanwezigheid van ijzeroxiden bepaald door zwavel dat in de bodem is geaccumuleerd als pyriet.
- De relatief hoge basenverzadiging in het Reestdal is een artefact als gevolg van zwaveldepositie in de afgelopen halve eeuw.
- In het Reestdal is een sterke daling van de basenverzadiging te verwachten bij lagere grondwaterstanden door pyrietoxidatie.
- In de Westbroekse zode bezitten de kraggen een zeer geringe redoxcapaciteit, waardoor de basenverzadiging niet hoger kan worden dan 30%.
- De lage redoxcapaciteit hangt samen met de lage ijzer- en zwavelgehalten
- Er is enige evidentie dat de lage ijzer- en zwavelgehalten veroorzaakt zijn door uitspoeling.

Erratum Alterra-rapport 196

Op pagina 36 moet figuur 19 vervangen worden door onderstaande figuur:



Figuur 19 Overzicht van de ijzer en aluminiumgehalten in de onderzochte standplaatsen ten opzichte van standplaatsen onderzocht door Kemmers et al., 2000

Literatuur

- Baaijens, G.J., F.H. Everts & A.P. Grootjans. 2001.
Bevloeiing van grasland in Nederland; een studie naar mogelijke vroegere bevoeiing van reservaten, in het bijzonder in het pleistocene deel van Nederland. OBN/RUG/Everts & de Vries. Rapport. In druk.
- Beltman, B., J.T.A. Verhoeven, H. Vermeer, 1986.
"Trilvenen. Drijvend ecosysteem bedreigd." In; Natuur en Techniek 54: 444-459.
- Boerwinkel, A. en S. Verbeek, 2001.
Traditionele bevoeiing als beheersmaatregel; Mogelijkheden voor herstel van verzuurde beekdalgraslanden langs de Reest; Tussentijds rapport 2000. Groningen/Haren, Iwaco/RUG
- Boxman, A.W. en A.H.F. Stortelder (2000).
Hoe natter hoe beter ? De invloed van het waterpeil bij maatregelen tegen verdroging in elzenbroekbossen. Vakblad natuurbeheer (5)
- Burny, J. (1999):
Bijdrage tot de historische ecologie van de Limburgse Kempen (1910-1950): tweehonderd gesprekken samengevat. Natuurhistorisch Genootschap Limburg.
- Cate, J.A.M. ten, A.F. van Holst, H. Kleijer, J. Stolp, 1995a.
Handleiding bodemgeografisch onderzoek; Richtlijnen en voorschriften; Deel A: Bodem. Wageningen SC-DLO, Technisch Document 19A
- Cate, J.A.M. ten, A.F. van Holst, H. Kleijer, J. Stolp, 1995b.
Handleiding bodemgeografisch onderzoek; Richtlijnen en voorschriften; Deel B: Grondwater. Wageningen SC-DLO, Technisch Document 19B
- 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). SC-DLO. Rapport nr. 309.
- Delft, S.P.J. van & Kemmers, R.H. (1998):
Regulatie van de basentoe-stand door effectge-ric-te maatregelen in schraallanden en laag-veenmoerassen. DLO-Staring Centrum Rapport 619. Wageningen.
- Dirkx, G.H.P., D.G. van Smeerdijk, H. van Haaster, 1998.
Historische ecologie van het Reestdal; Een onderzoek naar historische referentiebeelden voor natuur. Assen, Stichting 'Het Drentse Landschap' / Wageningen, DLO-Staring Centrum
- Duren van, I.C., & van Andel, J. (1997):
Nutrient deficiency in disturbed, drained and rewetted peat soils tested with *Holcus lanatus*. Acta Botanica Neerlandica 46: 377-386.
- Giesen en Geurts. 2001
Toelichting bij de twee-fasenanalyse van strooiselmonsters uit het Reestdal en de Westbroekse zode.
- Green, R.N., R.L. Trowbridge en K. Klinka, 1993.
Towards a taxonomic classification of humusforms. Forest Science Monograph 29. Washington D.C. The Society of American Foresters.
- Jansen A.J.M., A. Barendrecht, 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 duinvalleien. KOA 97.047. KIWA. Nieuwegein.

- 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., P.C. Jansen & S.P.J. van Delft (2000):
De regulatie van de basentoestand in kwelafhankelijke schraalgraslanden en laagvenen. OBN-Rapport 8
Expertisecentrum LNV/Alterra.
- Kemmers, R.H. en R.W. de Waal, 1999.
Ecologische typering van bodems; Deel 1 Raamwerk en humusvormtypologie. Wageningen, ALTErrA
rapport 667-1.
- Lamers, L.P.M., van Roozendaal, M.E. & Roelofs, J.G.M. (1998):
Acidification of freshwater wetlands: combined effects of non-airborne sulfur pollution and desiccation.
Water Air Soil Pollution 105: 95-106.
- Meuleman, A.F.M., R.P. de Ridder, B. Beltman en J.T.A. Verhoeven, 1987.
"Balansstudies en het beheer van trilvenen in het Utrechtse veenweidegebied." In: Landschap 1987-2.
- Steur, G.G.L. en W. Heijink, 1987.
Bodemkaart van Nederland; Schaal 1 : 50 000; Algemene begrippen en indelingen, 3e herziene uitgave.
Wageningen, STIBOKA.
- Wee, M.W. ter, 1966.
Toelichtingen bij de Geologische Kaart van Nederland 1:50000. Blad Steenwijk Oost (16O). Haarlem,
geologische dienst.

Aanhangsel 1 t/m 4

Aanhangsel 1 Verklaring coderingen in profielbeschrijvingen

De coderingen die gebruikt zijn voor de profielbeschrijvingen zijn grotendeels gebaseerd op bestaande coderingen zoals deze gebruikelijk zijn in bodemprofielbeschrijvingen (Ten Cate et al. 1995a), en humusprofielbeschrijvingen (Van Delft 1995). In de onderstaande opsomming zijn voor de meeste kenmerken ook klassen opgenomen die in de beschreven profielen niet zijn waargenomen. De niet voorkomende klassen zijn wel opgenomen, om aan te geven hoe de waargenomen waarden zich verhouden tot de overige.

Algemene gegevens

- Administratieve gegevens

Bodemgebruik

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

Beheer

Eenvoudige beschrijving van het beheer. Dit is bij alle profielen gelijk en bestaat uit een extensief maaibeheer.

- Landschap

Fysiotoop

Aanduiding voor het fysiotoop waar de locatie toe gerekend kan worden. De gebruikte indeling wordt bij Alterra voor meerdere projecten gebruikt.

Geomorfologie

Korte aanduiding van de geomorfologische positie.

Vegetatietype

Voor zover vegetatiegegevens beschikbaar zijn is een vegetatietype toegekend volgens de bij Staatsbosbeheer ontwikkelde indeling.

- Hydrologie

Hydrologisch systeem

Korte kenschets van het hydrologisch systeem volgens onderstaande indeling.

Hydrologisch Systeem
Wegzijgingsgebied
Wegzijgingsgebied, randzone
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 (Westbroek) of in stroomgebieden (Reestdal) (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**Bodemkaart 1 : 50 000**

Kaartenheid 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 voor de humusvorm (zie Kemmers en De Waal 1999).

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.

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:

GRENS_VORM	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:

GRENS_AFMETING	Omschrijving
AB	Abrupt, < 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

AARD	Omschrijving
1	bruin
2	zwart (mild)
3	zwart (wreed)

Organische stof/VS

Veensoort, alleen voor moerige lagen

Veensoort	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)

Kalk

Kalkklasse, bepaald met zoutzuur

Code	Omschrijving
1	kalkloos; geen opbruising
2	kalkarm; hoorbare opbruising
3	kalkrijk; zichtbare opbruising

Geo

Geologische formatie

Code	Omschrijving
110	Moerig materiaal, zonder herkenbare plantenresten (bijv. veraard of sterk verveerd)
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)
410	Dekzand

Stru

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

STRUKTUURT	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, verveven, meestal door wortels, moeilijk los te trekken
ER	Erect, verticaal

Wortels/Aant

Aantal wortels uitgedrukt per 6,25 cm² (dat is 1 inch²) in de volgende klassen:

WORT_AANT	Omschrijving
AB	Abundant; > 30 per 6,25 cm ²
PF	Plentiful; 21 - 30 per 6,25 cm ²
CO	Common; 11 - 20 per 6,25 cm ²
FE	Few; 3 - 10 per 6,25 cm ²
VF	Very few; 0 - 3 per 6,25 cm ²
NO	None; 0 per 6,25 cm ²

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:

WORT_GROOT	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:

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

Aanhangsel 2 Profielbeschrijvingen

Zie voor gebruikte indelingen en coderingen aanhangsel 1

Profielbeschrijving

Administratieve gegevens

IDcode	Terrein	Alfocode	Datum
330	Reestdal	RDV1	3-10-00
X-coördinaat	Y-coördinaat	m + NAP	Topkaart Centr. profielnr
222040	515315	0	22A
Projektnummer	Projekt	Opnemer	
10647	OBN-vloeiervelden	DEL - Bas van Delft	
Bodemgebruik			
GR - grasland, blijvend			
Beheer	Plagjaar	Humusprofiel	☒
Maaien (natuur)	0	Bodemprofiel	☒
Opmerkingen over de locatie			
zie toelichting			

Landschap

Fysiografische eenheid	Fysiotop:
	hz5b - natte beekdalen
Geomorfologie	Microreliëf Helling Expositie
Met veen opgevuld glaciaal dal	VL 0 0
Vegetatietype (SBB)	
Klasse	Onbepaald
Verbond	Onbepaald
Associatie	Onbepaald
SubAssociatie	Onbepaald

Hydrologie

Hydrologisch Systeem					
Kwelgebied (zoet)			Berekende GVG		
GHG (veld)	GLG (veld)	GVG (veld)	polder	stroomgebied	
0	20	0	15	7	
GWS	pH (veld)	EGV (veld; mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype	
0	5,5	0	6	Kwelwater (zoet)	

Profielgegevens

Standaardpuntencode	Bodemkaart 1 : 50 000	Humusvorm ALTERRA
1hc wla	aVc	
Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve Bewortelbare diepte
999	100	20
Spreiding profiel kenmerken		

Profielopbouw

Horizont Code	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof % A V	Textuur <2µ <50µ M50	pH K R	Vlekken A Hue V/C	Geo ST	Wortels A D R	Fauna	Opmerkingen
1Mm	0,0 - 3,0	SMAB		80	OV	5,4 1	/	190 W	ABFIRA		"jong veen"
2Oh	3,0 - 15,0	SMDI		60	DK	6 1	/	110 MA	PFVFRA		zwart
2Om	15,0 - 20,0	SMGR		70	D	5 1	/	110 MA	COVFR		deels veraard, zwartbruin
2Ofr1	20,0 - 115,0			80	RC	5 1	/	130	VFFIVE		bruin
2Ofr2	115,0 - 160,0			60	BM	5 1	/	130	NO		bruin
3Cr	160,0 - 165,0					15 160 1	/	410	NO		grijs

Toelichting

Uitgangssituatie in bevoeid deel. Is officieel nog niet bevoeid. Vorig jaar wel proef gedraaid. Verklaring voor hoge pH in 2Oh? Ook nog vergelijken met analyseresultaten bodemonsters 2Ohgc in RDV2 heeft veel lagere pH (is toch ook bevoeid geweest?) Bij RDV2 toch ook meer stagnatie van regenwater

Rhyzosamplers: 2 x groen op 2 cm, 1 x geel op 10 cm, 1 x blauw op 30 cm

foto's: 615 profiel

Landschap bij molen: 616 NW (met molen) 617 NO 618 N langs Reest

619 Landschap vanaf Reest O over proefveld

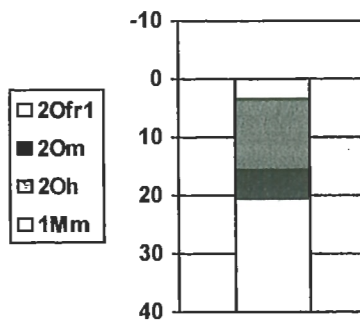
620 Bevloeide veld langs dijkje ZO

621 Bevloeide veld vanaf ZO naar NW

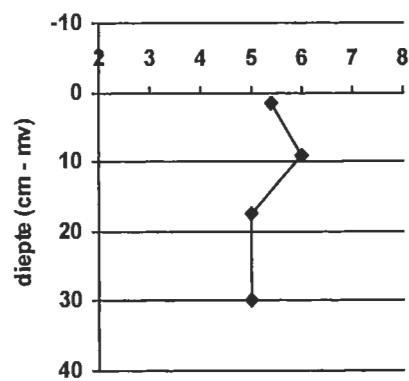
622 tm 625 plagplek met ijzerhoudende kwel. Volgens G.J. Baaijens hoeft dit geen kwel te zijn; het kan ook uit de veraarde bovengrond komen. Op 624 is echter duidelijk te zien dat het ook uit de bodem komt. Plagplek in onbevoeide deel heeft minder ijzerrijke kwel.

626 vegetatie in bemestingsplot

Humusprofiel



pH profiel

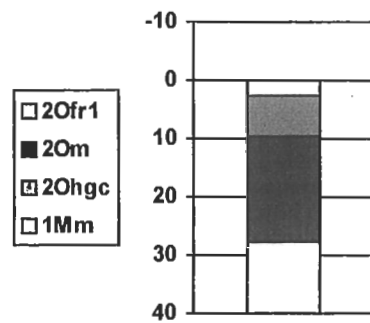


Profielbeschrijving

Administratieve gegevens

IDcode	Terrein	Alfcode	Datum
331	Reestdal	RDV2	3-10-00
X-coördinaat	Y-coördinaat	m + NAP	Topkaart Centr. profielnr
222055	515305	0	22A
Projektnummer	Project	Opnemer	
10647	OBN-vloevelden	DEL - Bas van Delft	
Bodemgebruik			
GR - grasland, blijvend			
Beheer	Plagjaar	Humusprofiel	☒
Maaien (natuur)	0	Bodemprofiel	☒
Opmerkingen over de locatie			
zie toelichting			

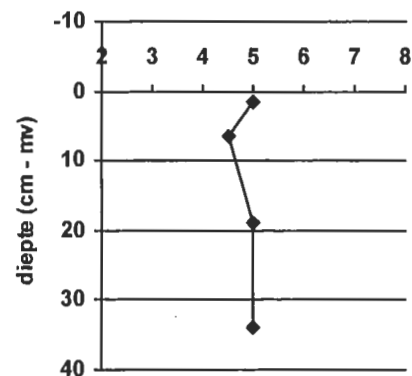
Humusprofiel



Landschap

Fysiografische eenheid	Fysiotop:
	hz5b - natte beekdalen
Geomorfologie	Microreliëf Helling Expositie
Met veen opgevuld glaciaal dal	VL 0 0
Vegetatietype (SBB)	
Klasse	Onbepaald
Verbond	Onbepaald
Associatie	Onbepaald
Subassociatie	Onbepaald

pH profiel



Hydrologie

Hydrologisch Systeem					
Kwelvegebied (zoet)			Berekende GVG		
GHG (veld)	GLG (veld)	GVG (veld)	polder	stroomgebied	
0	20	0	15	7	
GWS	pH (veld)	EGV (veld; mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype	
0	0	0	6	Kwelwater (zoet)	

Profielgegevens

Standaardpuntencode	Bodemkaart 1 : 50 000	Humusvorm	ALTERRA
f1hc wla	faVc		
Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve Bewortelbare diepte	Spreading profiel kenmerken
999	100	20	

Profielopbouw

Horizont Code	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof % A V	Textuur <2µ <50µ M50	pH K R	Vlekken A Hue V/C	Geo ST	Wortels A D R	Fauna	Opmerkingen
1Mm	0,0 - 3,0	SMAB		80	OV	5 1	/	190 W	ABVFR		
2Ohgc	3,0 - 10,0	SMGR		50	DK	4,5 1	/	110 GR	COVFR		ijzerconcreties
2Om	10,0 - 28,0	SMGR		70	D	5 1	/	110	COVFR		
2Ofr1	28,0 - 60,0			80	RC	5 1	/	130	VFFIVE		
2Ofr2	60,0 - 170,0			50	BM	1	/	130	NO		meerbodemachtig; met houtresten

Toelichting

Extra profielbeschrijving omdat meetplek RUG op een andere plek is gekozen dan RDV1 ivm hoogteverschillen waardoor oorspronkelijke plek mogelijk pas later wordt bevoeid. Profielen zijn vergelijkbaar, afgezien van ijzerrijke bovengrond in RDV2. Dat is niet het geval in RDV1 en in RDB1. Mirjam de Bakker (IWACO) heeft bij de vegetiekartering overal in het terrein wel ijzerconcreties gezien.

foto: 627 profiel

628 en 629 meetopstelling RUG

Profielbeschrijving

Administratieve gegevens

IDcode	Terrein	Alfcode	Datum
332	Reestdal	RDB1	3-10-00
X-coördinaat	Y-coördinaat	m + NAP	Topkaart Centr. profielnr
222055	515340	0	22A
Projektnummer	Projekt	Opnemer	
10647	OBN-vloelvelden	DEL - Bas van Delft	
Bodemgebruik			
GR - grasland, blijvend			
Beheer	Plagjaar	Humusprofiel	☒
Maaien (natuur)	0	Bodemprofiel	☒
Opmerkingen over de locatie			
zie toelichting			

Landschap

Fysiografische eenheid	Fysiotop:
	hz5b - natte beekdalen
Geomorfologie	Microreliëf Helling Expositie
Met veen opgevuld glaciaal dal	VL 0 0
Vegetatietype (SBB)	
Klasse	Onbepaald
Verbond	Onbepaald
Associatie	Onbepaald
SubAssociatie	Onbepaald

Hydrologie

Hydrologisch Systeem					
Kweldgebied (zoet)			Berekende GVG		
GHG (veld)	GLG (veld)	GVG (veld)	polder	stroomgebied	
0	40	0	19	10	
GWS	pH (veld)	EGV (veld; mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype	
0	0	0	6	Kwelwater (zoet)	

Profielgegevens

Standaardpuntencode	Bodemkaart 1 : 50 000	Humusvorm	ALTERRA
1hc wla	aVc		
Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve Bewortelbare diepte	Spreading profiel kenmerken
999	100	20	

Profielopbouw

Horizont Code	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof %	Textuur	pH	K	R	Vlekken	Geo ST	Wortels	Fauna	Opmerkingen
				A V	<2μ <50μ M50				A Hue V/C		A D R		
1Mm	0,0 - 4,0	SMAB		90	OV	5	1		/	190 W	ABVFR		"jong veen"
2Oh	4,0 - 20,0	SMDI		60	DK	4,5	1		/	130 GR	COVFR		bruinzwart
2Om	20,0 - 40,0	SMGR		70	RC	4,6	1		/	130 MA	FEVFRA		donkerbruin
2Ofr	40,0 - 80,0			70	RC	4,7	1		/	130	VFFIVE		bruin
2Omr	80,0 - 180,0			50	BE	4,7	1		/	120	NO		bruin met kleilagen

Toelichting

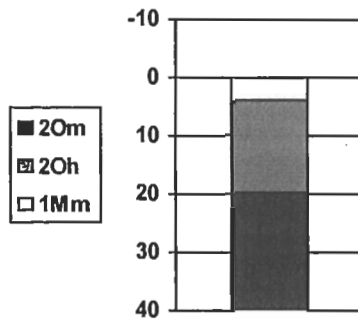
Rhyzosamplers: 2 x groen op 2 cm, 1 x geel op 10 cm 1 x blauw op 30 cm

Foto: Landschap: 630 vanaf RDB1 N, 631 vanaf RDB1 NW, 632 vanaf RDB1 Z, 633 vanaf RDB1 ZW over bevoelde deel

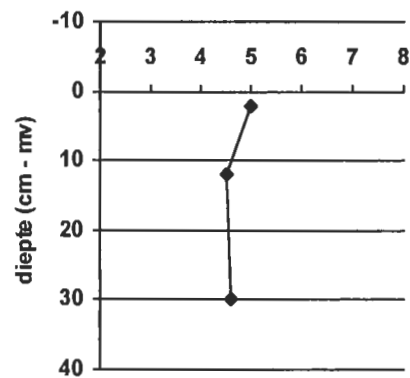
634 vegetatie

635 en 636 profiel

Humusprofiel



pH profiel



Profielbeschrijving

Administratieve gegevens

IDcode	Terrein	Alfcode	Datum
336	Westbroekse Zodden	WB1	6-1-00
X-coördinaat	Y-coördinaat	m + NAP	Topkaart Centr. profielnr
0	0	0	
Projektnummer	Project	Opnemer	
10647	OBN-vloelvelden	D+K - Bas van Delft en R	
Bodemgebruik			
WN - natuurterreinen, natte vegetatie (o.a. slikken)			
Beheer	Plagjaar	Humusprofiel	☒
Maaien (natuur)	0	Bodemprofiel	☒
Opmerkingen over de locatie			
foto 658 t/m 661; Meest noordelijke plot			

Landschap

Fysiografische eenheid	Fysiotop:
	lv2b - ondiepe zoete laagveenplassen
Geomorfologie	Microreliëf Helling Expositie
Petgat	VL 0 0
Vegetatietype (SBB)	
Klasse	Onbepaald
Verbond	Onbepaald
Associatie	Onbepaald
SubAssociatie	Onbepaald

Hydrologie

Hydrologisch Systeem	
Kwelgebied (zoet)	Berekende GVG
GHG (veld)	GLG (veld)
0	5
GVG (veld)	polder stroomgebied
0	13
GWS	pH (veld)
0	0
EGV (veld; mS/m)	Inundatieduur
0	
Inundatietype	

Profielgegevens

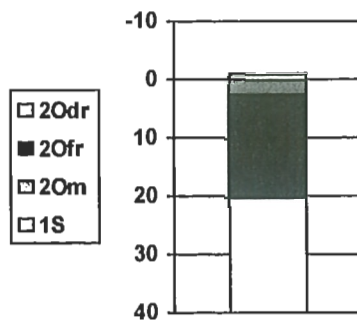
Standaardpuntencode	Bodemkaart 1 : 50 000	Humusvorm	ALTERRA
1kz7 1a	Vo		
Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve Bewortelbare diepte	Spreading profiel kenmerken
999	40	20	

Profielopbouw

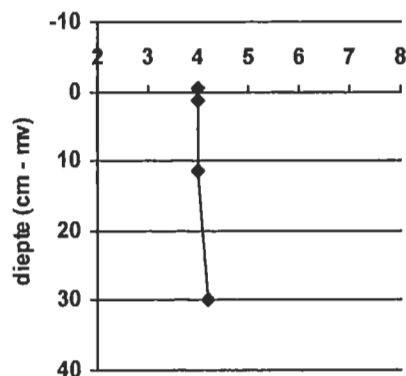
Horizont Code	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof %	Textuur	pH	K	R	Vlekken	Geo ST	Wortels	Fauna	Opmerkingen
				A V	<2μ <50μ M50				A Hue V/C		A D R		
1S	-1,0 -	0,0	SMAB	100	S		4	1	/	150 SP	NO		"witveen"
2Om	0,0 -	2,5	SMCL	100	S		4	1	/	150 W	PFVFRA		Bruin
2Ofr	2,5 -	20,0	SMGR	100	C		4	1	/	130 W	ABVFR		geelbruin, met veenmos
2Odr	20,0 -	40,0		90	C		4,2	1	/	130 W	COVFR		zwartbruin
3W	40,0 -	55,0						1	/				
4Odr1	55,0 -	62,0		90	B			1	/	160 SP	NO		zwart, met plantenresten
4Odr2	62,0 -	70,0		80	B			1	/	160 MA	NO		zwart, schoensmeer
5BCr	70,0 -	80,0		5	3	25	160	1	/	410 MA	NO		bruin

Toelichting

Humusprofiel



pH profiel



Profielbeschrijving

Administratieve gegevens

IDcode	Terrein	Alfa-code	Datum
337	Westbroekse Zoden	WB2	6-11-00
X-coördinaat	Y-coördinaat	m + NAP	Topkaart Centr. profielnr
0	0	0	
Projektnummer	Projekt	Opnemer	
10647	OBN-vloelvelden	D+K - Bas van Delft en R	
Bodemgebruik			
WN - natuurterreinen, natte vegetatie (o.a. slikken)			
Beheer	Plagjaar	Humusprofiel	☒
Maaien (natuur)	0	Bodemprofiel	☐
Opmerkingen over de locatie			
zie toelichting			

Landschap

Fysiografische eenheid	Fysiotop:
	lv2b - ondiepe zoete laagveenplassen
Geomorfologie	Microreliëf Helling Expositie
Petgat	VL 0 0
Vegetatietype (SBB)	
Klasse	Onbepaald
Verbond	Onbepaald
Associatie	Onbepaald
SubAssociatie	Onbepaald

Hydrologie

Hydrologisch Systeem					
Kwelgebied (zoet)			Berekende GVG		
GHG (veld)	GLG (veld)	GVG (veld)	polder	stroomgebied	
0	5		13	5	
GWS	pH (veld)	EGV (veld; mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype	
0	0	0	0		

Profielgegevens

Standaardpuntencode	Bodemkaart 1 : 50 000	Humusvorm	ALTERRA
1kz7 la	Vo		
Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve Bewortelbare diepte	Spreading profiel kenmerken
999	40	20	

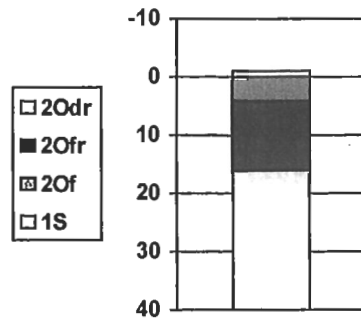
Profielopbouw

Horizont Code	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof % A V	Textuur <2µ <50µ M50	pH K R	Vlekken A Hue V/C	Geo ST	Wortels A D R	Fauna	Opmerkingen
1S	-1,0 - 0,0	SMCL		100	S	1	/	150 SP	NO		met haarmos
2Of	0,0 - 4,0	SMDI		100	S	1	/	150 CM	COVFR		met haarmos
2Ofr	4,0 - 16,0	SMGR		100	C	1	/	130 W	ABVFR		met veenmos
2Odr	16,0 - 40,0			90	C	1	/	130 W	COVFR		zwart

Toelichting

Veenpluis en vuilboom wortelen op overgang Of/Od; Kennelijk zijn deze soorten gekiemd in een vroege fase (Hierna is 16 cm veen bijgegroeid). De standplaats was toen ook al zuur genoeg voor veenpluis. In het zeggeveen van Of komt ook veenmos voor.

Humusprofiel



pH profiel

Profielbeschrijving

Administratieve gegevens

IDcode	Terrein	Alfcode	Datum
338	Westbroekse Zodden	WB3	6-11-00
X-coördinaat	Y-coördinaat	m + NAP	Topkaart Centr. profielnr
0	0	0	
Projektnummer	Projekt	Opnemer	
10647	OBN-vloelvelden	D+K - Bas van Delft en R	
Bodemgebruik			
WN - natuurterreinen, natte vegetatie (o.a. slikken)			
Beheer	Plagjaar	Humusprofiel	☒
Maaien (natuur)	0	Bodemprofiel	☐
Opmerkingen over de locatie			

Landschap

Fysiografische eenheid	Fysiotop:
	lv2b - ondiepe zoete laagveenplassen
Geomorfologie	Microreliëf Helling Expositie
Petgat	VL 0 0
Vegetatietype (SBB)	
Klasse	Onbepaald
Verbond	Onbepaald
Associatie	Onbepaald
SubAssociatie	Onbepaald

Hydrologie

Hydrologisch Systeem			
Kwelgebied (zoet)	Berekende GVG		
GHG (veld)	GLG (veld)	GVG (veld)	polder stroomgebied
0	5	13	5
GWS	pH (veld)	EGV (veld; mS/m)	Inundatieduur Inundatietype
0	0	0	0

Profielgegevens

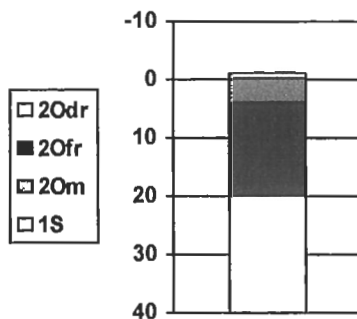
Standaardpuntencode	Bodemkaart 1 : 50 000	Humusvorm	ALTERRA
1kz7 la	V0		
Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve Bewortelbare diepte	Spreading profiel kenmerken
999	40	20	

Profielopbouw

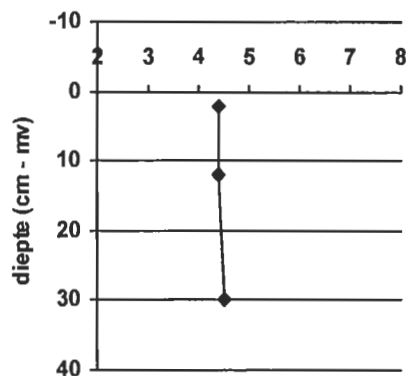
Horizont Code	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof % A V	Textuur <2µ <50µ M50	pH K R	Vlekken A Hue V/C	Geo ST	Wortels A D R	Fauna	Opmerkingen
1S	-1,0 - 0,0	SMCL	100	S		1	/	150 SP	NO		wat haarmos
2Om	0,0 - 4,0	SMDI	100	S		4,4 1	/	150 W	PFVFR		
2Ofr	4,0 - 20,0	SMGR	100	C		4,4 1	/	150 W	ABVFR		met veenmos
2Odr	20,0 - 40,0		90	C		4,5 1	/	150 W	COVFR		zwart

Toelichting

Humusprofiel



pH profiel



Profielbeschrijving

Administratieve gegevens

IDcode	Terrein	Alfacode	Datum
339	Westbroekse Zodden	WB4	6-11-00
X-coördinaat	Y-coördinaat	m + NAP	Topkaart Centr. profielnr
0	0	0	
Projektnummer	Projekt	Opnemer	
10647	OBN-vloelvelden	D+K - Bas van Delft en R	
Bodemgebruik			
WN - natuurterreinen, natte vegetatie (o.a. slikken)			
Beheer	Plagjaar	Humusprofiel	☒
Maaien (natuur)	0	Bodemprofiel	☒
Opmerkingen over de locatie			
foto 667			

Landschap

Fysiografische eenheid	Fysiotop:
	lv2b - ondiepe zoete laagveenplassen
Geomorfologie	Microreliëf Helling Expositie
Petgat	VL 0 0
Vegetatietype (SBB)	
Klasse	Onbepaald
Verbond	Onbepaald
Associatie	Onbepaald
SubAssociatie	Onbepaald

Hydrologie

Hydrologisch Systeem				
Kwelgebied (zoet)			Berekende GVG	
GHG (veld)	GLG (veld)	GVG (veld)	polder	stroomgebied
0	5		13	5
GWS	pH (veld)	EGV (veld; mS/m)	Inundatieduur	Inundatietype
0	0	0	0	

Profielgegevens

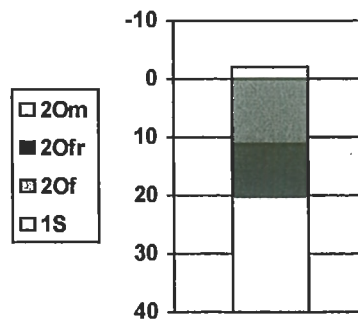
Standaardpuntencode	Bodemkaart 1 : 50 000	Humusvorm ALTERRA
1kz8 la	Vo	
Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve Bewortelbare diepte
999	40	20
Spreiding profiel kenmerken		

Profielopbouw

Horizont Code	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof % A V	Textuur <2µ <50µ M60	pH K R	Vlekken A Hue V/C	Geo ST	Wortels A D R	Fauna	Opmerkingen
1S	-2,0 -	0,0 SMDI		100	S		/	150 SP	NO		Veel haarmos
2Of	0,0 -	11,0 SMGR		100	S		/	150 CM	COVFR		Veel haarmos (liggend)
2Ofr	11,0 -	20,0 SMGR		100	C		/	130 W	ABVFR		met veenmos en veenpluis
2Om	20,0 -	40,0 SMGR		80	BM		/	130 W	COFIRA		zeggeveen met elzenhout

Toelichting

Humusprofiel



pH profiel

Profielbeschrijving

Administratieve gegevens

IDcode	Terrein	Alfcode	Datum
340	Westbroekse Zodden	WB5	6-11-00
X-coördinaat	Y-coördinaat	m + NAP	Topkaart Centr. profielnr
0	0	0	
Projektnummer	Projekt	Opnemer	
10647	OBN-vloelvelden	D+K - Bas van Delft en R	
Bodemgebruik			
WN - natuurterreinen, natte vegetatie (o.a. slikken)			
Beheer	Plagjaar	Humusprofiel	☒
Maaien (natuur)	0	Bodemprofiel	☐
Opmerkingen over de locatie			
Foto 665 (666 = proef ijzersulfaat)			

Landschap

Fysiografische eenheid	Fysiotop:
	lv2b - ondiepe zoete laagveenplassen
Geomorfologie	Microreliëf Helling Expositie
Petgat	VL 0 0
Vegetatietype (SBB)	
Klasse	Onbepaald
Verbond	Onbepaald
Associatie	Onbepaald
SubAssociatie	Onbepaald

Hydrologie

Hydrologisch Systeem	
Kwelvegebied (zoet)	Berekende GVG
GHG (veld) GLG (veld) GVG (veld)	polder - stroomgebied
0 5	13 5
GWS pH (veld) EGV (veld; mS/m)	Inundatieduur Inundatietype
0 0	0

Profielgegevens

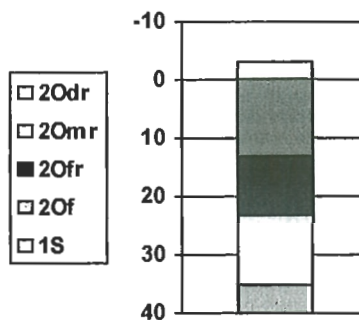
Standaardpuntercode	Bodemkaart 1 : 50 000	Humusvorm ALTERRA
1kz8 la	Vo	
Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve Bewortelbare diepte
999	40	25
Spreiding profiel kenmerken		

Profielopbouw

Horizont Code	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof % A V	Textuur <2µ <50µ M50	pH K R	Vlekken A Hue V/C	Geo ST	Wortels A D R	Fauna	Opmerkingen
1S	-3,0 - 0,0	SMDI	100	S		1	/	150 SP	NO		Veel haarmos
2Of	0,0 - 13,0	SMGR	100	S		1	/	150 CM	COVFR		Veel haarmos+enkele dikke wortels
2Ofr	13,0 - 23,0	SMGR	100	C		1	/	130 W	ABVFR		Met veenmos en enkele dikke wortels
2Omr	23,0 - 35,0		80	C		1	/	130 W	COVFR		
2Odr	35,0 - 40,0		80	C		1	/	130 W	FEVFRA		zaad Iris

Toelichting

Humusprofiel



pH profiel

Profielbeschrijving

Administratieve gegevens

IDcode	Terrein	Alfacode	Datum
341	Westbroekse Zodden	WB6	6-11-00
X-coördinaat	Y-coördinaat	m + NAP	Topkaart Centr. profielnr
0	0	0	
Projektnummer	Projekt	Opnemer	
10647	OBN-vloeiervelden	D+K - Bas van Delft en R	
Bodemgebruik			
WN - natuurterreinen, natte vegetatie (o.a. slikken)			
Beheer	Plagjaar	Humusprofiel	☒
Maaien (natuur)	0	Bodemprofiel	☒
Opmerkingen over de locatie			
zie toelichting			

Landschap

Fysiografische eenheid	Fysiotop:
	lv2b - ondiepe zoete laagveenplassen
Geomorfologie	Microreliëf Helling Expositie
Petgat	VL 0 0
Vegetatietype (SBB)	
Klasse	Onbepaald
Verbond	Onbepaald
Associatie	Onbepaald
SubAssociatie	Onbepaald

Hydrologie

Hydrologisch Systeem			
Kwelvegebied (zoet)			
GHG (veld)	GLG (veld)	GVG (veld)	Berekende GVG
0	5		polder stroomgebied
			13 5
GWS	pH (veld)	EGV (veld; mS/m)	Inundatieduur Inundatietype
0	0	0	0

Profielgegevens

Standaardpuntencode	Bodemkaart 1 : 50 000	Humusvorm ALTErrA
1kz8 la	Vo	
Ontkalkingsdiepte	Bewortelbare diepte	Effectieve Bewortelbare diepte
999	40	30
Spreiding profiel kenmerken		

Profielopbouw

Horizont Code	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. stof % A V	Textuur <2µ <50µ M50	pH K R	Vlekken A Hue V/C	Geo ST	Wortels A D R	Fauna	Opmerkingen
1S	-3,0 -	0,0	SMGR	100	S	4,3 1	/	150 SP	NO		veenmos + haarmos
2Of	0,0 -	9,0	SMDI	100	S	4,3 1	/	150 CM	COVFR		veel haarmos; horizontaal
2Of	9,0 -	20,0	SMGR	100	C	4 1	/	130 W	ABVFR		met veenmos
2Omr	20,0 -	30,0		95	C	4,5 1	/	130 W	PFVFRA		Veel zaad (blaas?) zegge
2Odr	30,0 -	40,0		90	C	1	/	130 W	VVFVRA		zwart + kalmoes?
3W	40,0 -	60,0				1	/				
4Odr1	60,0 -	70,0		80	B	1	/	160 SP	NO		zwart + wortels + stengel paardestaart
4Odr2	70,0 -	77,0		70	B	1	/	160 MA	NO		zwart
5BC	77,0 -	95,0		5 3		25 160	1	410 MA	NO		bruin

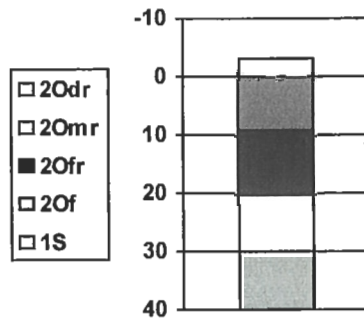
Toelichting

Meest zuidelijke plot

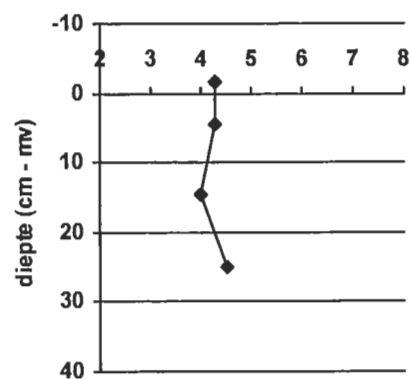
foto 662 t/m 664

Overgang levende vegetatie naar veen onduidelijk

Humusprofiel



pH profiel



Aanhangsel 3 Chemische analyses

Vloeibare fase

Alterra nr.	horizont	diepte cm/v	pH	EGV	HCO ₃ ⁻	Ca	Mg	K	Na	Fe	Al	SO ₄	Cl
				mg/m	mmol/l	mg/l							
RDV 1.1	Mn	0-3	5.03	23.0	0.50	16.42	1.23	3.80	17.26	55.64	0.560	0.92	56.6
RDV 1.2	zCh	3-15	6.53	18.1	0.40	14.50	0.56	1.61	14.13	2.68	0.000	0.30	41.6
RDV 1.3	zOf	20-30	6.31	19.0	0.30	21.05	1.04	1.11	10.76	3.26	0.040	12.38	37.2
RDB 1	Mn	0-4	5.36	55.6	0.55	32.46	2.63	3.57	16.84	201.87	1.840	35.00	163.4
RDB 1	Ch	4-20	5.83	21.6	0.10	21.33	0.49	1.28	15.27	2.08	0.280	9.10	53.7
RDB 1	Om	20-40	6.40	20.2	0.25	20.47	1.41	1.09	12.45	1.49	0.000	20.90	46.0
WB 1	Od	-20-40	4.90	8.0	0.11	4.17	0.46	0.59	8.33	0.58	0.005	0.72	22.2
WB 1	Of	2.5-20	4.59	8.8	0.10	3.70	0.55	0.52	7.35	0.85	0.000	1.54	17.6
WB 6	Of1	0-9	4.15	7.1	0.09	1.64	0.36	0.86	6.12	0.39	0.000	0.68	12.9
WB 6	Of2	9-20	4.20	9.7	0.03	3.29	0.68	0.82	7.56	0.53	0.006	0.00	22.5

Vaste fase

Alterra nr.	horizont	Vaste											
		pH	org.	Uitwisselbaar						Pot	Fe	Al	FeS ₂
		KCl	stof	Ca	Mg	K	Na	H	Fe	CEC	A.R.	oxalaat	
			%	cmol+/kg							mg/100 g		
RDV 1.1	Mn	3.7	71.07	13.29	1.13	1.73	1.16	93.3	8.69	119.3	468.7	74.1	470.7
RDV 1.2	zOf	4.0	46.87	16.83	0.46	0.39	0.31	91.2	4.00	113.2	501.9	394.3	759.0
RDV 1.3	zOf	4.3	90.9	68.37	1.86	0.08	0.57	138.2	7.64	216.7	294.4	299.9	164.3
RDB 1	Mn	3.9	88.74	60.00	1.85	0.10	0.56	150.2	6.07	218.8	240.0	237.6	131.1
RDB 1	Of	3.8	82.9	13.85	1.17	1.22	1.08	103.4	7.94	128.6	511.7	104.0	591.3
RDB 1	Om	3.9	63.46	19.06	0.62	0.79	0.41	103.7	7.56	132.1	440.9	304.9	491.7
WB 1	Od	3.6	90.25	38.21	2.24	0.16	0.86	83.0	1.00	125.5	72.2	79.3	85.6
WB 1	Of	3.0	95.39	25.76	5.43	1.12	1.95	77.4	2.45	114.1	79.8	31.0	8.2
WB 6	Of1	2.3	98.24	14.85	4.33	2.15	1.47	112.7	0.03	135.5	34.6	10.7	51.4
WB 6	Of2	2.6	95.74	17.15	3.02	0.52	0.87	77.2	0.81	99.6	38.4	20.9	29.5

Alterra nr.	Bezetting pot CEC				Ecosat							
	Fe-verz	Ca-verz	H-verz	Cas/Fes	Fe-tot	Al-tot	FeS ₂	Fe-tot	Al-tot	FeS ₂	SO ₄ -tot	
			(-)		g/kg ds			mol/l water				
RDV 1.1	0.07	0.11	0.78	1.53	4.69	0.74	4.71	0.0153	0.0050	0.0071	0.0143	
RDV 1.2	0.04	0.15	0.81	4.21	5.02	3.94	7.59	0.0596	0.0968	0.0419	0.0839	
RDV 1.3	0.04	0.32	0.64	8.95	2.94	3.00	1.64	0.0071	0.0150	0.0018	0.0037	
RDB 1	0.03	0.27	0.69	9.89	2.40	2.38	1.32	0.0128	0.0262	0.0033	0.0065	
RDB 1	0.06	0.11	0.80	1.74	5.12	1.04	5.92	0.0503	0.0211	0.0270	0.0541	
RDB 1	0.06	0.14	0.78	2.52	4.41	3.05	4.91	0.0146	0.0208	0.0075	0.0151	
WB 1	0.01	0.30	0.66	38.27	0.72	0.79	0.86	0.0014	0.0031	0.0008	0.0015	
WB 1	0.02	0.23	0.68	10.52	0.80	0.31	0.08	0.0008	0.0006	0.0000	0.0001	
WB 6	0.00	0.11	0.83	494.33	0.35	0.11	0.51	0.0003	0.0002	0.0002	0.0004	
WB 6	0.01	0.17	0.78	21.12	0.38	0.21	0.30	0.0003	0.0003	0.0001	0.0002	

Omwisselconstante: Gaponcoefficient

Alterra nummer	Ca ²⁺	H ⁺	Fe ²⁺	Cas+Fes	Ca ²⁺	H ⁺	Fe ²⁺	Ca+Fe	Kg(H,Ca) LogKg adapt	
	cmol+/kg				activiteit mol/l					
RDV 1.1	13.29	93.3	8.69	21.99	0.000269	8.13E-06	0.000653	0.000922	11199	4.05
RDV 1.2	16.83	91.2	4.00	20.83	0.000275	2.7E-07	3.64E-05	0.000311	202420	5.31
RDV 1.3	68.37	138.2	7.64	76.01	0.000385	4.43E-07	4.28E-05	0.000428	60084	4.78
RDB 1	60.00	150.2	6.07	66.07	0.000393	3.45E-06	0.001753	0.002145	21614	4.33
RDB 1	13.85	103.4	7.94	21.78	0.000384	1.33E-06	2.69E-05	0.000411	51143	4.71
RDB 1	19.06	103.7	7.56	26.62	0.000368	3.58E-07	1.93E-05	0.000387	151509	5.18
WB 1	38.21	83.0	1.00	39.21	8.66E-05	1.19E-05	8.61E-06	9.52E-05	1232	3.09
WB 1	25.76	77.4	2.45	28.21	7.75E-05	2.43E-05	1.28E-05	9.03E-05	760	2.88
WB 6	14.85	112.7	0.03	14.88	3.53E-05	6.75E-05	6.02E-06	4.13E-05	510	2.71
WB 6	17.15	77.2	0.81	17.96	6.85E-05	5.95E-05	7.91E-06	7.64E-05	447	2.65

Aanhangsel 4 Ecosat-resultaat

"Comp_Act_"		"Species____"						"Surf._Spec."	
"-log(mol/l)"		"Conc._mol/l"						"Conc.frac.A"	
H	e	Al	SO4	HCO3	Fe2+	H2PO4	CaFe-verz	H-verz	
5.6906	8	1.40E-15	5.13E-02	1.84E-05	2.14E-16	9.53E-07	1.44E-01	8.56E-01	
5.6906	7	1.40E-15	5.13E-02	1.84E-05	2.14E-15	9.53E-07	1.44E-01	8.56E-01	
5.6906	6	1.40E-15	5.13E-02	1.84E-05	2.14E-14	9.53E-07	1.44E-01	8.56E-01	
5.6906	5	1.40E-15	5.13E-02	1.84E-05	2.14E-13	9.53E-07	1.44E-01	8.56E-01	
5.6906	4	1.40E-15	5.13E-02	1.84E-05	2.14E-12	9.53E-07	1.44E-01	8.56E-01	
5.6906	3	1.40E-15	5.13E-02	1.84E-05	2.14E-11	9.53E-07	1.44E-01	8.56E-01	
5.6906	2	1.40E-15	5.13E-02	1.84E-05	2.14E-10	9.53E-07	1.44E-01	8.56E-01	
5.6906	1	1.40E-15	5.13E-02	1.84E-05	2.14E-09	9.53E-07	1.44E-01	8.56E-01	
5.6906	0	1.40E-15	5.13E-02	1.84E-05	2.14E-08	9.53E-07	1.44E-01	8.56E-01	
5.6906	-1	1.40E-15	5.13E-02	1.84E-05	2.14E-07	9.53E-07	1.44E-01	8.56E-01	
6.2935	-2	2.18E-17	2.54E-02	4.73E-05	3.32E-08	8.53E-07	4.03E-01	5.97E-01	
6.7459	-3	9.56E-19	1.60E-05	7.17E-05	1.46E-08	6.78E-07	6.57E-01	3.43E-01	
6.7464	-4	9.53E-19	5.09E-13	7.17E-05	1.45E-07	6.78E-07	6.57E-01	3.43E-01	
6.7473	-5	9.47E-19	1.64E-20	7.17E-05	1.44E-06	6.77E-07	6.58E-01	3.42E-01	

"Comp_Act_"		"Minerals____"								"Minerals____"							
"-log(mol/l)"		"Total_am_"								"Sat_Index_"							
H	e	Fe2CO3	Fe(OH)3	Al(OH)3	FeS2	Fe3(PO4)2	Fe3PO4	AlPO42H2		Fe2CO3	Fe(OH)3	Al(OH)3	FeS2	Fe3(PO4)2	Fe3PO4	AlPO42H2	
5.6906	8	0.00E+00	5.03E-02	2.35E-01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00		-1.53E+01	0.00E+00	0.00E+00	-1.38E+02	-4.08E+01	-1.05E+01	-7.21E+00	
5.6906	7	0.00E+00	5.03E-02	2.35E-01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00		-1.43E+01	0.00E+00	0.00E+00	-1.23E+02	-3.78E+01	-1.05E+01	-7.21E+00	
5.6906	6	0.00E+00	5.03E-02	2.35E-01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00		-1.33E+01	0.00E+00	0.00E+00	-1.08E+02	-3.48E+01	-1.05E+01	-7.21E+00	
5.6906	5	0.00E+00	5.03E-02	2.35E-01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00		-1.23E+01	0.00E+00	0.00E+00	-9.29E+01	-3.18E+01	-1.05E+01	-7.21E+00	
5.6906	4	0.00E+00	5.03E-02	2.35E-01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00		-1.13E+01	0.00E+00	0.00E+00	-7.79E+01	-2.88E+01	-1.05E+01	-7.21E+00	
5.6906	3	0.00E+00	5.03E-02	2.35E-01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00		-1.03E+01	0.00E+00	0.00E+00	-6.29E+01	-2.58E+01	-1.05E+01	-7.21E+00	
5.6906	2	0.00E+00	5.03E-02	2.35E-01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00		-9.30E+00	0.00E+00	0.00E+00	-4.79E+01	-2.28E+01	-1.05E+01	-7.21E+00	
5.6906	1	0.00E+00	5.03E-02	2.35E-01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00		-8.30E+00	0.00E+00	0.00E+00	-3.29E+01	-1.98E+01	-1.05E+01	-7.21E+00	
5.6906	0	0.00E+00	5.03E-02	2.35E-01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00		-7.30E+00	0.00E+00	0.00E+00	-1.79E+01	-1.68E+01	-1.05E+01	-7.21E+00	
5.6906	-1	0.00E+00	5.03E-02	2.35E-01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00		-6.30E+00	0.00E+00	0.00E+00	-2.93E+00	-1.38E+01	-1.05E+01	-7.21E+00	
6.2935	-2	0.00E+00	3.67E-02	2.35E-01	1.36E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00		-6.09E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-1.39E+01	-1.11E+01	-7.86E+00	
6.7459	-3	0.00E+00	2.33E-02	2.35E-01	2.70E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00		-5.82E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-1.34E+01	-1.17E+01	-8.41E+00	
6.7464	-4	0.00E+00	2.33E-02	2.35E-01	2.70E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00		-4.82E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-1.04E+01	-1.17E+01	-8.42E+00	

