



ALTERRA

WAGENINGEN UR



Natuurpotentie Willinks Weust

Resultaten van een Ecopedologisch onderzoek

Bas van Delft, Fokke Brouwer, Maarten van der Werff en Rolf Kemmers

**Dit onderzoek is uitgevoerd binnen het kader van een opdracht van Dienst Landelijk Gebied Gelderland
Projectcode 5237725-01**

Natuurpotentie Willinks Weust

Resultaten van een Ecopedologisch onderzoek

Bas van Delft, Fokke Brouwer, Maarten van der Werff en Rolf Kemmers

Alterra Centrum Bodem

**Alterra Wageningen UR
Wageningen, 2010**

Referaat

Bas van Delft, Fokke Brouwer, Maarten van der Werff en Rolf Kemmers, 2010. Natuurpotentie Willinks Weust; Resultaten van een Ecopedologisch onderzoek. Wageningen, Alterra, Alterra-Natuurpotenties Willinks Weust.doc. 141 blz.; 50 fig.; 19 tab.; 49 ref.

Voor 6 percelen in Natura2000 gebied zijn de potenties voor natuurontwikkeling onderzocht. Daarnaast is in 3 transecten van in totaal 11 peilbuizen het ecohydrologisch functioneren van het gebied onderzocht en zijn adviezen gegeven over de mogelijkheden de inrichting te verbeteren. Door de ligging op de overgang van het Muschelkalkeiland en een erosiegeul in die in de ondergrond van Bontzandsteen is uitgesleten heeft het gebied een bijzondere geologische en hydrologische uitgangspositie. Het erosiedal is opgevuld met verspoelde zanden. Het gebied is echter ook sterk verdroogd door diepe ontwateringsloten, met name in het erosiedal en op de overgang naar het plateau. Ook de steengroef aan de noordkant van het gebied heeft in een overgangzone een verdrogende invloed. Inrichting van de percelen en herstel van de hydrologie bieden goede mogelijkheden de natuurwaarden in het gebied te herstellen en versterken.

Trefwoorden: Ecohydrologie, Ecopedologie, Natuurontwikkeling, Fosfaat, Willinks Weust

*© 2010 Alterra Wageningen UR, Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland
Telefoon 0317 48 07 00; fax 0317 41 90 00; e-mail info.alterra@wur.nl*

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

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

Wageningen, december 2010

Inhoud

1	Inleiding	9
1.1	Achtergrond	9
1.2	Gebiedsbeschrijving	10
1.3	Onderzoeksvragen en opzet van het onderzoek	11
1.4	Leeswijzer	16
2	Geologie en bodem	17
2.1	Materiaal en methode	17
2.1.1	Reeds beschikbare kaarten en boringen	17
2.1.2	Profielbeschrijvingen	19
2.1.3	Zuurgraad	20
2.1.4	Geologische kaarten	21
2.1.5	Transecten	21
2.1.6	kartering ronde weiden	22
2.2	Resultaten	22
2.2.1	Profielbeschrijvingen	22
2.2.2	Zuurgraad en zuurbuffer	24
2.2.3	Geologische kaarten	28
2.2.4	Transecten	29
2.2.5	Kartering Ronde weiden	37
3	Hydrologie	41
3.1	Materiaal en methode	41
3.1.1	Grondwaterstanden	41
3.1.2	Grondwaterstromingen	44
3.1.3	Grondwaterkwaliteit	45
3.2	Resultaten	48
3.2.1	Grondwaterstanden	48
3.2.2	Grondwaterstromingen	54
3.2.3	Grondwaterkwaliteit	55
4	Fosfaat	62
4.1	Materiaal en methode	62
4.1.1	bemonstering	62
4.1.2	Analyse	63
4.1.3	interpretatiecriteria	64
4.2	Resultaten	65
5	Conclusies	66
5.1	Deelvraag 1	66
5.1.1	Natuurdoelen en abiotische randvoorwaarden	66
5.1.2	Realisatiekansen Natuurdoeltypen	72
5.2	Deelvraag 2	75

5.3	Deelvraag 3a	83
5.4	Deelvraag 3b	83
5.5	Deelvraag 3c	84
5.6	Deelvraag 3d	86
5.7	Deelvraag 3e	89
6	Inrichtingsadvies	96
	Literatuur	99
	Bijlage 1 Percelen en boorpunten	101
	Bijlage 2 Profielbeschrijvingen transecten en bodemmonsters	103
	Bijlage 3 Profielbeschrijvingen Ronde Weiden	119
	Bijlage 4 pH-profielen	127
	Bijlage 5 Tijdreeksen grondwaterstanden	134
	Bijlage 6 Analyseresultaten watermonsters en MAION berekeningen	137
	Bijlage 7 Analyseresultaten bodemmonsters	139
	Bijlage 8 Beoordeling fosfaattoestand	140

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Dienst Landelijk Gebied (DLG) heeft van de provincie Gelderland in het kader van NBL (natuur buiten landinrichting) opdracht gekregen voor de inrichting van een aantal percelen nabij de steengroeve ten oosten van Winterwijk. Het gebied is bekend onder de naam Willinks Weust. Alvorens kan worden ingericht is een ecohydrologisch en biochemisch onderzoek noodzakelijk. Dit onderzoek is in opdracht van DLG uitgevoerd door Alterra-Centrum Bodem en is begeleid door DLG, Staatsbosbeheer en Waterschap Rijn en IJssel.



Figuur 1 Begrenzing Natura 2000-gebied 'Willinks Weust' met de in te richten percelen (1 t/m 6). bron kaart: <http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/>

Het onderzoek is primair gericht op de inrichting van 6 percelen op voormalige landbouwgrond, waarbij de geschiedenis en de intensiteit van het voormalig agrarisch gebruik sterk verschilt (Huijskes 2009). De gezamenlijke oppervlakte is 10,7 ha. De percelen liggen binnen de conceptaanwijzing voor Natura2000 (zie Figuur 1). Verder is het gebied onderdeel van de EHS en van de TOPlijst anti-verdroging. Het Waterschap Rijn en IJssel doorloopt mede hierdoor momenteel een GGOR proces. Maatregelen om de verdroging in het gebied op te lossen zijn daarom te verwachten.

Naast het onderzoek in de 6 percelen is door DLG gevraagd om twee peilbuisraaien in te richten om inzicht te krijgen in de ecohydrologische relaties met de omgeving. Daarvoor is doormiddel van divers de grondwaterstand geregistreerd gedurende het onderzoek en zijn watermonsters genomen in het vroege

voorjaar en in de GLG periode. Voor de peilbuisraaien zijn in de opdrachtomschrijving een aantal aparte meetvragen geformuleerd die ook betrekking hebben op andere delen van Willinks Weust. Hiermee heeft het onderzoek een wat breder karakter gekregen.

1.2 Gebiedsbeschrijving

Deze gebiedsbeschrijving is gebaseerd op de bij aanvang van het project beschikbare gegevens. In de volgende hoofdstukken wordt dieper op deze onderwerpen ingegaan.

Geologie

Willinks Weust is een afwisselend en kleinschalig gebied waarin de natuurpotenties in grote mate bepaald worden door de bijzondere ligging op het zgn. 'Muschelkalkeiland' ten oosten van Winterswijk. Het gebied is vooral bekend door het ondiep voorkomen van Muschelkalk of schelpenkalk dat hier sinds 1932 in de steengroeven wordt gewonnen (Kusters, Huijskes et al. 2009). In de westelijke groeve wordt nog steeds gegraven, de oostelijke groeve is in 1990 gesloten en is nu in beheer bij Staatsbosbeheer (Scherpenisse-Gutter en Verbeek 2001). In Figuur 1 is de tientallen meters diepe groeve ten noorden van Willinks Weust als een witte vlek herkenbaar. Direct ten oosten daarvan ligt een verlaten deel van de groeve in het gebied. In zuidelijke richting bestaat de ondergrond uit het nog oudere Bontzandsteen. Daarnaast komen ook op kleinere oppervlakten afzettingen van klei en kleisteen (Keuper) uit het Rhätien (Mesozoïcum) voor (Van Wijngeren 2008; Van den Bosch en Brouwer 2009). Deze formaties worden voor een groot deel overdekt door keileem. Naast het keileemplateau ligt in het zuidelijk deel een 5 tot 10 meter diepe preglaciale geul die later is opgevuld met matig fijn tot matig grof zand. Ook op het keileempakket komt een (dunner) pakket dekzand voor en in een centrale laagte een dunne laag moerige materiaal uit het Holocene.

Hydrologie

De hydrologie van het gebied wordt in het noordelijk deel bepaald door het ondiep voorkomen van de slecht doorlatende oude afzettingen. Hierdoor komen natte tot vochtige omstandigheden voor, waardoor in een deel van het gebied zelfs veenvorming heeft plaatsgevonden. In het dekzand en keizand op de slecht doorlatende oude afzettingen komen bodems voor met roest in de bovengrond die als beekeerdgronden (pZg..) zijn geclassificeerd. Deze bodems zijn ontstaan onder invloed van stagnerend neerslagwater, waarbij ijzer uit de onderliggende afzettingen is opgenomen en bij droogvallen van de bodem in de zomer als roest is neergeslagen. In het zuidelijk deel van het gebied, waar als gevolg van erosie de keileem ontbreekt en de tertiaire afzettingen dieper liggen dan in het noordelijk deel (Van den Bosch en Brouwer 2009), komen beekeerdgronden voor die wel ontstaan zijn onder invloed van kwel. De kwel kan deels van lokale oorsprong zijn uit het hoger gelegen noordelijk deel, maar zal ook afkomstig zijn van het aan de oostkant gelegen plateau. Het gebied wordt ontwaterd door de bovenloop van de Vossenveldsbeek die de natte stagnatiegronden in het noordelijk deel ontwatert en door een diepe sloot langs de zuidgrens, de 'Afwatering van de Bekeringswieste'. Ook de diepe steengroeve aan de noordzijde zal een drainerende werking hebben op het gebied, hoewel deze deels teniet gedaan wordt door de slecht doorlatende eigenschappen van de keileem en tertiaire afzettingen. De gesteenten van deze afzettingen zijn over het algemeen slecht doorlatend. Een deel van deze afzettingen kan plaatselijk wel goed doorlatend zijn langs scheuren, maar voor de Muschelkalk geldt dat de top van het pakket vaak tot een dunne ondoorlatende kleilaag verweerd is. De groeve is aangelegd op een door tektoniek ontstane rug, waardoor het noordelijk deel van Willinks Weust feitelijk op een waterscheiding ligt. In het noordelijk deel komen dan plaatselijk ook veldpodzolgronden voor in het dekzand. Neerslagwater zal over de keileem en oudere afzettingen afstromen in zuidelijke richting naar de bovenloop van de Vossenveldsbeek. De laagte waarin deze bovenloop ligt vormt de grens van het grote erosiedal in het zuiden. Langs deze laagte loopt een dekzandrug waarin neerslagwater infiltreert waardoor veldpodzolgronden ontstaan zijn.

Hoewel het grondwater deels een lokale oorsprong lijkt te hebben zal de chemische samenstelling in sterke mate beïnvloed zijn door de onder het dekzand voorkomende oude afzettingen. Op de dekzandruggen in het noorden en midden van het gebied zal het infiltrerende water in eerste instantie een atmotroof karakter hebben, maar het zal bij afstroming over de onderliggende afzettingen snel van karakter veranderen. Door DLG werd in diverse (diepe) sloten ijzerneerslag en een kwelfilm waargenomen (Huijskes 2009). Dit ijzer kan deels afkomstig zijn uit het ijzerrijke Bontzandsteen dat in het zuidelijk deel van het gebied ondiep voor komt. De hoge pH-waarden (Ca 7) die in de sloten gemeten werden kunnen waarschijnlijk toegeschreven worden aan het voorkomen van Muschelkalk en kalkrijke Bontzandsteen. Door het tussenliggende keileempakket zal het water wellicht niet overal in direct contact komen met de onderliggende afzettingen, maar bij de vorming van de keileem zullen ook delen van de onderliggende afzettingen door het schuiven de ijs opgenomen zijn.

Vegetatie

In het gebied komen soortenrijke loofbossen op natte tot vochtige bodems voor, die voor ongeveer een derde deel bestaan uit Eiken-haagbeukenbos met een kalkminnende bosflora. Verder zijn er in het noordelijk deel diverse schraallanden, waaronder goed ontwikkeld blauwgrasland en heischraal grasland. Het voorkomen van deze blauwgraslanden is opmerkelijk gezien de relatief hoge ligging. Sinds de jaren 30 van de 20^e eeuw is de botanische kwaliteit van het gebied afgenomen door verdroging (Scherpenisse-Gutter en Verbeek 2001). De laatste decennia lijkt de situatie redelijk stabiel.

In te richten percelen

De in te richten percelen bestaan grotendeels uit grasland en één perceel bouwland (perceel 5). De graslandpercelen hebben grotendeels een witbolvegetatie. De dekzandkop met enkeerdgrond (éénmanses) in perceel 6 is volgens de vegetatiekaart in bijlage 2 bij de opdrachtomschrijving een braakliggende akker. De rest van het perceel is grasland. Op de vegetatiekaart van 2009 (Everts, Jongman et al. 2010) is de es als grasland gekarteerd. Perceel 3 lijkt wat schraler te zijn dan de overige graslandpercelen, met deels een vegetatie van gestreepte witbol en zwarte zegge en deels een vegetatie van gewoon struisgras en roodzwenkgras. Dit perceel is al vanaf 1966 verworven en nooit zwaar bemest geweest. In het perceel heeft in de jaren 90 een plagproef plaatsgevonden, waarna een snelle vestiging van struikheide, pilzegge en blauwe knoop heeft plaatsgevonden.

Perceel 1 en een deel van perceel 2 is opgehoogd met stortmateriaal uit de groeve (keileem met brokjes kalk) (Huijskes 2009). Daaronder komt een oude (moerige?) bovengrond voor.

1.3 Onderzoeksvragen en opzet van het onderzoek

Het hoofddoel van het onderzoek is om voor de in te richten percelen aan te geven wat de mogelijkheden zijn voor het zoveel mogelijk realiseren van natuurdoelen zoals die zijn benoemd in de conceptaanwijzing Natura2000: blauwgrasland, heischraal grasland, natte heide en droge heide en welke inrichtingsmaatregelen daarvoor nodig zijn. De hierbij te verwachten maatregelen zijn het verwijderen van de mogelijk te voedselrijke bovengrond in combinatie met antiverdrogingsmaatregelen. Daarnaast leven een aantal vragen over het functioneren van delen van de bestaande natuur waardoor het onderzoek een veel breder karakter heeft gekregen.

Om tot een goed inrichtingsplan te komen zijn door DLG een drietal deelvragen geformuleerd die in dit onderzoek zo goed mogelijk beantwoord worden. Daarvoor is een aantal uiteenlopende geologische, bodemkundige en hydrologische aspecten onderzocht en in relatie tot elkaar en de onderzoeksvragen geïnterpreteerd. In hoofdstuk 5 worden deze deelvragen beantwoord op basis van de bevindingen van de deelonderzoeken in de eerdere hoofdstukken.

Deelvraag 1

Wat is de huidige abiotische toestand van de percelen 1 t/m 6? Het gaat hier o.a. om de fosfaatgehalten en de zuurgraad van de bovengrond. Achterliggende vraag is wat het effect is van afgraven, uitmijnen of maaien en afvoeren. Aanvullend wordt aandacht gevraagd voor de dikte en samenstelling van het opgebrachte pakket in de percelen 1 en 2 en de potenties van de onderliggende oude bovengrond. De enkeerdgrond in perceel 6 zal niet worden afgegraven.

Om deze vraag te kunnen beantwoorden zijn in de 6 percelen de onderstaande aspecten onderzocht:

- Bodemopbouw (zie hoofdstuk 2)
- Grondwaterstandsverloop (zie hoofdstuk 3)
- Fosfaattoestand (zie hoofdstuk 4)
- Zuurgraad van de bovengrond en in pH-profielen (zie hoofdstuk 2)
- Binnen de transecten: watertypen en invloed van kwel (zie hoofdstuk 3)
- Maaiveldreconstructie in perceel 1 en 2 (zie hoofdstuk 2)
- Realisatiekansen bij huidige bodemopbouw en na evt. afgraven (zie hoofdstuk 5.1)
- Vernattingsbehoefte

Deelvraag 2

Wat is het effect van vernatting bij dempen/verondiepen van waterlopen in zowel de huidige toestand als de toestand na eventueel afgraven? Het gaat hier o.a. om sulfaatgehalten, ijzer en calcium om interne eutrofiëring te voorkomen. In verband met een GGOR-proces worden vernattingsmaatregelen verwacht. De mate van vernatting is nog niet bekend. De opdrachtgever wil inzicht in de ecologische wenselijkheid van vernattingsmaatregelen, zodat dit kan worden gebruikt als input voor het GGOR-proces.

Om deze vraag te kunnen beantwoorden zijn in de 6 percelen en de omgeving de onderstaande aspecten onderzocht:

- Bodemopbouw (zie hoofdstuk 2)
 - o ijzerrijke lagen
 - o kalkrijke lagen
 - o lagen met goed afbreekbare organische stof
- Grondwaterstandsverloop (zie hoofdstuk 3)
 - o huidige grondwaterstanden
 - o vernattingsbehoefte
- Fosfaattoestand (zie hoofdstuk 4)
 - o omvang en samenstelling fosfaatbuffer
 - o fosfaatverzadigingsgraad
- Binnen de transecten en oppervlaktewater: sulfaatgehalte van het water waarmee mogelijk vernat wordt (zie hoofdstuk 3)

Deelvraag 3

Deze deelvraag betreft het meten en verwerken van gegevens die zijn verkregen middels de in 3 transecten geplaatste peilbuizen (11 stuks). Het gaat hier zowel om waterkwantiteit als waterkwaliteit. Daarbij gaat het niet alleen om de 6 in te richten percelen, maar ook om het (ecohydrologisch) functioneren van het hele gebied en dan met name het 'Nieuwe Veentje van Westhoff en De Miranda', de bovenloop van de Vossenveldsbeek en de bestaande schraalgraslanden. In feite wordt hier een ecohydrologische systeemanalyse gevraagd. Door de opdrachtgever zijn hiervoor 5 meetvragen geformuleerd die hier als deelvraag 3a t/m 3e behandeld worden.



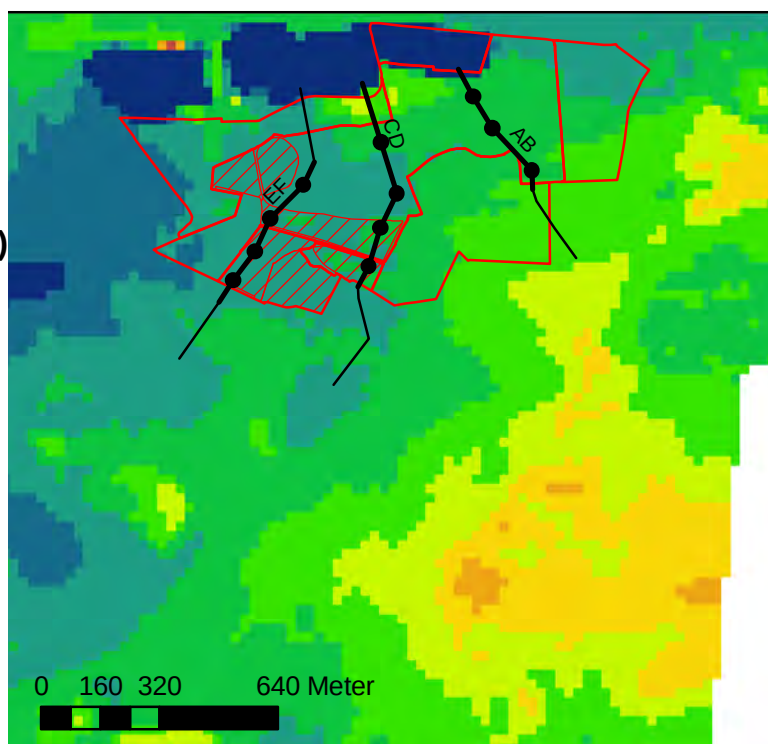
Figuur 2 Ligging van de peilbuizen

Legenda

- Boring
- Transecten
- Transect (lang)
- Natura 2000
- ▨ Percelen

Hoogte (m + NAP)

- < 40
- 40 - 41
- 41 - 42
- 42 - 43
- 43 - 44
- 44 - 45
- 45 - 46
- 46 - 47
- 47 - 48
- 48 - 49



Figuur 3 Hoogteligging van Willinks Weust en omgeving.

Om deze vragen te kunnen beantwoorden zijn in drie transecten in totaal 11 peilbuizen geplaatst (ligging zie Figuur 2). In de opdrachtomschrijving waren twee transecten voorzien. Tijdens de startbijeenkomst op 10 februari 2010 met vertegenwoordigers van DLG, Staatbosbeheer, Geologisch Veldlaboratorium Winterswijk en Alterra is afgesproken om de peilbuizen in drie raaien te plaatsen. Hierbij is getracht zowel de lokale waterstromen vanaf het kalksteenplateau als de stroom vanaf het Bontzandsteenplateau ten zuidwesten in beeld te brengen. Verondersteld wordt dat deze grondwaterstroom mogelijk omhoog komt als kwel langs de noordrand van het erosiedal, bijvoorbeeld bij het Nieuwe veentje (m.m. M. Jalink). In Figuur 3 is te zien dat het

maaiveld vanaf het Bontzandsteenplateau in het zuidoosten helt in noordelijke en westelijke richting. De verbreiding van de oude afzettingen en het erosiedal is weergegeven in Figuur 4.

Bij het kiezen van de locaties hebben de volgende overwegingen een rol gespeeld:

- Langs de transecten kan zowel de gradiënt vanuit het noorden (lokaal systeem) als vanuit het zuidoosten (regionaal systeem) geanalyseerd worden
- Het verhang in de erosiegeul kan onderzocht worden door de standen te vergelijken tussen AB1, CD1 (evt. CD2) en EF1
- De locaties omvatten een goede spreiding in bodemkundige, hydrologische en vegetatiekundige zin (zie Figuur 2)
- Er zijn geen buizen gepland in de opgehoogde percelen (Ronde weides, Lange wei en Vliegveld) omdat door het opgebrachte materiaal mogelijk de waterkwaliteit en mogelijk ook de waterstanden beïnvloed is, waardoor het natuurlijk systeem moeilijker te doorgronden is.
- In de westelijke raai (EF) zijn de peilbuizen wat verder in het grasland gepland omdat anders de standen teveel beïnvloed worden door het bos. In deze raai zal ook de drainerende werking van de afwatering van de Bekeringswieste onderzocht worden.
- Het plaatsen van de peilbuizen op het plateau is gebeurd in overleg met het Geologisch Veldlaboratorium Winterswijk (M. van den Bosch). Het gaat hierbij met name om het herkennen van geologische pakketten en om te zorgen dat de buizen boven de stagnerende laag geplaatst worden.
- Er zijn volledig geperforeerde buizen geplaatst omdat door de gelaagde opbouw van de bodem kans is op anisotropie, waardoor mogelijk onjuiste standen gemeten worden.
- De watermonsters in de natte periode worden genomen uit tijdelijke ondiepe buizen om menging van het bovenste water met dieper water te voorkomen. In de droge periode is uit de geperforeerde buizen bemonsterd omdat deze geplaatst zijn tot (iets onder) GLG niveau. Hierbij hoeft dan niet gevreesd te worden voor menging met andere lagen. Uiteindelijk is alleen bij AB2 een ondiep filter gebruikt omdat hier sprake was van stagnerend neerslagwater op maaiveld. Bij de overige locaties leek dat niet het geval te zijn en is het voorjaarsmonster genomen uit de peilbuis.

Op de peilbuislocaties zijn de onderstaande aspecten onderzocht:

- Geologische gelaagdheid (zie hoofdstuk 2)
 - o bovenkant en aard van ondoorlatende ondergrond
 - o dikte dekzand en fluvioperiglaciaal zand
 - o begindiepte kalk (voor zover mogelijk onderscheid tussen primair en secundair kalk (moeraskalk))
- Bodemopbouw en humusprofiel (zie hoofdstuk 2)
- pH-profielen (zie hoofdstuk 2)
- Grondwaterstandsverloop en grondwaterstroming (zie hoofdstuk 3)
- Diepte en drainerende werking van waterlopen (zie hoofdstuk 3)
- Kwelverschijnselen in waterlopen (zie hoofdstuk 3)
- Waterkwaliteit in voorjaar en zomer (zie hoofdstuk 3)

Door combinatie van profielbeschrijvingen in de transecten en bij de bodemmonsters is tevens een aantal kaarten samengesteld, waarop de bovenkant van de ondoorlatende pakketten en de dikte van het zandpakket is aangegeven. Op basis van deze kaarten is een ruimtelijk beeld van de te verwachten grondwaterstromen gereconstrueerd.

Door interpretatie van oude kaarten is vastgesteld waar vroeger natte plekken voor kwamen

Deelvraag 3a Klopt het grondwatermodel van het Waterschap Rijn en IJssel voor dit gebied?

De grondwaterstandsmetingen in de peilbuizen geven inzicht in de grondwaterdynamiek in een natte en droge periode. In het project is ook aanvullende geologische informatie verzameld en gecombineerd met reeds beschikbare geologische informatie waarmee de grondwaterdynamiek beter begrepen kan worden en het model verbeterd kan worden.

Deelvraag 3b Wat is de invloed van de Afwatering van de Bekeringswieste op met name het zuidelijk deel van het Natura 2000-gebied?

De invloed van deze diepe afwatering wordt vooral zichtbaar in raai EF. De gemeten grondwaterstanden en de in de profielbeschrijving geschatte GHG en GLG zijn vergeleken met de bodemdiepte en de peilen van de afwatering (tov NAP). Het voorkomen van beekerdgronden in het zuidelijk deel van het gebied wijst op het voorkomen van kwel, in elk geval in het verleden. Omdat door DLG bij veldbezoek voorafgaand aan het onderzoek in diverse sloten ijzerneerslag en kwelfilms zijn waargenomen mag aangenomen worden dat er nog steeds een kwelstroom aanwezig is, hoewel deze misschien deels afgebogen wordt naar de sloten en de diepe afwatering. Watermonsters en pH-profielen zijn geïnterpreteerd om vast te stellen of kwel nog van invloed is op de standplaatsen in de buurt van deze afwatering.

Deelvraag 3c Hoe functioneert het gebied van het Nieuwe Veentje van Westhoff en De Miranda in hydrologisch opzicht?

Met de gemeten grondwaterstanden, de geologische dwarsdoorsneden en de kaart van de begindiepte van de ondoorlatende lagen ten opzichte van NAP wordt inzicht verkregen in de mogelijke grondwaterstromingen in dit deel van het gebied. Het voorkomen van moerige gronden en de ligging van ontwateringsmiddelen (Vossenveldsbeek en greppels) geven, samen met het AHN een goede aanwijzing van de locatie van (voorheen) natte plekken. Hiervoor zijn ook oude topografische kaarten (bonnebladen) geraadpleegd.

Vergelijking met de huidige grondwaterstanden geeft inzicht in het effect van de ontwatering op de grondwaterstanden. Om de mogelijke invloed van kwel op de waterkwaliteit in dit deelgebied te bepalen zijn de grondwatermonsters en de pH-profielen en kalkverloop geïnterpreteerd, waarbij ook de humusprofielen bij de peilbuizen betrokken zijn. Door vergelijking van deze gegevens met de abiotische eisen voor een kalkmoeras is een inschatting gemaakt van de mogelijkheden voor herstel van een kalkmoeras. Bij deze vergelijking is ook gebruik gemaakt worden van gegevens die verzameld zijn bij onderzoek naar kalkmoerassen in Slowakije.

Deelvraag 3d Hoe zijn de grondwaterstromingen en waterkwaliteiten in de schraallanden?

Op basis van het noordelijk deel van raai AB en de kaarten met begindiepte van de ondoorlatende afzettingen en dikte van het dekzandpakket onderzocht wat de richting is van verschillende grondwaterstromingen in de loop van het jaar.

Deelvraag 3e Hoe is het waterstandsverloop in de eikenhaagbeuken- en overige bossen aan weerszijden van de bovenloop van de Vossenveldsbeek?

Hiervoor is het grondwaterstandsverloop in de peilbuizen vergeleken met de diepte en waterstanden in de Vossenveldsbeek. Door interpretatie van de transecten is nagegaan wat de invloed van de beek op de waterstanden is.

Opzet van het onderzoek

Voor dit onderzoek is deels teruggevalen op bestaande gegevens uit eerder onderzoek (Bannink en Pape 1967; Kleijer en Ten Cate 1998; Van den Bosch en Brouwer 2009). Aanvullend is bodemkundig en hydrologisch veldonderzoek gedaan (zie vorige paragraaf). De verzamelde gegevens zijn uitgewerkt in transecten en kaarten op basis waarvan de vragen van de opdrachtgever zijn beantwoord en een inrichtingsadvies is opgesteld.

1.4 Leeswijzer

In dit rapport wordt allereerst de verantwoording van het onderzoek gegeven in hoofdstuk 2 t/m 4. Deze hoofdstukken zijn van belang om de complexe bodemkundige en hydrologische opbouw van het gebied te begrijpen en inzicht te krijgen in het de fosfaattoestand en de mate waarin dit nutriënt een beperking kan opleveren voor de realisatie van de gewenste natuurdoelen. Deze informatie wordt in hoofdstuk 5 geïntegreerd in een systeemanalyse, waarbij de door de opdrachtgever geformuleerde vragen beantwoord worden. Dit hoofdstuk is vooral van belang voor de lezer die geïnteresseerd is in het functioneren van het gebied en de mate waarin dat afwijkt van de gewenste situatie. Tot slot wordt in hoofdstuk 6 een inrichtingsadvies gegeven voor de 6 percelen en enkele aanvullende adviezen voor de rest van het gebied. Dit is het uiteindelijke resultaat van het onderzoek en is van belang voor de vertaling van de resultaten naar een concreet inrichtingsplan.

2 Geologie en bodem

2.1 Materiaal en methode

Het bodemgeografisch onderzoek is uitgevoerd in de periode maart t/m juli van 2010 en bestond uit de volgende deelaspecten:

- Bestuderen reeds beschikbare kaarten en boringen
- Maken van bodem- en humusprofielbeschrijvingen bij grondwaterpeilbuizen in drie transecten;
- Maken van Bodemprofielbeschrijvingen op locaties van bodemmonsters
- Nemen van bodem(meng)monsters voor laboratoriumanalyses;
- Uitzetten van profielbeschrijvingen in (geologische)dwarsprofielen;
- Afleiden van geologische kaarten op basis van bestaande en nieuwe informatie;
- Kartering van de Ronde Weiden;

2.1.1 Reeds beschikbare kaarten en boringen

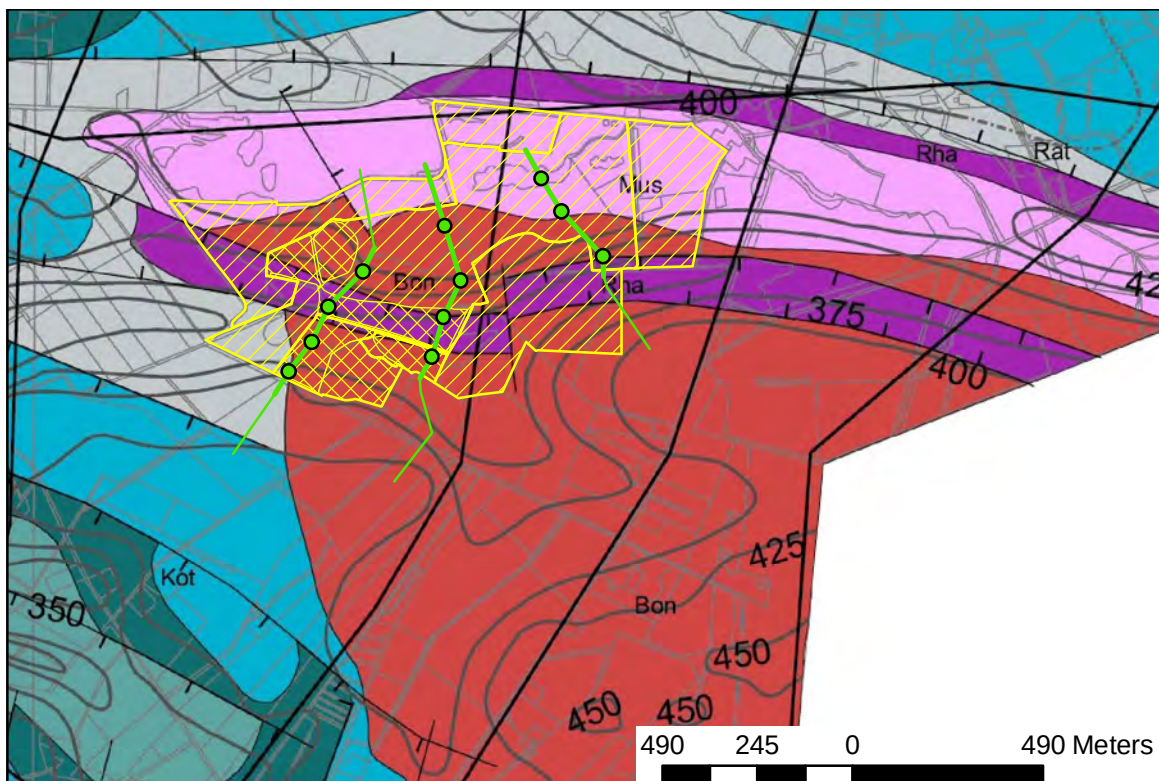
Door Stichting voor Bodemkartering is in 1966 een bodemkartering uitgevoerd van Willinks Weust en het heksenbos (Bannink en Pape 1967). Zij geven aan dat het Bontzandsteen kalkloos is, met uitzondering van enkele grijze vlekken in het profiel. Inmiddels is gebleken dat het Bontzandsteen kalkrijk is (Van den Bosch en Brouwer 2009). De keileem wordt aangeduid als 'lokale keileem' die gevormd is uit de verweerde toplaag van de Muschelkalk. Deze keileem is over het algemeen kalkloos, maar is plaatselijk gemengd met brokken kalkrijk materiaal. De Muschelkalk en Bontzandsteen worden beschouwd als slecht doorlatend, maar de indruk bestaat dat er scheuren in voorkomen die opgevuld zijn met zand en daardoor voor een lokale drainage zullen zorgen. Door Bannink en Pape wordt gewezen op het ecologische belang van de sterk wisselende dikte van het dekzandpakket, waarbij het soms voor de vegetatie al van belang is of er 10 of 30 cm dekzand op de oudere afzettingen aanwezig is. Bij de gebruikte classificatie is een dergelijk dunne laag niet apart aangegeven. In het dekzand werd binnen de eenheid vWz een 'kalkmeerbodem' aangetroffen waarin enige schelpensoorten voorkwamen. Dit kaartvlak komt min of meer overeen met het door Westhoff en de Miranda beschreven 'Nieuwe veentje' (Westhoff en Miranda 1938). In paragraaf 5.5 wordt hier nader op ingegaan.

In 1997 is door DLO-Staring Centrum een bodemkartering uitgevoerd van de Gemeente Winterswijk (Kleijer en Ten Cate 1998). In samenwerking met het Geologisch Veldlaboratorium Winterswijk is daarbij de herkomst van de bovenste afzettingen ouder dan het Kwartair gedetailleerd in beeld gebracht (Van den Bosch en Kleijer 2003). Tenslotte is in 2009 door het Geologisch Veldlaboratorium en Alterra een gedetailleerd onderzoek gedaan naar de begindiepte en samenstelling van de eerst aangetroffen afzetting onder het Kwartair (Van den Bosch en Brouwer 2009). Een uitsnede van deze kaart is opgenomen in Figuur 4.

Onder het noordelijk deel van het Natura2000 gebied komt Muschelkalk aan maaiveld of onder een dun pakket keileem en dekzand voor. De top de Muschelkalk bevindt zich op ca 40 m + NAP. Dat is met name het geval onder de Weust en het aangrenzende Eiken-haagbeukenbos. In de rest van het gebied wordt de ondergrond gevormd door Bontzandsteen, een smalle strook klei en kleisteen (Keuper) uit het Rhatiën en in de zuidwesthoek doorlatende zanden van de Afzettingen van Ratum. De afzettingen uit het Rhatiën bevindt zich ondermeer onder perceel 3 en het noordelijk deel van perceel 4. Het erosiedal is vooral uitgesleten in het Bontzandsteen en het Rhatiën en heeft een maximale diepte van 35 meter + NAP aan de oostkant van Willinks Weust tot 32,5 m + NAP aan de westrand. Ten zuidoosten van Willinks Weust loopt het Bontzandsteen weer op tot ca 45 m + NAP bij de Duitse grens. In Duitsland loopt het wellicht nog hoger op, maar daar zijn geen

gegevens van beschikbaar. Het Bontzandsteen is ook kalkrijk (m.m. M. v.d. Bosch) en bevat veel ijzer. Zowel in de Muschelkalk als het Bontzandsteen komen veel diaklazen voor, waardoor doorlatendheid plaatselijk groot kan zijn (m.m. M. v.d. Bosch). De bovenste 30 à 40 cm van de Muschelkalk kunnen bestaan uit een ondoorlatende verweringslaag.

Het erosiedal is opgevuld met matig fijn tot matig grof fluvioperiglaciaal zand, waarop later enkele dekzandruggen zijn afgezet. Ook op het keilempakket komt een (dunner) pakket dekzand voor en in een centrale laagte een dunne laag moerige materiaal uit het Holocene.



Tertiaire afzettingen

Kot	Afzetting van Kotten klei, zeer stug, kalkrijke lagen	ONDOORLATEND
Rat	Afzetting van Ratum zand, zeer fijn - matig fijn, kalkarm	DOORLATEND

Mesozoïsche afzettingen

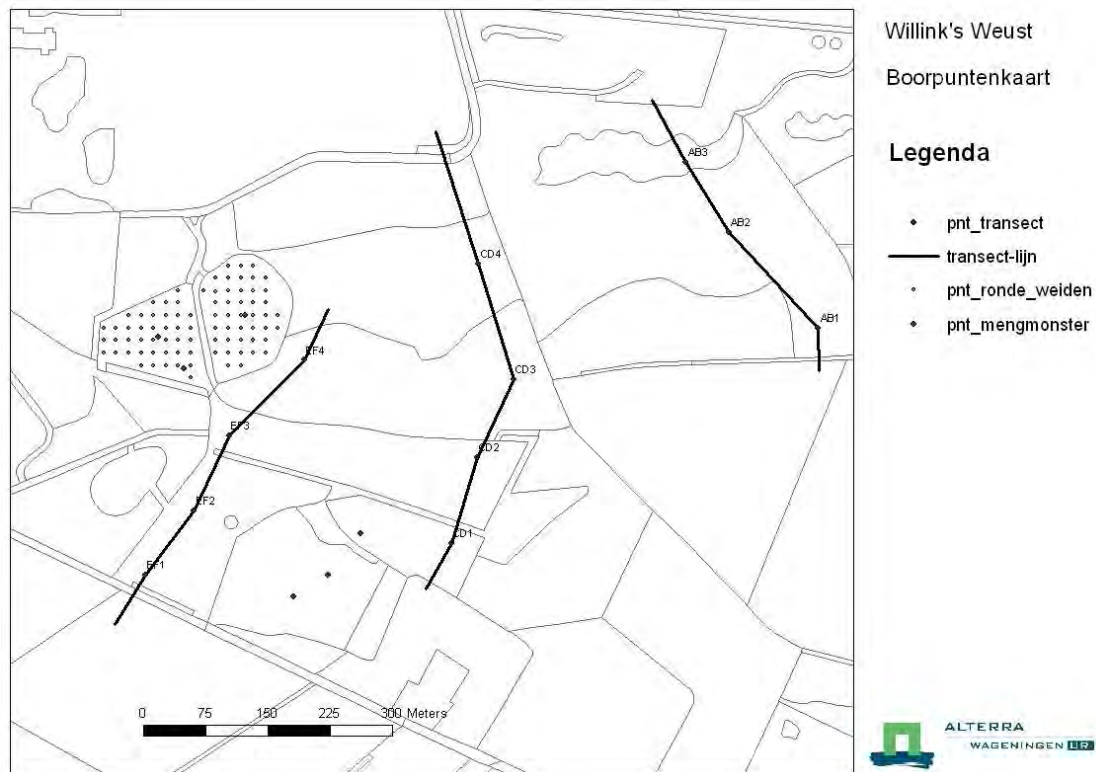
Rha	Rhätien klei/kleisteel, zeer stug	ZWAK DOORLATEND OP SPLETEN
Mus	Muschelkalk kalk, dolomiet, kalkige klei	GOED DOORLATEND OP SPLETEN de top kan tot een dunne ondoorlatende kleilaag verweerd zijn
Bon	Bontzandsteen klei/kleisteel, mergel, meest kalkrijk	SOMS DOORLATEND OP SPLETEN

Figuur 4 Kaart van de eerst aangetroffen afzetting onder het Kwartair (bron: Van den Bosch en Brouwer, 2009). Alleen de afzettingen die van belang zijn voor Willinks Weust zijn in de legenda overgenomen. De contourlijnen geven de begindieptes aan in dm + NAP. Met gele arcering is het Natura2000 gebied aangegeven, met dubbele arcering de in te richten percelen. De (verlengde) transecten zijn met een groene lijn aangegeven.

2.1.2 Profielbeschrijvingen

Bodemkundig/geologische profielen

In de maand maart zijn 11 boringen in drie transecten (Figuur 5: AB, CD en EF, zie ook Bijlage 1) beschreven waarbij tevens ondiepe grondwaterpeilbuizen (freatisch grondwater) zijn geplaatst. De bovenkant van de peilbuizen zijn via een waterpassing ingemeten naar NAP. Bij de kartering van de Ronde Weiden, in de maanden april t/m mei, zijn 83 boringen beschreven (Figuur 5). Deze 83 boringen liggen op een puntenmatrix van 15 bij 15 meter. In de maand mei zijn tevens op 6 locaties in de nieuw in te richten percelen mengmonsters genomen, waarbij op het middelpunt van elke locatie een boorbeschrijving is gemaakt (Figuur 5). De humusprofielen zijn in de maand juli beschreven bij de 11 locaties van de grondwaterpeilbuizen.



Figuur 5 Boorpuntenkaart, zie ook Bijlage 1.

Tijdens het veldwerk hebben we met een grondboor bodemprofielmonsters genomen tot een diepte van 1,20-1,80 m – mv. Om de filters van de grondwaterpeilbuizen voldoende diep te plaatsen, is op locaties waar de zandondergrond door de hoge grondwaterstand instabiel was (zogenaamd loopzand) een zuigboor gebruikt. In totaal hebben we 100 boringen beschreven en geregistreerd met een veldcomputer. De bodemprofielmonsters zijn per horizont beschreven aan de hand van schattingen voor het organische-stofgehalte, veensoort, lutum- en leemgehalte, de mediaan van het zand en een code voor de geologische informatie. Voor de profielbeschrijvingen op locaties waar binnen boorbereik keileem en oudere afzettingen verwacht konden worden is samengewerkt met M. van den Bosch van het Geologisch Veldlaboratorium Winterswijk. Om inzicht te krijgen in het verloop van de zuurgraad binnen het bodemprofiel is op de dieptes: 5, 15, 25, 35, 50, 75, 100 en 125 cm – mv. de zuurgraad met indicatorstrookjes vastgesteld (zie 2.1.3).

De coördinaten van de boorlocaties zijn met een GPS ontvanger vastgelegd en vervolgens met volgnummer opgeslagen in een GIS-bestand (ArcGis). Tijdens de veldopname maakten we tevens gebruik van de topografische kaart (Top10-vector), schaal 1 : 5000, met daarop de hoogteverschillen uit het AHN (Actueel Hoogtebestand van Nederland; 5m grid).

Voordat de boorinformatie definitief wordt opgeslagen, hebben de profielbeschrijvingen verschillende controleprogramma's ((Ten Cate, van Holst et al. 1995)) doorlopen. Alle bodemkundige informatie is opgeslagen in een GIS-bestand (ArcGis).

Humusprofielen

De zuurgraad en vochttoestand zijn mede bepalend voor het functioneren van het bodemecosysteem en daarmee voor het functioneren van de bodem als standplaats (Van Delft, Kemmers et al. 2002; Kemmers, de Waal et al. 2002; Van Delft, De Waal et al. 2006). Dit komt tot uiting in de vorming van humusprofielen die het resultaat zijn van het evenwicht tussen input en omzetting van dood organisch materiaal. Omzetting of accumulatie van organische stof komt tot uiting in het humusprofiel. Door het beschrijven van humusprofielen bij de peilbuizen is getracht inzicht te krijgen in het functioneren van het bodemecosysteem en de standplaats (Van Delft, Stoffelsen et al. 2007).

De humusprofielen zijn beschreven en geclassificeerd volgens de Nederlands humusvorm classificatie (Van Delft 2004; Van Delft, De Waal et al. 2006). Voor de indelingen wordt verwezen naar die publicaties.

2.1.3 Zuurgraad

De zuurgraad van de standplaats wordt bepaald door het zuurbufferend vermogen van de bodem en de mate waarin dit door kwelinvloed vergroot wordt. Voor zover kalk in de bovengrond voor komt zal dat de zuurgraad op een hoge pH-waarde bufferen (ca 7,0). Bij het maken van profielbeschrijvingen is met behulp van zoutzuur vastgesteld of en in welke lagen kalk aanwezig is.

Bij afwezigheid van kalk vindt zuurbuffering plaats door uitwisseling van kationen (voornamelijk Ca^{2+}) en H^+ aan het adsorptiecomplex. Dit adsorptiecomplex wordt bepaald door het negatief geladen oppervlak van lutumdeeltjes en organische stof. Daarmee is de omvang van het adsorptiecomplex afhankelijk van het bodemtype. De mate waarin dit adsorptiecomplex bezet is met calcium (calciumverzadiging) bepaalt dan het zuurbufferend vermogen van de bodem. Bij voldoende calciumbezetting (> 30%) wordt de pH gebufferd rond $\text{pH-KCl} = 5,0$. In de bodemonsters die ten behoeve van de fosfaattoestand genomen zijn (zie 4.1.1) is tevens de pH-KCl bepaald en bij de profielbeschrijvingen is een pH-profiel bepaald (zie verderop).

De omvang van het adsorptiecomplex ($\text{CEC} = \text{Cation Exchange Capacity}$) is in dit geval niet in het laboratorium gemeten maar afgeleid op basis van een empirische relatie uit de in de profielbeschrijving geschatte lutum en organische stofgehalten die in het veld geschat zijn. In de bodemonsters is ook het organische stofgehalte bepaald. Hiermee wordt een goede indruk verkregen van de zuurbuffercapaciteit van de huidige bovengrond en van de laag die na afgraven aan maaiveld komt.

De bezetting van het adsorptiecomplex met calcium is afhankelijk van de samenstelling van het bovenste grondwater en de mate waarin dit door kwel en/of capillaire opstijging tot in de wortelzone kan doordringen. Wanneer dit niet of in zeer beperkte mate het geval is, zal door infiltratie van neerslagwater uiteindelijk alle calcium van het adsorptiecomplex verdrongen worden en de bodem verder verzuren.

Door analyse van grondwatermonsters uit de peilbuizenraaien (zie 3.1.3) wordt een goede indruk gekregen van de in het gebied voorkomende grondwatertypen, waarbij naar verwachting in de winterperiode de neerslaginvloed met name in infiltratieprofielen groot zal zijn en in de zomerperiode de invloed van de keileem en de onderliggende afzettingen een meer lithotroof karakter aan het water zullen geven. Het al dan niet voorkomen van lithotroof grondwater wil nog niet zeggen dat dit ook van invloed is in de wortelzone. Daarom zijn, zowel bij de peilbuizen, als bij de bodemonsters in de percelen pH-profielen beschreven. Daarvoor is in het veld op 8 dieptes (5, 15, 25, 35, 50, 75, 100 en 125 cm) met pH-indicatorstrookjes de bodem-pH

bepaald. Het verloop van de pH met de diepte geeft aan in hoeverre lithotroof water via kwel of capillaire opstijging van invloed is op de zuurgraad in de bovengrond. Hiermee is het voorkomen van neerslaglenzen als gevolg van diepe ontwatering of gebrekkige oppervlakkige afwatering goed te herkennen (Van Delft, Stoffelsen et al. 2007; Van Delft, Brouwer et al. 2008; Van Delft en Brouwer 2009). Hoewel niet in alle percelen grondwatermonsters genomen zijn zullen conclusies over het voorkomen en de invloed van lithotroof water op basis van de pH-profielen geëxtrapoleerd kunnen worden naar de andere percelen.

2.1.4 Geologische kaarten

Bij de bodemkartering Winterswijk Oost (Kleijer en Ten Cate 1998) is per boring (tot 180 cm – mv.) opgenomen wat de begin- en einddiepte van afwijkende afzettingen (keileem en tertiaire afzettingen) is en is door het Geologisch Veldlaboratorium Winterswijk aan de hand van monsters uit elke boring exact bepaald om welke afzettingen het gaat (Van den Bosch en Kleijer 2003). Hiermee zijn gedetailleerde kaarten gemaakt van de bovenkant van de tertiaire en mesozoïsche afzettingen (aard en bovenkant tov. NAP) (Van den Bosch en Brouwer 2009, zie ook Figuur 4). Om inzicht te krijgen in de ruimtelijke verbreiding van de slecht doorlatende pakketten in de ondergrond zijn deze kaarten aangevuld met de dikte van de keileem- en dekzandpakketten. Daarvoor is gebruik gemaakt van de profielbeschrijvingen van de bodemkartering en van de in het kader van dit project beschreven profielen. Deze kaarten zijn gemaakt voor Willinks Weust en directe omgeving, zodat ze gebruikt kunnen worden om de grondwaterstromingen binnen het gebied te begrijpen (zie 3.1.2).

Hoogte stagnerende ondergrond

De Hoogte van de stagnerende ondergrond (keileem en/of oudere afzettingen) is weergegeven in Figuur 10. Om deze kaart samen te stellen is gebruik gemaakt van de 100 beschreven boorprofielen die gemaakt zijn voor dit project (11: transecten, 83: Ronde Weiden en 6: grondmengmonsters) en boorbeschrijvingen van Kleijer & Ten Cate (1998). Van elk boorpunt is de begindiepte van keileem en/of oudere afzettingen (binnen het onderzoeksgebied beschouwd als storend) ten opzichte van NAP vastgesteld. Voor het gebied waarbij binnen boorbereik geen keileem en/of oudere afzetting is aangetroffen, is een grijs masker gebruikt. Om voor dit gebied toch enig inzicht te verschaffen, zijn de contourlijnen voor tertiaire en mesozoïsche afzettingen gebruikt uit het onderzoek van Van den Bosch & Brouwer (2009, zie ook Figuur 4). Bij opgehoogde profielen is telkens het opgehoogde dek buiten beschouwing gelaten. Dit opgehoogde dek bestaat in het onderzoeksgebied namelijk regelmatig uit resten van keileem en/of ouder materiaal. Omdat deze dekken wel degelijk voor verstoring in de grondwaterbeweging kunnen zorgen, zijn ze per boorpunt met een signatuur (schopje omhoog) weergegeven.

De begindieptes van keileem en/of oudere afzettingen zijn geïnterpoleerd (IDW, 12 omgevingspunten) en in 8 klassen weergegeven met intervallen van een halve meter. Vervolgens is de afbeelding uitgebreid met blauwe pijlen die de vermoedelijke stroomrichting van het freatisch grondwater weergeven (zie ook 3.1.2).

Dikte dekzandpakket

In Figuur 11 is de dikte van het dekzandpakket (inclusief fluvio-periglaciaal zand) weergegeven. Voor de vervaardiging van deze kaart zijn dezelfde boorbeschrijvingen gebruikt als bij de bovengenoemde kaart. Per punt is de dikte van het dekzand (in cm) vastgesteld. De zanddiktes zijn geïnterpoleerd (IDW, 12 omgevingspunten) en in 5 klassen weergegeven met intervallen van overwegend 40 cm.

2.1.5 Transecten

De geologische informatie uit de boringen binnen de transecten en de bodemvorming die daarin heeft plaatsgevonden is uitgezet in een drietal dwarsdoorsneden. Daarvoor is de maaiveldhoogte bij de peilbuizen en

een aantal tussenpunten door een waterpassing vastgesteld. Aanvullende hoogtepunten zijn van de het AHN afgeleid. Voor zover mogelijk is de geologische informatie aangevuld met informatie uit eerder onderzoek.

De transecten beschrijven de bodemkundig-geologische opbouw binnen het Natura2000 gebied. Om een beter inzicht te krijgen in de regionale context en met name de positie ten opzichte van het erosiedal zijn in Figuur 12 t/m Figuur 14 de transecten uitgebreid tot aan de overkant van het erosiedal. Daarvoor zijn geen aanvullende boringen verricht. De informatie is gebaseerd op het AHN en de contourlijnen van de bovenkant van de tertiaire en Mesozoïsche afzettingen uit Figuur 4. De begindiepte van kalkrijk materiaal is, voor zover deze niet in de eigen boringen is bepaald ingeschat op basis van kenmerken van de tertiaire en mesozoïsche afzettingen (zie legenda Figuur 4). Dekzand en fluvioperiglaciaal zand zijn over het algemeen kalkloos, maar de dalopvulling is vanaf 3 à 4 m – mv. kalkrijk (m.m. M. van den Bosch). De maaiveldhoogte bij de peilbuizen is gebaseerd op de waterpassing.

2.1.6 kartering ronde weiden

Percelen 1 en 2 (de Ronde Weiden) zijn in het verleden (rond 1960) opgehoogd met stortmateriaal van de steengroeve (Huijskes 2009). Het stortmateriaal bevat een grote fractie keileem met brokjes Muschelkalk. De verwachting was dat bij perceel 1 dit pakket dikker (50 tot 80 cm) is dan bij perceel 2, waar ook niet het hele perceel is opgehoogd. Omdat de mogelijkheid overwogen wordt dit stortmateriaal weer af te graven is het van belang de dikte en de samenstelling van het stortpakket te kennen. Hierbij gaat het om de dikte van het opgebrachte materiaal en de verbreiding van verschillende grondsoorten binnen het stortmateriaal. Daarnaast is een reconstructie van de oorspronkelijke bodem nodig.

Samenstelling stortmateriaal

De dikte en aard van het opgebracht materiaal is weergegeven in Figuur 18. Om deze kaart te vervaardigen is gebruik gemaakt van 83 boorbeschrijvingen liggend op een puntenmatrix van 15 bij 15 m (Figuur 5 en Bijlage 1). Van elk beschreven boorpunt is de dikte en de aard van het opgehoogde materiaal vastgesteld. De punt dikte van het opgehoogde materiaal is via interpolatie vlakdekkend gemaakt (methode: Inversed Distance Weight IDW, waarbij voor de berekening van elke cel telkens 12 omgevingspunten worden gebruikt). Vervolgens is de geïnterpoleerde dikte in negen klassen met intervallen van 10 cm weergegeven. De aard van het materiaal is in zes klassen (T0 t/m T5) met de diepte in dm per punt weergegeven.

Maaiveldreconstructie

In Figuur 19 is voor de twee percelen van de Ronde Weiden de dikte van het opgehoogde materiaal bij de waarde van het AHN in mindering gebracht. Hierdoor is inzichtelijk gemaakt hoe het maaiveld er na afgraving van het opgebrachte materiaal er uit zou zien. Per boorpunt is weergegeven wat de kalkrijkdom en het bodemtype is na afgraving. Hiervoor is in de profielbeschrijvingen, niet alleen het stortmateriaal beschreven, maar ook het onderliggende profiel tot een diepte van 120 tot 160 cm (zie Bijlage 3). Deze puntcode is vertaald naar bodemvlakken in Figuur 20.

2.2 Resultaten

2.2.1 Profielbeschrijvingen

De profielbeschrijvingen voor de transecten en bodemmonsters zijn opgenomen in Bijlage 2, in Bijlage 3 zijn de profielbeschrijvingen voor de Ronde Weiden opgenomen. De bodemopbouw in de transecten is weergegeven in 2.2.4 en de schematische profielen in Bijlage 4. De ligging van de transecten en bodemmonsters staat op de boorpuntenkaart (Figuur 5 en Bijlage 1). Van de locaties waar alleen bodemmonsters genomen zijn (buiten de transecten) is de bodemopbouw weergegeven in Bijlage 4. Een deel

van de bodemonsters is genomen op dezelfde locaties waar ook peilbuizen geplaatst zijn in de transecten. De bodemeigenschappen zijn samengevat in Tabel 1.

Tabel 1 Samenvatting van bodemeigenschappen bij de beschreven boringen in de transecten en bij de bodemonsters

Code	Bodemgebruik	BodemCode	Omschrijving
WW01	GR	KXt-H-Illa	70 cm opgehoogd met kalkrijk materiaal op broekeerdgrond met Muschelkalk en Bontzandsteen in de ondergrond
WW02	GR	Hn53-H-IIIb	45 cm opgebracht kalkloos zand met podzolkenmerken op broekeerdgrond
WW03	GR	KX-H-Illa	40 cm opgebracht kalkloos leem op broekeerdgrond
WW08	AM	tbZg53-IIIb	Bruine beekeerdgrond in zwak lemig matig fijn zand, vanaf 125 cm kalkrijk door secundaire (moeraskalk) afzetting
WW09	AM	tbZg55-IIIa	Bruine beekeerdgrond in sterk lemig matig fijn zand, vanaf 55 tot 65 cm kalkrijk door secundaire (moeraskalk) afzetting
WW11	GR	zEZ53-VIId	Zwarte enkeerdgrond in zwak lemig matig fijn zand
AB1	BL	ftZg35-Vao	IJzerrijke beekeerdgrond in sterk lemig zeer fijn zand
AB2	BL	KX-sVad	Keileemgrond met lagen keizand en vanaf 140 cm Bontzandsteen. In keizand ook resten Bontzandsteen. Neerslagwater stagneert tijdelijk op keileem, valt droog in de zomer
AB3	GR	KXt-sVbd	Keileem vermengd met Muschelkalk, vanaf 120 cm Muschelkalk. Neerslagwater stagneert tijdelijk op verweringslaag Muschelkalk, valt droog in de zomer
CD1-WW10	GR	tZg53-IIIa	Beekeerdgrond in zwak lemig matig fijn zand
CD2-WW05	GR	Hn53-IIIb	Veldpodzolgrond in zwak lemig matig fijn zand
CD3	BL	vWz-IIIa	Broekeerdgrond op kalkloos fluvioperiglaciaal zand
CD4	BL	Hn51xt-sVId	Veldpodzolgrond in leemarm zwak lemig dekzand op zandige keileem (vanaf 80 cm) en mengsel van Muschelkalk en Bontzandsteen vanaf 120 cm. Neerslagwater stagneert tijdelijk op Muschelkalk en Bontzandsteen, valt droog in de zomer
EF1-WW07	GR	Zg51-Vbo	Beekvaaggrond in leemarm matig fijn fluvioperiglaciaal zand
EF2-WW06	GR	Hn53-IIIa	Veldpodzolgrond op zwak lemig matig fijn fluvioperiglaciaal zand
EF3-WW04	GR	Hn53-Vlo	Veldpodzolgrond in zwak lemig matig fijn zand
EF4	BL	ftZg35-Vao	IJzerrijke beekeerdgrond in sterk lemig zeer fijn zand

Binnen de transecten is bij de meest noordelijke profielen AB3 en CD4 Muschelkalk gevonden en bij AB2 en CD4 Bontzandsteen. Op deze oude afzettingen werd in deze drie punten een pakket keileem (en keizand) van 40 tot 120 dikte gevonden. De overige profielen bestaan vrijwel geheel uit fluvioperiglaciaal zand en jong dekzand. Dat geldt ook voor de bovenste 80 cm van CD4 dat op een dekzandrug op de oude afzettingen ligt.

In de hoger gelegen dekzandruggen bij CD2, CD4, EF2 en EF3 zijn onder invloed van inzijgend neerslagwater veldpodzolgronden (Hn..) ontwikkeld. Onder invloed van (voormalige) kwel is bij AB1 en EF4 een beekerdgrond (tZg35) met ijzerrijke bovengrond (toevoeging f..) ontstaan. Ook bij EF1 is een dergelijk profiel ontstaan, maar omdat het organische stofgehalte van de bovengrond vrij laag is, wordt het profiel als beekvaaggrond (Zg51) beschouwd. Bij CD3 is ook onder invloed van kwel een vergelijkbaar profiel ontstaan, maar daar is door natte omstandigheden een moerige bovengrond ontstaan en wordt het profiel als broekerdgrond (vWz) beschouwd. De indruk bestaat dat hier door oxidatie een deel van het veen weer is verdwenen.

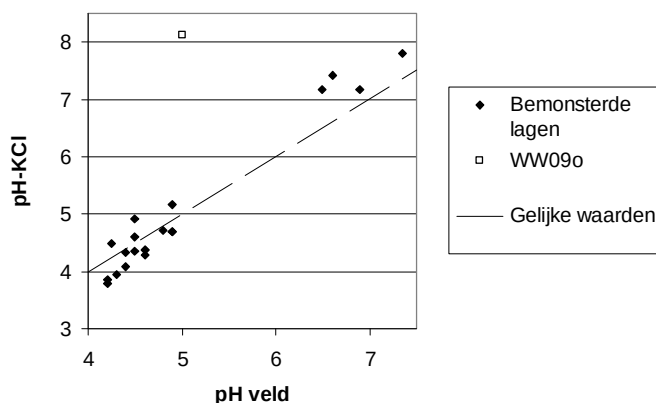
Uit de drie boringen in de Ronde Weiden bij bodemonsters (WW01, WW02 en WW03) blijkt dat kalkrijk materiaal vooral in het oostelijk deel voor komt. Onder het opgebrachte dek bevindt zich in deze drie boringen een broekerdgrond, met bij WW01 Muschelkalk en Bontzandsteen in de ondergrond. Op diverse plaatsen is ook moeraskalk aangetroffen, maar de indruk bestaat dat dit deels weer opgelost is, hetgeen kan wijzen op het wegvallen van kwel. De dikte en samenstelling van het gestorte materiaal is gedetailleerd in kaart gebracht (zie 2.2.5).

In de maïsakker (perceel 5, boring WW08 en WW09) komen bruine beekerdgronden voor met moeraskalk in de ondergrond. Hier is dus, in elke geval in het verleden, invloed geweest van kalkrijke kwel. Ook hier is onzeker of er nog kalkafzetting plaatsvindt.

2.2.2 Zuurgraad en zuurbuffer

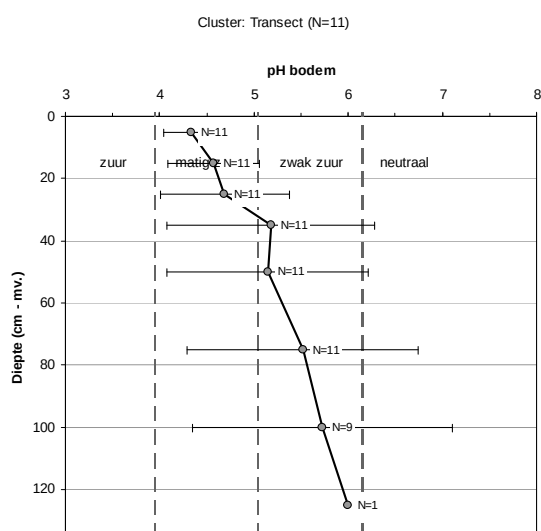
Zuurgraad

De actuele zuurgraad is bepaald in de bodemonsters (Bijlage 7) en in de pH-profielen (Bijlage 4). In Figuur 6 is voor de bemonsterde lagen de in het laboratorium bepaalde pH-KCl vergeleken met de veldbepalingen. Het grootste deel van de bemonsterde lagen heeft zowel in het veld als in het laboratorium $\text{pH} < 5$ en valt daarmee in het matig zure traject. Het betreft ook steeds kalkloze lagen. De bemonsterde lagen in WW01 en WW02 hebben in de veldbepaling $\text{pH} > 6,5$ en in het laboratorium $\text{pH-KCl} > 7$. Hier komt in het opgebrachte materiaal ook kalk voor. Bij WW09 werd in de laag van 25-40 cm – mv. een pH-KCl gemeten van 8,11 terwijl de veldbepaling $\text{pH} = 5,0$ aan geeft. Ook bij herhaalde meting in het laboratorium werd $\text{pH-KCl} > 8$ gemeten. In het profiel komt tussen 55 en 65 cm – mv. een laag moeraskalk voor. maar de bovenliggende lagen hebben geen hogere pH. Een mogelijke verklaring is dat het bodemonster als mengmonster genomen is, waarbij meerdere steken genomen zijn rondom de beschreven boring. Bij één of meer van die steken zal dan kalkrijk materiaal meegenomen zijn, waardoor het monster als geheel kalkhoudend geworden is en een hoge pH heeft gekregen. Dit wijst er op dat het voorkomen en de diepte van moeraskalk grillig kan verlopen.



Figuur 6 Vergelijking van pH-bepaling in het veld en pH-KCl

Binnen de transecten komt nergens een kalkrijke bovengrond voor. De bovengronden zijn hier ook steeds matig zuur in de bovenste 5 cm (zie Figuur 7). AB1 en AB3 zijn op 15 cm zwak zuur en vanaf 25 à 30 cm neutraal/basisch. Bij AB2 is dit vanaf 35 cm het geval. Verder komen neutraal/basische waarden in de ondergrond voor bij WW08, WW09 en CD4.



Figuur 7 Gemiddeld pH profiel binnen de transecten.

Zuurbuffer

Het zuurbufferend vermogen is uitgedrukt in de kationomwisselcapaciteit (CEC; cmol+/kg). Naarmate deze groter is, zal de bodem beter in staat zijn schommelingen in zuurinpuut te bufferen. De CEC hangt af van het organische stofgehalte en het lutumgehalte van de bodem omdat aan deze bodemdeeltjes positieve kationen geadsorbeerd worden en uitgewisseld kunnen worden tegen H^+ . De CEC is ingeschat op basis van vergelijking 1 die is afgeleid uit gegevens over de CEC van organische stof en lutum (Jansen, van der Sluijs et al. 1990).

$$CEC = 0,65 \cdot \text{lutum} + 2 \cdot \text{os} \quad (1)$$

Indien kalkhoudend materiaal aan maaiveld voor komt, is de buffercapaciteit uiteraard hoger. Er is geen analyse van het kalkgehalte uitgevoerd. Voor de berekening is ervan uitgegaan dat kalkhoudende monsters ca 1% kalk bevatten. Per % kalk is de buffercapaciteit ongeveer 20 cmol+/kg. Dit wordt opgeteld bij de CEC die

volgens vergelijking 1 is berekend. Door het verschil te nemen van de CEC tussen de huidige bovengrond en die van de bovengrond na afgraven, wordt een indruk verkregen van het effect van afgraven op de zuurbuffercapaciteit. van de bovengrond.

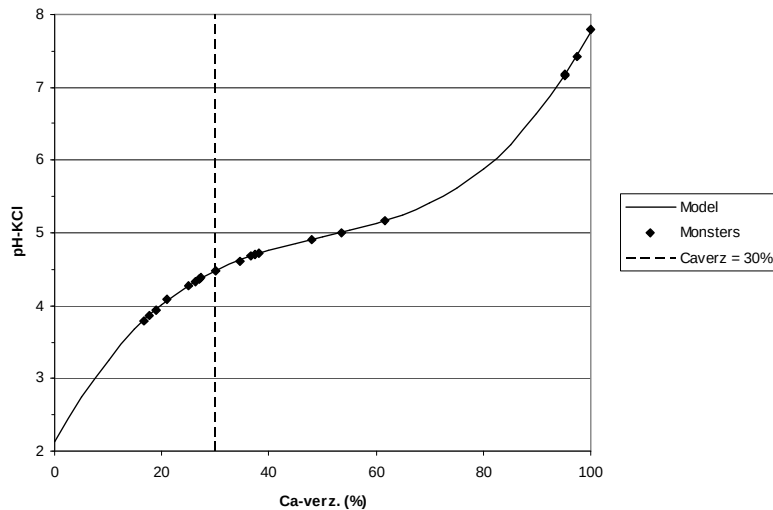
Tabel 2 Verschil in zuurbuffer tussen huidige bovengrond en bovengrond na afgraven

Monster	Diepte (cm – mv.)	Bodemtype		pH-KCl	Kalk (%)	Lutum (%)	org.stof (%)	CEC cmol+/kg	Verschil cmol+/kg
		Huidig	Na afgraven						
WW01b	0-15	KXt		7,79	1	22	3,16	40,6	
WW01o	70-85		vWz/mkt	7,17	1		13,4	46,8	6,2
WW02b	0-15	Hn53		4,48	0	4	4,0	17,3	
WW02o	45-60		vWz	4,72	0		9,72	26,1	8,8
WW03b	0-15	KX		7,42	1	27	5,25	48,1	
WW03o	40-55		vWz	7,18	1		7,06	34,1	-13,9
WW04b	0-10	Hn53		3,94	0	4	5,08	19,4	
WW04o	10-25		Hn53	4,09	0	4	5,77	20,8	1,4
WW05b	0-10	Hn53		3,79	0	4	4,74	18,7	
WW05o	10-25		Hn53	3,86	0	4	4,76	18,8	0,0
WW06b	0-15	Hn53		4,33	0	4	8,88	27,0	
WW06o	15-30		Hn53	4,60	0	4	5,25	19,8	-7,3
WW07b	0-15	Zg51		4,36	0	2	2,07	12,1	
WW07o	15-30		Zg51	4,38	0	2	1,82	11,6	-0,5
WW08b	0-25	tbZg53		4,37	1	4	6,04	21,3	
WW08o	25-40		Zg51	4,91	0	2	0,55	9,1	-12,3
WW09b	0-25	tbZg55		5,16	1	7	8,25	27,7	
WW09o	25-40		Zg55	5,00	0	7	0,88	13,0	-14,7
WW10b	0-15	tZg53		4,70	0	4	2,67	14,6	
WW10o	15-30		Zg53	4,68	0	4	2,56	14,4	-0,2
WW11b	0-25	zEZ53		4,28	0	4	4,77	18,8	

Op 4 bemonsterde locaties zal de zuurbuffercapaciteit beduidend afnemen door afgraven, eveneens op 4 locaties blijft deze min of meer gelijk, terwijl bij 2 locaties een zekere toename te verwachten is.

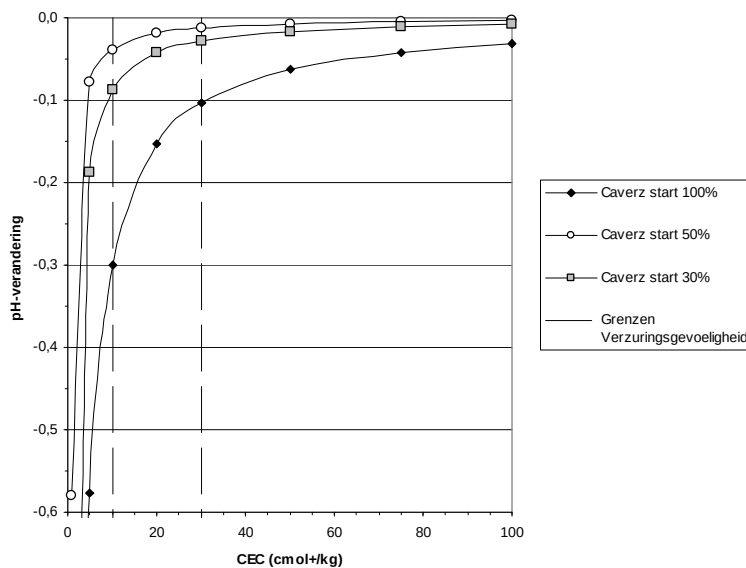
De mate waarin de huidige bodem of de nieuwe bovengrond na afgraven gevoelig is voor verzuring hangt af van de CEC en calciumverzuiging bij aanvang. In Figuur 8 is de theoretische relatie uitgezet tussen calciumverzuiging en pH-KCl zoals die voor een groot aantal monsters uit het Alterra-archief is bepaald.

Hoewel in de bodemonsters geen calciumverzuiging is bepaald, is deze ingeschat op basis van de pH-KCl en de gevonden relatie. De (deels kalkrijke) monsters met pH-KCl > 7,0 hebben calciumverzuiging > 95 %. Een groep monsters heeft pH-KCl tussen 4,5 en 5,5 met calciumverzuiging 30 – 70%, daarnaast is er een groep met pH-KCl 3,5 – 4,5 en calciumverzuiging 10 – 30%.



Figuur 8 Relatie tussen calciumverzadiging en pH-KCl

Om na te gaan hoe groot de verzuringsgevoeligheid is voor verschillende bovengronden is in Figuur 9 een ruwe schatting gemaakt van de pH-daling na 10 jaar uitspoeling bij verschillende waarden voor CEC en calciumverzadiging. Hierbij is aangenomen dat het neerslagoverschot 300 mm/jaar bedraagt en dat infiltratiewater ca 5 mg Ca/l opneemt. Dit is gebaseerd op calciumconcentraties onder infiltratieprofielen, maar zal in werkelijkheid sterk verschillen, afhankelijk van de hoeveelheid calcium in de bodem.



Figuur 9 Verzuringgevoeligheid na 10 jaar uitspoeling, afhankelijk van CEC en Calciumverzadiging bij aanvang.

De mate waarin de pH zal dalen is afhankelijk van de CEC en de calciumverzadiging bij aanvang. Als de calciumverzadiging bij aanvang hoog is (rechtsboven in Figuur 8) zal de pH relatief sterk dalen omdat dit een steil deel van het buffertraject betreft, in mindere mate is dat het geval bij een startwaarde van 30%. Rond 50% is de zuurgraad het sterkst gebufferd. Uit Figuur 9 kan opgemaakt worden bij $CEC < 10$ cmol+/kg de verzuringgevoeligheid in alle trajecten groot is. Volgens dit eenvoudige model zal bij $CEC < 10$ cmol+/kg de pH in 10 jaar tijd ongeveer 0,5 eenheid dalen. Bij $CEC > 30$ cmol+/kg is de verzuringgevoeligheid voor alle waarden van de calciumverzadiging vrij klein. In het tussenliggende traject is de gevoeligheid vooral groot bij

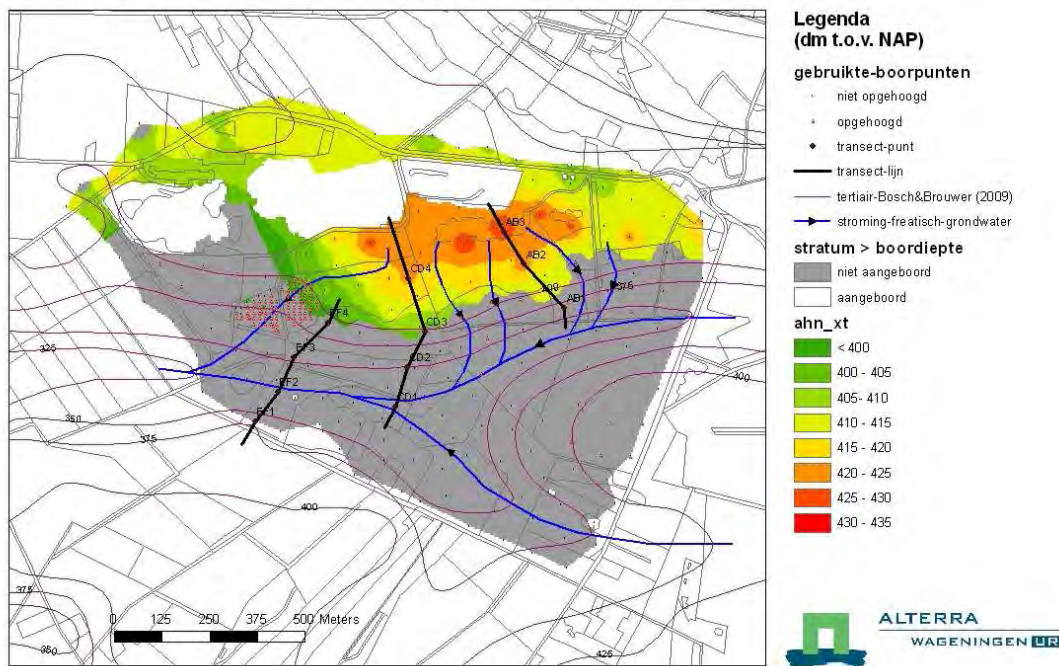
hoge en lage waarden van de calciumverzadiging. Dit betekent dat met name bij WW06, WW08 en WW09 de verzuringsgevoeligheid sterk zal toenemen door het afgraven van de bovengrond.

Wanneer het afgraven samen gaat met een duurzaam herstel van de kwel is deze toename van de verzuringsgevoeligheid minder problematisch omdat de kwel zorgt voor aanvulling van de zuurbuffer. Wanneer kwel niet hersteld kan worden of ook in de uitgangssituatie sprake is van een infiltratieprofiel zal afgraven zeker tot een sterke verzuring aanleiding geven.

2.2.3 Geologische kaarten

Willink's Weust

Hoogte stagnerende ondergrond (keileem en/of oudere afzettingen)

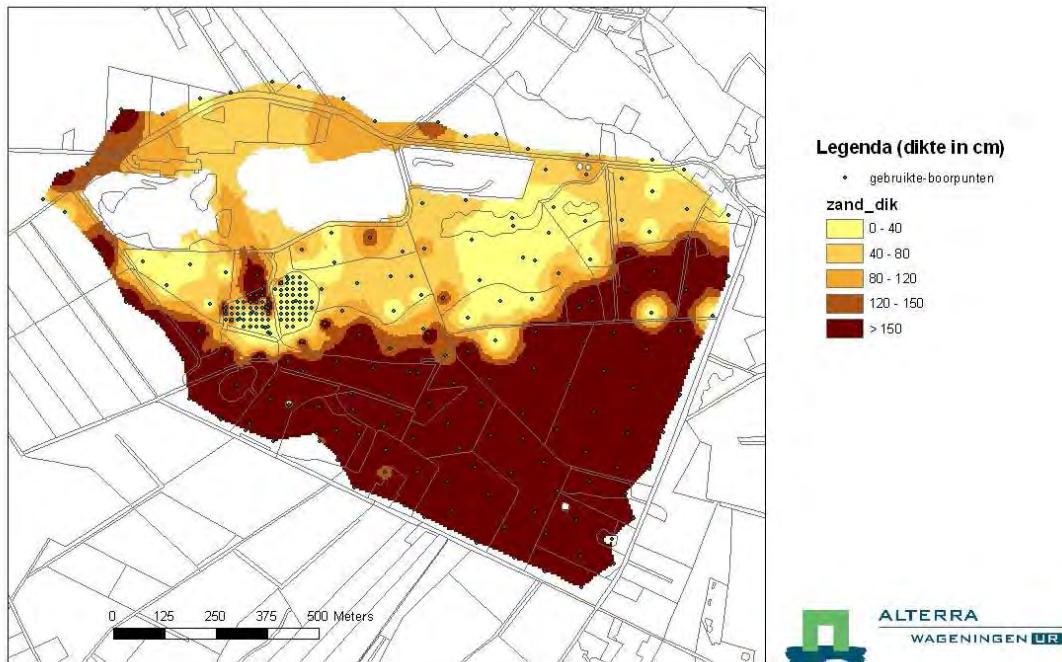


Figuur 10 Hoogte stagnerende ondergrond (keileem en/of oudere afzettingen) in Willinks Weust en omgeving.

In Figuur 10 is de begindiepte van de stagnerende ondergrond (inclusief keileem) ten opzichte van NAP weergegeven, voor zover deze binnen boorbereik is aangetroffen in de kartering van DLO-Staring Centrum (Kleijer en Ten Cate 1998) en bij de in dit project uitgevoerde boringen. Hierbij komt het zogenaamde “Muschelkalkeiland” duidelijk tot uiting. De stagnerende laag liggen het hoogst onder de Weust (> 42 m + NAP) en hellen binnen het Natura2000 gebied in zuidelijke en zuidwestelijke richting naar het erosiedal. Binnen het erosiedal zijn de contourlijnen overgenomen van de kaart van Van den Bosch en Brouwer (2009, zie ook Figuur 4). Naar deze kaart wordt ook verwezen voor de aard van de oudere afzettingen. De contourlijnen geven de begindiepte van de tertiaire en mesozoïsche afzettingen weer (zonder keileem), maar omdat binnen het erosiedal geen keileem voor komt kan dit als de bovenkant van de stagnerende lagen beschouwd worden. Het vlak op de bodemkaart van Kleijer en Ten Cate (1998) onder het Nieuwe veentje en ten westen daarvan zou beekleem betreffen (m.m. M. v.d. Bosch). De bodem van het erosiedal helt van ca 35 m + NAP in het oosten tot ca 32,5 m + NAP in het westen, een verhang van 2,5 m op een afstand 1350 m. Het maaiveld heeft hier gemiddeld een vergelijkbaar verhang.

Willink's Weust

Dikte dekzandpakket (incl. fluvio-periglaciaal zand)



Figuur 11 dekzandpakket (incl. fluvio-periglaciaal zand) in Willinks Weust en omgeving.

Waar de stagnerende laag het hoogst ligt, is over het algemeen het pakket dekzand het dunst (zie Figuur 11). Onder de Weust en het Eiken-haagbeukenbos ten zuiden daarvan ontbreekt het of is hooguit enkele dm's dik. In de richting van het erosiedal neemt de dikte van dit pakket snel toe tot ruim 8 meter in het centrale deel van het dal. In het dal bestaat het vooral uit fluvioperiglaciaal zand, met enkele dekzandruggen.

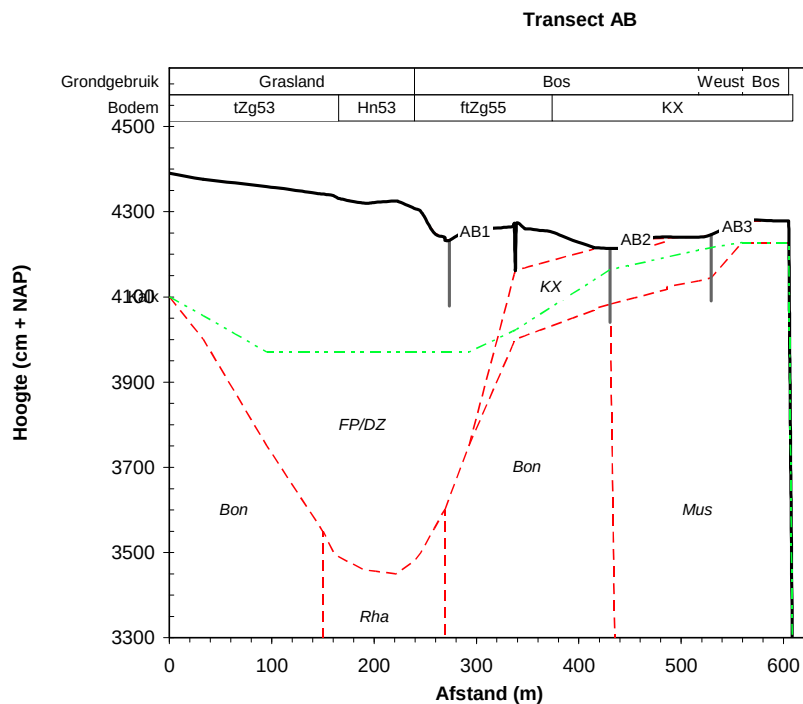
2.2.4 Transecten

Verlengde transecten, inclusief erosiedal

In Figuur 12 t/m Figuur 14 is de geologische opbouw van het erosiedal en het kalkeiland beschreven op basis van verlengde transecten (zie 2.1.5). Hierop is te zien dat de dalbodem een asymmetrisch verloop heeft. Tijdens de erosie is de noordflank door sterkere temperatuurverschillen sneller geërodeerd dan de zuidflank. In transect AB helt het maaiveld binnen het erosiedal van zuidoost naar noordwest, in dezelfde richting als het onderliggende Bontzandsteen. In de andere transecten is dat minder duidelijk. Naar het noorden loopt de stagnerende ondergrond overal vrij sterk op en komt op het kalkeiland dicht bij maaiveld. In transect CD is hier de dekzandrug langs de rand van de groeve duidelijk zichtbaar. In de balken boven de transecten zijn het bodemgebruik en de dominante bodemtypen (Kleijer en Ten Cate 1998) weergegeven. De bodemtypen geven belangrijke informatie over de richting van grondwaterstromingen ten tijde van de bodemvorming (zie 3.2.2).

Binnen de transecten is nergens moeraskalk aangetroffen. Dat is wel het geval op een aantal andere locaties, zoals in het bouwlandperceel (perceel 5). Dit ligt ongeveer in de positie van de beekeerdgronden bij EF1 en in het verlengde van CD1. Kennelijk kan in deze zone voldoende sterke kalkrijke kwel voor komen (of in het verleden voorgekomen zijn) dat, centraal in het erosiedal moeraskalk gevormd is. Ook in de Ronden Weiden en in het verleden in het Nieuwe Veentje (Bannink en Pape 1967) is moeraskalk aangetroffen. In de transecten is met ?MK? aangegeven waar mogelijk moeraskalk voor kan komen. Verbreiding en diepte waarop moeraskalk

gevormd zijn lijken ook zeer grillig te zijn (zie 2.2.2). Lokaal kan dit veel ondieper zijn dan de 3 à 4 m die in het erosiedal verondersteld wordt voor de kalkgrens.



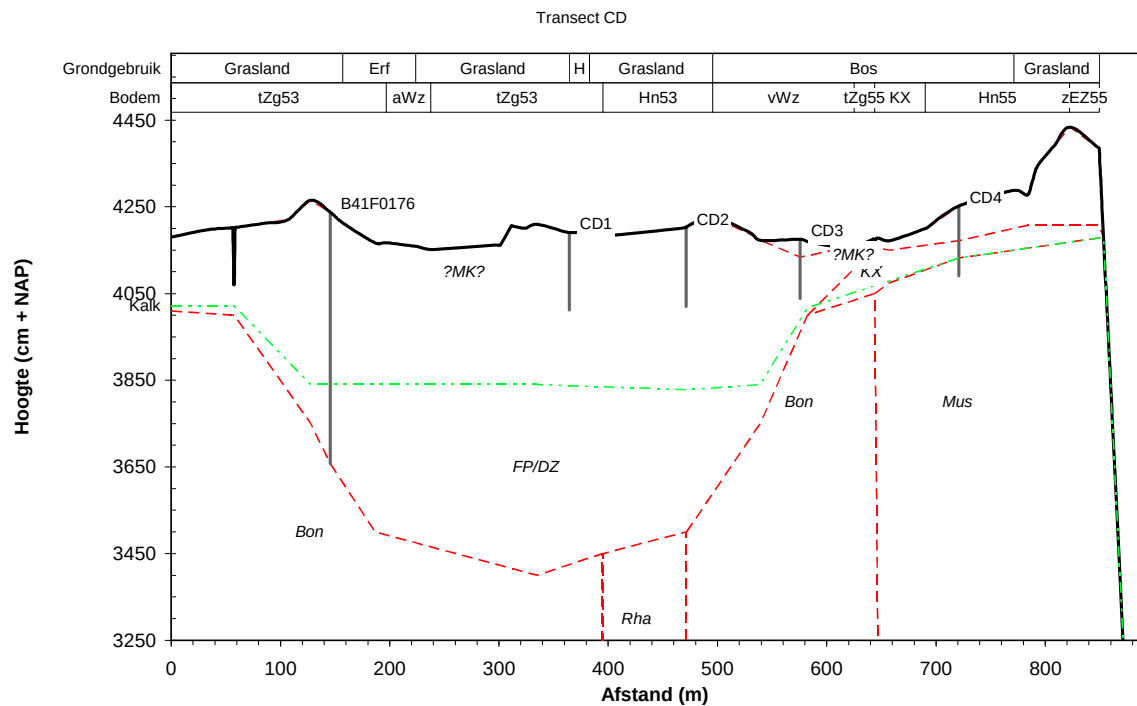
Legenda

- Bovengrens geologisch pakket
- AB1 Peilbuis
- Maaiveld
- .-.- Kalkgrens
- Bon Label
- Bon Kenmerken langs het transect

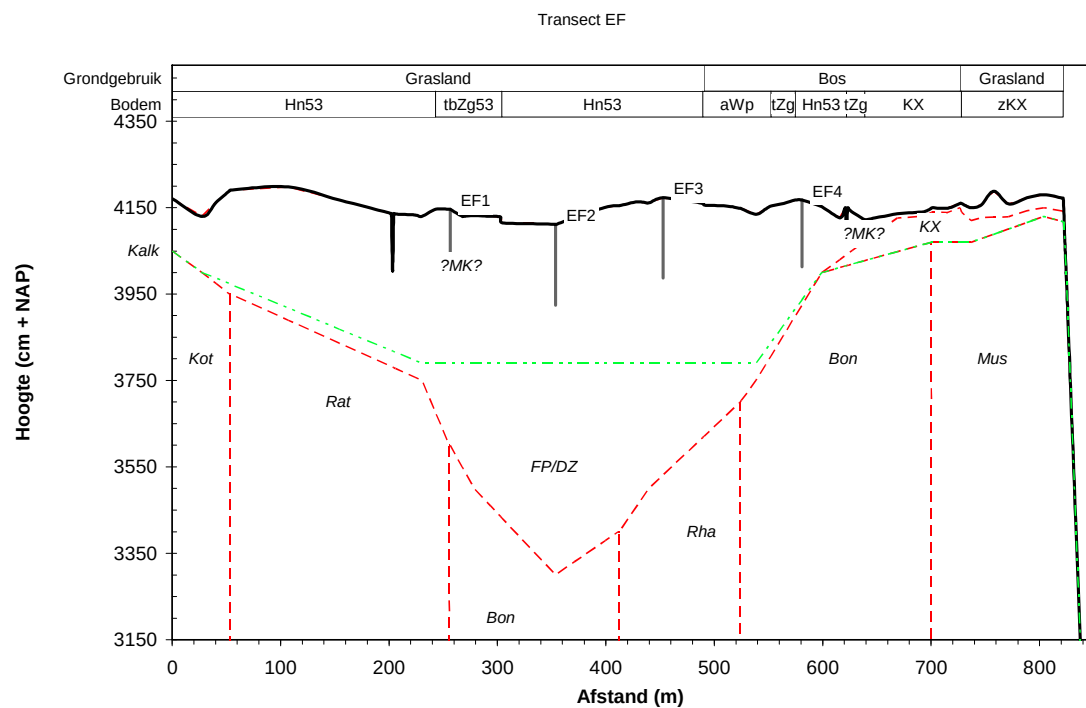
Figuur 12 Geologische opbouw in het erosiedal in het verlengde van transect AB.

Tabel 3 Geologische pakketten en bodemlagen in de transecten

Code	Afzetting
?MK?	Mogelijk moeraskalk
Cu	Cultuurdek (eslaag)
Ve	Veen / moerige bovengrond
FP/DZ	Dekzand+Fluvioperiglaciaal
KX	Keileem/zand
Mus	Muschelkalk
Bon	Bontzandsteen
Rha	Rhatiën
Kot	Kotten
Rat	Ratum



Figuur 13 Geologische opbouw in het erosiedal in het verlengde van transect CD.



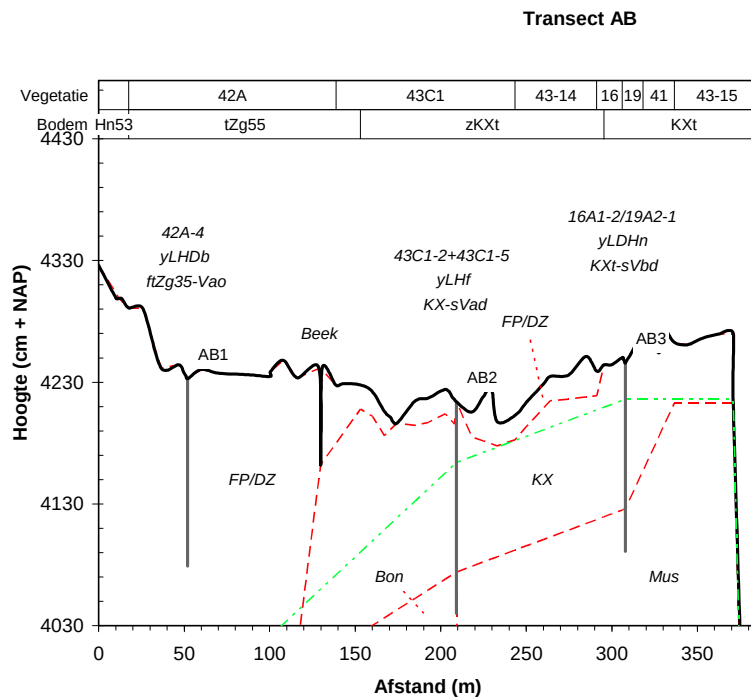
Figuur 14 Geologische opbouw in het erosiedal in het verlengde van transect EF.

Transecten binnen Natura2000

De bodemopbouw, humusvormen en vegetatietypen binnen de transecten is weergegeven in Figuur 15 t/m Figuur 17. In de balken boven de figuren is de globale verbreiding van de bodemtypen en vegetatietypen opgenomen volgens de bodemkaart uit 1997 (Kleijer en ten Cate, 1998) en de vegetatiekaart van 2009

(Everts, Jongman et al. 2010). Omwille van de leesbaarheid zijn hierbij codes samengevoegd of afgekort. Boven de boorpunten is wel de voor die locatie relevante informatie compleet weergegeven. In cursieve letters staan boven elk boorpunt van onder naar boven:

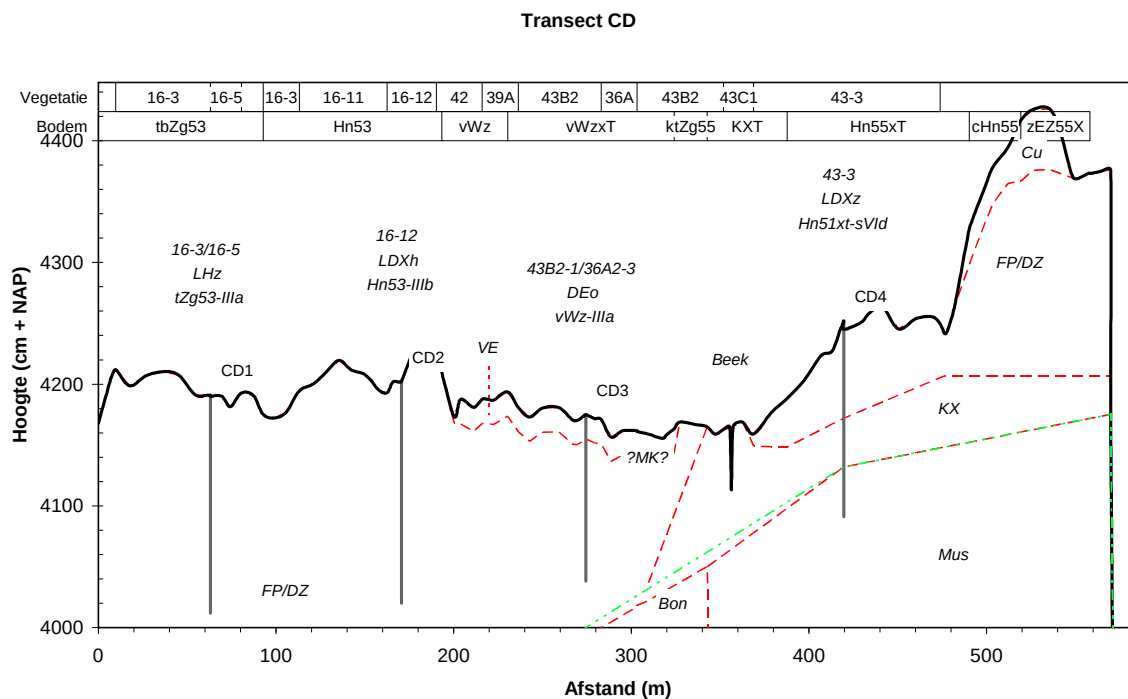
- Bodemtype en grondwatertrap op basis van de profielbeschrijving in dit rapport (zie Bijlage 2)
- Humusvorm op basis van de profielbeschrijving in dit rapport (zie Bijlage 2 en Tabel 4)
- Vegetatietype volgens de kartering uit 2009 (zie tabel 5).



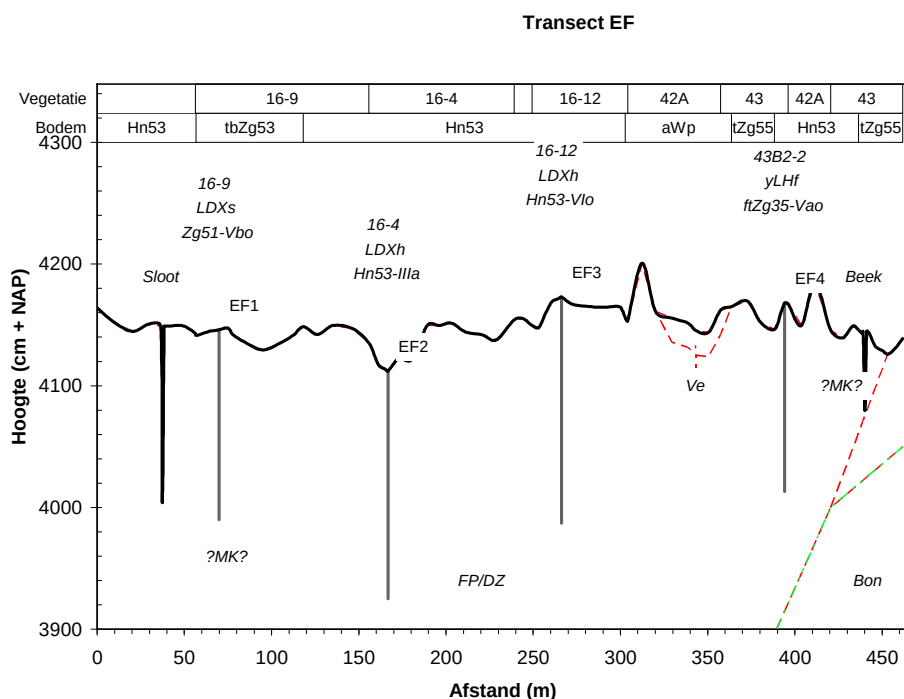
Legenda

- Bovengrens geologisch pakket
- | AB1 Peilbuis
- Maaiveld
- Kalkgrens
- 42A- Label
- Hn53 Kenmerken langs het transect

Figuur 15 Bodemopbouw, humusvorm en vegetatietype langs transect AB



Figuur 16 Bodemopbouw, humusvorm en vegetatietype langs transect CD



Figuur 17 Bodemopbouw, humusvorm en vegetatietype langs transect EF

Op het plateau komen vooral keileemgronden (KX) voor, met oude afzettingen in de ondergrond (toevoeging ...t). Plotseling komt hierop een dun laagje dekzand voor (toevoeging z...). Wanneer deze laag dikker is dan 40 cm wordt de bodemvorming daarin weergegeven. Waar op de keileem stagnerend water tot in de bovengrond komt zijn beekerdgronden (tZg..) onderscheiden. Het voorkomen van roest is hier echter niet het

gevolg van kwel, maar van de stagnatie. Waar het dekzandpakket wat dikker is, zoals bij CD4 zijn door infiltratie van neerslagwater podzolbodems (Hn..) gevormd. Ten noorden van CD4 is in een hogere dekzandrug door potstal bemesting een cultuurdek gevormd. Waar dit 30 tot 50 cm dik is wordt het tot de laarpodzolgronden gerekend (cHn..), dicht bij de rand van de groeve is het dek meer dan 50 cm dik en komt dus een enkeerdgrond (zEZ..) voor. Binnen het erosiedal komen, met name in de lagere delen beekerdgronden voor, hetgeen er op wijst dat hier tijdens de bodemvorming kwel tot in maaiveld voor kwam. Met name aan de noordkant van het erosiedal en in de overgangszone naar het plateau heeft in het verleden ook veenvorming plaatsgevonden, hetgeen nu nog herkenbaar is aan de moerige gronden in transect CD en EF. Door een combinatie van kwel uit het erosiedal en afstroming vanaf het plateau waren dit te tijde van de bodemvorming de natste gronden. Hoewel veldpodzolgronden binnen het erosiedal vooral voorkomen in de dekzandruggen lijken ze ook met name voor te komen in het centrale deel van het dal. Dat is vooral duidelijk in transect EF, waar bij EF2 een veldpodzolgrond voorkomt in een relatief laaggelegen terreindeel (zie Figuur 17). Bij EF1 komt een beekvaaggrond (Zg..) voor, terwijl dit punt zelfs wat hoger ligt dan EF2. EF1 ligt dan ook wat meer op de flank van het erosiedal. Bovendien komen ten zuiden van EF1 hoger gelegen dekzandgronden voor.

De humusvormen bij de locaties worden kort toegelicht in Tabel 4, de vegetatietypen in

Tabel 5. Bij de bespreking van het functioneren van de verschillende deelecosystemen in hoofdstuk 5 wordt nader ingegaan op de relatie bodem-hydrologie-humusvorm-vegetatie.

Tabel 4 Humusvormen langs de transecten.

Humusvorm		Locatie	Toelichting
Semiterrestrische humusvormen			
yLHf	IJzerrijke Beekhydromull	AB2, EF4 (bos)	Mull humusvorm in lemig zand of keileem, ijzerrijk door kwel of stagnatie neerslag op keileem. Snelle omzetting strooisel
LHz	Zandhydromull	CD1 (gras)	Mull humusvorm in zwak lemig zand met beekedprofiel, waarschijnlijk kwelinvloed. Snelle omzetting strooisel
yLHDb	IJzerrijke Boshydromullmoder	AB1 (bos)	Mullmoder met enige strooiselaccumulatie, verder vergelijkbaar met yLHf. Waarschijnlijk enige stagnatie van neerslagwater
yLDHn	IJzerrijke kleihydromullmoder	AB3 (gras)	Mullmoder met enige accumulatie van dode wortels, verder vergelijkbaar met yLHf. Waarschijnlijk enige stagnatie van neerslagwater.
DEo	Moereerdmoder	CD3 (bos)	Humusvorm met een zwak moerige bovengrond. Restant van oud veenpakket dat door oxidatie grotendeels is verdwenen.
Terrestrische humusvormen			
LDXs	Schraalxeromullmoder	EF1 (gras)	Mullmoder met wortelmat op beekvaaggrond. Accumulatie dode wortels door verdroging en verzuring. Verschilt van LDXh door ontbreken podzolprofiel
LDXz	Zandxeromullmoder	CD4 (bos)	Mullmoder met enige strooiselaccumulatie op veldpodzolgrond. Vergelijkbaar met LDXh in grasland
LDXh	Heidexeromullmoder	CD2, EF2, EF3 (gras)	Mullmoder met wortelmat op veldpodzolgrond. Accumulatie dode wortels vanwege van nature droge en zure standplaats. Verschilt van LDXs door podzolprofiel

Tabel 5 Vegetatietypen op de locaties in de transecten (naar Everts, Jongman et al. 2010)

Vegetatietype		Locatie	Toelichting
Voedselrijke graslanden			
16-9	gemeenschap van Gestreepte witbol (<i>Holcus lanatus</i>), Gewoon struisgras (<i>Agrostis capillaris</i>) en Engels raaigras (<i>Lolium perenne</i>); typische vorm	EF1	Voedselrijk grasland
Bloemrijke graslanden			
16-3	gemeenschap van soortenarme vorm (< 4 Molinietalia soorten)	CD1	CD1 ligt op grens tussen 16-3 en 16-5
16-4	Lanatus), Moerasrolklaver vorm van Pitrus	EF2	Punt in laagte
16-5	(<i>Lotus uliginosus</i>) en Pitrus vorm van Veldrus (<i>Juncus effusus</i>)	CD1	CD1 ligt op grens tussen 16-3 en 16-5
16-12	Gemeenschap van Gewone veldbies (<i>Luzula campestris</i>), Gewoon struisgras (<i>Agrostis capillaris</i>), en Gewoon reukgras (<i>Anthoxanthum odoratum</i>); typische vorm	CD2, EF3	Gebonden aan dekzandrug met veldpodzolgronden. Met name bij CD2 komt vrij veel struikhei voor
Blauwgraslanden			
16A1-2	gemeenschap van Blonde zegge (<i>Carex hostiana</i>), Blauwe zegge (<i>Carex panicea</i>) en Pijpenstrootje (<i>Molinia caerulea</i>); typische vorm	AB3	AB3 ligt op de grens tussen 16A1-2 en 19A2-1
Heischrale graslanden			
19A2-1	gemeenschap van Tandjesgras (<i>Danthonia decumbens</i>), Stekelbrem (<i>Genista anglica</i>), Blauwe knoop (<i>Succissa pratensis</i>) en Pijpenstrootje (<i>Molinia caerulea</i>); typische vorm	AB3	AB3 ligt op de grens tussen 16A1-2 en 19A2-1
Natte bossen en struwelen			
36A2-3	gemeenschap van Grauwe wilg (<i>Salix cinerea</i>); vorm van Riet en Gele lis	CD3	CD3 ligt op de grens tussen 36A2-3 en 43B2-1
Droge en voedselarme bossen			
42A-4	gemeenschap van Zomereik (<i>Quercus robur</i>), Hulst (<i>Ilex aquifolium</i>) en Beuk (<i>Fagus sylvatica</i>); vorm zonder ondergroei	AB1	
Droge voedselrijke bossen			
43-3	gemeenschap van Zomereik (<i>Quercus robur</i>), Gewone es (<i>Fraxinus excelsior</i>), Hazelaar (<i>Corylus avellana</i>) en Grote brandnetel (<i>Urtica dioica</i>); vorm van Bosanemoon, Dalkruid en Witte klaverzuring	CD4	
43B2-1	gemeenschap van vorm van IJle zegge, Kleine Zomereik (<i>Quercus</i> valeriaan en Moerasspirea	CD3	CD3 ligt op de grens tussen 36A2-3 en 43B2-1
43B2-2	robur), Zwarte els vorm van Kleine valeriaan en (<i>Alnus glutinosa</i>), Koninginnekruid Sporkehout (<i>Frangula alnus</i>) en Bosanemoon (<i>Anemona nemorosa</i>)	EF4	Bos op rabatten
43C1-2	gemeenschap van vorm van Heelkruid, Haagbeuk (<i>Carpinus betulus</i>) Gewone es sleutelbloem	AB2	AB2 ligt binnen voorkomen van Boszegge. Het vlak is gekarteerd als een mozaïek van de twee vormen.
43C1-5	(<i>Fraxinus excelsior</i>), vorm van Witte klaverzuring	AB2	Het punt hoort bij 43C1-2

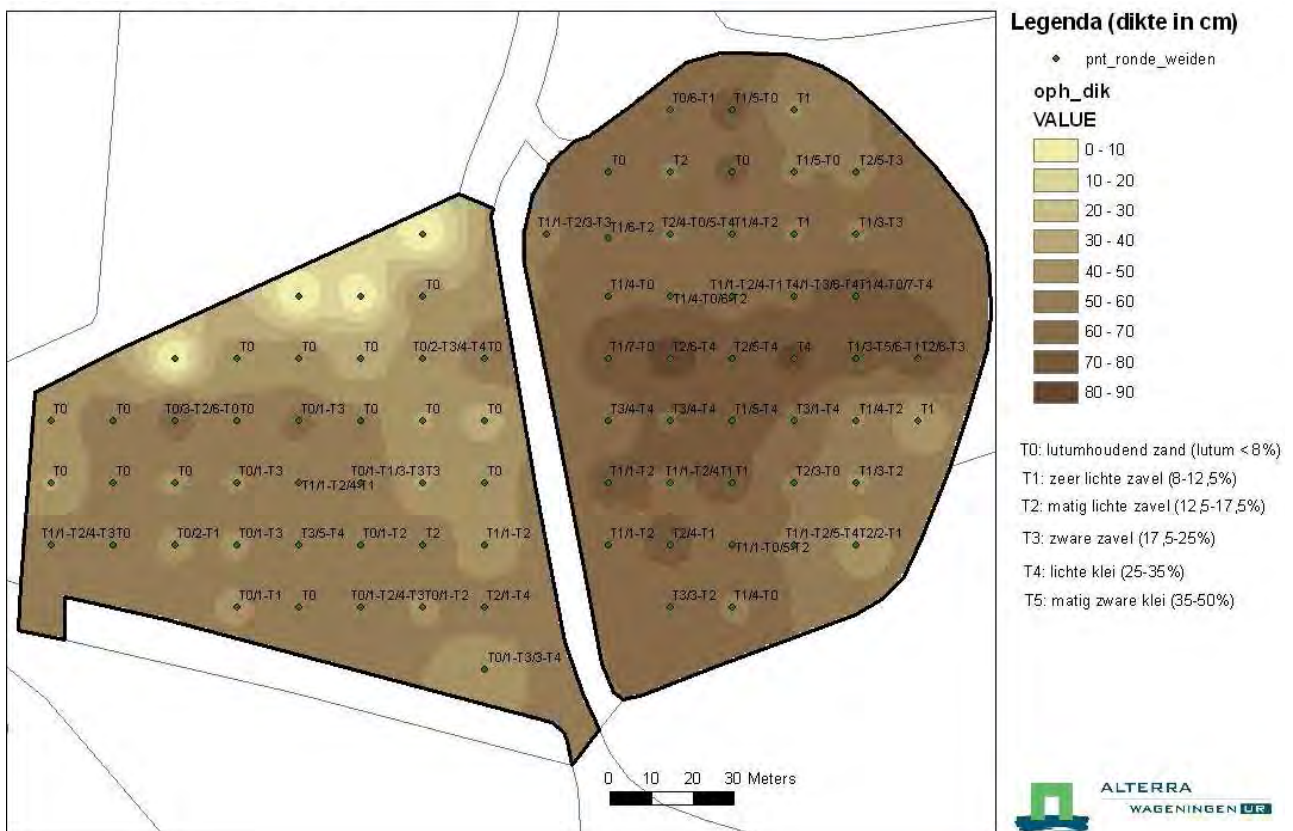
Vegetatietype	Locatie	Toelichting
Bosanemoon (Anemona nemorosa) en Boskortsteel (Brachypodium sylvaticum)		

2.2.5 Kartering Ronde weiden

Tabel 6 Hoeveelheid opgebracht materiaal in De Ronde Weiden per textuurklasse

Code	Materiaal	Lutum (%)	Hoeveelheid (m ³)
T0	Lutumhoudend zand	< 8	4.293
T1	Zeer lichte zavel	8 - 12,5	3.414
T2	Matig lichte zavel	12,5 – 17,5	3.054
T3	Zware zavel	17,5 - 25	1.613
T4	Lichte klei	25-35	1.210
T5	Matig zware klei	35 - 50	86
Totaal			13.670

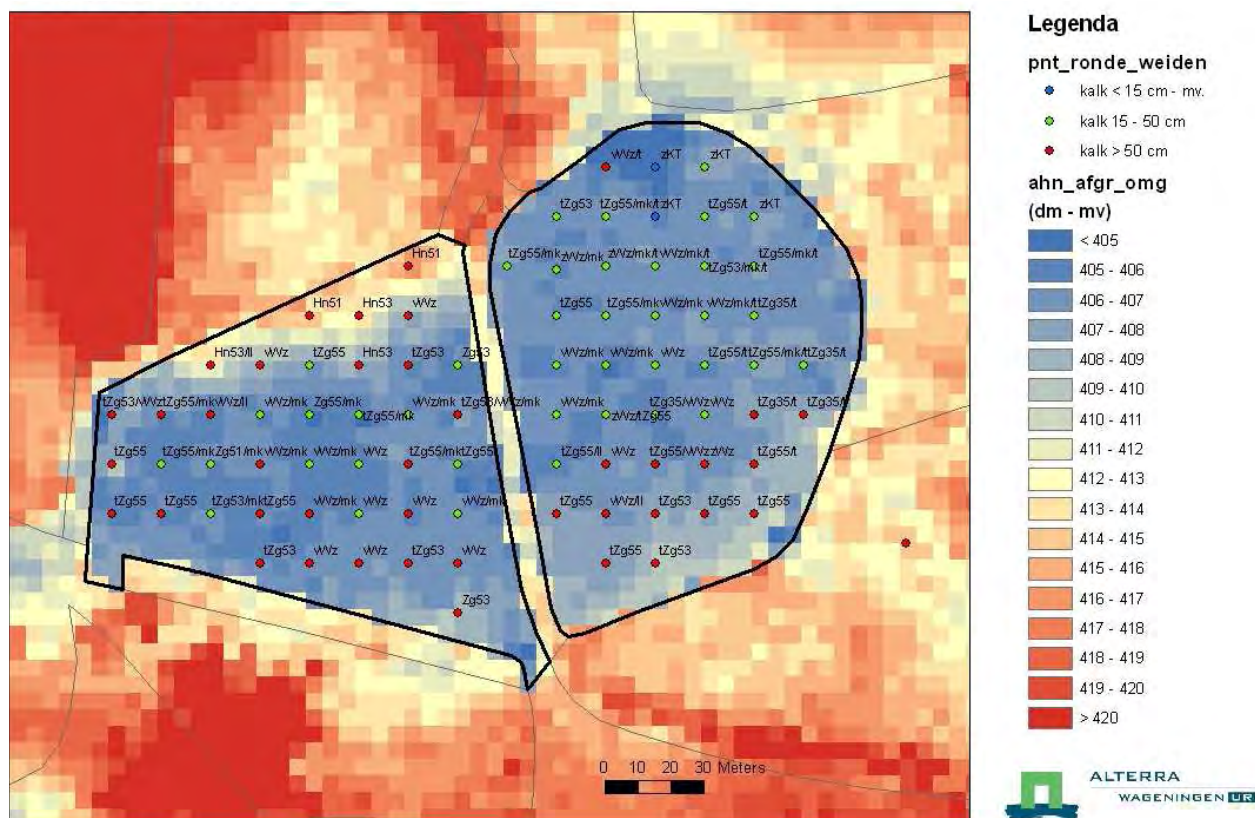
In de 'Ronde Weiden' is 40 tot 90 cm materiaal opgebracht van verschillende aard. De precieze dikte en aard is in kaart gebracht door boringen in een raster van 15 x 15 meter. Deze gegevens zijn samengevat in Figuur 18. Door middel van een code (T0 t/m T5) is de aard van het materiaal per boorpunt weergegeven. Voor zover in een boring meerdere lagen van verschillende textuurklassen zijn aangetroffen is de begindiepte in dm en de aard van het volgende pakket eveneens aangegeven. De totale hoeveelheid van het opgehoogde materiaal binnen de Ronde Weiden is vastgesteld op 13.670 m³. De verdeling over de textuurklassen is weergegeven in Tabel 6. Het grootste deel (79%) bestaat uit de lichtste textuurklassen lutumhoudend zand t/m Matig lichte zavel. Dit materiaal kan wellicht gebruikt worden voor het ophogen van percelen of het verondiepen van waterlopen.



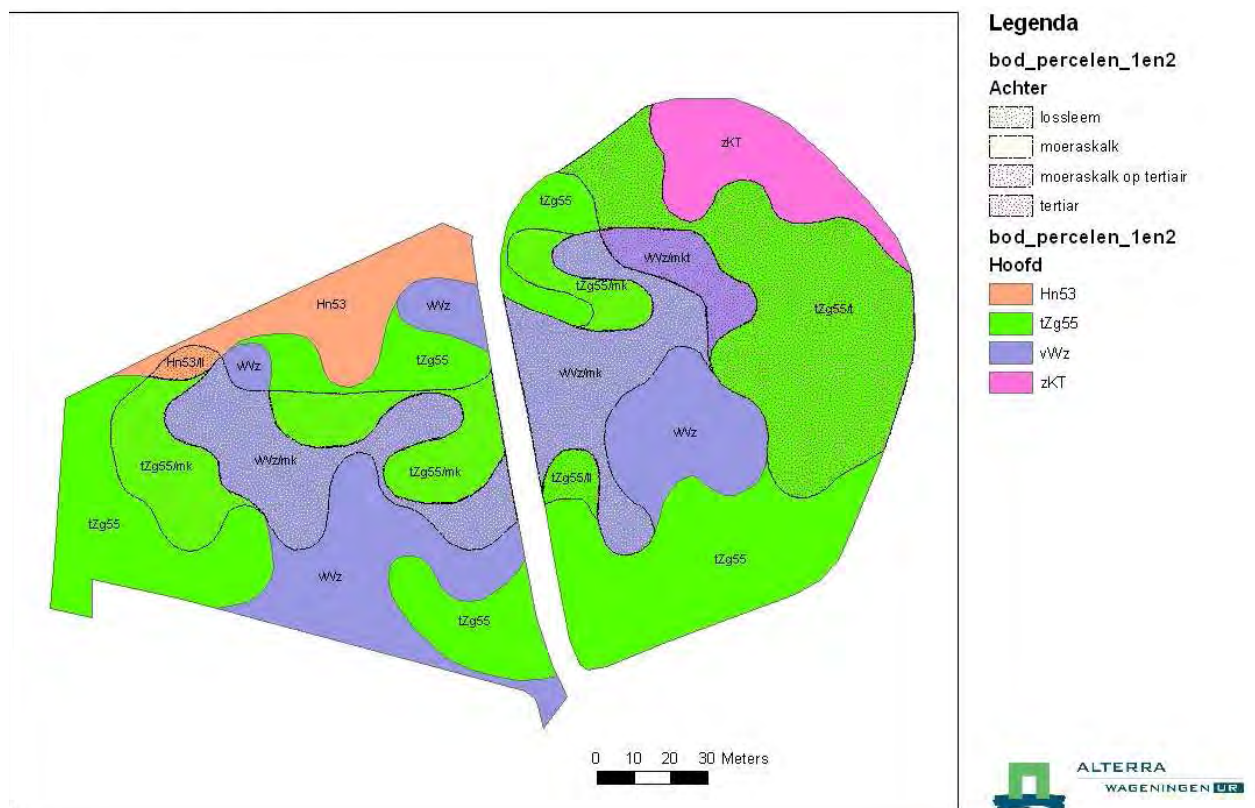
Figuur 18 Dikte en aard opgehoogd dek in De Ronde Weiden

De maaiveldligging na eventuele afgraving van het gehele opgebrachte pakket is in Figuur 19 aangegeven in dm ten opzichte van NAP. Hierbij komt het maaiveld ongeveer een halve meter lager (ca 40,7 m) dan de omgeving (ca 41,2 m) te liggen. De bodemtypen die daarbij aan maaiveld komen bestaan uit sterk lemige beekeerdgronden (tZg55). In het centrale deel komen daarop moerige lagen voor, waardoor de bodems als broekeerdgrond getypeerd (vWz) worden. Aan de noordkant van perceel 1 komen oude kleigronden met een zanddek (zKT) voor. Onder de Ronde Weiden bestaan deze oude afzettingen vooral uit bontzandsteen en in de zuidrand van perceel 2 uit afzettingen uit het Rhätien (zie Figuur 4). Bij perceel 2 komt in de noordrand een veldpodzolgrond in dekzand voor.

Door middel van arceringen is extra informatie over de ondergrond meegegeven. De Ronde Weiden liggen in de overgangszone van het plateau naar het erosiedal. Vanaf de noordoostkant, waar na afgraven bontzandsteen dicht aan maaiveld komt, helt dit in zuidwestelijke richting. In het centrale deel komt in de ondergrond ook moeraskalk voor, dat hier door kwel en afstroming van kalkrijk water vanaf het plateau is gevormd. Bij de kartering werd echter ook opgemerkt dat in de moeraskalklagen holtes voor komen die er op wijzen dat deze deels aan het oplossen zijn.



Figuur 19 Reconstructie van het maaiveld en bodemtype na eventueel afgraven van de bovengrond in De Ronde Weiden



Figuur 20 Bodemkaart van De Ronde Weiden na eventueel afgraven

3 Hydrologie

3.1 Materiaal en methode

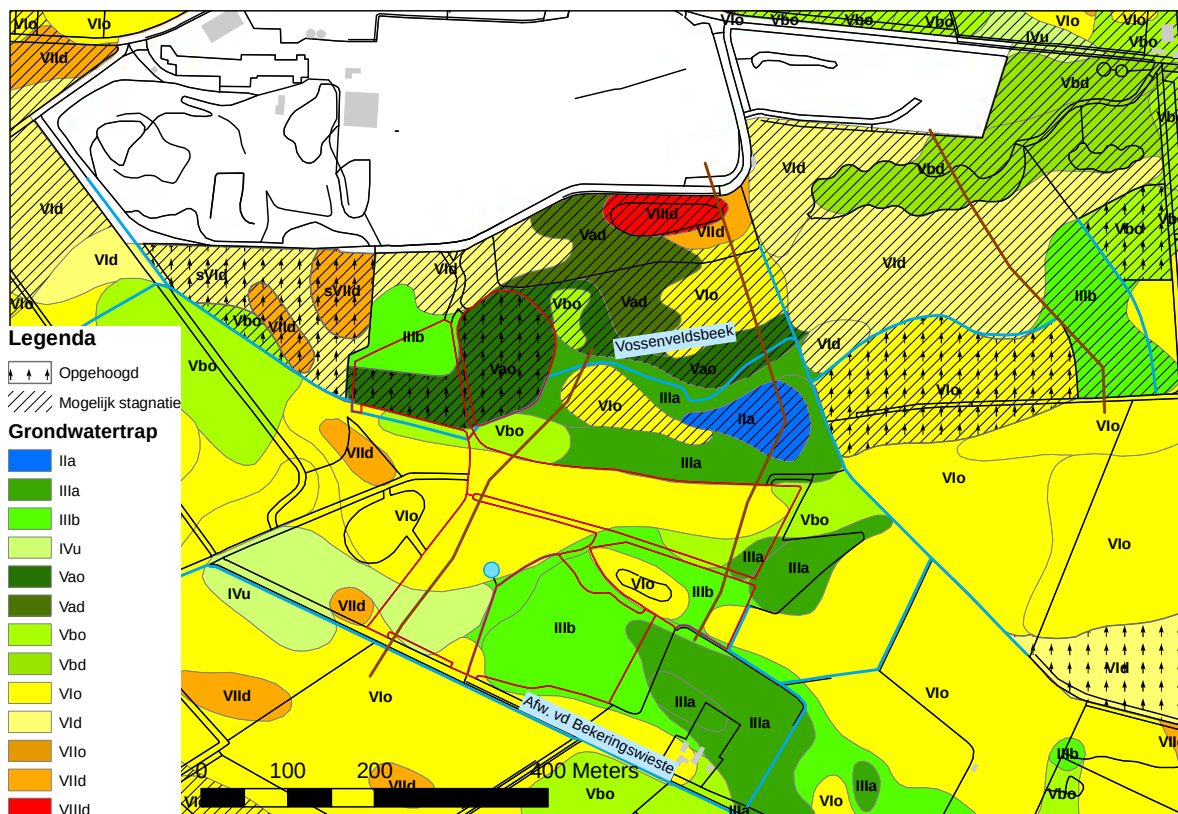
3.1.1 Grondwaterstanden

Van Willinks Weust zijn geen langjarige grondwatermeetreeksen beschikbaar. Wel zijn bij karteringen uit 1966 (Bannink en Pape 1967) en 1997 (Kleijer en Ten Cate 1998) grondwatertrappenkaarten gemaakt. De kaart uit 1966 heeft alleen betrekking op het gebied van “De Weust” en het “Heksenbos”, in 1997 is wel het hele studiegebied in kaart gebracht. Op het plateau dat aan de zuidrand globaal begrensd wordt door de bovenloop van de Vossenveldsbeek, komen voornamelijk tijdelijke grondwaterstanden voor door stagnatie van infiltrerend neerslagwater op de keileem en de onderliggende afzettingen van Muschelkalk, Bontzandsteen en kleisteen uit het Rhätien (zie Figuur 22). De mate waarin water kan stagneren verschilt van plaats tot plaats vanwege verschillen in de zwaarte en dikte van de keileem en mogelijke scheuren in de onderliggende gesteenten. Met name de Muschelkalk kan op scheuren goed doorlatend zijn, maar omdat bovenin dit pakket door verwerking een dunne ondoorlatende kleilaag is gevormd stagneert het water hier toch (Van den Bosch en Brouwer 2009). In het Bontzandsteen en de kleisteen komen ook scheuren voor maar deze zijn minder goed doorlatend. Bij opgehoogde percelen kan ook sprake zijn van stagnatie, maar dat is dan niet veroorzaakt door de onderliggende pakketten. In Figuur 22 is dat met een arcering (pijltes) aangegeven.



Figuur 21 Ontsluiting van Muschelkalk in de voormalige steengroeve. In de kalksteen kunnen scheuren voorkomen waardoor water weg zijgt, de bovenkant van het pakket is gedeeltelijk afgesloten door een kleiige verweringslaag.

De grondwatertrappen op het plateau hebben allen een gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) dieper dan 180 cm – mv. (grondwatertrap Vad, Vbd, Vld, Vld en Vlld, zie Tabel 7. Dit betekent dat de GLG zich ver onder de stagnerende laag bevindt. De verschillende grondwatertrappen zijn vooral indicatief voor de hoogte van de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG). Deze wordt bepaald door de dikte van zandige afzettingen op de stagnerende laag. Meestal is dit dekzand of fluvioperiglaciaal zand, plaatselijk kan het ook keizand betreffen. De doorlatendheid van de keileem is sterk wisselend. In de keileem komen veel ‘zandnesten’ voor, waardoor water kan wegzakken (Van den Bosch 2007). In natte perioden, als de keileem verzadigd is, stroomt het water over de keileem af. De GHG varieert van < 25 cm – mv. (Vao en Vad) in lage delen van de bossen ten noorden van het nieuwe veentje tot > 140 cm – mv. in een dekzandkop op de rand van de nieuwe groeve. Dit gebied is erg gevoelig voor neerslag. In natte perioden kan de waterstand vrij hoog komen, na langdurige droogte stroomt alle water af naar de goed doorlatende ondergrond van het oude dalsysteem (Van den Bosch 2007). De peilbuizen in de transecten moeten daar meer inzicht in geven.



Figuur 22 Grondwatertrappenkaart Willinks Weust en omgeving (naar Kleijer en Ten Cate, 1998)

In het opgevolde erosiedal variëren de grondwatertrappen over het algemeen van IIIa tot Vlo, met in het “Nieuwe veentje” grondwatertrap Ila. Hier en in het aangrenzende vlak met Vlo is met een arcering aangegeven dat daar stagnatie zou kunnen voorkomen op keileem. Dit zou echter beekleem betreffen (m.m. M. Van den Bosch Bosch). Bij CD3 is het niet aangetroffen. In dit deel van het gebied speelt stagnatie op de oude afzettingen een minder grote rol. Het grondwater stroomt hier af over de bodem van het erosiedal die hier voornamelijk uit Bontzandsteen en kleisteen uit het Rhätien bestaat. Het diepste deel van het dal bevindt zich onder de percelen 3, 4 en 5 en is daar ca 5 tot 8 meter dieper dan bij de Vossenveldsbeek (zie ook de transecten). Relatief ondiepe grondwaterstanden komen voor in de lagere delen van het dal, zoals in de lage delen van perceel 5 en 6. Ook in het zuidelijk deel van perceel 4 zullen in het verleden ondiepe grondwaterstanden voorgekomen zijn, gezien het voorkomen van beekerdgronden, maar daar is in 1997 een grondwatertrap IVu gekarteerd, wat met name wijst op een diepere GHG. In dekzandruggen binnen het erosiedal komt over het algemeen grondwatertrap Vlo voor en zijn veldpodzolgronden gevormd.

Nattere grondwatertrappen zijn ook gekarteerd op de overgang van het plateau naar het erosiedal, langs de bovenloop van de Vossenveldsbeek en in de Ronde weiden.

Tabel 7 Indeling van de grondwatertrappen (Ten Cate, van Holst et al. 1995).

Grondwatertrap (Gt)	Gemiddeld Hoogste Grondwater-stand cm - mv. (GHG)	Gemiddeld Laagste Grondwater-stand cm - mv. (GLG)
Ia	<25	<50
Ic	>25	<50
IIa	<25	50-80
IIb	25-40	50-80
IIc	>40	50-80
IIIa	<25	80-120
IIIb	25-40	80-120
IVu	40-80	80-120
IVc	>80	80-120
Va	<25	>120
Vao	<25	120-180
Vad	<25	>180
Vb	25-40	>120
Vbo	25-40	120-180
Vbd	25-40	>180
VI	40-80	>120
VIo	40-80	120-180
VId	40-80	>180
VII	80-120	>120
VIIo	80-140	120-180
VIIId	80-140	>180
VIII	>140	(>160)
VIIIo	>140	120-180
VIIIId	>140	>180

Kwalitatieve toevoeging vóór de code

s = schijnspiegels; het niveau van de GHG wordt bepaald door periodiek optredende grondwaterstanden boven een slecht doorlatende laag, waaronder weer een onverzadigde zone voorkomt. Deze kwalitatieve toevoeging wordt alleen bij gronden met een grondwaterfluctuatie (GLG-GHG) van meer dan 120 cm aangegeven

Ontwatering

In het zuidelijk deel van het opgevlude erosiedal zijn een aantal diepe sloten gegraven, waaronder de "Afwatering van de Bekeringswieste" (170 cm) en langs het vroegere vliegveld (zie Figuur 22). Deze laatste sloot noordwaarts naar de gegraven bovenloop van de Vossenveldsbeek. Door deze sloten zullen met name de hoogste grondwaterstanden sterk verlaagd zijn. Ook langs de noordrand van het erosiedal heeft een sterke ontwatering plaatsgevonden. Op oude topografische kaarten is de omgeving van het Nieuwe veentje als moeras aangegeven (zie Figuur 23). Ontwatering van het plateau verliep toen nog via een sloot tussen het nieuwe veentje en perceel 3 en langs de zuidrand van de Ronde weides. Dit is te beschouwen als de oude bovenloop van de Vossenveldsbeek. Deze is vermoedelijk in de 19^e eeuw gegraven (Scherpenisse-Gutter en Verbeek 2001). De huidige loop langs de noordkant van het Nieuwe veentje is op de topografische kaart van 1936 nog niet aangegeven. Het kan zijn dat de kaart op dat punt verouderd is omdat er altijd enige jaren verstrijken tussen de opname en de uitgave van een kaart. Uit beschrijvingen van de dertiger jaren is wel duidelijk dat in die tijd veel ingrepen gepleegd zijn om de ontwatering te verbeteren (Westhoff en Miranda 1938). Volgens Scherpenisse-Gutter en Verbeek (2001) zijn in de jaren 70 van de 20^e eeuw diverse werkzaamheden aan de Vossenveldsbeek verricht vanwege de vaak optredende inundaties. Onduidelijk is of

dat de bovenloop in Willinks Weust betreft, waarschijnlijk gaat het om een meer stroomafwaarts gelegen traject. In het Waterhuishoudingsplan van de Provincie is de Vossenveldsbeek benoemd tot HEN-waterloop (Hoogst Ecologisch Niveau) met als doeltype Plateaubeek, waarbij delen van de zij- en bovenlopen kunnen behoren tot het type temporaire beek (Kusters, Huijskes et al. 2009).



Figuur 23 Fragment van de Topografische kaart van 1936 (bron: <http://watwaswaar.nl/>)

Peilbuizen

Om meer inzicht te verkrijgen in de grondwaterdynamiek zijn voor dit onderzoek in 3 raaien 11 peilbuizen geplaatst en voorzien van divers (zie Figuur 5 en Bijlage 1). Behalve in dit onderzoek zullen deze gegevens worden gebruikt t.b.v. een modelstudie van het waterschap. Hiervoor is het van belang dat de periode van metingen zowel een natte situatie (GHG) als in een droge situatie (GLG) bevatten. Als gevolg van de lange winter konden de peilbuizen pas begin maart 2010 geplaatst worden. Er is doorgemeten tot eind september. Ten behoeve van de verwerking van de gegevens in de transecten en in de toekomst in het hydrologisch model zijn de buizen ingemeten t.o.v. NAP en maaiveld. De buizen zijn over de volle lengte geperforeerd.

3.1.2 Grondwaterstromingen

De belangrijkste grondwaterstromen op het plateau vinden plaats over en door de keileem en tertiaire en mesozoïsche afzettingen naar het dalsysteem van de Vossenveldsbeek. Van de noordkant stroomt het water over de Muschelkalk, de kleisteen en Bontzandsteen. Door de gegraven bovenloop van de Vossenveldsbeek die ongeveer op de rand van het dalsysteem ligt wordt in de winter en voorjaar een deel van dit water afgevoerd. In de zomer valt deze sloot droog. Mogelijk vindt ook enige wegzijging plaats door de stagnerende lagen omdat de doorlatendheid daarvan van plaats tot plaats kan verschillen. Deze wegzijging zou versterkt

kunnen zijn door de aanleg van de steengroeve. Uit onderzoek door het Geologisch Veldlaboratorium Winterswijk (Van den Bosch 2007) komt naar voren dat de grondwaterstand boven de keileem niet meetbaar wordt beïnvloed door de groeve. Ook uit hydrologisch onderzoek door de Heidemij in 1980 zou geen verdrogende werking van de groeve gebleken zijn (Scherpenisse-Gutter en Verbeek 2001). Kwelwater uit de westelijke groeve wordt weggepompt in de Vossenveldsbeek voorbij het natuurgebied, water uit de middelste en oostelijke groeve wordt geloosd op de Willinksbeek. Uit de oostelijke groeve wordt respectievelijk 75.000 m³ per jaar gepompt, waarvan ca 25% uit neerslagwater bestaat, de rest is afkomstig van kwel (Kusters, Huijskes et al. 2009). Van de andere groeven zijn geen cijfers bekend.

Vóór de aanleg van de groeve liep de waterscheiding waarschijnlijk door het midden van het gebied en waterde de oostelijke helft van het gebied waarschijnlijk af op de Willinksbeek die langs de noordkant van de groeve loopt (Bannink en Pape 1967; Scherpenisse-Gutter en Verbeek 2001). F. Smeding (m.m.) gaat er van uit dat de waterscheiding vroeger ter hoogte van de huidige ligging van de steengroeve lag en dat door het afgraven het inzijsgebied van het lokale systeem ongeveer is gehalveerd.

Ten zuiden van het erosiedal stroomt water in noordwestelijke richting over het Bontzandsteenplateau dat zich tot in Duitsland uitstrekt en deels hoger gelegen is. Aan de grens bereikt de bovenkant van het Bontzandsteen een hoogte van 45 m + NAP, terwijl de noordelijke rand van de erosiegeul zich op ca 40 m + NAP bevindt (Van den Bosch en Brouwer 2009). Het voedingsgebied is hier veel groter en water van dit plateau levert waarschijnlijk de grootste bijdrage aan de afvoer van het dalsysteem van de Vossenveldsbeek. Hierbij vindt via diaklazen ook kwel vanuit het Bontzandsteen plaats (m.m. M. v.d. Bosch). De afvoer kan aanzienlijk zijn en levert verder stroomafwaarts regelmatig wateroverlast op (Van den Bosch 2007). Het voorkomen van bekeerddgronden en de kwelverschijnselen in de sloten van het zuidelijk deel van Willinks Weust zijn het gevolg van ijzerrijke kwel in het dalsysteem, met name vanuit het zuiden.

Om de grondwaterstromingen in beeld te krijgen is op de kaart met begindiepte van stagnerende lagen (Figuur 10) de te verwachten stroomrichting van het freatisch grondwater door middel van pijlen aangegeven. Ook in de transecten is op basis van gemeten grondwaterstanden, geschatte GHG en GLG waarden en de begindiepte van stagnerende lagen aangegeven hoe grondwaterstromingen lopen (zie Figuur 27 t/m Figuur 29).

Om een indruk te krijgen van de drainerende werking van de steengroeve is een ruwe inschatting gemaakt van de hoeveelheid water die hiernaar weg zijgt en de vermindering van het voedingsgebied voor de gronden op het plateau.

3.1.3 Grondwaterkwaliteit

Voor met name blauwgrasland en kalkmoeras is het van groot belang dat water met een lithotroof karakter in de wortelzone kan komen. Het zandige materiaal in de dalopvulling is vanaf 3 à 4 meter – mv. kalkrijk, net als het Bontzandsteen dat de basis vormt van het dal. Daardoor komt hard grondwater voor (m.m. M. v.d. Bosch). Op het kalksteenplateau wordt de waterkwaliteit bepaald door stagnerend neerslagwater op kalkrijk materiaal. Daardoor kan ook dit jonge water een hard lithotroof karakter hebben. Door interpretatie van de bodemkaart, watermonsters in de peilbuizen en pH-profielen bij de profielbeschrijvingen is een inschatting gemaakt van de verbreiding van dit watertype.

Kwelkansen en kwelverschijnselen

De grondwaterkwaliteit wordt bepaald door de grondwaterstromingen en de samenstelling van de geologische pakketten waar het water door gestroomd is. Uit de bodemkaart kan een indruk verkregen worden van de mate waarin de bodemvorming beïnvloed is door kwel. Daarom zijn de eenheden van de bodemkaart van Kleijer en Ten Cate (1998) vertaald naar kwelkansen (Jansen, Vries et al. 1999; Runhaar,

Kuijpers et al. 2003). Dit geeft een indicatie van de kans dat ten tijde van de bodemvorming kwel voor kwam. Dat wil niet zeggen dat dit nog steeds het geval is. Op de kaart in Figuur 30 is deze kwelkans weergegeven.

Tabel 8 Vertaling bodemtypen naar kwelkansen (naar Runhaar et al. 2003)

Code	Betekenis	Bodemtypen (Willinks Weust)
1	Geen kwel, uitsluitend wegzijging	Hn.., zEZ..
2	Mogelijke enige periodieke kwel	KX
3	Enige (periodieke) kwel	pZn.., vWz
4	Tamelijke veel (permanente) kwel	NVT
5	Veel (permanente) kwel	pZg..

In bodems zonder stagnerende ondergrond zijn beeekeerdgronden indicatief voor het voorkomen van kwel (zie Tabel 8). Op het plateau komen echter ook bodems voor met keileem tussen 40 en 120 cm – mv. die geclassificeerd zijn als beeekeerdgronden (pZg..) omdat ze roest in de bovengrond hebben. Deze roestvorming is echter geen gevolg van ijzeraanvoer door kwel, maar door stagnerend water, waarbij ijzer uit de keileem en/of onderliggende afzettingen bovenin het profiel is neergeslagen. Dit zijn dus geen echte kwelprofielen, maar vertonen er wel overeenkomsten mee. Vanwege de kalkrijke afzettingen heeft het water ook een min of meer lithotroof karakter. De keileemgronden (KX) zijn hier vergelijkbaar met de beeekeerdgronden op keileem (pZg..x) en verschillen hiervan vooral door een dunner zanddek (< 40 cm). In Figuur 30 is met een arcering aangegeven waar stagnerende lagen (keileem, Muschelkalk en Bontzandsteen) voor komen binnen 120 cm – mv. omdat hier dus geen sprake is van kwel maar van aanrijking door stagnatie.

Omdat een deel van de keileemgronden op de bodemkaart betrekking heeft op opgehoogde percelen en de keileem hier niet van nature aan maaiveld ligt, is de kwelindicatie hier ook onzeker. Deze percelen zijn aangegeven met een arcering (pijltes omhoog).

Een extra aanwijzing voor het voorkomen van kwel is het ontstaan van ijzerrijke bovengronden. Vooral waar sprake is van ijzerrijke kwel kunnen in de bovengrond grote hoeveelheden ijzeroxiden (roest) neerslaan, soms zelfs in de vorm van ijzerconcreties of oerbanken. Op de bodemkaart wordt dit aangegeven met de toevoeging “f” voor de bodemcode. In het opge vulde erosiedal komt veel ijzerrijke kwel voor van water dal over het ijzerrijke Bontzandsteen is afgestroomd. In Figuur 30 zijn ijzerrijke bovengronden aangegeven door een arcering van rode stippen.

De kwelkansenkaart is gebaseerd op aanwijzingen voor kwel in de bodem. Na het eventueel wegvallen van kwelstromen blijven deze bodemkenmerken behouden. Ze geven dus vooral een aanwijzing voor de situatie tijdens de bodemvorming en kunnen dus fossiel zijn. Actuele kwelverschijnselen zijn wel te herkennen in oppervlaktewater, hoewel dit vaak het deel van de kwelstroom betreft die naar sloten toe is afgebogen. Het betekent dus niet automatisch dat de kwel ook in de wortelzone van invloed is. In diverse (diepe) sloten zijn tijdens veldbezoeken kwelverschijnselen (roest, kwelfilm) waargenomen. In een aantal gevallen werd daarbij ook een hoge pH gemeten (Huijskes 2009; Huijskes 2009). Waterlopen waar dat het geval was zijn aangegeven op de kaart in Figuur 30. Er is geen systematische inventarisatie van gemaakt, maar binnen de transecten is er wel aandacht aan besteed.

Watermonsters

Begin maart 2010 zijn direct na het plaatsen van de peilbuizen grondwatermonsters genomen om de watertypen aan het begin van het voorjaar te karakteriseren. Op dat moment is naar verwachting de invloed

van infiltrerend regenwater en sneeuwmeltwater het grootst¹. Een tweede bemonsteringsronde was gepland voor eind september, maar is in verband met het droge voorjaar van 2010 vervroegd naar begin juli. Tijdens deze bemonsteringsronde stonden de drie peilbuizen op het plateau droog. Daar kon dus geen watermonster genomen worden. Alle peilbuizen waren volledig geperforeerd. De grondwatermonsters hebben dus betrekking op de waterlaag tussen de grondwaterstand op het moment van bemonstering en de onderkant van de buis. Alleen bij AB2 is het voorjaarsmonster genomen in een tijdelijke buis tot 40 cm – mv.

Behalve de grondwatermonsters zijn in juli 2010 watermonsters genomen van oppervlaktewater in de “Afwatering van de Bekeringswieste” en van de poel in perceel 4. Een oppervlaktewatermonster van de bovenloop van de Vossenveldsbeek was niet mogelijk omdat deze geheel drooggevalen was.

Om de waterkwaliteit te kunnen beoordelen en vergelijken met referentiewatertypen zijn de watermonsters geanalyseerd op de gehalten Cl, Ca, K, Mg, Na, S en anorganisch koolstof. Verder zijn Elektrisch GeleidingsVermogen (EGV) en pH gemeten. Uit het gehalte anorganisch koolstof en de pH is via het koolzuurevenwicht de alkaliniteit berekend. Met deze informatie is met het model MAION (Van Wirdum 1991) de verwantschap met bovengenoemde referentiewatertypen berekend. In een nabewerking is vervolgens de theoretische mengverhouding van de drie referentiewatertypen afgeleid die het beste overeenkomt met de samenstelling van een watermonster (Jansen en Kemmers 1995).

Het gehalte S in de watermonsters geeft tevens een aanwijzing voor het risico op interne eutrofiëring (zie 5.2). Sommige tertiaire en oudere afzettingen bevatten pyriet, hetgeen door infiltrerend water opgelost kan worden en zo voor een verhoogd sulfaatgehalte in het grondwater zorgt (Van Delft, Kemmers et al. 2005). Dit zal zeker gelden voor de Muschelkalk die ontstaan in een ondiepe zee, waarin door traag stromende rivieren kalk en klei werden aangevoerd (Kusters, Huijskes et al. 2009). Onder deze omstandigheden kan pyriet gevormd zijn hetgeen na oxidatie tot een verhoging van het sulfaatgehalte in het grondwater leidt. Ook de kleistenen uit het Rhätien zijn in een ondiep marien milieu gevormd en kunnen pyriet bevatten. In grondwatermonsters uit een TNO meetpunt in het erosiedal (B41F0176, zie Figuur 30) tussen 3,8 en 5,8 m – mv. juist boven de onderkant van de dalopvulling, werden sulfaatgehalten gevonden tussen 130 en 300 mg/l (Kusters, Huijskes et al. 2009). Vergelijkbare waarden werden gevonden in het oppervlaktewater in de groeve, in de Vossenveldsbeek en de Willinksbeek (Kusters, Huijskes et al. 2009). De watermonsters uit de beken zijn genomen op locaties voorbij de punten waar drainagewater uit de groeve geloosd wordt en zijn dus sterk beïnvloed door dit water. In het traject van de Vossenveldsbeek dat door het natuurgebied loopt wordt geen water geloosd. Dat gebeurt aan de westkant van de groeve (zie Figuur 30).

pH-profieltypen

Naast de aanwezigheid van lithotroof water in het profiel is voor kwelafhankelijke natuurdoelen van belang of dit water ook van invloed is in het maaiveld. Daarom zijn pH-profielen bepaald bij alle beschreven boringen (bij de peilbuizen en bodemonsters). In Bijlage 4 zijn de pH-profielen samen met de verdeling van de watertypen (in de transecten) weergegeven. De profielen zijn geïnterpreteerd en ingedeeld in pH-profieltypen volgens de criteria in Tabel 9. Deze indeling is gebaseerd op toepassing van pH-profieltypen in andere gebieden (Van Delft, Brouwer et al. 2008). Omdat op het plateau eigenlijk geen sprake is van kwel zijn voor de pH-profieltypen Kw en Ro varianten toegevoegd die gerelateerd zijn aan stagnatie op kalkrijk materiaal. De pH-profieltypen zijn bij de profielen in Bijlage 4 weergegeven door de code tussen haakjes achter de naam van het profiel.

¹ In de winter van 2009-2010 is een groot deel van de neerslag in de vorm van sneeuw gevallen. Er wordt niet verwacht dat dit grote invloed heeft op de grondwaterkwaliteit.

Tabel 9 Interpretatie pH-profieltypen¹

PH-profieltype			pH profiel (bodem)			Omschrijving
Code	Stagnatie	% lithotroof	pH max	pH 0 - 20	pH 20 - GLG	
Kw		≥ 10%	≥ 5,5	≥ 5,0	≥ 5,5	Kwelinvloed in wortelzone
Kw-s	X	≥ 10%	≥ 5,5	≥ 5,0	≥ 5,5	Lithotroof water in wortelzone
Ro		≥ 10%	≥ 5,5	< 5,0	≥ 5,5	Kwelinvloed aanwezig, ondiepe regenwaterlens
Ro-s	X	≥ 10%	≥ 5,5	< 5,0	≥ 5,5	Lithotroof water aanwezig, ondiepe regenwaterlens
Rd		≥ 10%	≥ 5,5	< 5,0	< 5,5	Kwelinvloed aanwezig, diepe regenwaterlens
Me		< 10%	≥ 5,5	≥ 5,0	< 5,5	Mengwater
In		< 10%	< 5,5	< 5,0	< 5,5	Infiltratieprofiel

3.2 Resultaten

3.2.1 Grondwaterstanden

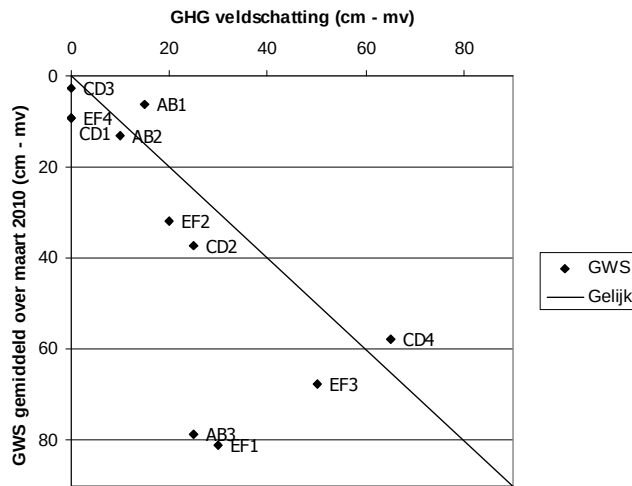
Het grondwaterstandsverloop tijdens de meetperiode van begin maart tot eind september is weergegeven in Bijlage 5. Aanvullend is in deze bijlage het cumulatief neerslagoverschot gegeven. De patronen in het stijghoogteverloop van de peilbuizen komen hier goed mee overeen, hoewel het gedrag van buizen in verschillende deelgebieden wel sterk kan verschillen. Een deel van de peilbuizen is in de droge periode tussen half juni en half augustus drooggefallen. In de meetreeksen is dit te herkennen aan een min of meer horizontaal verloop op de diepte van de onderkant van de buis. Vooral voor de buizen op het plateau (AB2, AB3 en CD4) is dit ook in een normale zomer te verwachten.

Omdat de meetreeksen in de peilbuizen te kort zijn en 2010 een meteorologisch ongewoon jaar is, kunnen de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) en Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) nog niet berekend worden. Bij de profielbeschrijvingen zijn GHG en GLG wel geschat aan de hand van veldkenmerken. Deze zijn weergegeven in de schematische profielen in Bijlage 4 en in de transecten. Uit deze veldschattingen is ook de grondwatertrap afgeleid (zie ook Tabel 1).

In Figuur 24 is de gemiddelde grondwaterstand van maart 2010 uitgezet tegen de veldschatting van de GHG. In maart 2010 waren de grondwaterstanden in de meeste buizen wat lager dan de veldschatting van de GHG (ca 3 tot 15 cm). Bij AB1 en CD4 is de gemiddelde grondwaterstand juist iets hoger dan de veldschatting. Omdat de werkelijke (berekende GHG) nog niet bekend is zegt dit niets over de betrouwbaarheid van de veldschattingen hoewel het mogelijk is dat door verdroging de GHG wat lager is dan op basis van veldkenmerken geschat wordt. Twee punten onderscheiden zich echter duidelijk van de rest. Bij AB3 en EF1 is de gemiddelde grondwaterstand in maart ruim 50 cm lager dan de GHG schatting. Dit kan wel gezien worden als een structurele afwijking en is in beide gevallen te verklaren uit versterkte ontwatering. AB3 ligt niet ver van de rand van de steengroeve en EF1 ligt in de directe invloedssfeer van de Afwatering van de Bekeringswieste. Beide hebben kennelijk een sterk verlagende invloed op de hoogste grondwaterstanden. De veldkenmerken waarop de GHG-schatting gebaseerd is moeten dan ook als fossiel beschouwd worden. Bij AB3 kan weliswaar plasvorming optreden, hetgeen ook tot uiting komt in de groei van veenmossen in de slenken, maar dat moet

¹ In eerdere rapportages is de term 'hydrotypen' gebruikt. Om verwarring te voorkomen met het gebruik van deze term elders wordt hier van 'pH-profieltypen' gesproken.

als zeer oppervlakkige stagnatie op de keileem gezien worden. Na de extreme regenval in augustus zijn de standen in AB3 op enkele dagen (18, 27 en 30 augustus) wel sterk gestegen tot in de buurt van het maaiveld, maar deze standen zakten dan ook steeds na een paar dagen weer weg. Ook bij de andere buizen op keileem (AB2 en CD4) werden nadat de buizen sinds eind juni droog hebben gestaan korte pieken in de waterstand geregistreerd die toegeschreven moeten worden aan de extreme neerslag eind augustus en het geringe poriënvolume in de keileem.

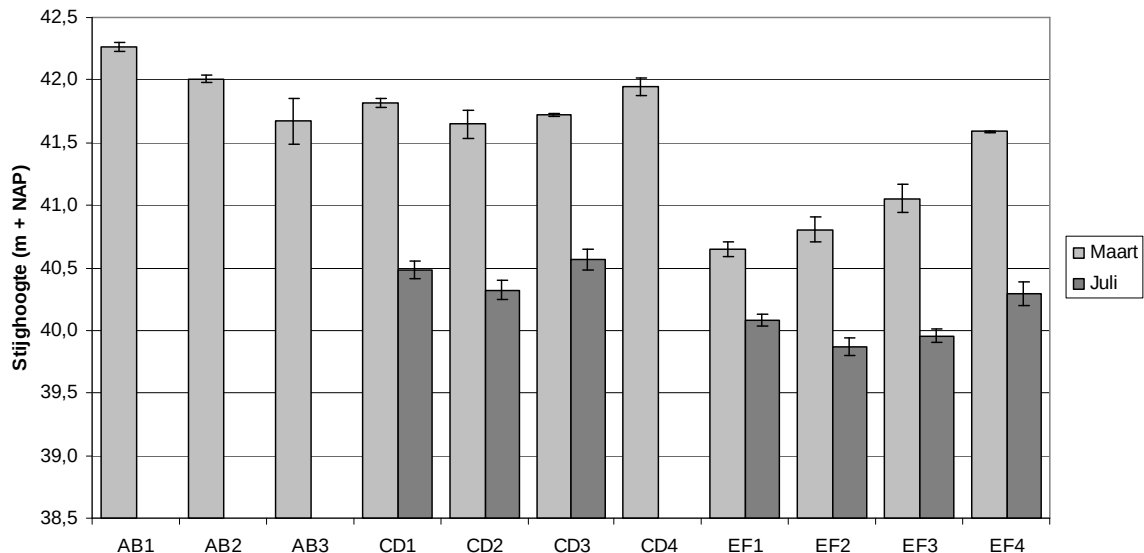


Figuur 24 Vergelijking van de veldschatting van de GHG met de gemiddelde grondwaterstand in maart 2010

De veldschattingen van GHG en GLG zijn uitgezet in de transecten (Figuur 27 t/m Figuur 29), waarbij het verloop tussen de buizen met een rechte lijn geïnterpoleerd is. Dat is natuurlijk niet helemaal correct, vooral voor de GHG die waarschijnlijk meer het reliëf volgt. Het geeft wel inzicht in hoe het grondwaterstandsverloop zich ten opzichte van NAP gedraagt. In transect AB en CD helt het freatisch vlak van zuid naar noord, hetgeen ook een stroming veronderstelt vanaf het grote plateau ten zuidoosten door het erosiedal. Dat geldt vooral voor de GLG. Hoe de GLG zich voortzet in de vaste gesteentes onder het kalksteenplateau is niet helemaal duidelijk. Binnen boorbereik is hier geen GLG aangetroffen. De GHG lijkt op het plateau wel weer op te lopen. Bij transect EF, dat grotendeels in het dal ligt, heeft de geschatte GLG een vlakker verloop rond 4010 cm + NAP. De veldschatting van de (oorspronkelijke?) GHG laat wel duidelijk een helling zien vanaf EF4 (in de randzone) naar EF2 (met een veldpodzolprofiel), om dan weer op te lopen naar EF1, waar een beekvaaggrond voor komt. Opvallend is dat hier een veldpodzolgrond (infiltratie) voor komt, terwijl bij het wat hoger gelegen EF1 een beekvaaggrond voor komt (kwelindicatie). Uit de gemeten grondwaterstanden blijkt dat met name in het voorjaar het freatisch vlak onder invloed van diepe sloten (transect EF) een ander verloop heeft dan uit de veldschatting van de GHG wordt afgeleid (zie Figuur 25).

In Figuur 25 zijn gemiddelde en standaardafwijking weergegeven van de stijghoogte (ten opzichte van NAP) in de peilbuizen over de maanden maart en juli 2010. Omdat de buizen op het plateau toen drooggevalen waren zijn voor juli geen standen gegeven in AB2, AB3 en CD4. Door een technisch probleem zijn er van AB1 geen standen vanaf begin mei. Afgezien van AB3 en EF1 lijken de standen van maart redelijk overeen te komen met de veldschatting van de GHG (Figuur 24). Er zijn verschillen tussen de transecten en binnen de transecten waarneembaar. De gemiddelde stijghoogte in beide maanden neemt van oost naar west af. Dat wordt vooral zichtbaar bij vergelijking tussen peilbuizen in een vergelijkbare positie op de gradiënt van plateau naar dal. De buizen AB1, CD3 en EF4 liggen in de overgangszone, waarbij de stijghoogte in maart afneemt van 42,27 naar 41,59 m + NAP. In transect EF komt duidelijk de invloed van de Afwatering van de Bekeringswieste op de stijghoogte in het voorjaar tot uiting. Van EF4 naar EF1 neemt deze sterk af, hoewel dit alleen voor EF1 duidelijk aan de ontwatering te koppelen is. Bij de overige buizen is het verschil tussen de GHG en gemiddelde

grondwaterstand in maart vrij constant. Op het kalksteenplateau valt de geringe stijghoogte bij AB3 op, ook in relatie tot de GHG-schatting. Dit punt ligt relatief dicht bij de groeve (65 m). Hier zou sprake kunnen zijn van versterkte wegzijging. Dat lijkt niet het geval te zijn bij CD4, dat verder van de rand van de groeve ligt (140 m). Dit komt overeen met de inschatting van Bannink en Pape (1967) dat de verdrogende invloed van de groeve beperkt blijft tot ca 100 m van de rand.



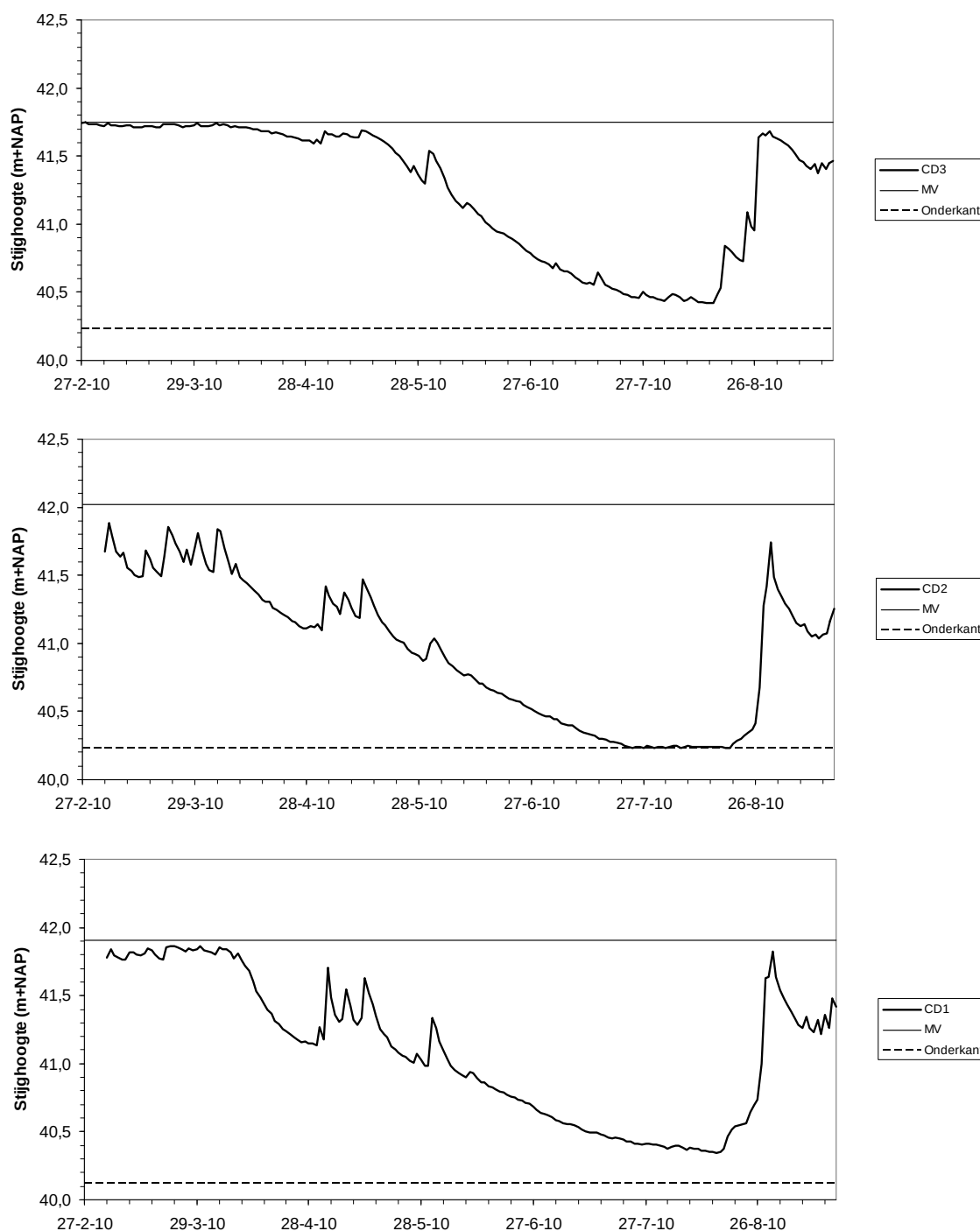
Figuur 25 Gemiddelde stijghoogte in de peilbuizen over de maanden maart en juli 2010.

In juli valt op dat de laagste stijghoogten voorkomen bij CD2 EF2 en EF3. Deze buizen liggen centraal in het dal en komen voor onder een veldpodzolprofiel. Hier zakt het water in de zomer dus het diepste weg. Naar het zuiden (CD1 en EF1) en het noorden (CD3 en EF4) Dit zijn de (voormalige) kwelzones, waar ook beekbedgronden voorkomen. De gemiddelde stijghoogte in juli bij EF1 is 40,08 m + NAP, wat ongeveer overeen komt met de bodem van de Afwatering van de Bekeringswieste (40,04 m + NAP). Waarschijnlijk wordt deze stand sterk bepaald door deze ontwatering. De diepere standen bij EF2 en EF3 zijn dan niet goed te verklaren uit deze ontwatering. Waarschijnlijk is hier sprake van afstroming over de bodem van het dal en wegzijging in de doorlatende zanden van de afzettingen van Ratum ten westen van transect EF (zie Figuur 4). Of dit ook nog van invloed is op de zomerstanden bij CD2 is niet duidelijk.

Opvallend is dat CD3 en EF4 in maart een zeer geringe spreiding hebben in stijghoogten (zie ook Bijlage 5 en Figuur 26). De stijghoogte komt dicht bij maaiveld. Neerslagpieken worden dan oppervlakkig afgevoerd, maar in perioden met weinig neerslag zakt de grondwaterstand in eerste instantie (tot eind mei) ook maar weinig, hetgeen wijst op een aanvulling door kwel. De grotere spreiding in andere buizen komt ook duidelijk tot uiting in de pieken na regenval in de tijdreeksen. Dat geldt vooral voor AB3, CD2 en EF1 t/m EF3. Na een bui neemt de stijghoogte vrij snel toe, waarna deze in de volgende dagen weer uitzakt.

Bij AB1, AB2 en CD1 valt op dat in de periode tot begin april de stijghoogte vrij constant is en dicht bij maaiveld komt om in de droge periode daarna weg te zakken. Deze locaties staan dus tijdelijk onder invloed van kwel, maar in droge perioden valt de kwel weg en vertonen deze buizen hetzelfde gedrag als de buizen met een grotere spreiding. Hierbij is het opmerkelijk dat de stijghoogten in AB1 en AB2 vrijwel parallel lopen (Bijlage 5). AB1 ligt aan de rand van het dal, waar (periodieke) kwel mogelijk zou zijn, AB2 ligt echter op het plateau. Hier wordt eerder periodieke stagnatie verwacht op de keileem en de onderliggende Muschelkalk en Bontzandsteen. Het is dan waarschijnlijker dat deze hoge standen mede bepaald worden door water dat over

en door de keileem afstroomt en mogelijk opgestuwd wordt door kwelwater uit het dal in de randzone. Hierbij is opvallend dat de stijghoogte bij AB2 geringer is dan bij AB1. AB1 ligt aan de voet van een helling in het dekzand (zie Figuur 12), vanwaar een grondwaterstroom in noordelijke richting te verwachten is. Ook komt bij AB1 een grotere kwelstroom omhoog. Een andere verklaring is dat de doorlatendheid van de Bontzandsteen en Keileem hier toch groter is dan aangenomen wordt en dat de kwel vanuit het zuiden door deze afzettingen van invloed is op de stijghoogten in AB2.

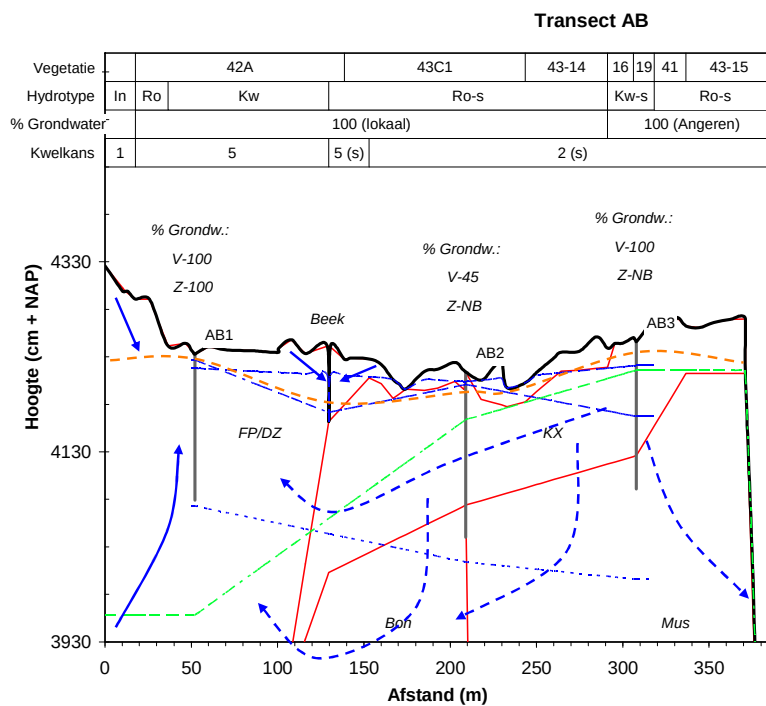


Figuur 26 Voorbeelden van de drie typen tijdreeksen die onderscheiden kunnen worden in het erosiedal en de randzone.

Zowel bij AB1 als bij AB2 worden de hoge standen in het voorjaar 'afgetopt' door de gegraven bovenloop van de Vossenveldsbeek. Zonder de afvoer van deze waterloop zouden de standen hoger komen en langer hoog blijven. Bij CD1 geldt waarschijnlijk hetzelfde voor de sloten langs het perceel (zie Figuur 22).

Voor de buizen op het plateau (AB2, AB3 en CD4) geldt dat deze in de zomer droog vallen. Onduidelijk is hoe diep het water dan wegzakt. Als uitgegaan wordt van vast gesteente in de ondergrond kan dit geen water bevatten en is er geen sprake meer van een grondwaterstand. Na de zware regenval in augustus is ook in deze buizen weer water gemeten, waarbij de stijging na een bui heel snel ging (> 1m in een dag). Daarna zakt het water ook wel weer snel weg. Ook CD2 en EF3 zijn enige tijd drooggevallen. Hier is echter sprake van een doorlopend zandprofiel en zal het water niet meer dan enkele dm's beneden de onderkant van de buis gestaan hebben

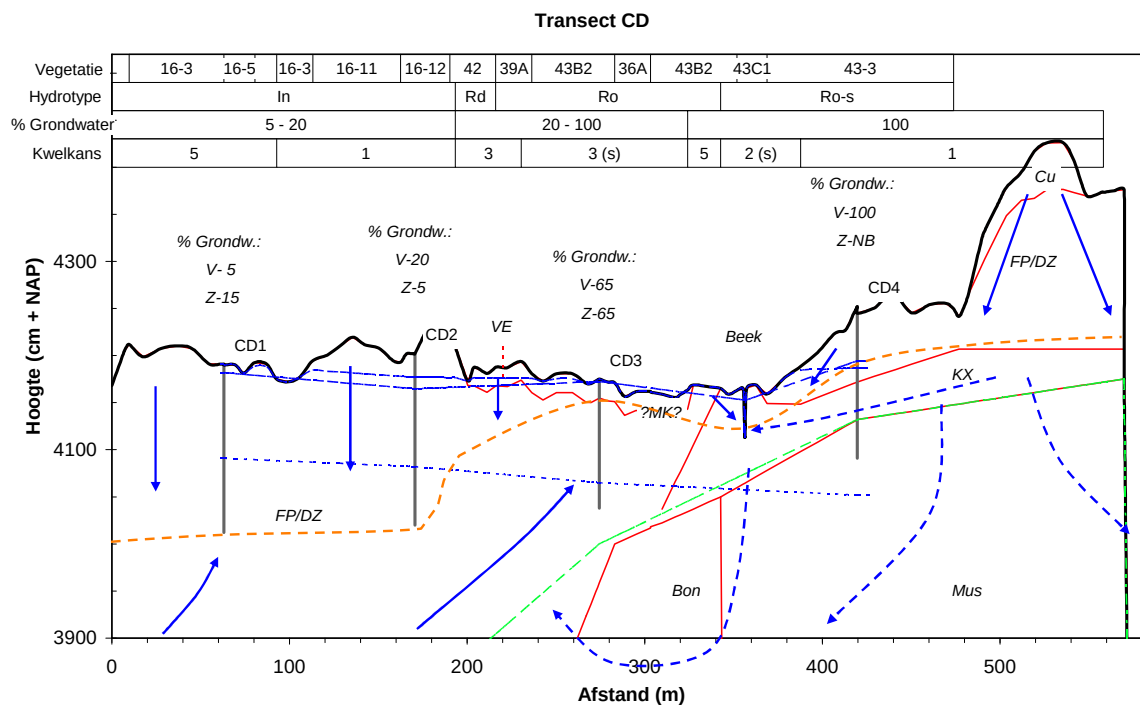
In de transecten (Figuur 27 t/m Figuur 29) is tijdens het waterpassen begin maart ook de slootbodem en het waterpeil opgemeten. Hieruit blijkt duidelijk de drainerende werking gedurende het voorjaar. De bovenloop van de Vossenveldsbeek en de meeste andere sloten stonden in juli 2010 droog, met uitzondering van de "Afwatering van de Bekeringswieste" waar nog 15 cm water in stond. Kennelijk is, mede door de sterke afvoer in winter en voorjaar en de diepe ontwatering, de aanvulling van het grondwater onvoldoende.



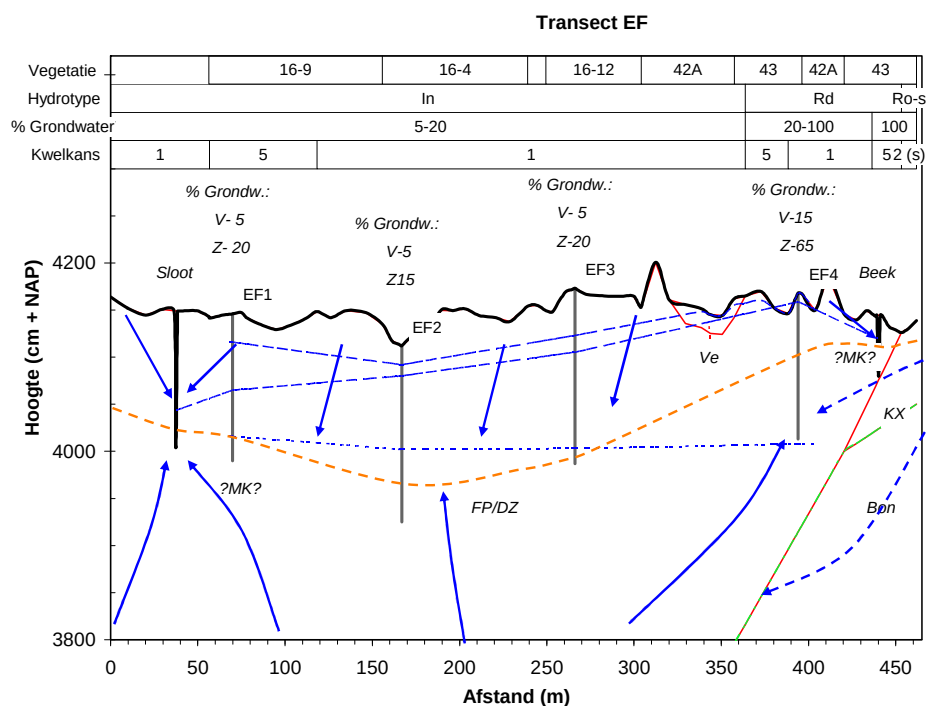
Legenda

- Bovengrens geologisch pakket
- AB1 Peilbuis
- 5,0 Veldbepaling pH
- Maaiveld
- - - GHG
- . . . GLG
- . . GWS (gemiddeld maart 2010)
- . . Kalkgrens
- FP/DZ Label
- Hn53 Kenmerken langs het transect
- Grondwaterstroom
- - - → Grondwaterstroom door slecht doorlatend pakket
- - - Ondergrens neerslaglens

Figuur 27 Grondwaterstanden en grondwaterstromingen in transect AB. Boven de meetpunten is het aandeel grondwater in de watermonsters voor het voorjaar (V..) en de zomer (Z..) aangegeven, waarbij de aandelen 'grondwater' en 'beïnvloed grondwater' zijn opgeteld.



Figuur 28 Grondwaterstanden en grondwaterstromingen in transect CD



Figuur 29 Grondwaterstanden en grondwaterstromingen in transect EF

3.2.2 Grondwaterstromingen

In Figuur 10 is een inschatting gemaakt van de stroming van het freatisch grondwater over de slecht doorlatende lagen in de ondergrond, waarbij een hoofdstroming verwacht wordt van het plateau in zuidelijke en

westelijke richting naar het erosiedal. In de transecten (Figuur 27 t/m Figuur 29) is dit nader uitgewerkt, waarbij ook de kwelstromen in het erosiedal en de drainerende werking van de waterlopen in beeld wordt gebracht.

Op het plateau stagneert neerslagwater en stroomt in natte perioden in zuidelijke en westelijke richting af naar het erosiedal. Een deel van het water infiltreert door zandlenzen en scheuren in de slecht doorlatende pakketten. Via deze gesteenten stroomt het water naar het erosiedal, maar voor een deel ook naar de groeve. Met name in de randzone langs de groeve is de infiltratie waarschijnlijk toegenomen. Naast extra wegzijging door het graven van de groeve is ook het voedingsgebied kleiner geworden. Een inschatting kan gemaakt worden door de afstand te nemen van het begin van het inrijgebied tot de rand van het plateau. Het is niet helemaal duidelijk waar vroeger de waterscheiding gelegen heeft, maar aangenomen kan worden dat deze ongeveer halverwege de groeve gelegen heeft. Hier kwam de top van de Muschelkalk voorheen het hoogst. Ook als ten zuiden hiervan hogere dekzandruggen voorkwamen zal het water door de grond toch zuidwaarts afgestroomd zijn. Dit betekent dat ter hoogte van de oude groeve (SBB-groeve) deze afstand verminderd is van ca 250 m tot 200 m, een afname van 20%. Bij de nieuwe groeve is deze afstand afgenomen van ca 300 m tot 225 m, een afname van ca 25%. Dit zal voornamelijk van invloed zijn op de hoeveelheid water die op het plateau stagneert. Het effect op de hoeveelheid water in het erosiedal zal beperkt zijn, omdat hier het grootste deel uit het zuiden en oosten komt. Als er echter van uitgegaan wordt dat in een zone van ca 100 m rondom de groeve water afstroomt naar de groeve (zie 3.2.1) zal de waterscheiding verder naar het zuiden liggen en is de hoeveelheid water die naar de kwelzone aan de rand van het dal stroomt wel ongeveer gehalveerd.

In het erosiedal verzamelt grondwater zich dat is geïnfiltreerd op de plateaus ten zuiden en oosten van het dal en vanaf het kalksteenplateau in het noorden. Hierbij stroomt een deel over de oude afzettingen (vooral Bontzandsteen) en deels erdoor. In de lagere delen van het dal kwam dit water in het verleden als kwel aan maaiveld, maar het wordt nu voor een belangrijk deel afgevoerd via de diepe ontwateringen.

In de overgangszone tussen het kalksteenplateau en het dal komen kwelstromen uit het zuidoosten en afstromend water vanaf het plateau bij elkaar, waardoor met name hier in het verleden natte omstandigheden voor kwamen. Door het graven van de bovenloop van de Vossenveldsbeek is deze zone sterk verdroogd, hoewel hier nog wel enige kwelinvloed herkenbaar is.

De drainerende werking van de gegraven waterlopen is evident, met name voor de natte periode. Zowel de afwatering van de Bekeringswieste als de gegraven bovenloop van de Vossenveldsbeek hebben een sterk verlagende invloed op de grondwaterstanden en buigen ook kwelstromen af. Omdat in de zomer alle waterlopen behalve de Afwatering van de Bekeringswieste droog vallen hebben ze geen verdere verdrogende uitwerking. Wel zou zonder deze waterlopen het water langer in het gebied vastgehouden worden, waardoor de grondwaterstanden minder snel uitzakken. Ook aanvulling door buien in de zomer zou dan langer effectief zijn in het gebied.

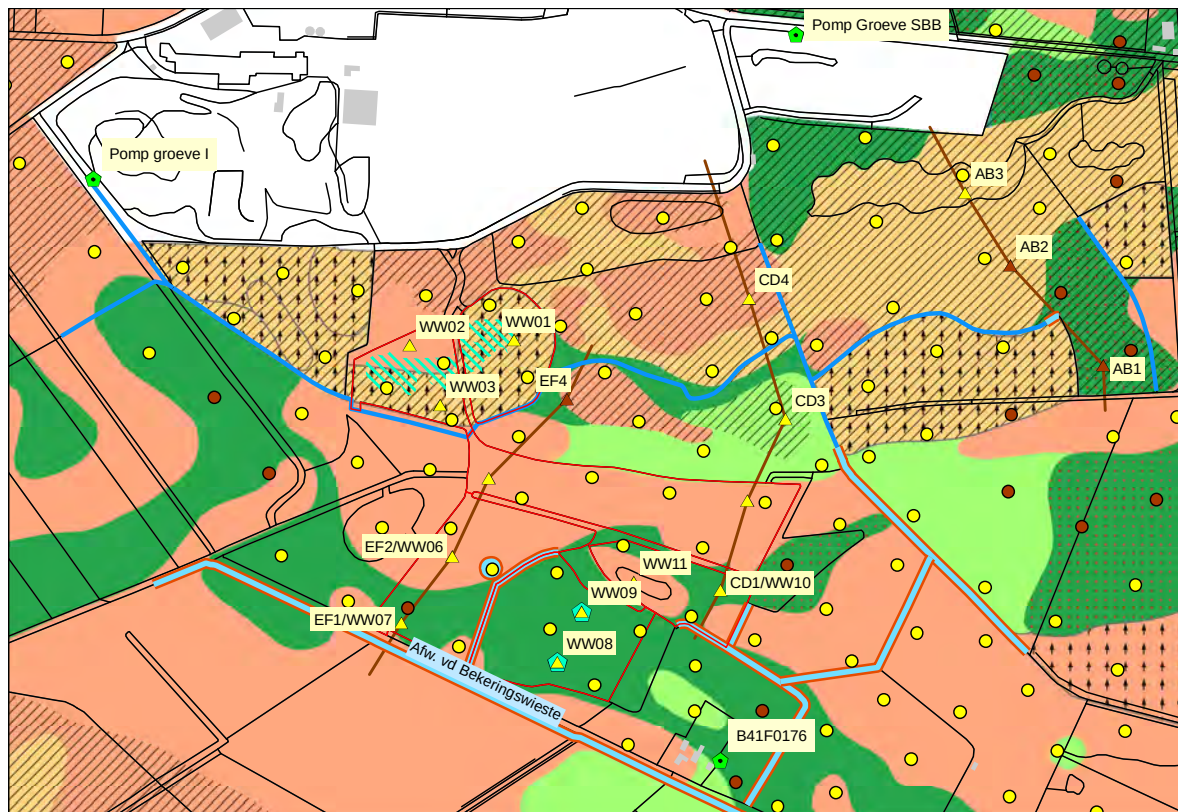
Centraal in het erosiedal, met name in westelijke richting lijkt ook water weg te stromen naar de doorlatende zanden van de afzettingen van Ratum. Dit verklaart ook het voorkomen van podzolprofielen op relatief laaggelegen zandgronden, zoals bij EF2. De bodemkaart lijkt hiermee een goede indicatie voor de overheersende stroomrichting voor de ontwatering (zie ook Figuur 30).

3.2.3 Grondwaterkwaliteit

Kwelkansen

De kwelkansenkaart (Figuur 30) geeft inzicht in de delen van het gebied waar ten tijde van de bodemvorming kwel voor kwam en nu voor kan komen. Dat geldt vooral voor het centrale deel van het erosiedal en in het

randgebied tussen erosiedal en plateau. Onder het opgebrachte pakket in perceel 1 en 2 (De Ronde Weiden, zie Figuur 20) komen ook beekeerd- en moereerdgronden voor die wijzen op een hoge kwelkans. Hetzelfde geldt waarschijnlijk voor het opgehoogde perceel bij het voormalige vliegveld, maar dat is niet onderzocht. De reden dat juist deze percelen zijn opgehoogd is waarschijnlijk dat het voorheen natte percelen waren. Tussen perceel 3 en EF4 komt een vlak met moerige gronden voor die op de bodemkaart zijn aangeduid als moerige podzolgrond (aWp). Op grond daarvan is dit vlak in Figuur 30 als infiltratiebode (klasse 1, geen kwel) aangemerkt. Het voorkomen van een Elzenbroekbos met kwelindicerende soorten geeft aan dat hier wel kwel voor komt. Mogelijk is hier bij de bodemkartering een inschattingfout gemaakt.



Legenda

Boorpunten 2010

- ▲ IJzerrijke bovengronden
- ▲ Overig

Boorpunten 1998

- IJzerrijke bovengronden
- Overig

Overige meetpunten

-

Waterlopen

- Kwelverschijnselen
- Geen kwel

Moeraskalk in boringen

- Moeraskalk

Perceel 1 & 2

- Moeraskalk

Opgehoogde percelen Kwelkans



IJzerrijke bovengrond



Stagnerende laag



- 1 Geen kwel
- 2 Mogelijk enige periodieke kwel
- 3 Tamelijk veel (permanente) kwel
- 5 Veel (permanente) kwel

Figuur 30 Kwelkansen en kwelverschijnselen in Willinks Weust en omgeving

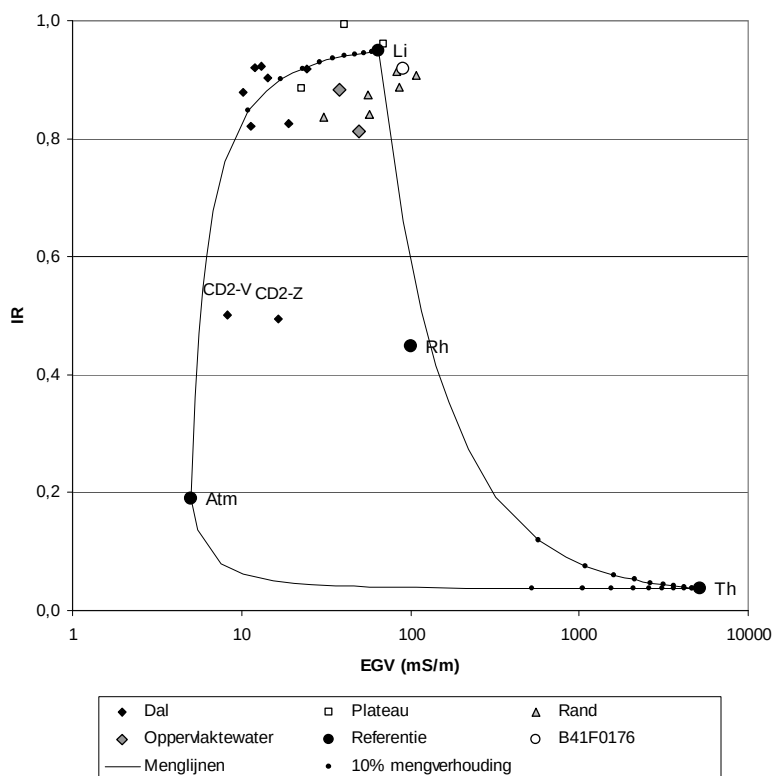
Het lokaal voorkomen van moeraskalk wijst er op dat met het kwelwater grote hoeveelheden calcium zijn aangevoerd. Het is niet zeker of dat nog gebeurt. Een aanwijzing voor het wegvallen van deze kalkrijke kwel is het voorkomen van holtes in de moeraskalkafzettingen, waar de moeraskalk kennelijk weer is opgelost.

In de diepe sloten in het erosiedal komt over het algemeen veel roestvorming voor en worden hoge pH- en EGV waarden gemeten. Kwelwater komt hier kennelijk in elk geval in de sloten terecht. Langs de plateaurand is dat

vrijwel nergens het geval. Alleen aan het begin van de bovenloop van de Vossenveldsbeek, tussen AB1 en AB2 zijn kwelverschijnselen waargenomen.

Analyse watermonsters

De analyseresultaten en de met het model MAION afgeleide verwantschappen met referentiewatertypen staan in Bijlage 6. Hierbij is als nabewerking de theoretische mengverhouding van de referentiewatertypen bepaald die zou leiden tot de gevonden watersamenstelling. Als referentiewatertype voor grondwater zijn twee watertypen gebruikt. Ten eerste is gebruik gemaakt van referentiewatertype Angeren (hard water), daarnaast is een lokale referentie gebruikt die gebaseerd is op de gemiddelde samenstelling van het grondwater in TNO-buis B41F0176 over 1990 tot 2002. Deze buis staat in het erosiedal met het filter in het onderste deel van het opgevlude pakket (zie Figuur 13). De samenstelling wordt representatief verondersteld voor het grondwater in het dal, zoals dat beïnvloed is door de afzettingen waar het doorheen gestroomd is.



Figuur 31 IR-EGV diagram van alle watermonsters

In Figuur 31 zijn alle watermonsters uit Willinks Weust en de lokale referentie uitgezet in een IR-EGV diagram. Hierbij is onderscheid gemaakt naar de verschillende deelgebieden waar de monsters vandaan komen. De punten in het dal komen overeen met de menglijn van lithotroof naar atmosferisch water. Hoewel op het plateau geen sprake is van kwel is de verwantschap met lithotroof water het grootst, onder invloed van de daar aanwezige kalksteen. De watermonsters uit het randgebied hebben ook een grote verwantschap met lithotroof water, maar bevinden zich ook langs de menglijn met thalassotroof water en rijwater. Een deel van deze punten, waaronder B41F0176 bevinden zich rechts van deze lijn. Het diagram gaat uit van menging van de zuivere referentiewatertypen. Punten rechts van de menglijn wijzen op aanvullende ionen die tot een hogere EGV leiden zonder dat de IR verandert. Dat is toe te schrijven aan sulfaat. De verklaring voor de hoge sulfaatgehalten zal waarschijnlijk gezocht moeten worden in de toegenomen pyrietoxidatie als gevolg van nitraatuitspoeling.

Nitraatuitspoeling en pyrietoxidatie

Aanwijzingen voor een toegenomen pyrietoxidatie worden gevonden in de hoge concentraties Ca en SO_4 bij CD3, EF4 en B41F0176 (zie Bijlage 6). Deze gehalten zijn hoger dan zonder toegenomen pyrietoxidatie verwacht kan worden. Het oplossen van kalk in evenwicht met neerslagwater en de zuurproductie in de wortelzone kan leiden tot maximaal 100 mg Ca/l. In het erosiedal worden concentraties gevonden die 2 keer zo hoog zijn. Daar moet een andere zuurbron een rol bij spelen. Een uitzondering vormt AB3 waar in het voorjaar weliswaar 125 mg/l Ca werd gevonden, maar het sulfaatgehalte was laag. Omdat de Muschelkalk hier zeer ondiep voor komt kan verondersteld worden dat hiermee dit hoge calciumgehalte verklaard kan worden.

De hoge sulfaatconcentraties in het diepere grondwater in het dal en in de randzone en het voorkomen van pyriet in de oude afzettingen doen vermoeden dat dit grondwater beïnvloed is door pyrietoxidatie, met hoge concentraties Ca en SO_4 tot gevolg. Concentraties van > 100 mg SO_4 /l kunnen alleen verklaard worden door pyrietoxidatie in de ondergrond (Van Van Beek, Jalink et al. 2001; Van Delft, Kemmers et al. 2005). Bij bovengenoemde monsters komen sulfaatconcentraties voor van 236 tot 407 mg/l.

Pyrietoxidatie kan veroorzaakt worden door infiltrerend neerslagwater en dalende grondwaterstanden, maar daarbij ontstaan geen hoge sulfaatgehalten. Bij pyrietoxidatie door zuurstofhoudend water kan maximaal een concentratie van 17 mg/l bereikt worden (Van Delft, Kemmers et al. 2005). Deze concentratie wordt ook in veel van de overige monsters overschreden. Het is dan ook aannemelijk dat een andere oxidator een rol speelt. Dit is waarschijnlijk nitraat.

Binnen het infiltratiegebied komen vrij veel landbouwgronden voor. Door uitspoeling van nitraat kan pyriet in de onderliggende afzettingen geoxideerd worden. Daarmee kunnen de hoge concentraties in het erosiedal verklaard worden. Omdat reeds in 1990 hoge sulfaat- en calciumgehalten gevonden werden in de buis B41F0176 en de nitraatuitspoeling een rol speelt sinds de jaren 50 van de 20^e eeuw kan geconcludeerd worden dat de verblijftijd van het grondwater in het Bontzandsteen korter is dan 30 à 40 jaar.

Ook in de groeve worden hoge sulfaatconcentraties gevonden die alleen verklaard kunnen worden door pyrietoxidatie als gevolg van nitraatuitspoeling. Omdat de groeve op het hoogste punt van het plateau ligt en in de directe omgeving minder landbouwgronden liggen dan in het erosiedal moet naar een andere nitraatbron gezocht worden. Waarschijnlijk is dit afkomstig van stikstof dat door de bossen is ingevangen en de bodem is omgezet in nitraat. In Groot Zandbrink werden rond 1980 in bosopstanden nitraatconcentraties van 10 tot 40 mg/l gevonden (Kemmers en Jansen 1980). Overigens werden daar ook hoge sulfaatgehalten gevonden die toegeschreven kunnen worden aan atmosferische depositie, maar door de sterk verminderde zwaveluitstoot sinds 1980 is niet te verwachten dat hoge sulfaatgehalten in het grondwater nu nog toegeschreven kunnen worden aan atmosferische depositie.

Vanwege de sterke beïnvloeding van het diepere grondwater door pyrietoxidatie ligt het voor de hand als referentie voor lithotroof water de lokale referentie van buis B41F0176 te gebruiken. Alleen bij AB3 lijkt vergelijking met het referentiewater van Angeren meer voor de hand te liggen.

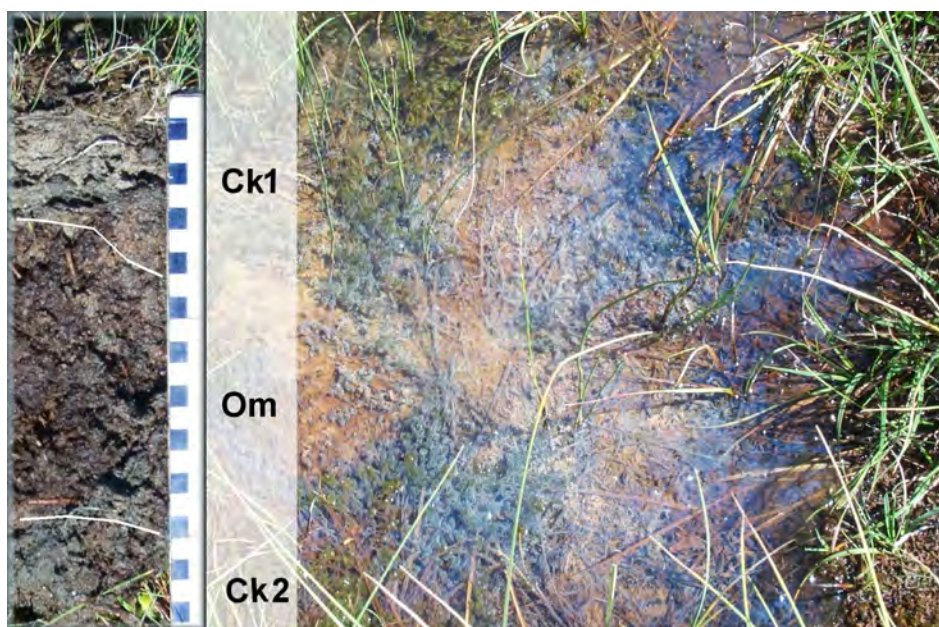
Pyrietvorming in de (voormalige) kwelzone

In de voorgaande paragraaf is de pyrietoxidatie in de tertiaire en mesozoïsche afzettingen als waarschijnlijke bron van sulfaat genoemd. Indirect zal echter ook pyrietoxidatie in de (voormalige) kwelzone op de overgang van het plateau naar het erosiedal een rol spelen. Het is aannemelijk dat in deze zone (secundaire) pyrietvorming heeft plaatsgevonden door de aanvoer van sulfaat en ijzer vanaf het plateau.

Ook zonder nitraatuitspoeling zal er altijd wel enige pyrietoxidatie op het plateau hebben plaatsgevonden, hoewel dat niet tot de huidige hoge sulfaatconcentraties geleid zal hebben. Door de lange duur van dit proces

(duizenden jaren) kan wel veel sulfaat gemobiliseerd zijn en geaccumuleerd in pyrietafzettingen in het kwelgebied. Samen met de ijzerrijke afzettingen (o.a. Bontzandsteen) en de veenvorming in de randzone waren de omstandigheden voor secundaire pyrietvorming gunstig (Van Delft, Kemmers et al. 2005). Bij onderzoek in kalkmoerassen in Slowakije bleek onder vergelijkbare omstandigheden de vorming van moeraskalk versterkt te kunnen worden door de gelijktijdige vorming van pyriet (Van Delft, Kemmers et al. 2005; Grootjans, Alserda et al. 2005) (zie Figuur 32). Hoewel geen pyrietbepalingen gedaan zijn in de bodemonsters is aannemelijk dat pyriet ook in aanzienlijke hoeveelheden voor komt in de (voormalige) kwelzone.

Als gevolg van ontwatering (indringen zuurstof en zuurstofhoudend neerslagwater) en stikstofdepositie zal dit pyriet weer zijn gaan oxideren, hetgeen ook de hoge sulfaatgehalten in deze zone mede kan verklaren. Bij deze pyrietoxidatie komt veel zuur vrij dat in aanwezigheid van moeraskalk gebufferd wordt door het oplossen van de kalk. Dit kan ook het voorkomen van holtes in de moeraskalk verklaren. Lokaal zal de moeraskalk mogelijk geheel verdwenen zijn. Of dat het geval is in het Nieuwe Veentje is onduidelijk. Door Bannink en Pape (1967) werd hier in een boring moeraskalk aangetroffen bij CD3 niet (meer). Onduidelijk is echter op welke exacte locatie Bannink en Pape de moeraskalk hebben aangetroffen.



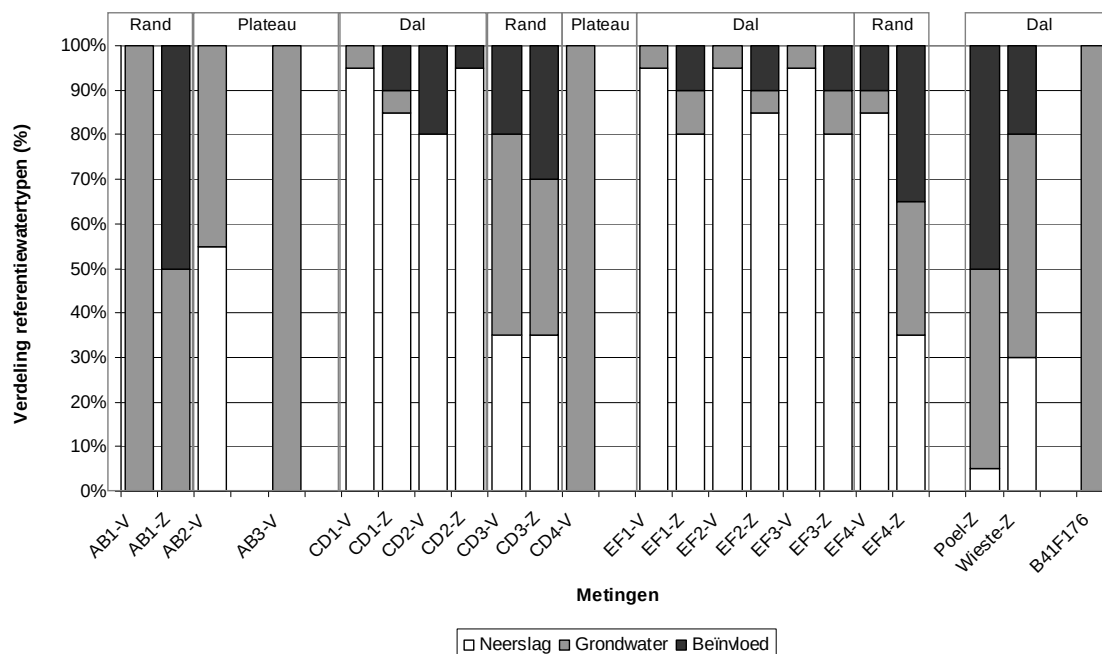
Figuur 32 Vorming van pyriet en moeraskalk in een kalkmoeras in Slowakije (Štrba site 44). In de Om-horizont wordt pyriet gevormd, waardoor neerslag van moeraskalk in de bovenliggende Ck-horizont wordt gestimuleerd.

Samenstelling watermonsters

In Figuur 33 en bij de pH-profielen in Bijlage 4 zijn de gevonden mengverhoudingen doormiddel van taartdiagrammen weergegeven, waarbij voor AB3 het referentietype Angeren genomen is voor grondwater en in alle andere monsters de lokale referentie. De voorjaarsmonsters van AB1 en CD4 blijken zeer sterk overeen te komen met het referentiewater type van het diepere grondwater uit het dal, hoewel de ionconcentraties bij CD4 veel lager zijn (zie Bijlage 6). Voor AB1 zou dat kunnen wijzen op een kwelstroom vanuit het dal. De ionconcentraties komen overeen met die van B41F0176. Omdat CD4 op het plateau ligt, zal hier zeker geen sprake zijn van kwel. Kennelijk neemt het stagnatiewater hier al een samenstelling aan die qua ionensamenstelling sterk lijkt op het diepere water in het dal, maar met lagere concentraties. Bij AB2, dat ook op het plateau gelegen is, is het aandeel grondwater ook vrij groot, maar hier komt een grotere neerslagcomponent in voor omdat het monster uit een ondiep filter (0 – 40 cm – mv.) genomen is. De samenstelling is vergelijkbaar met CD4, maar de EGV is lager. Stagnatiewater op het plateau is dus al sterk beïnvloed door de samenstelling van het onderliggend gesteente. AB3 neemt daarbij een aparte positie in met

een hoger calciumgehalte, en een heel laag sulfaatgehalte. Het magnesiumgehalte is veruit het hoogst van alle monsters. Dit water is in evenwicht met de Muschelkalk, waarin ook vrij veel $MgCO_3$ voor komt, maar kennelijk niet beïnvloed door pyrietoxidatie. Onduidelijk is of hier geen pyriet voor komt, of dat de stikstofdepositie in de Weust minder is dan in de aangrenzende bossen, waardoor pyrietoxidatie uit blijft.

Bij CD3, dat ook in de randzone ligt, bestaat in beide perioden het water ook voor een groot deel uit grondwater met een geringe bijmenging van neerslagwater. Voor EF4, ook in de randzone geldt dat alleen in de zomer. Voor deze beide locaties, en de zomermeting van AB1 wordt ook een vrij groot aandeel beïnvloeding gevonden. Op geen van deze locaties is het aannemelijk dat dit het gevolg is van uitspoeling van mest. Alle locaties liggen in bos. Infiltratie van vervuult drainwater uit het landbouwperceel bij het oude vliegveld dat via de sloten en de bovenloop van de Vossenveldsbeek het grondwater in de randzone zou kunnen beïnvloeden is minder waarschijnlijk omdat deze waterlopen juist een drainerende werking hebben. Meer waarschijnlijk is de lokale oxidatie van pyriet als sulfaatbron (zie paragraaf over pyrietvorming in de kwelzone). Dit verklaart ook de toename van het aandeel 'beïnvloed' in de zomer, als bij lagere grondwaterstanden meer pyriet oxideert.



Figuur 33 Theoretische mengverhouding van de referentiewatertypen in de watermonsters per deelgebied. "V" = voorjaarsmonster (maart 2010), "Z" = zomermonster (juli 2010). Van AB2, AB3 en CD4 ontbreken zomermonsters omdat de buizen droog gevallen zijn. Het monster B41F176 wijkt af van de andere monsters uit het dal omdat het van grotere diepte genomen is en dus representatief is voor het diepere water in het dal.

Voor de grondwatermonsters in het dal geldt dat neerslagwater dominant is. Het aandeel grondwater (eventueel samen met beïnvloeding) is in de voorjaarsmeting vrijwel overal beperkt tot 5% (met uitzondering van CD2). In de zomermeting zijn de aandelen grondwater en beïnvloeding samen 15 à 20%. Dan is juist bij CD2 dit aandeel weer lager. Het bovenste grondwater in het dal wordt dus in het voorjaar gedomineerd door infiltrerend neerslagwater. In de zomer komt daar door kwel en capillaire opstijging vanuit het diepere grondwater een klein deel grondwater bij. Het diepere grondwater komt mogelijk al vanaf 1 à 2 m – mv. voor, maar in het bovenste deel is een neerslaglens ontstaan. De meeste kwel verdwijnt naar de diepere sloten.

Ook in het dal is het aannemelijk dat het berekende aandeel “beïnvloed” toe te schrijven is aan de lokale samenstelling en niet aan bemesting omdat alle peilbuizen in niet bemeste graslanden liggen. In de transecten (Figuur 27 t/m Figuur 29) is het aandeel grondwater in de voorjaar- en zomer meting aangegeven boven de meetpunten, waarbij de percentages ‘grondwater’ en ‘beïnvloed grondwater’ zijn opgeteld.

pH-profieltypen

De pH-profieltypen zoals deze volgens Tabel 9 bepaald zijn bij de pH-profielen zijn in Bijlage 4 tussen haakjes achter de code van het boorpunt aangegeven. In de transecten (Figuur 27 t/m Figuur 29) is de globale verbreiding van de pH-profieltypen langs de transecten weergegeven. Daarbij is de ondergrens van de neerslaglens ingetekend. Kwelprofielen (Kw) komen voor bij AB1 en WW09. Bij AB3 en WW01 vertoont het pH-profiel overeenkomsten met een kwelprofiel, maar is hier toe te schrijven aan stagnatie van neerslagwater op de onderliggende afzettingen en in het geval van WW01 aan de kalkrijkdom van het opgebrachte materiaal.

In een aantal gevallen is bovenin het profiel sprake van een ondiepe neerslaglens (Ro). Dat is bijvoorbeeld het geval bij AB2, waar ondanks het voorkomen van kalkrijke keileem de pH in het bovenste deel van het profiel scherp terug loopt. Bij CD3, is de pH bovenin het profiel vrij laag, ondanks het relatief grote aandeel grondwater in de watermonsters. Door de drainerende werking van de bovenloop van de Vossenveldsbeek is hier een ondiepe neerslaglens ontstaan. Ook de zuurproductie bij pyrietoxidatie zal hier hebben bijgedragen aan een sterkere verzuring, waardoor de pH over het hele profiel aan de lage kant is voor een (voormalig) kwelprofiel. Bij WW08 waar een bruine beekerdgrond (tbZg53) voor komt is sprake van het wegvallen van kwel en het deels verdringen door neerslagwater. De grondwatertrap (IIIb) past ook niet bij een beekerdgrond in de natuurlijke hydrologische positie. De zuurgraad in het bovenste deel van het profiel is vrij laag (ca 4,5). Mogelijk heeft pyrietoxidatie hier voor extra verzuring in het bovenste deel gezorgd.

In profielen waar wat dieper kalkrijk materiaal voor komt zijn de pH-profielen als diepe neerslaglenzen (Rd) geclassificeerd, bijvoorbeeld bij CD4. Bij CD4 is waarschijnlijk sprake van een (natuurlijk) infiltratieprofiel op een kalkrijke ondergrond. Het bodemprofiel (Hn51) wijst ook niet op kwel. Ook bij EF4 is een diepe neerslaglens gevormd, terwijl het grondwaterstandsverloop en de samenstelling van het grondwatermonster in de zomer aangeven dat kwel aanwezig is. Hier is waarschijnlijk, net als bij CD3, sprake van verzuring door pyrietoxidatie.

Bij de overige profielen zijn infiltratieprofielen (In) onderscheiden. Voor een deel is dat het natuurlijke pH-profieltype bij de bodem. Dat is het geval bij de podzolbodems (Hn.. en aWp) en bij de enkeerd (zEZ..). Bij EF1 is dit echter duidelijk het gevolg van de ontwatering

4 Fosfaat

4.1 Materiaal en methode

4.1.1 bemonstering

Om de fosfaattoestand te beoordelen is op 11 locaties de bovengrond bemonsterd en op 10 van deze locaties ook nog een tweede laag, meestal de laag onder de bovengrond. Bij het opstellen van het bemonsteringsplan is rekening gehouden met de verschillende voorgeschiedenis en bodemeigenschappen van de diverse percelen. In principe is uitgegaan van 1 of 2 bemonsteringslocaties per perceel, afhankelijk van de omvang van het perceel en de bodemkundige verschillen binnen het perceel. Beekeerdgronden hebben over het algemeen hoge ijzergehalten in de bovengrond en daardoor een grotere fosfaatbindingscapaciteit dan veldpodzolgronden. Bij podzolgronden is het aandeel van aluminium in het fosfaatadsorberend vermogen relatief groter dan bij beekeerdgronden. Vanwege deze verschillende bodemeigenschappen is ook het gedrag van fosfaat in de bodem verschillend. In percelen groter dan 2 ha en/of met twee verschillende bodemtypen zijn 2 monsterlocaties gekozen. Per bemonsteringslocatie zijn meestal 2 dieptes bemonsterd. Welke lagen bemonsterd zijn is afhankelijk van het grondgebruik en in het geval van perceel 1 en 2 de dikte van de bovengrond in het stortmateriaal. Het gestort pakket is in perceel 1 50 tot 80 cm dik, in perceel 2 wat dunner. Voor het vaststellen van de fosfaattoestand in de huidige bovengrond van dit materiaal is uitgegaan van een bemonsteringsdiepte van ca 15 cm.

- In bouwland en frequent gescheurd grasland is de mest door de bouwvoor gemengd waardoor deze een min of meer homogeen fosfaatgehalte zal hebben. Bij zware bemesting kan dan fosfaat uitgespoeld zijn naar de onderliggende laag. In die gevallen is bemonstering van de bouwvoordiepte en de onderliggende laag logisch.
- In blijvend grasland komt mest direct op het maaiveld terecht of wordt in de bovenste laag geïnjecteerd. Menging vindt dan plaats door bioturbatie (regenwormen) en inspoeling. De meeste fosfaat zal dan in de Ah-horizont (vaak 10 tot 15 cm dik) voorkomen. Ook hier is uitspoeling naar onderliggende lagen mogelijk. Uit de opdrachtschrijving kan opgemaakt worden dat de graslanden in Willinks Weust niet zeer intensief gebruikt zijn (Huijskes 2009). Dat geldt zeker voor perceel 3. Uit het plagexperiment kan opgemaakt worden dat afplaggen hier gunstig kan zijn voor de vorming van (droge) heide. De af te graven diepte en dus de te bemonsteren diepte zal dan wel geringer zijn dan bij de bemeste percelen en zal aan de hand van documentatie over de plagproef en eventueel een profielbeschrijving vastgesteld worden.

In tabel 10 is het bemonsteringsplan weergegeven. De bemonsteringslocaties zijn weergegeven in Figuur 5 en Bijlage 1.

De fosfaattoestand kan binnen een perceel op korte afstand variëren, bijvoorbeeld in en tussen de rijen van een mestinjectie of op een plaats waar een koeienvlaai heeft gelegen. Hoewel deze verschillen van tijdelijke aard zijn kunnen ze de uitkomsten van een bemonstering beïnvloeden. Indien een enkel monster gestoken wordt bestaat de kans dat deze juist genomen wordt op een plek waar relatief veel mest terecht is gekomen, waardoor de actuele fosfaatbeschikbaarheid te hoog ingeschat zal worden. Daarom zijn bodemmonsters van de bovengrond als mengmonsters genomen, waarbij rondom het monsterpunt op 9 plekken met een guts gestoken is en het verzamelde materiaal tot één mengmonster is samengevoegd.

Tabel 10 Bemonsteringsplan per (deel)perceel

Perceel	Deelperceel (Bodemtype)	Bovengrond	Ondergrond
1	KX – WW01	0 – 15	Voormalige Bovengrond (70-85)
2	Hn21 – WW02	0 – 15	Voormalige Bovengrond (45-60)
	KX – WW03	0 – 15	Voormalige Bovengrond (40-55)
3	Hn21 – WW04	0 – 10	10 – 25
	Hn21 – WW05	0 – 10	10 – 25
4	Hn21 – WW06	0 – 15	15 – 30
	pZg21 – WW07	0 – 15	15 – 30
5	pZg23 – WW08	0 – 25	25 – 40
	pZg23 – WW09	0 – 25	25 – 40
6	pZg21 – WW10	0 – 15	15 – 30
	zEZ21 – WW11	0 – 15	niet

4.1.2 Analyse

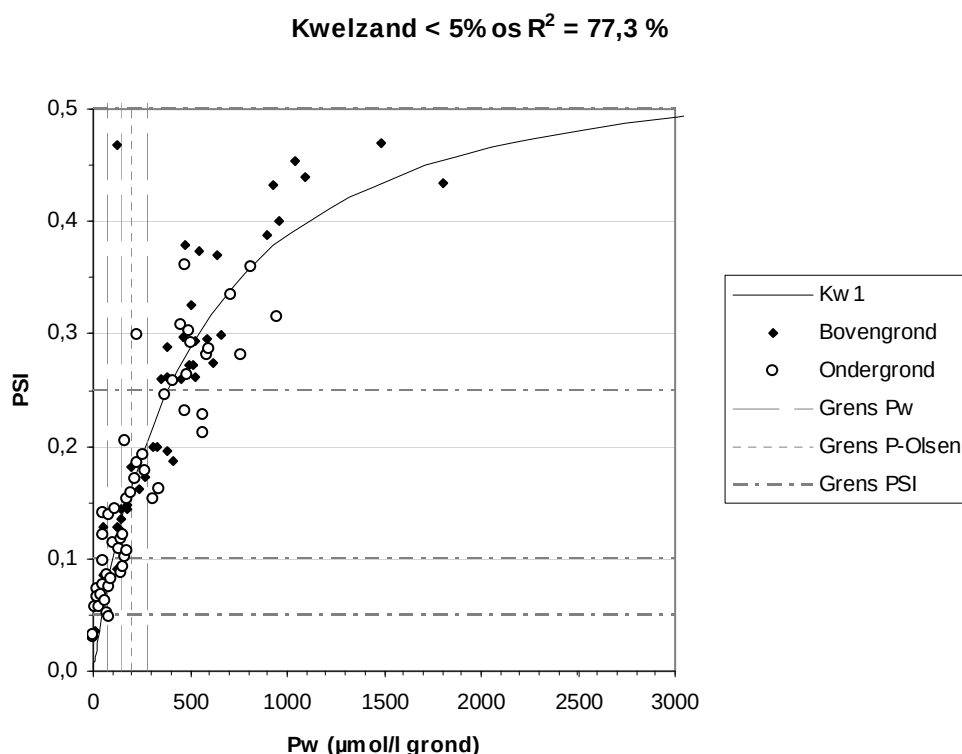
Voor het bepalen van de fosfaattoestand zijn de volgende analyses uitgevoerd:

- Pw-getal
- Oxalaatextractie (P-ox, Al-ox, Fe-ox)
- Organische stofgehalte
- pH-KCl

Daarnaast is in de profielbeschrijvingen bepaald waar kalkrijk materiaal voor komt, omdat bij kalkrijke bodems ook de vorming van slecht oplosbare calciumfosfaten een rol zou kunnen spelen bij de fosfaatbuffering (Bobbink, Hart et al. 2007).

Uitgangspunt bij de analyse van de fosfaattoestand zijn de actuele fosfaatbeschikbaarheid die vastgesteld wordt op basis van het Pw-getal en de potentiële fosfaatbeschikbaarheid waarvoor in kalkloze bodems de fosfaatverzadigingsindex (PSI) maatgevend is. De PSI is bepaald door na een extractie met ammoniumoxalaat de geadsorbeerde hoeveelheid fosfaat te bepalen (P-ox) en de grootte van het fosfaatbuffervermogen van de bodem aan de hand van de hoeveelheden ijzer en aluminium (Fe-ox en Al-ox) af te leiden. Met de oxalaat-extractie worden de ijzer- en aluminium-hydroxiden waaraan fosfaat is geadsorbeerd opgelost. De PSI wordt bepaald door de fractie van de adsorptiecapaciteit die bezet is met fosfaat (zie vergelijking 1). Via een adsorptie-evenwicht dat verschilt per type grond is de beschikbare hoeveelheid fosfaat in evenwicht met de PSI (Kemmers en Nelemans 2007; Kemmers, Bolhuis et al. 2008; Kemmers, Egmond et al. 2008). Dit adsorptie-evenwicht kan per bodemtype beschreven worden aan de hand van een adsorptie-isotherm. Een voorbeeld voor kwelgevoede zandgronden is gegeven in Figuur 34.

$$PSI = P\text{-ox} / (Fe\text{-ox} + Al\text{-ox}) \quad (\text{mol/mol}) \quad (1)$$



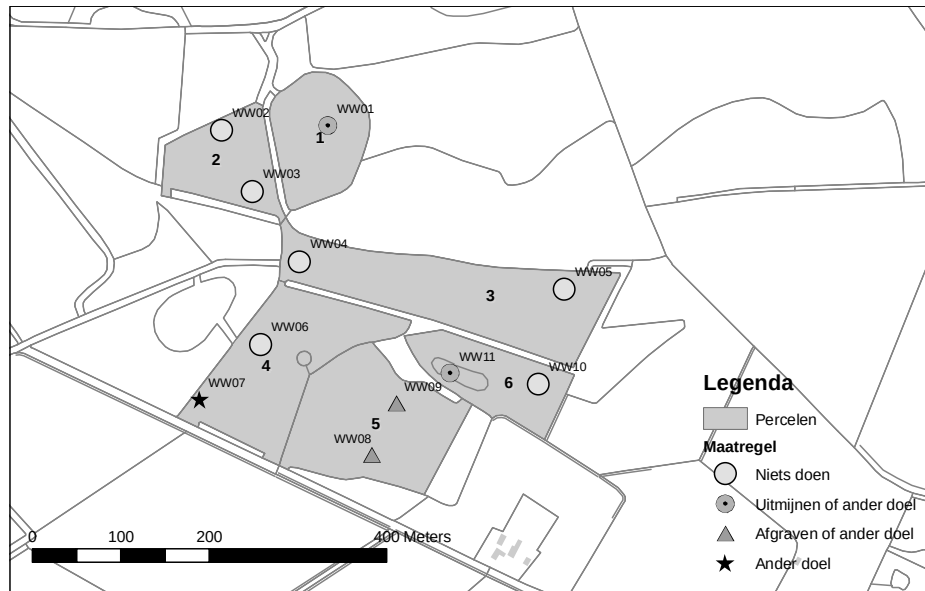
Figuur 34 Voorbeeld van een fosfaat adsorptie-isotherm bij kwelgevoede zandgronden met minder dan 5% organische stof (bron: diverse data Alterra).

4.1.3 interpretatiecriteria

Op basis van referentiewaarden voor Pw en PSI kan worden vastgesteld hoever de huidige fosfaattoestand afwijkt van de grenswaarden voor de gewenste natuurdoeltypen (Sival en Chardon 2002; Sival en Chardon 2004; Van Delft, Brouwer et al. 2007; Van Delft, Brouwer et al. 2008; Van Delft en Stoffelsen 2008; Van Delft en Brouwer 2009; Van Delft en Brouwer 2009). Deze criteria zijn opgenomen in Bijlage 8. Op basis van de fosfaatvoorraad en aannamen over de onttrekkingsnelheid bij uitmijnen of verschrallen kan een inschatting gemaakt worden hoelang het duurt om met deze vormen van omvormingsbeheer tot het gewenste fosfaatiniveau te komen. Als dat niet binnen een acceptabele periode gerealiseerd kan worden zou afgraven van de bemeste bovengrond overwogen kunnen worden. Dit heeft echter geen zin als de onderliggende laag door uitspoeling ook teveel fosfaat bevat. Door de fosfaatanalyses op meerdere dieptes uit te voeren kan een inschatting gemaakt worden of het afgraven van een deel van de bodem sneller tot een gewenst fosfaatiniveau zal leiden. Afgraven van de bovengrond betekent ook dat de profielopbouw en daarmee de standplaatseigenschappen veranderen. Dit kan gevolgen hebben voor de realisatiekansen van natuurdoeltypen. Enerzijds komt het maaiveld dicht bij het grondwater te liggen, wat in verdroogde situaties gunstig kan zijn. Het verwijderen van de bovengrond kan echter ook nadelige effecten hebben op de bewortelingsmogelijkheden en buffereigenschappen voor zuur, fosfaat en vocht. Bij het beoordelen van de kansrijkdom voor natuurdoeltypen is daarmee rekening gehouden worden. Deze aspecten en de risico's op interne eutrofiëring bij vernatting worden besproken bij het beantwoorden van de deelvragen in hoofdstuk 5.

4.2 Resultaten

In Figuur 5 en Bijlage 1 is aangegeven waar de fosfaatmonsters genomen zijn. De analyseresultaten zijn opgenomen in Bijlage 7. In Bijlage 8 is een interpretatie gegeven van de fosfaattoestand en de mogelijkheden om deze te verlagen tot het niveau dat voor schraalgraslanden vereist is. De hierbij gebruikte criteria zijn eveneens in die bijlage opgenomen. De benodigde inrichtingsmaatregel (laatste kolom in Bijlage 8) is in Figuur 35 aangegeven.



Figuur 35 In verband met fosfaattoestand benodigde inrichtingsmaatregelen

Bij 6 van de 11 bemonsterde locaties is de fosfaattoestand geen belemmering voor de beoogde doelen. Bij WW01 zou de huidige bovengrond uitgemijnd moeten worden of zou een ander doel gekozen moeten worden. Als hier echter voor reconstructie van het oude maaiveld gekozen wordt zal het opgebrachte materiaal, inclusief de bemeste bovengrond in elk geval verwijderd worden. Ook de enkeerbodem bij WW11 is in principe te voedselrijk voor schrale vegetaties. Aangezien afgraven hier geen optie is zal gekozen moeten worden voor uitmijnen of een ander natuurdoel. Beide monsters in de maïsakker (WW08 en WW09) hebben een te hoog fosfaatgehalte en zullen ook door uitmijnen niet voldoende verschaald kunnen worden. Afgraven zou hier een optie kunnen zijn omdat de onderliggende laag weinig fosfaat bevat, maar er kan ook gekozen worden voor een minder ambitieus natuurdoel.

Bij EF1/WW07 is ook de laag onder de huidige bovengrond te fosfaatrijk. Hier heeft afgraven dan ook geen zin en zal voor een ander natuurdoel gekozen moeten worden.

Het risico op mobilisatie van fosfaat door interne eutrofiëring wordt besproken bij deelvraag 2 (5.2).

5 Conclusies

In de voorgaande hoofdstukken is uitvoerig beschreven hoe het gebied geologisch, bodemkundig en hydrologisch in elkaar zit en in hoeverre de fosfaattoestand de realisatie van schrale natuurdoeltypen belemmert. In dit hoofdstuk zullen een aantal conclusies getrokken worden door het beantwoorden van de in de offerteaanvraag geformuleerde deelvragen. Een deel van de vragen kan binnen dit project niet geheel beantwoord worden omdat deze vallen onder de modelstudie van het Waterschap.

5.1 Deelvraag 1

‘Wat is de huidige abiotische toestand van de percelen 1 t/m 6? Het gaat hier o.a. om de fosfaatgehalten en de zuurgraad van de bovengrond.’

5.1.1 Natuurdoelen en abiotische randvoorwaarden

De abiotische toestand is voor de 6 in te richten percelen getoetst aan de abiotische randvoorwaarden voor de volgende natuurdoelen:

- H6410 Blauwgraslanden
- H6230 Heischrale graslanden
- H4010_A Vochtige heiden (hogere zandgronden)
- H4030 Droge heide

Omdat er aanwijzingen zijn dat in perceel 1 en 2 in het verleden kalkmoeras is voorgekomen, is voor deze percelen ook het natuurdoel ‘H7230 Kalkmoerassen’ beoordeeld. Dit natuurdoel bevat ook een aantal vegetatietypen van de Blauwgraslanden.

Per perceel is aangegeven in hoeverre aan deze randvoorwaarden wordt voldaan in de huidige situatie en na eventueel afgraven. Voor het afleiden van de randvoorwaarden is gebruik gemaakt van de publicatie ‘Ecologische vereisten Habitattypen’ (Runhaar, Jalink et al. 2009). Hierbij is rekening gehouden met de mogelijke variatie binnen het (deel)perceel, bijvoorbeeld in de vochttoestand als gevolg van het reliëf.

Voedselrijkdom

Tabel 11 Ecologische vereisten voor voedselrijkdom

Habitattype	Voedselarm		Voedselrijk			
	Ze	er	Licht	Matig a	Matig b	Uiterst
H6410		K	K	A		
H6230	K	K	A			
H4010_A	K	K	A			
H4030	K	A				
H7230	A	K	K	K		

De ecologische vereisten voor de voedselrijkdom zijn in Tabel 11 opgenomen. In Tabel 12 is getoetst in hoeverre de huidige situatie hieraan voldoet en hoe de situatie zal veranderen na uitmijnen of afgraven. Met een grijze arcering is aangegeven wat volgens Runhaar et al. (2009) de indicatieve voedselrijkdom is bij het bodemtype en waterhuishouding. Daarbij is tevens per natuurdoel aangegeven of de voedselrijkdom voldoet in

de huidige situatie of na maximaal 10 jaar uitmijnen. Hierbij is alleen de voedselrijkdom beoordeeld, de andere standplaatsfactoren als zuurgraad en vochttoestand worden verderop beoordeeld. Met uitzondering van WW07 en WW08 zijn de perspectieven goed, zij het dat in een aantal gevallen aanbevolen zal worden een periode uit te mijnen. Met name in de percelen 2 en 3 lijkt op basis van de fosfaattoestand geen aanpassing van het huidige beheer nodig, hoewel er aanwijzingen zijn dat in perceel 3 het verlaten van het maaibeheer en de huidige extensieve begrazing hebben geleid tot vergrassing en vervilting van de zode (m.m. D. Joustra, zie ook Figuur 36). Om de heide te stimuleren zou herstel van het maaibeheer noodzakelijk. Afgraven zou in een aantal gevallen tot een voedselarmere situatie leiden dan voor de natuurdoelen wenselijk lijkt. Dat is met name het geval in perceel 5. Na afgraven blijft hier kaal zand over met een zeer lage nutriëntentoestand. Bij WW03, is de fosfaattoestand in de tweede laag weliswaar zeer laag, maar hier zal na afgraven een begraven bodem aan maaiveld komen die waarschijnlijk wel geschikt is voor blauwgrasland.

Tabel 12 Voedselrijkdom in de (deel)percelen bij de huidige bovengrond en na afgraven.

Perceel	Boring + laag	Pw (mg P ₂ O ₅ /l)	PSI	Voedselarm		Voedselrijk			H6410	H6230	H4010_A	H4030	H7230
				Ze	Matig	Licht	Matig	Ze					
1	WW01b	13	0,17		Pot.		Nu						
	WW01o	4	0,07		Nu		Nu						
2	WW02b	1	0,06	Nu	Nu								
	WW02o	0	0,02	Nu									
	WW03b	4	0,08		Nu								
3	WW03o	1	0,04	Nu									
	WW04b	1	0,06	Nu	Nu								
	WW04o	1	0,02	Nu									
	WW05b	3	0,04	Nu									
4	WW05o	1	0,02	Nu									
	WW06b	5	0,09	Pot.	Nu								
	WW06o	7	0,10	Pot.			Nu						
	WW07b	42	0,31				Pot.	Nu					
5	WW07o	37	0,35				Pot.	Nu					
	WW08b	27	0,18				Pot.	Nu					
	WW08o	1	0,05	Nu									
	WW09b	9	0,10		Pot.		Nu	Nu					
6	WW09o	1	0,05	Nu									
	WW10b	3	0,14	Pot.	Pot.		Nu						
	WW10o	3	0,13	Pot.	Pot.		Nu						
	WW11b	20	0,19		Pot.			Nu					

Toelichting:

	Indicatieve voedselrijkdom bij bodemtype en waterhuishouding (Runhaar, Jalink et al. 2009)
Nu	Actuele voedselrijkdom op basis van fosfaattoestand
Pot.	Potentiële voedselrijkdom na maximaal 10 jaar uitmijnen of verschrallen
	Haalbaarheid natuurdoel bij huidige voedselrijkdom of na maximaal 10 jaar uitmijnen

Zuurgraad

Tabel 13 Ecologische vereisten voor zuurgraad

	Basisch	Neutraal		Zwak zuur		Matig zuur		Zuur	
Habitattype	1	2a	2b	3a	3b	4a	4b	5a	5b
H6410			A	K	K	K	A		
H6230				K	K	K	K	A	
H4010_A					A	K	K	K	K
H4030							K	K	K
H7230	K	K	K	K	K	A			

Tabel 14 Zuurgraad in de (deel)percelen bij de huidige bovengrond en na afgraven ¹.

Perceel	Boring + laag	pH-KCl	CEC	Zuurgraadklasse										H6410	H6230	H4010_A	H4030	H7230
				1	2a	2b	3a	3b	4a	4b	5a	5b						
1	WW01b	7,79	40,6															
	WW01o	7,17	46,8	K														
2	WW02b	4,48	17,3						In						In		Z	
	WW02o	4,72	26,1						In						In		Z	
	WW03b	7,42	48,1	K														
	WW03o	7,18	34,1	K														
3	WW04b	3,94	19,4								In		Z					
	WW04o	4,09	20,8								In		Z					
	WW05b	3,79	18,7								In		Z					
	WW05o	3,86	18,8								In		Z					
4	WW06b	4,33	27,0							In		Z				In		
	WW06o	4,60	19,8							In		Z				In		
	WW07b	4,36	12,1					K		In		Z			K			
	WW07o	4,38	11,6					K		In		Z			K			
5	WW08b	4,37	21,3					K		In		Z			K			
	WW08o	4,91	9,1				K											
	WW09b	5,16	27,7				K											
	WW09o	5,00	13,0				K											
6	WW10b	4,70	14,6					K		In		Z			K			
	WW10o	4,68	14,4					K		In		Z			K			
	WW11b	4,28	18,8							In		Z				In		
Toelichting																		
	Huidige zuurgraad																	
K	Potentiële zuurgraad bij herstel kwel																	
In	Potentiële zuurgraad onder invloed van voortgaande infiltratie																	
	Natuurdoel bij huidige zuurgraad haalbaar, ook na herstel kwel of voortgaande infiltratie																	
Z	Natuurdoel bij huidige zuurgraad haalbaar, kan bij voortgaande infiltratie te zuur worden																	
K	Natuurdoel bij huidige zuurgraad haalbaar, kan bij herstel kwel ongeschikt worden																	
In	Natuurdoel bij huidige zuurgraad niet haalbaar, kan wel geschikt worden door verdere verzuring																	

Toelichting

	Huidige zuurgraad
K	Potentiële zuurgraad bij herstel kwel
In	Potentiële zuurgraad onder invloed van voortgaande infiltratie
	Natuurdoel bij huidige zuurgraad haalbaar, ook na herstel kwel of voortgaande infiltratie
Z	Natuurdoel bij huidige zuurgraad haalbaar, kan bij voortgaande infiltratie te zuur worden
K	Natuurdoel bij huidige zuurgraad haalbaar, kan bij herstel kwel ongeschikt worden
In	Natuurdoel bij huidige zuurgraad niet haalbaar, kan wel geschikt worden door verdere verzuring

¹ Grenswaarden voor de zuurgraad voor abiotische randvoorwaarden zijn gegeven als pH-H₂O. Voor de interpretatie van de gemeten pH-KCl zijn deze grenswaarden omgerekend.

Bij de huidige zuurgraad is Blauwgrasland, zonder rekening te houden met andere standplaatsfactoren, haalbaar in perceel 4 t/m 6 en in het noordelijk deel van perceel 2. In perceel 4 en 6 zal bij ongewijzigde hydrologie de zuurgraad na verloop van tijd echter te ver dalen. Bij WW07, WW08 en WW10 kan de zuurgraad bij herstel van kwel wel op een geschikt niveau gehouden worden of verbeterd worden. Voor Heischraal grasland lijkt ook perceel 3 een geschikte zuurgraad te hebben, hoewel dat bij verdere verzuring op lange termijn te zuur zou kunnen worden. Het beheer is hier al heel lang ongewijzigd, waarbij de zuurgraad nog steeds matig zuur is. Een geschikte zuurgraad voor Natte heide komt vooral voor in perceel 3, het noordelijk deel van perceel 4 (WW06) en bij WW11. Op dit moment is dat ook het geval bij WW07, WW10 en de bovengrond van WW08. Op deze locaties zal, indien kwel hersteld wordt de zuurgraad te hoog worden voor dit natuurdoeltype, waardoor eerder een ontwikkeling richting blauwgrasland verwacht mag worden. In het noordelijk deel van perceel 2 kan, op termijn, door infiltratie de zuurgraad alsnog geschikt worden. Voor droge heide is de zuurgraad alleen geschikt in perceel 3 en op termijn wellicht in het noordelijk deel van perceel 4 (WW06) en op de es in perceel 6 (WW11). In perceel 1 en 2 is de zuurgraad geschikt voor de ontwikkeling van kalkmoeras, hoewel bij WW02 op termijn de zuurgraad zal afnemen, ook in laag 2.

Vochttoestand

Tabel 15 Ecologische vereisten voor de vochttoestand

	Inunderend	zeer nat	nat	zeer vochtig	vochtig	matig droog	droog
	GVG (cm – mv.)				droogtestress (dagen)		
Habitattype	-20 - -5	-5 - 10	10 - 25	25 - 40	< 14	14 - 32	> 32
H6410		K	K	A			
H6230			K	K	K	K	K
H4010_A	K	K	K	K	K		
H4030					A	K	K
H7230	A	K	K	A			
H7220	K	K					

In Tabel 16 wordt een inschatting gegeven van de GVG, GLG en het aantal dagen droogtestress in de (deel)percelen, rekening houdend met het reliëf binnen de percelen en het 'vernattingseffect' van afgraven. Dit is in tabel 17 vertaald naar het bereik van de vochttoestand in de deelpercelen en de daaruitvolgende realisatiekansen en vernattingsbehoefte voor de natuurdoeltypen. Daarbij zijn de volgende uitgangspunten gebruikt:

- Op basis van de veldschatting van GHG en GLG in het boorpunt is een GVG berekend op basis van een relatie die voor een groot aantal peilbuizen is afgeleid (Ten Cate, van Holst et al. 1995)
- De ruimtelijke heterogeniteit van de vochttoestand binnen het perceel is bepaald door van het AHN bestand de maaiveldhoogte te nemen bij het boorpunt en de laagste en hoogste waarde binnen het deelperceel en dit te verrekenen met de GHG en GLG in het boorpunt.
- Om de GHG en GLG na afgraven vast te stellen is er van uitgegaan dat in het hele perceel een laag met een gelijke dikte wordt afgegraven. Dit is, zeker bij perceel 1 en 2 niet realistisch. De berekening moet dan ook als indicatief gezien worden.
- Als het laagste punt een groter hoogteverschil heeft met het boorpunt dan de diepte van de GHG komt met deze berekening de GHG in een deel van het perceel boven maaiveld. Dat kan waar zijn, maar is niet altijd realistisch omdat water dan zou afstromen. Bijvoorbeeld in de zuidoosthoek van perceel 3 doet zich dat wel voor. Na afgraven zal het zich op meer plaatsen voor kunnen doen, zeker bij perceel 1 en 2 waar de af te graven laag erg dik is. Voor de berekening is de minimale GHG op – 10 cm tov. maaiveld gesteld. Waar dit het geval is, is tussen haakjes de GVG meegegeven als de GHG niet was afgetopt. Afhankelijk van de mogelijkheden van het water om oppervlakkig af te

stromen zal de uiteindelijke GHG (en GVG) hoger of lager kunnen liggen. Bij perceel 1 en 2 heeft dat extra aandacht om te voorkomen dat daar een 'badkuip' ontstaat.

- De vereisten voor de vochttoestand is zijn voor Kalkmoeras (H7230) gelijk aan die voor Blauwgrasland, dat voor een deel ook dezelfde vegetatietypen omvat. Omdat bij perceel 1 en 2 vrij veel moeraskalk is aangetroffen is voor deze percelen ook de geschiktheid voor Kalktufbronnen (H7220) beoordeeld.

Tabel 16 Schatting van GVG, GLG en aantal dagen droogtestress in de (deel)percelen, rekening houdend met de spreiding in maaiveldligging

Perceel	Boring + laag	GVG			GLG			Droogtestress		
		punt	min	max	punt	min	max	punt	min	max
1	WW01b	42	6(-3)	64	115	69	138	0	0	4
	WW01o	3(-26)	-4(-37)	25(-4)	45	-1	68	0	0	0
2	WW02b	41	13	76	110	81	146	1	0	15
	WW02o	6(-3)	1(-31)	40(32)	65	36	101	0	0	0
	WW03b	27	8	49	100	80	122	0	0	1
	WW03o	5(-12)	2(-31)	26(10)	60	40	82	0	0	0
	WW04b	71	35	105	170	133	206	30	7	44
3	WW04o	61	25	96	160	123	196	14	1	33
	WW05b	43	2(-31)	84	120	43	163	3	0	25
	WW05o	33	1(-32)	75	110	33	153	0	0	10
	WW06b	37	31	94	110	104	169	1	0	29
	WW06o	22	17	80	95	89	154	0	0	11
4	WW07b	48	42	71	130	124	154	6	4	20
	WW07o	34	28	57	115	109	139	1	1	11
	WW08b	48	38	90	105	94	148	0	0	11
	WW08o	24	14	66	80	69	123	0	0	3
	WW09b	22	10	82	90	78	152	0	0	0
5	WW09o	6(-3)	4(-14)	66(57)	65	53	127	0	0	0
	WW10b	19	3(-30)	56	100	48	138	0	0	7
	WW10o	9(4)	1(-32)	45(41)	85	33	123	0	0	1
	WW11b	106	10	114	190	91	198	18	0	20

Tabel 17 Bereik van de vochttoestand, geschiktheid voor natuurdoelen en vernattingsbehoefte in de percelen, rekening houdend met de spreiding in maaiveldhoogte

Perceel	Boring + laag	water	droogvallend	Inunderend	zeer nat	nat	zeer vochtig	vochtig	matig droog	droog	H6410 + H7230	H6230	H4010_A	H4030	H7220
1	WW01b							P			V+32				
	WW01o		(P)		P										
2	WW02b							P			V+31				
	WW02o				P							V-20			
	WW03b						P				V+17				
	WW03o			(P)	P						V-5(-22)	V-20			
3	WW04b								P		V+61		L+65		
	WW04o							P			V+51		L+55		
	WW05b							P			V+33		L+15		
	WW05o						P				V+23				
4	WW06b						P				V+27				
	WW06o					P					V+12				
	WW07b							P			V+38				
	WW07o						P				V+24				
5	WW08b							P			V+38				
	WW08o					P					V+14				
	WW09b					P					V+12				
	WW09o				P						V-4	V-20			
6	WW10b					P					V+9				
	WW10o				P						V-1	V-15			
	WW11b								P		V+96		V+66		

Toelichting vochttoestand

	Bereik vochttoestand binnen het perceel
P	Vochttoestand in het boorpunt
	Bereik vochttoestand binnen het perceel, aangevuld voor GHG ondieper dan 10 cm boven mv
(P)	Vochttoestand in het boorpunt bij GHG ondieper dan 10 cm boven mv

Toelichting natuurdoelen

	Perceel geheel geschikt
	Perceel gedeeltelijk geschikt
V+12	Vernattingsbehoefte GVG in het boorpunt (negatief getal = punt is nu of na afgraven te nat voor dit natuurdoel)

5.1.2 Realisatiekansen Natuurdoeltypen

Op basis van de vergelijking van de actuele en potentiële standplaatsfactoren met de abiotische vereisten in de deelpercelen is in Tabel 18 een samenvatting gegeven van de realisatiekansen voor de beoogde natuurdoeltypen in de deelpercelen. In veel gevallen lijken Heischraal grasland en de Vochtige heide de meest waarschijnlijke typen, met op de droge dekzandkoppen in perceel 3 ook Droge heide. Hierbij is het wel van belang in perceel 3 (en 4) het maaibeheer te herstellen. Als de verdroging in perceel 4 en 5 teruggedraaid kan worden en ook de kwelinvloed hersteld kan worden nemen daar de realisatiekansen voor Blauwgrasland toe. Afgraven van de huidige bovengrond zal hier over het algemeen niet veel verbetering in brengen, behalve in delen van perceel 5, waar dit de enige manier lijkt om de voedselrijkdom op een geschikt niveau te krijgen. Hierbij neemt wel de verzuringsgevoeligheid van de bodem toe. Zonder herstel van de kwel zal zeker het zuidelijk deel van het perceel sterk verzuren. Overwogen kan worden om in perceel 5 en de afgegraven delen van perceel 4 een nieuwe bovengrond te maken door materiaal uit de Ronde weiden aan te brengen. Met name in perceel 2 is de voedselrijkdom laag en de textuur redelijk in overeenstemming met de huidige bovengrond in perceel 5. Voor materiaal uit perceel 1 geldt dat de bovengrond mogelijk iets te rijk is voor de beoogde natuurdoelen. Door het aanvullen van de bovengrond wordt zowel de verzuringsgevoeligheid als de verdrogingsgevoeligheid van het in te richten perceel verkleind. Voorwaarde is dan wel dat grondwaterstanden verhoogd worden en de kwel hersteld. Door afgraven ontstaat namelijk een kale grond die bestaat uit zwak lemig of leemarm dekzand. De bewortelingsmogelijkheid is daarin zeer beperkt. Dat betekent dat in geval van droogte de juist gevestigde vegetatie snel zal verdrogen. Het vochthoudend vermogen en de bewortelingsmogelijkheid van de opgebrachte grond is veel groter, waardoor schommelingen in de grondwaterstand minder snel tot verdroging zal leiden.

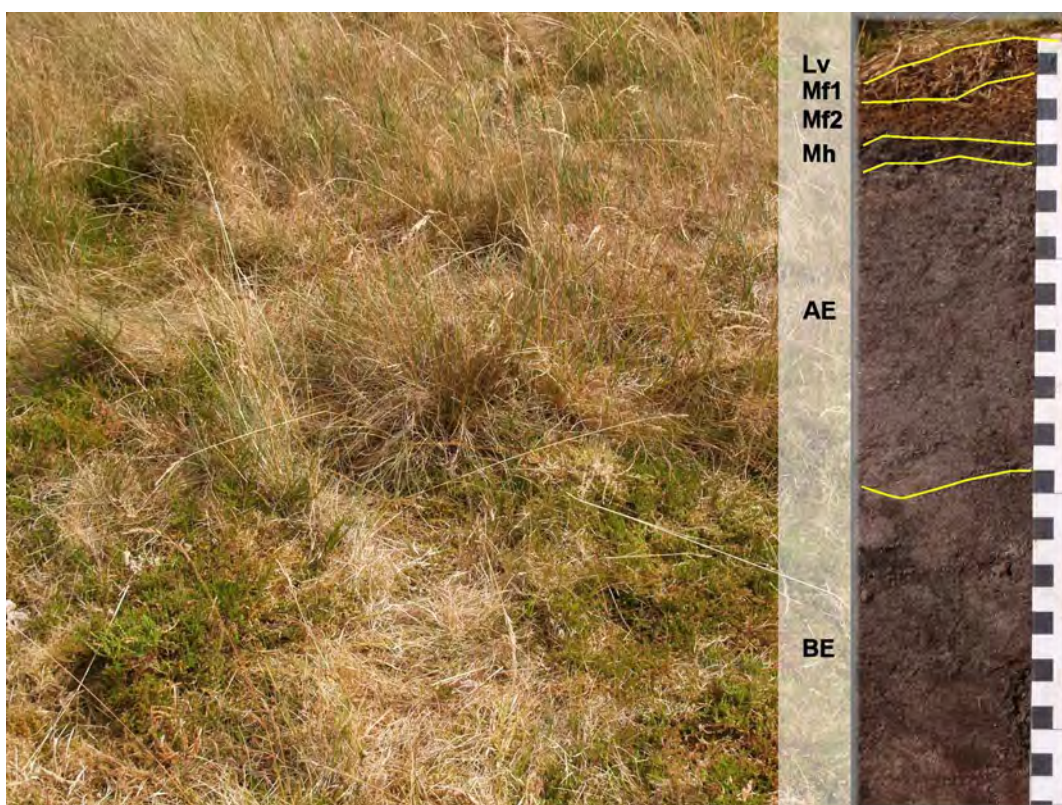
Bij de huidige bovengrond in de Ronde Weides (perceel 1 en 2) is een ontwikkeling in de richting van een Glanshavergrasland met overgangen in de richting van Kalkmoeras in natte kalkrijke delen en Heischraal grasland in drogere kalkloze delen het meest waarschijnlijk. Afgraven van de gestorte pakketten kan de kansen voor de ontwikkeling van Kalkmoeras en verschillende typen Blauwgrasland aanzienlijk vergroten. Daarbij is het mogelijk dat zeer lokaal in slenken Kalktufbronnen kunnen voorkomen. Hoewel dit nergens gedocumenteerd is, wijst het voorkomen van moeraskalk er op dat deze situatie zich in het verleden ook heeft voorgedaan. Bij de inrichting van de percelen kan een zwak hellend maaiveld nagestreefd worden, waarbij water zoveel mogelijk kan afgevoerd worden via een brede slenk die van oost naar west langzaam afloopt naar het westelijk deel van perceel 2. In het diepste deel van de slenk kan geaccepteerd worden dat water tijdelijk boven maaiveld blijft staan. Dat komt overeen met de reconstructie van het oorspronkelijk reliëf in Figuur 19. Aan de westkant zou het water dan moeten kunnen overlopen in de Vossenveldsbeek om te voorkomen dat te veel neerslagwater stagneert in de gegraven laagte. Mogelijk moet in het traject stroomafwaarts van dit punt de bodem van de beek hier op aangepast worden (iets uitgediept). Dat zal hooguit over een kort traject het geval zijn, omdat het maaiveld naar het westen toe snel lager wordt. Hiervoor zou een waterpassing uitgevoerd moeten worden. Een andere consequentie van de maaiveldreconstructie kan de verdroging van de omliggende bossen zijn. Dat zal in de afwegingen meegenomen moeten worden.

Tabel 18 Realisatiekansen voor de beoogde natuurdoeltypen in de deelpercelen

Perceel	Boring + laag	H6410	H6230	H4010_A	H4030	H7230	Toelichting
1	WW01b						Kalkmoeras alleen in de laagste delen langs de noordrand, Groot deel van het perceel te droog hiervoor. Op drogere delen

Perceel	Boring + laag	H6410	H6230	H4010_A	H4030	H7230	Toelichting
							Glanshaverhooiland. pH te hoog voor andere natuurdoelen.
	WW01o						Na afgraven gestort materiaal grotendeels geschikt, mits voldoende afwatering mogelijk is. In slenken zou lokaal kalktufbron voor kunnen komen. Naar het zuiden toe mogelijk ook overgangen naar Blauwgrasland.
2	WW02b						Heischraal grasland met overgangen naar Blauwgrasland en Kalkmoeras, op termijn mogelijk verschuiving richting Vochtige heide. Door vernatten (GVG + 30 cm) is geschikt areaal voor Blauwgrasland te vergroten.
	WW02o						Overgang Heischraal naar Natte heide. Delen te nat voor Heischraal grasland. Te voedselarm voor Blauwgrasland
	WW03b						Kalkmoeras vooral in het lagere gelegen midden van perceel 2. naar het noorden en zuiden te droog (noord zie WW02). In het zuiden meer Glanshaverhooiland. pH overal te hoog voor andere natuurdoelen
	WW03o						Na afgraven gestort materiaal grotendeels geschikt, mits voldoende afwatering mogelijk is. Kalktufbron hier minder waarschijnlijk, omdat GLG hier te diep weg zakt. Langs zuidrand ook ontwikkeling richting Blauwgrasland mogelijk.
3	WW04b						Vanwege reliëf diverse overgangen in Heischraal grasland, Vochtige en Droge hei. Voedselrijkdom is bij huidig beheer reeds laag. Op hogere delen komt vrij veel struikheide voor. Dit lijkt door wegvallen maaibeheer te zijn afgenomen. Bij verdere verzuring verschuiving van Heischraal naar Heide (natuurlijk proces).
	WW04o						Als WW04b, maar nog voedselarmer. Mogelijk snellere ontwikkeling naar Heide
	WW05b						Zie WW04b
	WW05o						Zie WW04o, na afgraven net iets vochtige, waardoor aandeel Droge hei geringer.
4	WW06b						Vochttoestand en zuurgraad lijken geschikt voor Heischraal grasland en deels voor Vochtige hei, bij verdergaande verzuring ook Droge hei. Voedselrijkdom nu nog te hoog voor Hei, maar door verschrallen wel verder te verlagen (zie ook perceel 3)
	WW06o						Als WW06b, met groter aandeel Vochtige hei, mogelijk overgangen naar Blauwgrasland
	WW07b						Voedselrijkdom te hoog voor alle beoogde natuurdoelen. Indien voedselrijkdom door uitmijnen verlaagd kan worden, ontwikkeling naar Heischraal grasland het meest waarschijnlijk. Door wegvallen kwel te zuur en te droog voor Blauwgrasland. Om Blauwgrasland mogelijk te maken zal hier de GVG 25 tot 40 cm omhoog gebracht moeten worden.
	WW07o						Als WW07b
5	WW08b						Als WW07b
	WW08o						Na eventueel afgraven van de bovengrond nog te droog voor Blauwgrasland, aanvullend zou GVG ca 15 cm verhoogd moeten worden, met versterking van de kwelinvloed (verminderen ontwatering). Na afgraven mogelijk te voedselarm voor Blauwgrasland. CEC ook erg laag, waardoor verzuringsgevoeligheid toeneemt. Evt. na afgraven weer aanvullen met materiaal uit de Ronde weiden
	WW09b						Voedselrijkdom te hoog, ook na uitmijnen en vochttoestand iets te droog

Perceel	Boring + laag		Toelichting
		H6410	
		H6230	
		H4010_A	
		H4030	
		H7230	
			voor Blauwgrasland
	WW09o		Na eventueel afgraven mogelijk deels geschikt voor Blauwgrasland, hoewel lokaal te nat. Voedselrijkdom en zuurbuftercapaciteit mogelijk te laag. Evt. na afgraven weer aanvullen met materiaal uit de Ronde weiden
6	WW10b		Bij huidige hydrologie lijkt ontwikkeling in de richting van Vochtige heide het meest voor de hand te liggen. Voedselrijkdom daar nog te hoog voor, maar door verschralen te verlagen. Verzuring zal verder doorzetten. Indien kwel hersteld kan worden en GVG verhoogd (ca 10 cm) is ook ontwikkeling richting Blauwgrasland mogelijk
	WW10o		Vergelijkbaar met WW10b, na afgraven wel wat natter, maar voedselrijkdom even hoog.
	WW11b		Voedselrijkdom nog wel te hoog voor Heischraal grasland, door uitmijnen te verlagen. Gebruik als kruidenrijke akker ook te overwegen.
			(deel)perceel grotendeels geschikt voor dit natuurdoeltype
			(deel)perceel gedeeltelijk geschikt, of geschikt na aanvullende hydrologische maatregelen en/of uitmijnen



Figuur 36 Veldpodzolgrond met Heidexeromullmoder bij CD2-WW05. In het schraalgrasland komt reeds veel struikheide voor, maar bedekking lijkt bij huidige beheer weer wat af te nemen.

5.2 Deelvraag 2

Wat is het effect van vernatting bij dempen/verondiepen van waterlopen in zowel de huidige toestand als de toestand na eventueel afgraven?

Het gaat hier o.a. om sulfaatgehalten, ijzer en calcium om interne eutrofiëring te voorkomen. In verband met een GGOR-proces worden vernattingsmaatregelen verwacht. De mate van vernatting is nog niet bekend. De opdrachtgever wil inzicht in de ecologische wenselijkheid van vernattingsmaatregelen, zodat dit kan worden gebruikt als input voor het GGOR-proces.

Realisatiekansen en vernattingsbehoefte

Als gevolg van verdroging zijn de realisatiekansen voor de natuurdoeltypen in de huidige situatie niet overal optimaal (zie

Tabel 17). Vernattingsmaatregelen in het kader van het GGOR-proces kunnen daar mogelijk verbetering in aanbrengen. Voor de huidige hydrologische situatie zijn in Tabel 18 voor een situatie met en zonder afgraven realisatiekansen bepaald op basis van de abiotische randvoorwaarden van de natuurdoeltypen (Runhaar, Jalink et al. 2009). Bij het bepalen van de realisatiekansen na afgraven is de gewijzigde profielopbouw na afgraven meegewogen door o.a. de zuurbuftercapaciteit te vergelijken (zie ook Tabel 2).



Figuur 37 De diepe sloten in het dal zorgen voor een sterk verlaagde grondwaterstand en vangen kwel af, zoals hier tussen de 'Lange wei' en het 'Nieuwe veentje'.

Voor het bepalen van de vochttoestand is uitgegaan van de grondwatertrappenkartering uit 1998 (Kleijer en Ten Cate 1998) en de in deze studie verzamelde gegevens (zie 3.1.1). Omdat de mate van vernatting die bereikt kan worden in het GGOR-proces nog niet bekend is kunnen voor die situatie geen realisatiekansen bepaald worden. Wel is aangegeven hoe groot de vernattingsopgave is per natuurdoeltype, m.a.w.: hoever zou bijvoorbeeld de GLG verhoogd moeten worden om een optimale standplaats voor het natuurdoeltype te realiseren? Of deze situatie bereikt kan worden hangt dan af van de uitkomst van het GGOR-proces en mate waarin de hydrologie beïnvloed kan worden.

Door Van den Bosch (2007) wordt aangegeven dat vernatting in droge perioden beperkt mogelijk is vanwege de goed doorlatende ondergrond in het oude dalsysteem. Ook water van het plateau zal over de ondoorlatende ondergrond afstromen naar het dalsysteem. Voor natte perioden voorziet Van den Bosch wateroverlast in de omgeving. De bodemtypen in het dal laten echter zien dat hier in het verleden veel hogere grondwaterstanden voorgekomen moeten zijn. Dat geldt met name voor het voorkomen van beekbedgronden en in de randzone ook moerige gronden. Verkleinen van de ontwateringsdiepte, met name in het systeem van de Afwatering van de Bekeringswieste en de daaraan gekoppelde diepe sloten zal ervoor zorgen dat het water langer in het dalsysteem wordt vastgehouden en hogere grondwaterstanden mogelijk zijn. Dit zal zeker benedenstrooms eerder tot minder wateroverlast leiden omdat water meer geleidelijk afstroomt.

Binnen de in te richten percelen zijn de grondwaterstanden vooral te laag in de zuidelijke delen van perceel 4 en 5, maar is het ontbreken van kwel ook een probleem in de lage delen van perceel 6. Ook in perceel 1 en 2 komt kwel in de huidige situatie niet dicht genoeg bij maaiveld. Zuurbuffering vindt hier vooral plaats door de in het stortmateriaal aanwezige kalk. Na afgraven zal met name in perceel 1 de kwelinvloed wel groter zijn.

Bij perceel 1 en 2, maar ook buiten de in te richten percelen, speelt overal in de overgangszone en het aangrenzende deel van het plateau de verdrogende werking van de gegraven bovenloop van de Vossenveldsbeek een belangrijke rol (zie 3.2). Stagnerend water dat in natte perioden voor hoge grondwaterstanden op het plateau zorgt en de kwel in de randzone kan opstuwten wordt hier afgevangen waardoor ook de overgangszone sterk verdroogd is en kwel grotendeels is verdwenen.

Om in het dal de grondwaterstanden op een geschikt niveau te brengen voor de natuurdoeltypen lijkt een verhoging van de drainagebasis van minimaal 30 tot 50 cm noodzakelijk. Dat kan bereikt worden door het sterk verondiepen van de Afwatering van de Bekeringswieste en de aangekoppelde diepe sloten. Hiermee zal ook de kwelinvloed in het dal versterkt worden.

Om de verdroging van de randzone tegen te gaan zal de ontwatering door de gegraven bovenloop van de Vossenveldsbeek drastisch beperkt moeten worden. Hierbij zou zelfs overwogen kunnen worden deze waterloop geheel te dempen, waarmee de situatie van voor de jaren 30 van de 20^e eeuw gedeeltelijk hersteld wordt. Neerslagwater zal dan niet meer afgevoerd worden, maar langer vastgehouden worden op het plateau en na infiltratie de kwel in de randzone opstuwten. Het zonder meer dempen van deze waterloop zou door een plotselinge stijging van de voorjaarsgrondwaterstanden mogelijk tot enige sterfte van bomen kunnen leiden (Olsthoorn, Kopinga et al. 2003; Kopinga 2009). Hierop wordt ingegaan in paragraaf 5.5 en 5.7. De sloot die nu nog langs het Vliegveld en de Lange wei naar het noorden in de gegraven bovenloop van de Vossenveldsbeek stroomt zou verondiept en aangekoppeld kunnen worden aan het slotenstelsel dat zuidwaarts naar de Afwatering van de Bekeringswieste stroomt.

Zowel het verondiepen van de sloten als het grotendeels opheffen van de gegraven bovenloop van de Vossenveldsbeek zal een sterk vernattend effect op het gebied hebben, waarbij tevens de kwel hersteld kan worden. Dit is gunstig voor de realisatiekansen van de kwelafhankelijke natuurdoeltypen Blauwgrasland en Kalkmoeras. Voor de Heischrale graslanden en Heidetypen zal het een verschuiving naar nattere vormen betekenen. Daarbij kunnen wel risico's bestaan voor interne eutrofiëring. Hierop wordt in de volgende paragrafen ingegaan. Het effect van vernatting op de bossen wordt besproken in paragraaf 5.7.

Interne eutrofiëring

Aanwezigheid van fosfaat in de bodem kan onder bepaalde omstandigheden aanleiding geven tot het proces dat bekend staat onder de naam 'interne eutrofiëring' en waarbij fosfaat gemobiliseerd wordt (Van Beek, Jalink et al. 2001; Lamers, Dolle et al. 2001; Kemmers, Bolhuis et al. 2008).

Door vernatting kan in aanwezigheid van sulfaat interne eutrofiering ontstaan. Het risico van interne eutrofiering is groot bij een overmaat aan sulfaat ten opzichte van ijzer in de bodem ($\text{Fe/S} < 1$). Uit een studie naar pyrietvorming in relatie tot natuur bleek dat in ijzerhoudende gronden tot een concentratie van 1 mmol.l⁻¹ sulfaat vrijwel geen effecten van interne eutrofiering konden worden aangetoond (Van Delft, Kemmers et al. 2005). Concentraties van 1 mmol.l⁻¹ sulfaat kunnen als vrij hoog voor oppervlaktewater worden gekenschetst. Bij ijzerrijke gronden wordt de P-buffercapaciteit door sulfaataanvoer en daarop volgende sulfaatreductie nauwelijks aangetast. Uit empirisch onderzoek (van Delft et al., 2005) bleek dat bij vernatting aanwezigheid van sulfaat geen extra effect had op de mobilisatie van fosfaat. Uit experimenteel onderzoek van Kemmers en Nelemans (2007) bleek dat in ijzerrijke gronden de fosfaatadsorptiecapaciteit na vernatting toeneemt door nieuwvorming van amorfe Fe-oxiden uit kristallijne Fe-oxiden. Daardoor bleek de fosfaatbeschikbaarheid na een aanvankelijke toename tijdens de eerste week van vernatting weer af te nemen in de daarop volgende weken.

Omdat in kalkhoudende bodems fosfaat gebonden is in slecht oplosbare calciumfosfaten bestaat in die bodems wordt er vaak van uit gegaan dat er geen gevaar voor interne eutrofiëring bestaat (Bobbink, Hart et al. 2007). Het voorkomen van kalk is bepaald bij de profielbeschrijvingen.

Factoren die van invloed zijn op de reductie van ijzerhydroxiden en de daaruit volgende interne eutrofiering zijn de volgende (Van Beek, Jalink et al. 2001; Van Delft en Jansen 2003; Kemmers, Kuiters et al. 2005):

- Permanente vernatting met sulfaathoudend water
- Goed afbreekbare organische stof
- Fosfaatverzadigingsgraad
- Samenstelling fosfaatbuffer; kalk, (Fe-OH₃ vs Al-OH₃)

Bij dit proces wordt pyriet gevormd. De vorming van pyriet hoeft echter niet altijd tot mobilisatie van fosfaat te leiden omdat dit ook afhankelijk is van de omvang en samenstelling van de fosfaatbuffer (ijzer- en aluminiumgehalte, aanwezigheid van kalk) en de mate waarin deze bezet is met fosfaat (PSI). Het voorkomen van pyrietaccumulatie in bodemlagen zou wel een aanwijzing kunnen zijn dat processen die tot interne eutrofiëring kunnen leiden zich afspelen. Aanwijzingen voor pyrietvorming zijn hoge sulfaatgehaltes in het grondwater en een hoge pH (> 6,5). Dat oxidatie van pyriet uit de tertiaire en mesozoïsche afzettingen tot hoge sulfaatgehaltes leidt die bij kwel weer tot pyrietvorming aanleiding kunnen geven is duidelijk naar voren gekomen in paragraaf 3.2.3.

Om inzicht te krijgen in de vorming van pyriet en het risico op interne eutrofiëring in de in te richten percelen moet, naast de fosfaattoestand, ook informatie over de samenstelling van het grondwater, het voorkomen van goed afbreekbare organische stof en het pH-profiel verkregen worden. Hiervoor zijn de volgende aspecten beoordeeld:

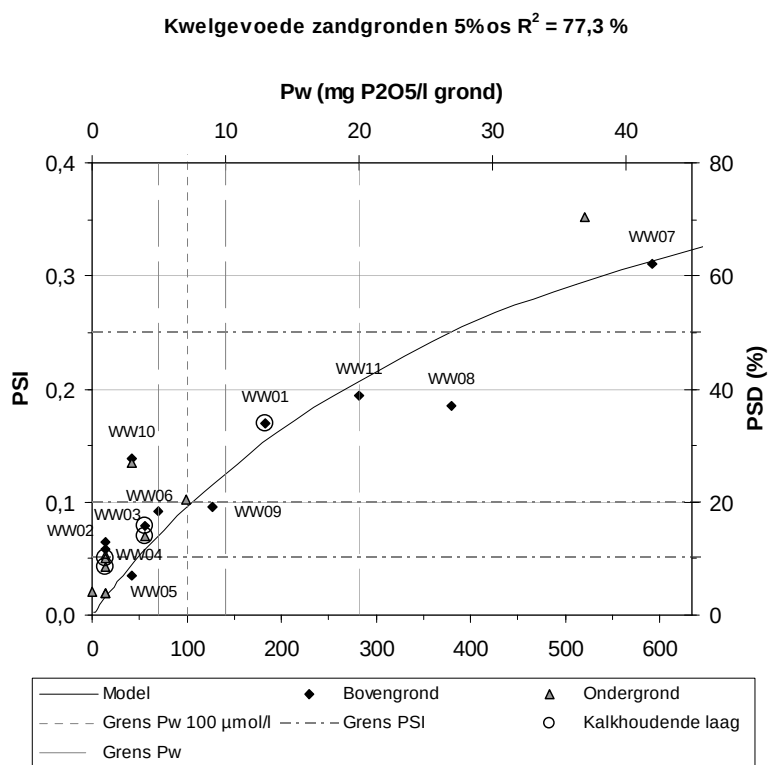
- Sulfaatgehalte in de grondwatermonsters en enkele oppervlaktewatermonsters (3.1.3), aangevuld met reeds bekende cijfers over sulfaat in oppervlaktewater in het gebied.
- De aanwezigheid van goed afbreekbare organische stof door humusprofielen te beschrijven volgens de humusvorm typologie (Van Delft 2004)
- pH-profielen
- Kalkhoudendheid van de verschillende horizonten in de profielen dmv. verdund zoutzuur
- Fosfaatverzadigingsgraad
- Aandeel Fe-OH₃ vs. Al-OH₃ in de fosfaatbuffer

Op basis van deze beoordeling is een inschatting gemaakt van de kans op interne eutrofiëring bij vernatting, zowel in de huidige bovengrond als in de situatie na afgraven.

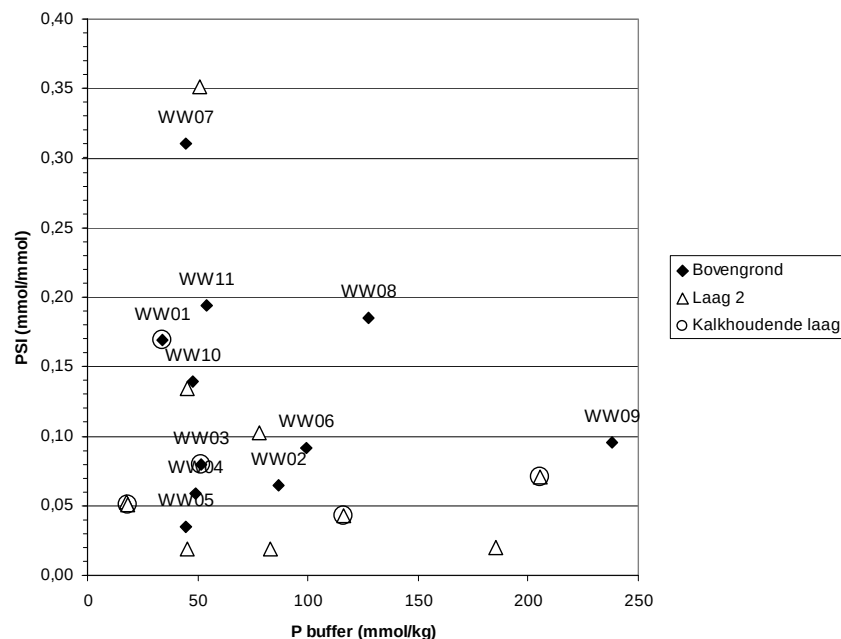
Vernattingsbehoefte

In de vorige paragrafen is aangegeven dat voor het realiseren van met name de kwelafhankelijke natuurdoeltypen in de percelen 4, 5 en 6 een forse verhoging van de GLG en GVG en een toename van de kwelinflow in de wortelzone nodig is. Hierdoor zal een groter deel van de bodem (periodiek) verzadigd zijn met water. Ook het deel van het profiel dat permanent verzadigd is (onder GLG niveau) wordt groter. Omdat in de zone boven GLG reductie en oxidatie worden afgewisseld, zal eventueel gemobiliseerd fosfaat hier weer neerslaan en de fosfaatbuffercapaciteit alleen toenemen (Kemmers en Nelemans 2007). Daarom is alleen de verhoging van de GLG van belang. Verhoging van de GLG met ca 50 cm zal de GLG op ca 50 tot 80 cm brengen. Op deze diepte komen geen hoge fosfaatgehalten voor. In de lage delen van perceel 5 en 6 zal de GLG echter wel in het bereik van fosfaathoudende lagen kunnen komen (10 – 30 cm – mv.).

Na afgraven van de bovengrond verandert er aan de absolute diepte van de GLG niet veel. Dezelfde lagen als in de situatie zonder afgraven raken permanent vernat. Bij perceel 1 en 2 zou, vanwege de grotere afgravingsdiepte in combinatie met vernatting de nieuwe bovengrond in delen van de percelen wel permanent vernat kunnen worden. Vanwege de lage fosfaattoestand zal dit geen gevolgen hebben voor de interne eutrofiëring.



Figuur 38 Relatie tussen actueel beschikbaar fosfaat (Pw) en fosfaatverzadigingsgraad (PSI) in de bodemonsters.



Figuur 39 Fosfaat verzadigingsgraad en omvang van de fosfaatbuffer

Sulfaatgehalte grond- en oppervlaktewater

Het grondwater in het dal en in de randzone bevat hoge concentraties sulfaat. Door neerslaginvloed is de concentratie in het bovenste water meestal lager, maar als de kwel hersteld wordt moet zeker met een hoge sulfaatconcentratie rekening gehouden worden. Hiermee verband houdende pyrietvorming zal met name optreden aan de bovenkant van de permanent verzadigde zone (GLG-niveau) (Van Delft, Kemmers et al. 2005)

Goed afbreekbare organische stof

Hogere organische stof gehalten die nodig zijn om bij permanente vernatting voor reductie te zorgen komen in de in te richten percelen nergens voor binnen het bereik van de huidige GLG. Bij vernatting zou dat het geval kunnen zijn in de lagere delen van perceel 5 en 6 en misschien lokaal in de voormalige bovengrond van perceel 1 en 2 die na afgraven weer aan maaiveld komt.

Fosfaatverzadigingsgraad

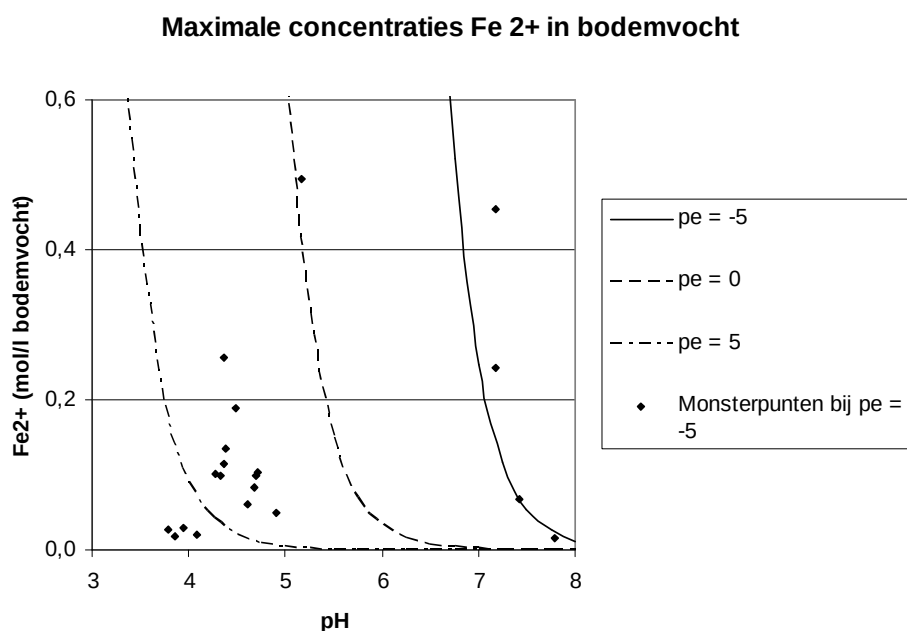
De fosfaattoestand is vooral hoog in de bovengronden (Figuur 38), met uitzondering van WW07 waar deze ook in de tweede laag hoog is. Interne eutrofiëring zal dan vooral plaats vinden waar de bovengrond permanent vernat wordt. Dat zou met name in de natte delen van perceel 5 (WW08) een rol kunnen spelen. In dit perceel is de fosfaatbuffer ook vrij groot (Figuur 39) waardoor het effect van pyriet vorming op de buffercapaciteit relatief gering is.

Samenstelling fosfaatbuffer

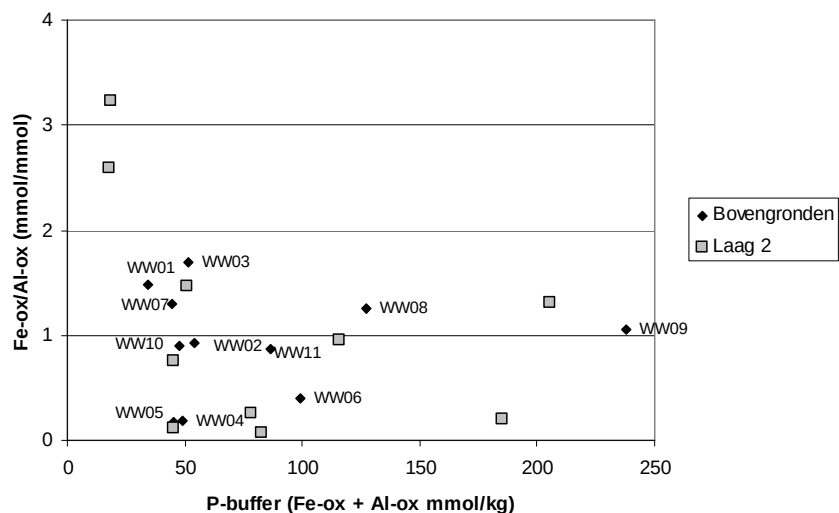
Om na te gaan of het kalkgehalte van een deel van de bodems van invloed is op de fosfaatbuffer zijn in Figuur 38 en Figuur 39 kalkhoudende bodems gemarkeerd met een cirkel. Bij WW01, WW03 (boven en onder) en WW09 (onder) komt kalkrijk materiaal en/of een hoge pH voor. Een pH-KCl > 7 doet vermoeden dat kalk wel aanwezig is. De relatie tussen Pw en PSI lijkt voor deze punten niet sterk af te wijken van die bij kalkloze monsters. Dit komt overeen met de bevindingen in een studie met verschillende bodemtypes waarbij met uitzondering van kalkhoudende zandgronden in vrijwel alle bodems de P-beschikbaarheid gecontroleerd door Fe en Al (Koopmans, W.J. et al. 2006). Omdat in kleigronden en waarschijnlijk ook in de keileem van Willinks Weust, de hoeveelheid Fe en Al erg hoog is, wordt de fosfaatconcentratie in het bodemvocht op een zodanig

laag niveau gebufferd dat precipitatie van calciumfosfaten niet plaatsvindt. Daarbij speelt de hoge pH wel een rol.

Mobilisatie van fosfaat bij vernatting (interne eutrofiëring) wordt veroorzaakt door het oplossen van $\text{Fe}(\text{OOH})$. Oplossen van $\text{Al}(\text{OOH})$ speelt daarbij geen rol. Bij hoge pH-waarden is deze oplosbaarheid geringer dan bij lage waarden. In Figuur 40 is voor drie waarden voor pe (redoxpotentiaal) uitgerekend wat de theoretische ijzerconcentraties, afhankelijk van de pH zijn. Hieruit kan opgemaakt worden dat onder gereduceerde omstandigheden bij $\text{pH} > 6$ zeer weinig $\text{Fe}(\text{OH})_3$ wordt opgelost en dus de fosfaatbindingscapaciteit gehandhaafd blijft. Het is dus niet zozeer de vorming van onoplosbare kalkfosfaten die een rol speelt, maar mogelijk wel de hoge pH.



Figuur 40 Theoretische Fe^{2+} concentratie, afhankelijk van redoxpotentiaal en pH.



Figuur 41 Verhouding tussen Fe en Al in de fosfaatbuffer.

Voor de bovengronden waar het oplossen van ijzerhydroxiden een rol zou kunnen spelen bij interne eutrofiëring, blijkt dat ongeveer de helft van de fosfaatbuffer gevormd wordt door Al-hydroxiden die niet in oplossing gaan (Figuur 41). Dat geldt met name voor de lagere delen van perceel 5 en 6 (WW08 en WW10). In de monsters met een podzolprofiel (WW04, WW05 en WW06) domineert Al over Fe.

Risico interne eutrofiëring

Tabel 19 Samenvatting risico's interne eutrofiëring per deelperceel en laag (+ = groter risico, - = kleiner risico). Voor WW08 en WW09 is een variant toegevoegd, waarbij het perceel na afgraven weer op hoogte gebracht wordt met materiaal uit perceel 1 en 2 (WW08h en WW09h).

Perceel	Boring + laag	Effect							Risico	Opmerking
		Vernatting	Sulfaat	Organische stof	PSI	Fosfaatbuffer	Kalk (via pH)	Fe(OH) ₃ / Al(OH) ₃		
1	WW01b	+	++		+	+	-	+	-	Fosfaathoudende laag zal niet gereduceerd raken
	WW01o	+++	+++	(+)		-	-	+	--	Vrijwel geen fosfaat
2	WW02b					+		+-	-	Weinig fosfaat en geen vernatting in bovengrond
	WW02o	++	+			-		-	--	Vrijwel geen fosfaat
	WW03b	+	+			+	-	+	-	Weinig fosfaat en weinig vernatting in bovengrond
	WW03o	+++	++	(+)		-	-	+-	--	Vrijwel geen fosfaat
	WW04b	(+)	(+)			+		-	-(+)	Zeer lage fosfaattoestand, alleen vernatting in laagste delen
3	WW04o	(+)	(+)			+		-	-	Vrijwel geen fosfaat
	WW05b	(+)	(+)			+		-	-(+)	Zeer lage fosfaattoestand, alleen vernatting in laagste delen
	WW05o	(++)	(+)			+		-	-	Vrijwel geen fosfaat
	WW06b	+	(+)			+		-	(+)	Alleen in laagste delen; elders geen vernattingseffect en Al dominant
4	WW06o	+	(+)		+	+		-	(+)	Alleen in laagste delen; elders geen vernattingseffect en Al dominant
	WW07b	++	++		+++	+		+	+-	Vooral in laagste delen, gemobiliseerd fosfaat slaat in bovengrond weer neer
	WW07o	++	+++		+++	+		+	+	Vooral in laagste delen indien permanent nat
	WW08b	+(++)	+	(+)	++	-		+-	++	Vooral in natste delen
5	WW08o	+(++)	++			+		++	-	Fosfaattoestand in laag 2 laag
	WW08h	+(++)	++			+	-	+	-	Opgebrachte laag bevat zeer weinig fosfaat
	WW09b	++	+		+	-		+-	++	Vooral in natste delen
	WW09o	++	+++			+	-	++	-	Fosfaattoestand in laag 2 laag
	WW09h	++	+			+	-	+	-	Opgebrachte laag bevat zeer weinig fosfaat

Perceel	Boring + laag	Effect							Risico	Opmerking
		Vernatting	Sulfaat	Organische stof	PSI	Fosfaatbuffer	Kalk (via pH)	Fe(OH) ₃ / Al(OH) ₃		
6	WW10b	+(++)	+	(+)	++	+		+-	+	Vooraf in laagste delen indien permanent nat
	WW10o	+(++)	++		++	+		+-	++	Vooraf in laagste delen indien permanent nat
	WW11b					+		+-	-	Geen vernattingseffect

Het risico op interne eutrofiëring bij vernatting is in

Tabel 19 samengevat per deelperceel en per laag. Dit risico is het grootst in de lagere delen in het dal en dan met name waar de fosfaattoestand hoog is en het vernattingseffect groot (perceel 5). Voor de tweede laag in dit perceel is het risico klein omdat er weinig fosfaat in zit. Ook als besloten wordt om na afgraven het perceel weer op te hogen met materiaal uit de Ronde weiden (perceel 1 en 2) is het risico klein omdat dit materiaal weinig fosfaat bevat. Voor WW07 zal het risico groter zijn bij afgraven, omdat fosfaat dat uit laag 2 gemobiliseerd wordt in laag 1 weer zal neerslaan. Als laag 1 ontbreekt komt het beschikbaar voor de vegetatie. Overigens geldt zowel voor het zuidelijk deel van perceel 4 (WW07) als voor perceel 5 dat de huidige bovengrond toch al te voedselrijk is voor de na te streven natuurdoeltypen waardoor het effect van interne eutrofiëring beperkt zal zijn. In perceel 5 zou afgraven wel voor zowel de voedselrijkdom als beperken van het risico op interne eutrofiëring gunstig zijn. Het nadelige effect op zuur- en vochtbuffer kan opgeheven worden door het perceel na afgraven weer op te hogen (zie boven)

In perceel 6 bestaat vooral in de lagere delen gevaar voor interne eutrofiëring omdat vernatting hier vrij hoog in het profiel van invloed zal zijn en daar zowel organische stof als fosfaat aanwezig zijn. Voor de laagste delen van perceel 3 geldt hetzelfde, hoewel daar de fosfaattoestand wel veel lager is. In perceel 3 zou een oplossing kunnen zijn om bij vernatting in de laagste delen een laag van 10-15 cm af te plaggen. In perceel 6 is dat waarschijnlijk niet afdoende omdat ook in de tweede laag fosfaat voor komt. Hier is het van belang te zorgen voor voldoende afwatering in de winter en droogval in de zomer om te voorkomen dat permanent gereduceerde omstandigheden kunnen ontstaan.

5.3 Deelvraag 3a

Klopt het grondwatermodel van het Waterschap Rijn en IJssel voor dit gebied?

Het beantwoorden van deze vraag valt niet direct onder dit project. De verzamelde meetgegevens dienen wel om model te verbeteren.

5.4 Deelvraag 3b

Wat is de invloed van de Afwatering van de Bekeringswieste op met name het zuidelijk deel van het Natura 2000-gebied?

Uit de analyse van grondwaterstanden en –stromingen, met name in transect EF (Figuur 29) blijkt duidelijk dat deze sterk beïnvloed worden door de Afwatering van de Bekeringswieste en de daaraan gekoppelde sloten (zie ook Figuur 37). Voor EF1 werd met name een grote afwijking gevonden tussen de veldschatting van de GHG en de gemeten standen in maart 2010. De standen in juli lijken overeen te komen met de ontwateringsdiepte van deze sloot. De invloed van de aangekoppelde sloten komt tot uiting in het stijghoogteverloop bij CD1 (Figuur 26) dat duidelijk afgetopt wordt door de sloot langs het perceel. De ontwatering lijkt de meeste invloed te hebben op de GHG omdat de meeste sloten in de zomer droog vallen. Het is echter aannemelijk dat de snelle afvoer van het neerslagwater en een belangrijk deel van het kwelwater zorgt voor een geringe aanvulling van het grondwater waardoor de GLG ook sterk verlaagd is. Onder de podzolgronden in het erosiedal zakken de grondwaterstanden dieper weg dan de ontwateringsdiepte, mogelijk door afstroming naar de doorlatende zanden van de zanden van Ratum. Door de geringere aanvulling zullen echter ook hier de standen negatief beïnvloed zijn door de ontwatering.

De diepe ontwatering voert ook alle kwelwater af zodat dit niet meer in de wortelzone kan komen (3.2.2 en 3.2.3), waarschijnlijk heeft dit ook invloed op de kwel in de randzone met het plateau. Dat kwel in delen van het erosiedal oorspronkelijk wel tot in maaiveld kwam blijkt duidelijk uit de kwelkanskaart (Figuur 30).

5.5 Deelvraag 3c

Hoe functioneert het gebied van het Nieuwe Veentje van Westhoff en De Miranda in hydrologisch opzicht?

Het Nieuwe Veentje is duidelijk sterk verdroogd door het graven van de bovenloop van de Vossenveldsbeek en de ontginningsspogingen in de jaren 30 van de 20^e eeuw. Van het door Westhoff en De Miranda beschreven kalkmoeras is weinig meer over. Het veentje dat door Westhoff en de Miranda als het 'Nieuwe Veentje' werd aangeduid was tot het begin van de dertiger jaren van de 20^e eeuw bijzonder soortenrijk, met o.a. verschillende zeldzame orchideeënsoorten en Karwijselie. In de loop van de dertiger jaren was het al sterk aan het verdrogen en in 1937 door een greppel verder ontwaterd en ontgonnen. Door Bannink en Pape (1967) werd in het dekzand onder het veentje een 'kalkmeerbodem' aangetroffen. Bij de boring in het transect (CD3) is dit niet meer teruggevonden.

Het voorkomen van een moerige bovengrond en de door Bannink en Pape aangetroffen 'kalkmeerbodem' wijzen op permanent natte omstandigheden onder invloed van kwel in het verleden. Dat komt ook overeen met het moeras dat op oude kaarten is aangegeven (Figuur 23). Uit de analyse van de transecten (Figuur 28) komt naar voren dat hier sprake was van een combinatie van kwel vanuit het zuidoosten door het erosiedal en afstroming van geïnfiltreerd neerslagwater vanaf het plateau. Door het hoge calciumgehalte van dit water kon moeraskalk (tuf) neerslaan. Hierbij waren de calciumconcentraties waarschijnlijk hoger dan op basis van het kalkevenwicht verwacht mag worden als gevolg van de oxidatie van pyriet in de oude afzettingen waar het water door stroomde. Als gevolg van de pyrietoxidatie kwamen ook verhoogde sulfaatconcentraties voor die de vorming van moeraskalk stimuleerden, samen met de secundaire neerslag van pyriet (paragraaf 3.2.3 en Figuur 32).

Veranderingen in de waterhuishouding hebben dit proces gestopt en tot gedeeltelijke verzuring geleid:

- Door het graven van de bovenloop van de Vossenveldsbeek wordt het water dat van het plateau afstroomt afgevangen, waardoor dit het Nieuwe veentje niet meer kan bereiken. Dit heeft vooral invloed op de aanvulling in de winter en het opstuwen van de kwelstroom vanuit het zuiden
- Begreppeling van het veentje en de omliggende bospercelen heeft de afvoer van het kwel- en neerslagwater versterkt waardoor het veentje verder verdroogd is.
- De diepe ontwatering in het erosiedal door diepe sloten die gekoppeld zijn aan de Afwatering van de Bekeringswieste heeft verdere verdroging versterkt en zorgt dat kwelstromen afgebogen worden.



Figuur 42 Sterk verdroogd broekbos in het Nieuwe Veentje bij CD3. Het humusprofiel is een moereerdmoder (DEo)

Bij CD3 lijkt in het voorjaar nog wel sprake te zijn van kwel. In Figuur 26 is te zien dat tot half mei het water dicht bij maaiveld staat. In de droge periode die daar op volgt zakt het water echter sterk weg tot ca 130 cm – mv half augustus. In die periode is de aanvulling door kwel weggevallen. Tijdens de daarop volgende natte periode stijgt het water echter weer snel tot bijna aan maaiveld. In tegenstelling tot de profielen op het plateau blijven de standen daarna vrij hoog tot aan het eind van de meetreeks (16 september). Dit kan er op wijzen dat het locale systeem in die periode weer tijdelijk is aangevuld door water dat over het plateau is afgestroomd. Bij EF3 wordt een vergelijkbaar patroon gevonden (zie Bijlage 5).

Als gevolg van de ontwatering is een deel van het veen door oxidatie verdwenen. In CD3 wordt slechts een dunne laag sterk veraard moerig materiaal aangetroffen, waarbij als humusvorm een moereerdmoder ontwikkeld is (Figuur 42). Het kan zijn dat deze laag in de kern van het veentje nog wel wat dikker is. Omdat het waarschijnlijk is dat in het verleden, naast kalk ook pyriet gevormd is in de bodem zal hier door de verdroging ook weer pyrietoxidatie hebben plaatsgevonden met verzuring als gevolg. De hoge sulfaatgehalten in het grondwater, zowel in het voorjaar als de zomer wijzen daar ook op, hoewel deze ook verklaard kunnen worden door de toegenomen pyrietoxidatie in de Muschelkalk en het Bontzandsteen als gevolg van stikstofdepositie (3.2.3). De verzuring zal op plaatsen waar moeraskalk voor kwam gebufferd zijn door het oplossen van kalk. In hoeverre dat in de kern van het veentje nog het geval is, is niet duidelijk. Bij CD3 werd geen kalk (meer) aangetroffen en is de bovengrond duidelijk verzuurd. Toch worden hier nog veel soorten uit het Vogelkers-essenbos (43B2-1) aangetroffen, dat gebonden is aan basenrijke zand- of lemige gronden (Everts, Jongman et al. 2010). Ook het ontbreken van een ectorganische strooisellaag wijst er op dat de standplaats weliswaar verzuurd is ten opzichte van het voormalige kalkmoeras, maar nog wel een redelijke zuurbuffer heeft. CD3 ligt op de overgang tussen het Vogelkers-essenbos en het Wilgenstruweel (36A2-3) waar nattere omstandigheden voorkomen en mogelijk nog wel sprake is van enige kwel. Beide vegetatietypen hebben kenmerken van Elzenbroekbossen en de Rietklasse gemeen. In het voorjaar van 2010 was het wilgenstruweel echter te nat om een peilbuis te plaatsen. Daarom is in overleg met de opdrachtgever en

Staatsbosbeheer de huidige locatie gekozen. Het voorkomen van de veraarde veenrest bij CD3 geeft aan dat het moeras veel groter geweest moet zijn dan het huidige Wilgenstruweel.

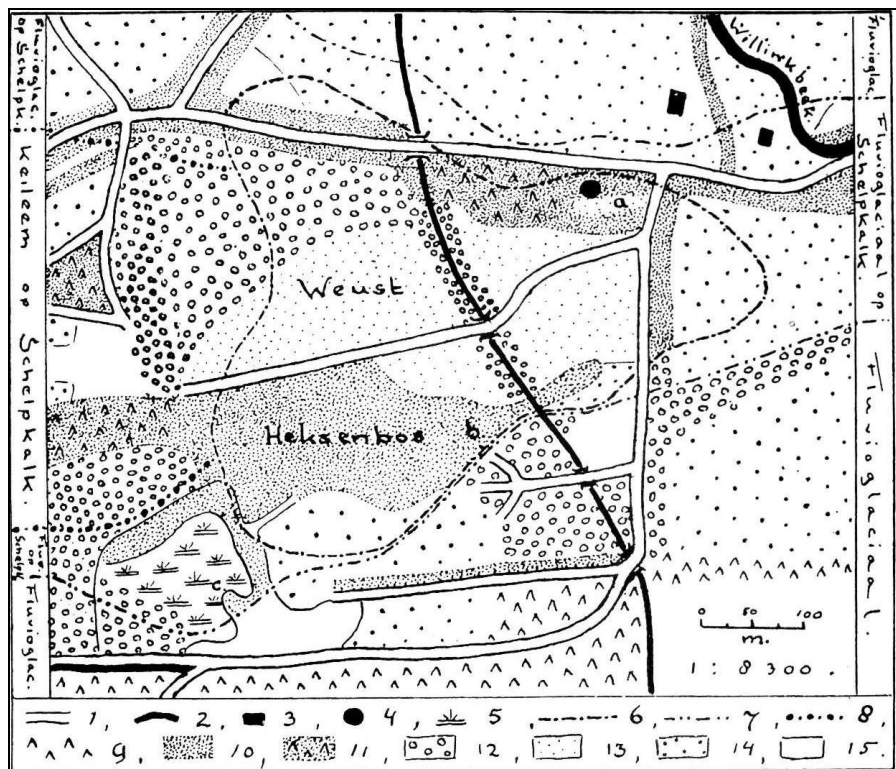
De samenstelling van het grondwater en het pH-profiel (Bijlage 4) wijzen hier op een ondiepe neerslaglens. Kwelwater komt wel vrij ondiep voor, maar wordt door de diepe ontwatering deels verdrongen door neerslagwater, waarbij ook pyrietoxidatie een rol speelt.

Herstel van de oorspronkelijke waterhuishouding kan de kwel ter plaatse waarschijnlijk wel herstellen. Daarvoor is het in elk geval noodzakelijk dat de gegraven bovenloop van de Vossenveldsbeek gedempt of sterk verondiept wordt en dat de greppels in het Nieuwe veentje en de omliggende bossen zoveel mogelijk afgesloten of gedempt worden zodat neerslagwater weer kan infiltreren en via kalkrijke afzettingen in het veentje kan doordringen. Ook de diepe ontwatering door de sloot langs de Lange wei zal opgeheven moeten worden. Om het herstel van het kalkmoeras te bevorderen zou dan ook het wilgenstruweel verwijderd moeten worden.

5.6 Deelvraag 3d

Hoe zijn de grondwaterstromingen en waterkwaliteiten in de schraallanden?

Door de NJN (Westhoff en Miranda 1938) werd de vegetatie bij de zgn. Staringputten aan de oostkant van de Willinks Weust getypeerd als het *'Pijpenstrootjesgezelschap, een associatie van welige, vochtige voedselrijke weiden in de Alpenlanden en de Duitse middelgebergten'*. Karakteristiek daarbij is de afwisseling van 's zomers een oppervlakkig droge bodem en 's winters hoog opstijgend (kalkrijk) water. Samen met een aantal andere in Nederland zeer zeldzame soorten wordt de Karwijselie als zeer karakteristiek genoemd. Het vegetatietype wordt beschouwd als een vervangingsgemeenschap van het Eiken-haagbeukenbos. De plantengemeenschap ligt hier aan de grens van zijn verspreidingsgebied omdat hij sterk gebonden is aan een landklimaat. In het meer gematigde klimaat van Nederland kan het alleen voorkomen op kalkrijke bodems met de juiste afwisseling tussen droge en natte omstandigheden. Verder werd opgemerkt dat op de heide ook lokaal kalkminnende soorten voorkwamen. Bij testen met zoutzuur werd in de hei echter nergens kalk aangetroffen. Westhoff en de Miranda schrijven de ontkalking en het voorkomen van hei op deze oorspronkelijk kalkrijke bodem toe aan een vroegere aanplant van sparren die inmiddels weer is gerooid. De kalkminnende soorten zijn dan nog als relict te beschouwen. Deze heide komt overeen met de schraalgraslanden die nu bekend staan als de 'Grote Weust' en de 'Kleine Weust', hoewel het oppervlak wel kleiner geworden is (Figuur 43). Op de topografische kaart van 1936 is slechts een klein stuk hei aangegeven. De rest is nog bos (Figuur 23).



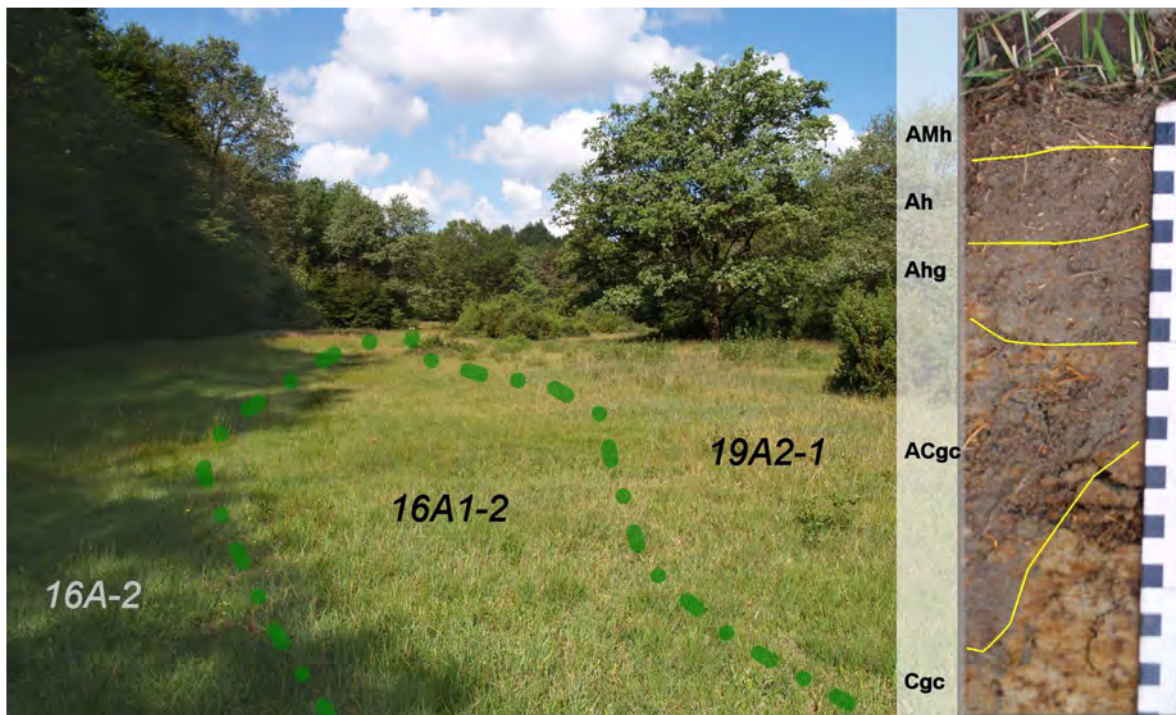
Detailkaartje van Weust en Heksebos.

1. Pad. 2. Beek of greppel. 3. Boerderij. 4. Staringpoeltje. 5. Het Nieuwe Veentje (dat nu geen veen meer is). 6. Grens van de aan de oppervlakte liggende Schelpkalk (schelpkalkeiland). 7. Grens van de Schelpkalk, bedekt door minder dan 20 dm. fluvioglaciale mantel. 8. Grens van de Schelpkalk, bedekt door minder dan 20 dm. grondmoreene (keileem). 9. Dennen„bos” (aanplant). 10. Eikenhaagbeukenbos. 11. Eikenhaagbeukenbos, ten gronde gericht door inplanting van Coniferen. 12. Voedselarm bos: elzenberkenbroek (Alnion) en droger. 13. Heide met Vliegdennen. 14. Weiland. 15. Akker.

Figuur 43 Kaart van Willinks Weust en Heksebos rond 1938 (Westhoff en De Miranda, 1938).

Door Bannink en Pape (1967) werd in 1966 nog tussen de hei Kale jonker en Kleine valeriaan aangetroffen. Dit werd, net als andere opvallende afwisselingen in de vegetatie, toegeschreven aan de sterk wisselende hydrologische en bodemkundige factoren, waarbij aanbevolen werd de door hen gemaakte bodem en grondwatertrappenkaart schaal 1 : 5 000 nog verder te detailleren.

Op de vegetatiekaart van 2009 (Everts, Jongman et al. 2010) is in de Grote Weust een gradiënt aangegeven van Heischraal grasland (19A2-1; Associatie van klokjesgentiaan en borstelgras) met groepen Jeneverbes (41A1-2; Gaffeltandmos-Jeneverbesstruweel, subassociatie van Rozen) op de hoogste delen naar Blauwgrasland (16A1-2; Blauwgrasland, subassociatie van Borstelgras) in een overgangszone en in de lage rand langs het bos een Rompgemeenschap van Blauwe knoop-Blauwe zegge-[Verbond van Biezenknoppen en Pijpenstrootje] (16A-2) die gekenmerkt wordt door het voorkomen van Sterzegge en Geoord veenmos. In Figuur 44 is deze gradiënt globaal aangegeven. Karwijselie komt nog steeds voor in de Grote Weust en wordt vooral aangetroffen binnen het Heischraal grasland rondom de jeneverbessen (eigen waarneming juli 2010).



Figuur 44 Vegetatiezonering en humusprofiel bij AB3. Het humusprofiel is een IJzerrijke kleihydromullmoder (yLDHn).

Bij een veldbezoek van DLG in juni 2009 werd in een plasje op het maaiveld pH = 5 gemeten (Huijskes 2009). Hoewel de schraallanden op het kalksteenplateau gekenmerkt worden door een sterke uitdroging in de zomer kunnen ze na een periode met veel neerslag kennelijk ook weer erg nat worden. Om die reden komt het voor dat de schraallanden niet in augustus of september gemaaid kunnen worden omdat ze te nat zijn (Scherpenisse-Gutter en Verbeek 2001).

Het grondwaterstandsverloop in peilbuis AB3 wijst er op dat de natte omstandigheden in het maaiveld voornamelijk toe te schrijven zijn aan stagnatie van neerslagwater op het maaiveld en dan met name binnen de rompgemeenschap met Geoord veenmos. Bij de peilbuis, die geplaatst is op de overgang van het Blauwgrasland naar het Heischraal grasland zijn in natte perioden in het voorjaar van 2010 geen standen in de buurt van het maaiveld gemeten (Bijlage 5 en Figuur 27). De gemiddelde grondwaterstand in maart 2010 bedroeg 74 cm – mv. en de hoogste standen in die periode waren 46 cm – mv. In het bodemprofiel komen vanaf 10 cm – mv. sterk roestige ijzerrijke lagen voor die ontstaan zijn bij hogere waterstanden in het verleden of na zware regenval zoals in augustus 2010. Opvallend is dat in augustus (korte) pieken met standen dicht bij maaiveld voorkomen. Dit heeft te maken met de geringe bergingscapaciteit van de keileem. In deze zone lijkt verdroging door wegzijging naar de groeve een rol te spelen. Hoewel in diverse onderzoeken geen aanwijzingen gevonden zijn voor verdroging als gevolg van wegzijging naar de groeve (zie 3.1.2) blijkt dat hier toch wel het geval te zijn, hoewel de invloed van de groeve volgens Bannink en Pape (1967) beperkt is tot ca 100 m van de rand. De Grote Weust en een deel van de Kleine Weust vallen echter geheel binnen deze zone van 100 meter! Verder naar het zuiden zal deze verdroging een minder grote rol spelen. Naast de drainerende werking van de groeve zal ook de verkleining van het inzijsgebied een rol spelen. Water dat ter hoogte van de groeve viel, zal over de slecht doorlatende lagen zuidwaarts gestroomd zijn en ter plaatse van de huidige Weust voor periodiek hogere grondwaterstanden gezorgd hebben.

Waar vroeger stagnerend neerslagwater periodiek tot zeer natte omstandigheden in het hele profiel aanleiding gaf, lijkt zich dit nu alleen voor te doen op het maaiveld in de lagere delen van de Weust en gedurende korte pieken na zware regenval. Dit geeft ook aanleiding tot een oppervlakkige verzuring omdat kalkrijk water minder hoog in het profiel kan komen. Het pH-profiel (Bijlage 4) laat een zeer scherpe gradiënt in de zuurgraad zien.

Beneden de kalkgrens (op 30 cm) is de pH overal hoger dan 7,0 en daarboven overal lager dan 5,5, op 5 cm zelfs 4,5. Het watermonster van maart is duidelijk beïnvloed door het hoge kalkgehalte in de keileem boven de Muschelkalk. Deze keileem bevat veel brokjes Muschelkalk. Het watermonster heeft een hoog kalkgehalte en daardoor een grote verwantschap met hard grondwater (3.2.3). Door de stagnatie van neerslagwater in het maaiveld en de diepe grondwaterstanden heeft dit grondwatertype echter geen invloed meer in het maaiveld. Het is wel mogelijk dat dieper wortelende soorten het wel kunnen bereiken, of dat via capillaire opstijging de invloed toch hoger in het profiel merkbaar is. Daarnaast is de ontkalkingsdiepte (30 cm op de locatie van de peilbuis) minder groot dan de diepte van het grondwater. Overigens lijkt het er op dat de bovengrond ook in de dertiger jaren al ontkalkt was, terwijl de groeve hier toen nog geen invloed had. Door Westhoff en De Miranda (1938) werd deze ontkalking toegeschreven aan de aanplant van sparren in de 19^e eeuw.

Hoewel duidelijk sprake is van verdroging en verzuring lijkt de vegetatie in de Weust nog steeds onder invloed te staan van de kalkrijke ondergrond. Verzuring lijkt met name een rol te spelen langs de zuidrand van de Weust, waar neerslagwater stagneert op de bovengrond. Omdat het maaiveld in het bos naar het zuiden verder afloopt, lijkt het aannemelijk dat de afstroming van het neerslagwater belemmerd wordt door de wal die langs de zuidrand van de Weust loopt. Overwogen kan worden om in deze wal op een aantal plaatsen een doorgang te maken om de afstroming van neerslagwater te bevorderen. Ook uitbreiding van de Weust naar het zuiden, waar minder verdroging is opgetreden zou overwogen kunnen worden. Dat zou wel ten koste gaan van waardevol Eiken-haagbeukenbos. Dit is in strijd met de instandhoudingsdoelstelling voor dit habitatype, waarvoor dan elders gecompenseerd moet worden. Herstel van de hydrologie in de randzone heeft naar verwachting echter ook kwaliteitsverbetering voor de Eiken-haagbeukenbossen tot gevolg en mogelijk een uitbreiding (zie 5.7). Op de kaart van Westhoff en De Miranda (Figuur 43) is te zien dat de Weust zich vroeger ook uitstreekte ten zuiden van de zgn. Weustwal.

5.7 Deelvraag 3e

Hoe is het waterstandsverloop in de eikenhaagbeuken- en overige bossen aan weerszijden van de bovenloop van de Vossenveldsbeek?

Het lijkt er op dat sinds de ontwateringsmaatregelen in de jaren 30 van de 20^e eeuw verdroging is ingetreden in de bossen van Willinks Weust. Door NJN werd opgemerkt dat in 1933 al wel greppels in het bos aanwezig waren, maar dat er nog maar weinig verzuringsinvloeden (Eiken-Berkebosplanten) merkbaar waren, maar dat dat in 1938 al wel aan het veranderen was (Westhoff en Miranda 1938). Daarnaast wordt aangegeven dat de (toen nog kleine) groeve een verdrogende werking zou hebben op het bos. Door Bannink en Pape (1967) wordt gesteld dat deze verdroging er wel zal zijn, maar vanwege de slecht doorlatende ondergrond waarschijnlijk beperkt blijft tot een strook van ca 100 meter. De grondwaterstanden in de transecten lijken dat te bevestigen (3.2.1). Het is wel aannemelijk dat de hoeveelheid water die naar de lagere overgangszone van plateau naar erosiedal kan afstromen verminderd is als gevolg van de groeve. Afhankelijk van de vraag waar het water in de randstrook van 100 meter langs de groeve naar toe stroomt, bedraagt deze vermindering 20 tot 50 % van de oorspronkelijke hoeveelheid (zie 3.2.2). Samen met de gegraven bovenloop van de Vossenveldsbeek heeft dit zeker tot verdroging van de bossen geleid. Dat is met name van invloed op de voor de Eiken-haagbeukenbossen kenmerkende hoge winter- en voorjaarsgrondwaterstanden. De zomergrondwaterstanden zijn waarschijnlijk altijd al diep geweest.

Het bosperceel waar peilbuis AB1 in ligt was halverwege de 19^e eeuw nog hooiland (m.m. F. Smeding). Op de topografische kaart van 1916 is dit ook nog het geval, op de kaart van 1930 staat hier bos aangegeven.

Door Scherpenisse-Gutter en Verbeek (2001) wordt aangegeven dat afname van de kwaliteit van de bossen wordt veroorzaakt door verdroging en verzuring en het verlaten van het hakhoutbeheer. Door oppervlakkige

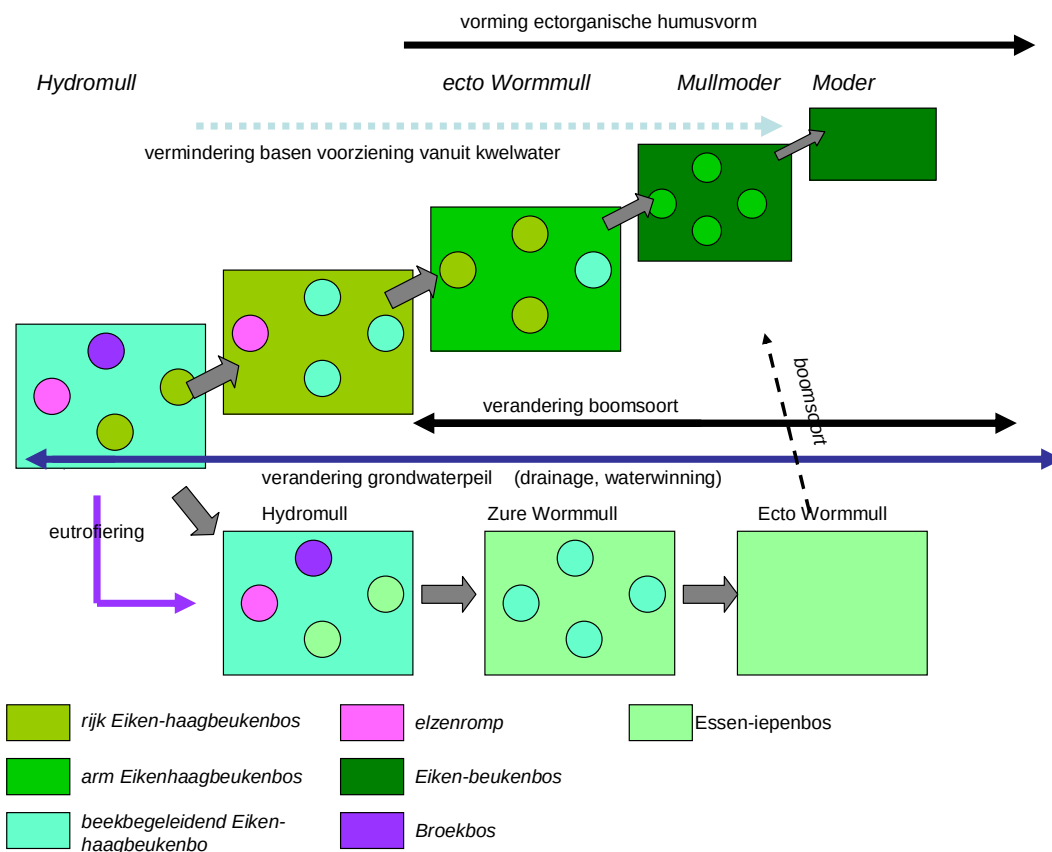
verzuring neemt accumulatie van strooisel toe, met name van eik. Bij verouderen van het bos zal naar verwachting de toename van licht op de bodem zorgen voor een versnelde afbraak van het strooisel met verruiging tot gevolg. De afname van het voorkomen van Sleutelbloem kan een aanwijzing zijn voor verdroging (m.m. F. Smeding).

Voor de bossen aan weerszijde van de gegraven bovenloop van de Vossenveldsbeek zijn grofweg drie zones te onderscheiden:

1. Door kwel gevoede bossen langs de randzone van het erosiedal (AB1, CD3 en EF4)
2. Bossen op keileem zonder, of met een dun zanddek (AB2)
3. Bossen op zand met een keileem tussen 40 en 80 cm – mv. (CD4)

Ad 1: Door kwel gevoede bossen langs de randzone van het erosiedal (AB1, CD3 en EF4)

De bossen in de randzone werden oorspronkelijk door kwel gevoed, hetgeen duidelijk tot uiting komt in de deels ijzerrijke beekerdgronden die hier voorkomen en lokaal zelfs het voorkomen van moeraskalk. Lokaal is de kwelinvloed nog wel aanwezig, maar over het algemeen is deze wel afgenomen. Het functioneren van het voormalige kalkmoeras in het Nieuwe veentje is reeds besproken in paragraaf 5.5. Voor de overige bossen in deze zone, inclusief de bossen rondom het Nieuwe veentje, zijn de ontwikkelingsschema's die door Alterra opgesteld zijn voor de rijke bossen op de hogere zandgronden (De Waal en Bijlsma 2010) erg inzichtelijk (zie Figuur 45). Als gevolg van het mesoreliëf kunnen binnen eenheden die als geheel tot een bepaald bostype gerekend kunnen worden 'eilanden' voorkomen van nattere of drogere standplaatsen. In het schema wordt dit door gekleurde rondjes aangegeven.



Figuur 45 Voorbeeld van een ontwikkelingsschema voor rijke bossen op kwelgevoede zandgronden (bron: De Waal en Bijlsma, 2010)

Door de relatief natte omstandigheden zorgen kleine verschillen in maaiveldhoogte voor een grote variatie in standplaatsen, waardoor relatief veel soorten een geschikte standplaats vinden. Een voorbeeld is het bos op rabatten bij EF4, waar op de rabatten Kamperfoelie, Pijpestro, Bosbes en Stekelvaren groeien en in de greppels Mannagras en Gele lis. Op de flanken van de rabatten groeien pollen zegge, waaronder Bleke zegge. Het relatief zure milieu op de rabatten komt tot uiting in het pH-profiel dat bij de buis, op een rabat, is beschreven (Bijlage 4). Het grondwater bevat hier in het voorjaar ook een vrij groot aandeel neerslagwater en het pH-profieltype is een diepe neerslaglens. In de zomer is het aandeel grondwater veel hoger. Het humusprofiel is beschreven op de flank van een rabat, waar de strooiselvertering goed is (Beekhydromull). Bovenop de rabatten is geen humusprofiel beschreven, maar hier zal een mullmoder voorkomen. Dit is wel het geval bij AB1, waar kwelinvloed duidelijker tot uiting komt in de grondwatersamenstelling en tot hoog in het profiel voor een hoge pH zorgt (Bijlage 4). Toch neemt hier door stagnerend neerslagwater de pH in de bovenste 20 cm af van 6,5 op 25 cm naar 4,2 op 5 cm. Als gevolg daarvan is een IJzerrijke Boshydromullmoder (yLHDb) ontstaan. De vegetatie bestaat uit een soortenarme vorm van het Eiken-beukenbos (42A-4; RG Zomereik-Gaffeltandmos-[Zomereik-verbond]).



Figuur 46 Vogelkers-essenbos; vorm van Kleine valeriaan en Koninginnekruid (43B2-2) met een IJzerrijke beekhydromull bij EF4.

Ook elders in de randzone zorgen hoogteverschillen voor een afwisseling van Elzenbroekbossen, Vogelkers-essenbossen, Eiken-haagbeukenbossen en Eikenberkenbossen. Uit de beschrijvingen van deze bostypen (Everts, Jongman et al. 2010) komt ook naar voren dat in al deze bostypen overgangen voorkomen naar andere drogere of nattere typen. Deze afwisseling zal er altijd wel geweest zijn, maar aangenomen mag worden dat door de verdroging een verschuiving van links onder naar rechtsboven in het schema van Figuur 45 heeft plaatsgevonden.

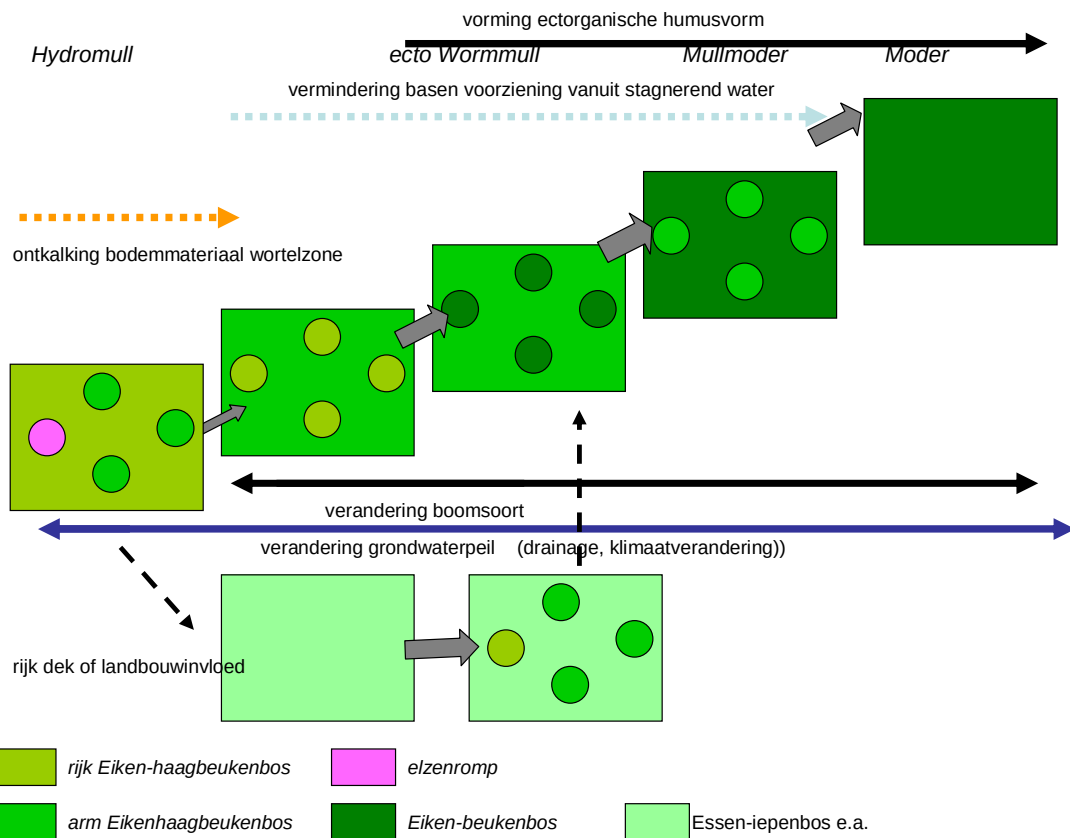
Vernatting, door het geleidelijk opheffen van de ontwatering door de gegraven bovenloop van de Vossenveldsbeek en het verondiepen van de sloten in het erosiedal zal door hogere grondwaterstanden en toename van de kwelinvloed een verschuiving terug naar links onder in het schema mogelijk moeten zijn. Hierdoor zal het aandeel rijk Eiken-haagbeukenbos en Broekbos weer toe kunnen nemen.

Omdat de samenstelling van het bos in deze zone zich na 80 jaar verdroging aangepast heeft aan de nieuwe situatie, zullen sommige bomen problemen kunnen ondervinden van de voorgestelde vernatting. In hoeverre dat het geval is hangt o.a. af van het huidige grondwaterstandsverloop, de mate en snelheid van vernatting en de gevoeligheid van boomsoorten voor vernatting (Olsthoorn, Kopinga et al. 2003; Kopinga 2009). Vooral verhoging van de GLG kan door afname van de bewortelingsruimte tot problemen leiden. Bij grondwatertrap III wordt door Olsthoorn et al. voor Es en Els een maximale GLG stijging van 3 dm toelaatbaar geacht en voor meer gevoelige soorten als Eik en Beuk 2 à 3 dm. Het is nog niet helemaal duidelijk hoe groot de GLG stijging zal zijn bij de voorgestelde maatregelen. Stijging van de GHG is in principe minder schadelijk, mits er geen water boven maaiveld blijft staan in het late voorjaar (april/mei). Daarnaast wordt geadviseerd om vernatting geleidelijk toe te passen om bomen de gelegenheid te geven zich aan de nieuwe situatie aan te passen. Daarom kan ook overwogen worden om in plaats van het geheel dempen van de waterloop, deze te verondiepen en/of een regelbaar stuw te plaatsen zodat bij onvoorziene wateroverlast buiten de winterperiode de mogelijkheid blijft bestaan overtollig water af te voeren. Hiervoor wordt door Olsthoorn et al. ook een eenvoudige oplossing voorgesteld door in bestaande duikers een 'knie' te plaatsen. Normaal staat de opening omhoog, zodat geen water wordt afgevoerd. Bij wateroverlast kan de knie naar beneden gedraaid worden zodat water door kan stromen.

Overigens kan de vraag gesteld worden in hoeverre enige sterfte van bomen acceptabel is, gezien de natuurdoelstelling. Voorafgaand aan de vernatting zouden de meer gevoelige boomsoorten verwijderd kunnen worden. Voor het natste deel (het eigenlijke veentje) en eventueel een zone eromheen, wordt in elk geval geadviseerd het struweel en bomen te verwijderen (zie 5.6).

Ad 2: Bossen op keileem zonder, of met een dun zanddek (AB2)

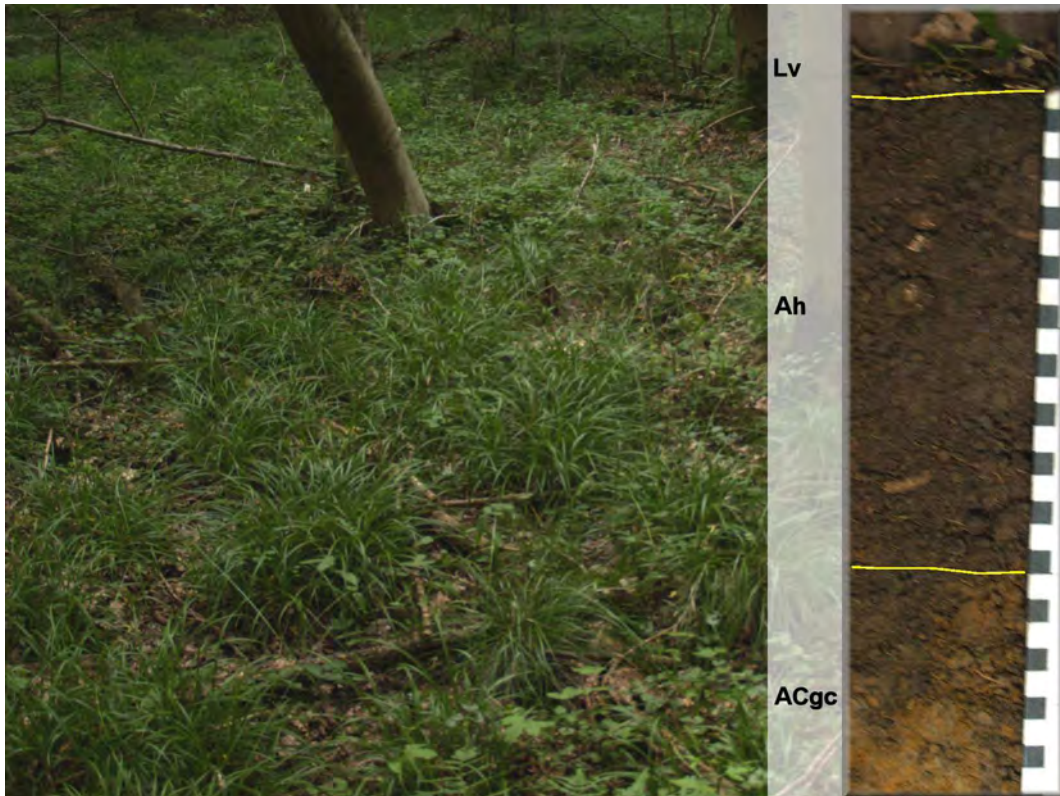
In deze zone wordt de standplaats sterk beïnvloed door de mate waarin water stagneert en van invloed is in de bovengrond. Ook hier kan de bodem- en vegetatieontwikkeling goed begrepen worden vanuit de ontwikkelingsschema's voor rijke bossen (De Waal en Bijlsma 2010). Verschillen kunnen zowel ruimtelijk als temporeel zijn. Oorspronkelijk zal in het Heksenbos het soortenrijke Eiken-haagbeukenbos gedomineerd hebben op standplaatsen waar keileem relatief ondiep voorkomt. Daartussen zullen ook 'eilanden' voorgekomen zijn met soortenarmere variaties en gradiënten naar het soortenarme Eiken-haagbeukenbos en het Eiken-beukenbos. Door de verdroging zullen de meeste standplaatsen verder opgeschoven zijn naar rechtsboven in het schema van Figuur 47. Een dergelijke situatie is ook beschreven voor bossen op keileemgronden in Twente (De Waal en Bijlsma 2003).



Figuur 47 Voorbeeld van een ontwikkelingsschema voor rijke bossen op keuleem (bron: De Waal en Bijlsma, 2010)

De bossen op ondiep keuleem in Willinks Weust behoren voornamelijk tot diverse vormen van het Eiken-haagbeukenbos. Bij AB2 komt de vorm van Heelkruid, Boszegge en Slanke sleutelbloem (43C1-2) voor, als laaggelegen 'eiland' in de vorm met Witte klaverzuring (43C1-5). Bij AB2 komt een IJzerrijke beekhydromull voor, die gekenmerkt wordt door het ontbreken van een ectorganische strooisellaag (Figuur 48). Op het maaiveld werden veel wormhoopjes aangetroffen en de Ah-horizont heeft als gevolg van regenwormactiviteit een sterk granulaire structuur. Het pH-profiel (Bijlage 4) laat een ondiepe neerslaglens zien, maar de verzuring is niet dusdanig dat de activiteit van het bodemleven erdoor gehinderd wordt. Overigens geeft het stijghoogteverloop in het voorjaar aanwijzingen dat in het voorjaar ook enige kwel optreedt (zie Figuur 26). Het is dus niet zeker of de hydrologie in deze zone geheel bepaald wordt door stagnatie van neerslagwater.

Het voorkomen van de vorm van Witte klaverzuring in een groot deel van deze zone wijst op iets drogere en zuurdere omstandigheden op de wat hoger gelegen terreindelen. Hierbij komen mullmoder humusvormen voor. Uit onderzoek in bossen op keuleemgronden bleek dat Witte klaverzuring en Dalkruid wortelen in de ectorganische F- en H- horizonten en daarom gebonden zijn aan mullmoders en moders (De Waal en Bijlsma 2003). Dit illustreert de verschuiving van Rijk Eiken-haagbeukenbos naar Arm Eiken-haagbeukenbos in het schema van Figuur 47.



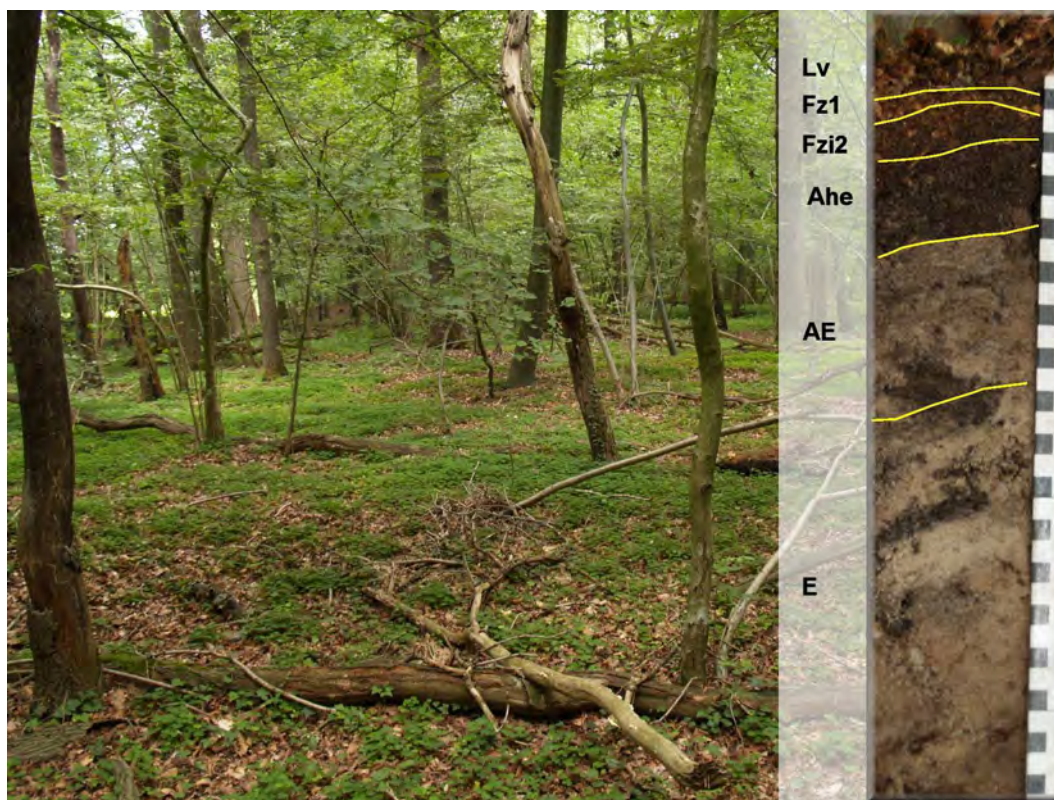
Figuur 48 Eiken-haagbeukenbos, vorm van Heelkruid, Boszegge en Slanke sleutelbloem (43C1-2) met een IJzerrijke beekhydromull humusvorm (yLHf) bij AB2.

Herstel van de hydrologie zal hier leiden tot hogere grondwaterstanden in de winter en het voorjaar, waarbij op meer plaatsen waterstanden aan of boven maaiveld voorkunnen komen. In het voorjaar van 2010 was alleen bij AB2 op een beperkte oppervlakte water boven maaiveld aanwezig. De rest van het bos was droog. Nattere omstandigheden zullen het herstel van de rijkere vormen van het Eiken-haagbeukenbos bevorderen. Omdat hoge grondwaterstanden alleen in de winter en het voorjaar voorkomen zal dit een beperkt effect hebben op het bos (Olsthoorn, Kopinga et al. 2003; Kopinga 2009).

Om boomsterfte door te plotselinge vernatting te voorkomen kan overwogen worden om de waterlopen niet in één keer te dempen, maar de bodem te verhogen en het water op te stuwen bij de duikers (zie vorige paragraaf). Ook hier kan overwogen worden een aantal kwetsbare bomen te verwijderen. Voordeel is dat daarmee ook meer licht op de bodem komt wat de vegetatie ten goede zal komen.

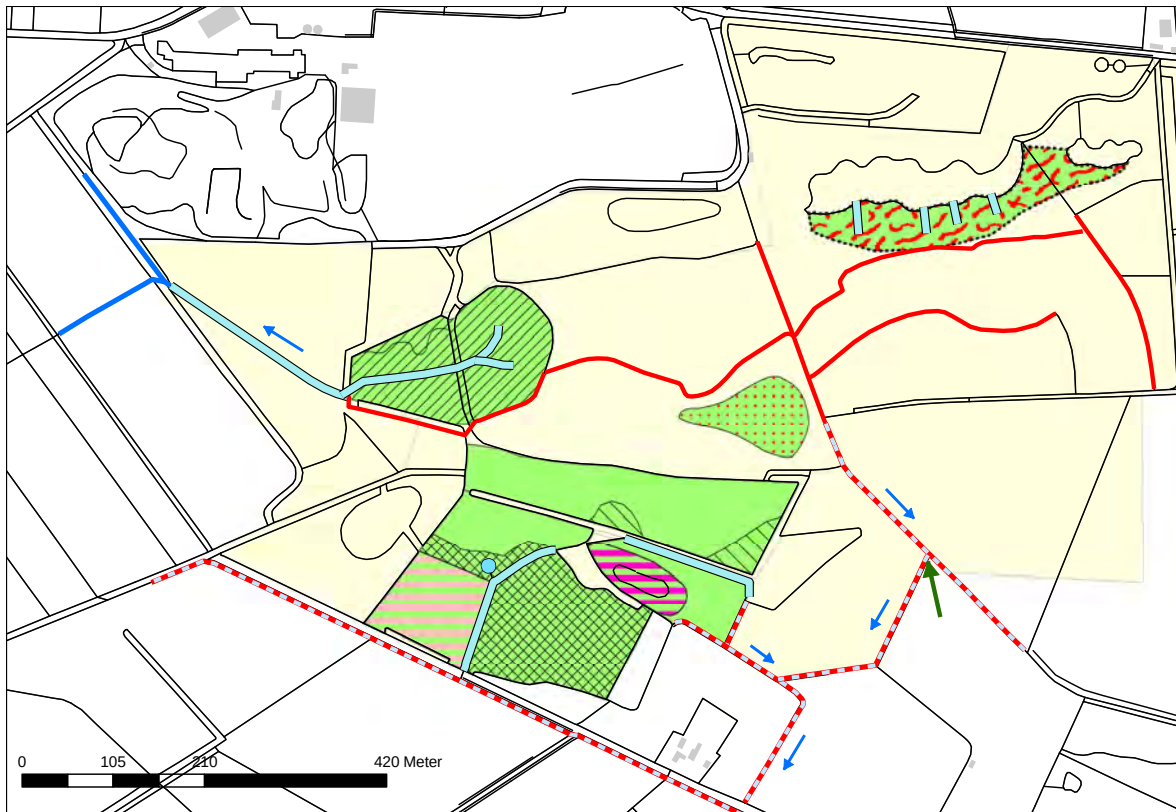
Ad 3: Bossen op zand met keileem tussen 40 en 80 cm – mv. (CD4)

In delen van het plateau waar het zanddek wat dikker is neemt de invloed van het stagnatiewater (en mogelijk wat kwel) duidelijk af. Hier komen van nature zuurdere bostypen voor, zoals Eiken-beukenbossen met Bosanemoon, Dalkruid en Witte klaverzuring (43-3). In het schema van Figuur 47 bevinden deze bossen zich rechtsboven. Een voorbeeld hiervan is CD4 waar deze vorm voorkomt met een Zandxeromullmoder (LDx) op een veldpodzolgrond. Ondanks keileem op 80 cm kalkrijk materiaal (Muschelkalk en Bontzandsteen) vanaf 120 cm en een zeer hoog aandeel lokaal grondwater in het voorjaar, is de bovengrond zuur met pH 4,0 (Bijlage 4). De ondergroei wordt hier gedomineerd door Witte klaverzuring en Dalkruid, beide soorten die wortelen in de ectorganische horizonten zoals ook in andere bossen op keileemgronden werd waargenomen (De Waal en Bijlsma 2003). Omdat in deze zone de invloed van lithotroof water in het maaiveld altijd al beperkt was zal het gevolg van verdroging hier ook minder gelden. Vernatting zal hier een beperkt effect hebben op het verschuiven van de gradiënten.



Figuur 49 RG Klimop-[Klasse der eiken- en beukenbossen op voedselrijke grond]; vorm van Bosanemoon, Dalkruid en Witte klaverzuring met een Zandxeromullmoder humusvorm (LDXz) bij CD4.

6 Inrichtingsadvies



Legenda

Inrichting percelen

	Niet afgaven
	Afgraven
	Afgraven en aanvullen
	Mogelijk afgraven

Beheer percelen

	Begrazen
	Begrazen of Maaaien
	Maaaien
	Maaaien of Akker

Inrichting Waterlopen

	Opstuwen
	Slenk
	Verondiepen
	Aankoppelen
	Stroomrichting
	Geen ingreep

Overige terreinen

Maatregel	
	Lokaal uitbreiden Weust
	Struweel verwijderen
Natura2000	
	Begrenzing

Figuur 50 Inrichtingsadvies Willinks Weust

In Figuur 50 is de aard en locatie van een aantal inrichtingsadviezen voor Willinks Weust gegeven. Deze adviezen zijn gebaseerd op de antwoorden op de deelvragen in hoofdstuk 5, waarbij de voorgestelde ingrepen volgen uit de resultaten in de eerdere hoofdstukken. In de onderstaande tekst zullen de maatregelen dan ook slechts kort beschreven worden.

Perceel 1 en 2

- Beide percelen worden samengevoegd
- Afgraven opgebracht materiaal tot op de onderliggende begraven bodem (zie 2.2.5)
- Slenkvormige laagte door het midden (van oost naar west)
- In centraal deel mag water blijven staan, overloop naar bovenloop Vossenveldsbeek inbouwen voor overtollig neerslagwater (ca 40,9 m + NAP)

- Vernatten en kwel herstellen door geleidelijk dempen of opstuwen gegraven bovenloop van Vossenveldsbeek tot aan westpunt perceel 2
- Maaibeheer voortzetten

Perceel 3

- Overwegen in de laagste delen 10 – 15 cm af te graven
- Maaibeheer herstellen

Perceel 4 noord

- Langs oost- en zuidrand laagtes afgraven (ca 25 cm) en aanvullen met materiaal uit perceel 1 en 2 (het lichtere deel; textuurklasse T0 t/m T2)
- Glooiing creëren naar slenk tussen perceel 4 en 5
- Vernatten en kwel herstellen door verondiepen Afwatering van de Bekeringswieste en omvormen tot ondiepe slenk van sloot tussen perceel 4 en 5
- Maaibeheer herstellen

Perceel 4 zuid

- Vernatten en kwel herstellen door verondiepen Afwatering van de Bekeringswieste en omvormen tot ondiepe slenk van sloot tussen perceel 4 en 5
- Maaibeheer herstellen of begrazing voortzetten

Perceel 5

- Bovengrond afgraven en aanvullen met materiaal uit perceel 1 en 2 (het lichtere deel; textuurklasse T0 t/m T2)
- Glooiing creëren naar slenk tussen perceel 4 en 5
- Vernatten en kwel herstellen door verondiepen Afwatering van de Bekeringswieste en omvormen tot ondiepe slenk van sloot tussen perceel 4 en 5
- Maaibeheer instellen

Perceel 6

- Langs noordrand slenk maken om afvoer neerslagwater te garanderen en permanente inundatie te voorkomen
- Vernatten en kwel herstellen door verondiepen van sloten langs zuid- en ooststrand en verderop de Afwatering van de Bekeringswieste
- In de lagere delen maaibeheer instellen
- De eenmanses als graanakker beheren of maaibeheer instellen

Waterlopen

- Gegraven bovenloop van de Vossenveldsbeek tot westpunt perceel 2 geleidelijk opstuwen of dempen met het zwaardere materiaal uit perceel 1 en 2 (T3 t/m T5)
- Sloten in het bos idem
- Gegraven bovenloop van de Vossenveldsbeek ten westen van perceel 2 tot aan de rand van het Natura2000 gebied omvormen tot een ondiepe slenk
- Afwatering van de Bekeringswieste en alle sloten tussen deze waterloop en het Natura2000 gebied sterk verondiepen
- Sloot langs de oostkant van het voormalige vliegveld aankoppelen aan zuidelijk slotenstelsel en stroomrichting omdraaien naar het zuiden.

Het Nieuwe veentje

- Wilgenstruweel en eventueel ook een deel van het omliggende bos verwijderen

- Vernatten en kwel herstellen door geleidelijk opstuwen of dempen gegraven bovenloop van de Vossenveldsbeek en verondiepen van sloten ten oosten en zuiden
- Instellen maaibeheer

Schraallanden

- Verbeteren oppervlakkige afstroming neerslagwater door het graven van ondiepe slenken door de Weustwal
- Lokaal uitbreiden van de Weust in zuidelijke richting (minder verdroging door groeve)

Bossen

- Vernatten door geleidelijk opstuwen of dempen gegraven bovenloop van de Vossenveldsbeek
- Eventueel selectief oogsten van een aantal vernattingsgevoelige bomen

Literatuur

- Bannink, J. F. en J. C. Pape (1967). De bodemgesteldheid van het natuurreserveat Willink's Weust en het Heksenbos Wageningen, Stiboka.
- Beek, K. v., M. Jalink, et al. (2001). "De verzwaveling van grondwater in zandgronden." *Landschap* **18**(4): 263-272.
- Bobbink, R., M. Hart, et al. (2007). Grondwaterkwaliteitsaspecten bij vernatting van verdroogde natte natuurgebieden in Noord-Brabant. Nijmegen, B-WARE Research Centre.
- Bosch, M. v. d. (2007). Vernatting Willink Weust; geologie, geohydrologische inschatting. Winterswijk, Geologisch Veldlaboratorium Winterswijk.
- Bosch, M. v. d. en F. Brouwer (2009). Bodemkundig-geologische onderzoek inventarisatie van de gemeente Winterswijk. Wageningen/Winterswijk, Alterra-Wageningen UR/Geologisch Veldlaboratorium Winterswijk.
- Bosch, M. v. d. en H. Kleijer (2003). "De ontwikkeling van het landschap ten oosten van Winterswijk; Geologische, bodemkundige en hydrologische impressies, naar aanleiding van het bodemgeografisch onderzoek 1995-1997." *Cainozoic Research Special Issue*(1): 1-27.
- Cate, J. A. M. t., A. F. van Holst, et al. (1995). Handleiding bodemgeografisch onderzoek; Richtlijnen en voorschriften; Deel A: Bodem. Wageningen, SC-DLO.
- Cate, J. A. M. t., A. F. van Holst, et al. (1995). Handleiding bodemgeografisch onderzoek; Richtlijnen en voorschriften; Deel B: Grondwater. Wageningen, SC-DLO.
- Delft, B. v. (2004). Veldgids Humusvormen; Beschrijving, classificatie en interpretatie van humusvormen in het veld. Wageningen, Alterra.
- Delft, B. v., R. Kemmers, et al. (2002). "Ecologische typering van bodems onder korte vegetaties : Het humusprofiel als graadmeter voor standplaatsontwikkeling." *Landschap* **19**(3): 152-164.
- Delft, B. v., R. d. Waal, et al. (2006). Field guide Humus Forms; Description and classification of humus forms for ecological applications. Wageningen, Alterra.
- Delft, S. P. J. v. en F. Brouwer (2009). Natuurpotentie projectgebied "Veldweg-Reeënweg" in de Wieden; Bodemchemisch en -geografisch onderzoek. Wageningen, Alterra-Wageningen UR.
- Delft, S. P. J. v. en F. Brouwer (2009). Natuurpotentie twee percelen in Needse Achterveld. Wageningen, Alterra-Wageningen UR.
- Delft, S. P. J. v., F. Brouwer, et al. (2008). Natuurpotentie Schraallanden Wielrevelt; Ecopedologisch onderzoek naar de mogelijkheden voor natuurontwikkeling. Wageningen, Alterra.
- Delft, S. P. J. v., F. Brouwer, et al. (2007). Natuurpotentie in vier NBL projecten in Gelderland en Overijssel; Geïntegreerd Bodemkundig en Hydrologisch onderzoek naar de mogelijkheden voor natuurontwikkeling. Wageningen, Alterra.
- Delft, S. P. J. v. en P. C. Jansen (2003). Randvoorwaarden natuurontwikkeling Onderlaats Laak; Bodemkundige en hydrologische kansen en beperkingen voor de realisatie van natuurdoelen. Wageningen, Alterra.
- Delft, S. P. J. v., R. H. Kemmers, et al. (2005). Pyrietvorming in relatie tot interne eutrofiëring en verzuring. Wageningen, Alterra.
- Delft, S. P. J. v. en G. H. Stoffelsen (2008). Natuurpotentie Bondte Vos. Wageningen, Alterra-Wageningen UR.
- Delft, S. P. J. v., G. H. Stoffelsen, et al. (2007). Natuurpotentie van Zwarteboek en Allemanskamp; Ecopedologisch onderzoek naar de mogelijkheden voor natuurontwikkeling. Wageningen, Alterra.
- Everts, F. H., M. Jongman, et al. (2010). Vegetatiekartering Winterswijk 2009. Groningen, Ecologen groep Groningen (EGG).
- Grootjans, A. P., A. Alserda, et al. (2005). "Calcareous spring mires in Slovakia; Jewels in the Crown of the Mire Kingdom." *Stapfia 85, zugleich Kataloge der OÖ Landesmuseen*. **35**: 97-115.
- Huijskes, H. (2009). Info veldbezoek 23 juni 2009 en ligging foto's. Arnhem, DLG.
- Huijskes, H. (2009). NBL Willink Weust; Onderzoek naar natuurpotenties van een aantal natuurgebieden in Gelderland; Opdrachtoomschrijving. Arnhem, Dienst Landelijk Gebied.
- Jansen, B. H., P. van der Sluijs, et al. (1990). Hoofdstuk 8: Organische stof. Bodemkunde van Nederland; deel 1, Algemene bodemkunde. W. P. Locher en H. de Bakker. Den Bosch, Malmberg.
- Jansen, P. C. en R. H. Kemmers (1995). Evaluatie van de ecohydrologische systeembeschrijving van de Gelderse Poort. Wageningen, DLO-Staring Centrum.

- Jansen, P. C., F. d. Vries, et al. (1999). Grondwaterkarakteristieken van bodemeenheden; Het oorspronkelijke grondwaterregime ontleend aan bodemkenmerken. Wageningen, DLO-Staring Centrum.
- Kemmers, R., P. Bolhuis, et al. (2008). Voorkomen en bestrijden van dominantie van Pitrus in natte schraallanden; Praktijkexperiment Gees. Wageningen, Alterra.
- Kemmers, R., R. de Waal, et al. (2002). "Ecologische typering van bodems : Actuele informatie over bodemkundige geschiktheid voor natuurontwikkeling." Landschap **19(2)**: 88-103.
- Kemmers, R. H., F. M. v. Egmond, et al. (2008). Kartering van fosfaatbeschikbaarheid in de bodem met behulp van natuurlijke radioactiviteit. Wageningen, Alterra.
- Kemmers, R. H. en P. C. Jansen (1980). De invloed van chemische factoren in grondwater en bodem op enkele vegetatietypen in het CRM reservaat "Groot Zandbrink". Wageningen, I.C.W.
- Kemmers, R. H., A. T. Kuiters, et al. (2005). Haalbaarheid natuurdoelen op fosfaatverrijkte gronden: dertig jaar natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden. Wageningen, Alterra.
- Kemmers, R. H. en J. A. Nelemans (2007). Vergroting van de fosfaatadsorptiecapaciteit en afname van de chemische beschikbaarheid van fosfaat in gronden door wisselvochtigheid; Resultaten van desorptie- en adsorptie-experimenten met zand-, klei- en veengrond. . Wageningen, Alterra.
- Kemmers, R. H. en J. A. Nelemans (2007). Vergroting van de fosfaatadsorptiecapaciteit en afname van de chemische beschikbaarheid van fosfaat in gronden door wisselvochtigheid?; Resultaten van desorptie en adsorptie-experimenten met zand-, klei- en veengrond. Wageningen, Alterra.
- Kleijer, H. en J. A. M. t. Cate (1998). Bodemkundig-geologische onderzoek inventarisatie van de gemeente Winterswijk. Wageningen, DLO-Staring Centrum.
- Koopmans, G. F., C. W.J., et al. (2006). "COMPARING DIFFERENT EXTRACTION METHODS FOR ESTIMATING PHOSPHORUS SOLUBILITY IN VARIOUS SOIL TYPES." Soil Science **171(2)**: 103-116.
- Kopinga, J. (2009). Effects of a Permanent Increase in Groundwater Level on the Survival of Trees - Development of a Predictive Tool. The Landscape Below Ground III; Proceedings of a Third International Workshop on Tree Root Development in Urban Soils. D. G. Watson, D. L. Costello, D. B. Scharenbroch en D. E. Gilman. Champaign, Illinois, International Society of Arboriculture.
- Kusters, J., H. Huijskes, et al. (2009). Willinks Weust; Concept Beheerplan Natura 2000; Werkdocument; Versie 0.3. Arnhem, Dienst Landelijk Gebied.
- Lamers, L. P. M., G. E. t. Dolle, et al. (2001). "Differential responses of freshwater wetland soils to sulphate pollution." Biogeochemistry **55 (2001)**: 87-102.
- Olsthoorn, A. F. M., J. Kopinga, et al. (2003). Effecten van vernatting in bossen; Conclusies en aanbevelingen voor praktijk en beleid. Ede/Wageningen, Expertisecentrum LNV.
- Runhaar, J., M. H. Jalink, et al. (2009). Ecologische vereisten habiattypen. Nieuwegein, KWR Watercycle Research Institute.
- Runhaar, J. R., H. Kuijpers, et al. (2003). Natuurgericht Landevaluatiesysteem (NATLES) versie 2. Wageningen, Alterra Research Instituut voor de Groene Ruimte.
- Scherpenisse-Gutter, M. C. en P. J. M. Verbeek (2001). Beheersvisie Willinks Weust en Heksenbos. Nijmegen, Bureau Natuurbalns - Limes Divergens.
- Sival, F. P. en W. J. Chardon (2002). Natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden in relatie tot de beschikbaarheid van fosfaat. Gouda, SKB.
- Sival, F. P. en W. J. Chardon (2004). Natuurontwikkeling op fosfaatverzadigde gronden: fosfaatonttrekking door een gewas. Wageningen, Alterra.
- Waal, R. W. d. en R. J. Bijlsma (2003). Bossen van de keileemgronden; Betekenis van stagnerend grondwater voor de ontwikkeling van humusprofielen en vegetatie. Wageningen, Alterra.
- Waal, R. W. d. en R. J. Bijlsma (2010). Rijke bossen op de hogere zandgronden. Een leidraad voor de herkenning en het beheer van de Natua 2000-habitattypen; Eiken-Haagbeukenbossen en Beekbegeleidende bossen. Wageningen, Alterra.
- Westhoff, V. en H. d. Miranda (1938). Kotten zoals de N.J.N. het zag. Utrecht, Nederlandse Jeugdbond voor Natuurstudie.
- Wijngerden, F. v. (2008). Vijf Achterhoekse Parel; Natuurreservaten van Staatsbosbeheer; Beekvliet, Heidenhoekse Vloed, Koolmansdijk, Wallen van Doesburg, Willinks Weust. Deventer, Staatsbosbeheer Regio Oost.
- Wirdum, G. v. (1991). Vegetation and hydrology of floating rich-fens. Maastricht, Datawyse.

Bijlage 1 Percelen en boorpunten



Bijlage 2 Profielbeschrijvingen transecten en bodemonsters

Profielbeschrijving WW01

IDCODE	Terrein	Alfacode	DATUM	X-COORD	Y-COORD	m + NAP	TK-TDN	Centr. Profnr.	
1478 Willinks Weust	WW01	3-5-2010	250786	442653	0	41F	41F		
Projektnr	Projekt	Opnemer	Bodemgebruik	Beheer	Plagjaar				
5237725	Natuurpotenties Willinks Weust	Maarten van der Werff	grasland, blijvend	Maaien (natuur)	0				
Fysiografische eenheid	Fysiotoop	Geomorfologie	Microreliëf	Helling	Expositie				
Oude kleigronden	hz1c - keileemopduikingen	Opgehoogd met keileem	VL	0	0				
Vegtype	Naam vegetatietype								
16C4a	Kamgrasweide, typische subassociatie								
Hydrologisch Systeem	GHG	GHG oud	GLG	GLG oud	GVG (veld):	GVG (polder)	GVG (stroom)	GWS pH	EGV (mS/m)
Stagnatie (bijv op keileem)	25		115		0		0		
Grondwatertrap	Standaard puntencode	Bodemkaart 1:50 000	Ontkalking	Bewortelbare diepte					
IIIa	K5p235ap7c12k H IIIa	KXt H - IIIa	0	60					

Horizont	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. st	Textuur	pH	Kalk	Rijp	Vlek	GEO	Str	Wortels	Fauna	Opmerking
		% A/V	< 2 µ	< 50 µ	M50									
1Ah	0	5	1	25	35		2	5	699					
1A/Cg	5	30	0,5	20			3	5	699					
1Cg1	30	60		20			3	5	699			wit/geel		
1Cg2	60	70		25	45		3	5	699			grijs/wit		
2OAhg	70	90	16 DV						110					
3Cg1	90	105			6	185	1		413					
3Cg2	105	120			20	170	3		413					
3Cu	120	130			85	50	3		699					
4Cr1	130	150	1	95			1	5	699			rollaag		
4Cr2	150	160		95			1	5	699			rood situ		

Toelichting

Perceel is opgehoogd met stortmateriaal uit steengroeve (ca 1960)

Profielbeschrijving WW02

IDCODE	Terrein	Alfacode	DATUM	X-COORD	Y-COORD	m + NAP	TK-TDN	Centr. Profnr.	
1479 Willinks Weust	WW02	3-5-2010	250666	442647	0	41F	41F		
Projektnr	Project	Opnemer	Bodemgebruik	Beheer	Plagjaar				
5237725	Natuurpotenties Willinks Weust	Maarten van der Werff	grasland, blijvend	Maaien (natuur)	0				
Fysiografische eenheid	Fysiotoop	Geomorfologie	Microreliëf	Helling	Expositie				
Regenwatergevoede zandgronden	hz3b - lemige dekzandgebieden en dekzand op leem	Opgehoogd keileem	VL	0	0				
Vegtype	Naam vegetatietype								
16-f	RG Kamgras, Rood zwenkgras en Moerasrolklaver [Kla								
Hydrologisch Systeem	GHG	GHG oud	GLG	GLG oud	GVG (veld):	GVG (polder)	GVG (stroom)	GWS pH	EGV (mS/m)
Kwelgebied, gedraineerd	25		110		0		0		
Grondwatertrap	Standaard puntencode	Bodemkaart 1:50 000	Ontkalking	Bewortelbare diepte					
IIIb	2r432 H IIIb	Hn21 H - IIIb	> boring	45					
Humusvorm									

Horizont	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. st	Textuur	pH	Kalk	Rijp	Vlek	GEO	Str	Wortels	Fauna	Opmerking
		% A/V	< 2 µ	< 50 µ	M50									
1A/B	0	5	1,5	3	16	175	1	699						
1BCg	5	45	1		16	175	1	699						verwerkt?
2Oh	45	60	40 DV					160						meerbodemachtig
3Cg	60	85			14	160	1	413						
3Cgr	85	110			20	160	1	413						wittig oplos?
3Cr	110	160			16	175	1	413						

Toelichting

Perceel is opgehoogd met stortmateriaal uit steengroeve. Ter plaatse van boring is dit pakket 45 cm dik, neemt naar het zuiden toe.

Profielbeschrijving WW03

IDCODE	Terrein	Alfacode	DATUM	X-COORD	Y-COORD	m + NAP	TK-TDN	Centr. Profnr.
1480 Willinks Weust	WW03	3-5-2010	250701	442578	0	41F	41F	
Projektnr	Project	Opnemer	Bodemgebruik	Beheer	Plagjaar			
5237725	Natuurpotenties Willinks Weust	Maarten van der Werff	grasland, blijvend	Maaien (natuur)	0			
Fysiografische eenheid	Fysiotoop	Geomorfologie	Microreliëf	Helling	Expositie			
Oude kleigronden	hz3b - lemige dekzandgebieden en dekzand op leem	Opgehoogd met keileem	VL	0	0			
Vegtype	Naam vegetatietype							

16C4a Kamgrasweide, typische subassociatie

Hydrologisch Systeem **GHG** **GHG oud** **GLG** **GLG oud** **GVG (veld):** **GVG (polder)** **GVG (stroom)** **GWS** **pH** **EGV (mS/m)**

Kwelgebied, gedraineerd 10 100

0 0

Grondwatertrap **Standaard puntencode** **Bodemkaart 1:50 000** **Ontkalking** **Bewortelbare diepte**

IIIa K5p232cp4 H IIIa

KX H - IIIa

0

25

Humusvorm

Horizont			Diepte (cm)		Grens		Meng			Org. st		Textuur pH		Kalk	Rijp	Vlek	GEO	Str	Wortels	Fauna	Opmerking
					%	A/VS	< 2 µ	< 50 µ	M50												
1Ah	0	5			1,5		25	40		2	5				699				oranje/groen		
1Cg	5	40					30	45		2	5				699						
2Oh	40	55			35	DV									110						
3Cg	55	65						14	195	1					413						
3Cgr	65	100						6	195	1					413				blauwig		
3Cr1	100	130						3	230	1					413						
3Cr2	130	160			1			3	175	1					413						

Toelichting

Profielbeschrijving WW08

IDCODE **Terrein** **Alfacode** **DATUM** **X-COORD** **Y-COORD** **m + NAP** **TK-TDN** **Centr. Profnr.**

1481 Willinks Weust

WW08

3-5-2010

250836

442282

0

41F

41F

Projektnr **Projekt**

Opnemer

Bodemgebruik

Beheer

Plagjaar

5237725 Natuurpotenties Willinks Weust

Maarten van der Werff

bouwland, maïs

Akkerbouw

0

Fysiografische eenheid

Fysiotoop

Geomorfologie

Microreliëf

Helling

Expositie

Kwelgevoede zandgronden

hz3d1 - vochtige dekzandlaagten

Opgevuld pregalciaal dal

VL

0

0

Vegtype

Naam vegetatietype

Hydrologisch Systeem **GHG** **GHG oud** **GLG** **GLG oud** **GVG (veld):** **GVG (polder)** **GVG (stroom)** **GWS** **pH** **EGV (mS/m)**

Kwelgebied, gedraineerd 35 105

0 0

Grondwatertrap **Standaard puntencode** **Bodemkaart 1:50 000** **Ontkalking** **Bewortelbare diepte**

IIIb 4h432c13 IIIb

pZg21 - IIIb

125

60

Humusvorm

LHa Akkerhydromull

Horizont			Diepte (cm)		Grens		Meng		Org. st		Textuur	pH	Kalk	Rijp	Vlek	GEO	Str	Wortels	Fauna	Opmerking
					%	A/VS	< 2 µ	< 50 µ			M50									
1Apg	0	20			3			13		165		1		411					bruinig	
1Cg1	20	60						9		185		1		413					gelaagd	
1Cg2	60	125						6		185		1		413					homogeen	
1Cu	125	150			1		60	60		50		3		699					gelaagd	
1Cr	150	160						3		185		3		699					grijs/blauw	

Toelichting

Profiel is vanaf 125 cm kalkrijk. Eerste 25 cm van kalkrijke lagen bestaat uit gelaagde kalkrijke leem. Mogelijk is dat verspoeld materiaal van het keileemplateau. Uit pH profiel blijkt dat pH op 100 cm reeds 7,3 is. Hier komt mogelijk ook al enige kalk voor, maar is dan niet aangetoond met zoutzuur.

GLG is geschat op 105 cm - mv. Laag tussen GLG en leemlaamg (pH 7,3) waarschijnlijk beïnvloed door kalk uit leem.

Profielbeschrijving WW09

IDCODE	Terrein	Alfacode	DATUM	X-COORD	Y-COORD	m + NAP	TK-TDN	Centr. Profnr.
1482 Willinks Weust	WW09	3-5-2010	250864	442340	0	41F	41F	

Projektnr	Projekt	Opnemer	Bodemgebruik	Beheer	Plagjaar
5237725	Natuurpotenties Willinks Weust	Maarten van der Werff	bouwland, maïs	Akkerbouw	0

Fysiografische eenheid	Fysiotoopt	Geomorfologie	Microreliëf	Helling	Expositie
Kwelgevoede zandgronden	hz3d1 - vochtige dekzandlaagten	Opgenvuld preglaciaal dal	VL	0	0

Vegtype	Naam vegetatietype
---------	--------------------

Hydrologisch Systeem	GHG	GHG oud	GLG	GLG oud	GVG (veld):	GVG (polder)	GVG (stroom)	GWS	pH	EGV (mS/m)
Kwelgebied, gedraineerd	5		90		0		0			

Grondwatertrap	Standaard puntencode	Bodemkaart 1:50 000	Ontkalking	Bewortelbare diepte
IIla	4h433c6 IIla	pZg23 - IIla	55	35

Humusvorm

LHa	Akkerhydromull
-----	----------------

Horizont			Diepte (cm)		Grens		Meng		Org. st		Textuur	pH	Kalk	Rijp	Vlek	GEO	Str	Wortels	Fauna	Opmerking
					%	A/VS	< 2 µ	< 50 µ			M50									
1A/Cg	0	35			3			28		150		1		413						
1Cg	35	55						18		175		1		413					bonte leem	
1Cu	55	65					40	40		50		3		699					restant	
1Cgr	65	90			1			12		185		1		413						

1Cr 90 160 2 6 185 1 413 blauw/grijs

Toelichting

Profiel is vanaf 55 tot 65 cm kalkrijk. Eerste kalkrijke laag bestaat uit gelaagde kalkrijke leem. Mogelijk is dat verspoeld materiaal van het keileemplateau. Het ligt op kalkloos fluvioperiglaciaal zand en is mogelijk de rand van het kalkrijke pakket bij WW08. In het Uit pH profiel is in deze laag geen bepaling gedaan. Boven de laag is op 50 cm de pH 5,9 en onder de laag op 75 cm 6,5. Daaronder neemt de pH in het fluvioperiglaciaal zand weer af.

De indruk bestaat dat het kalk aan het oplossen is.

Profielbeschrijving WW11

IDCODE	Terrein	Alfacode	DATUM	X-COORD	Y-COORD	m + NAP	TK-TDN	Centr. Profnr.	
1483 Willinks Weust	WW11	3-5-2010	250924	442374	0	41F	41F		
Projektnr	Projekt	Opnemer	Bodemgebruik	Beheer	Plagjaar				
5237725	Natuurpotenties Willinks Weust	Maarten van der Werff	grasland, blijvend	Begrazen (extensief)	0				
Fysiografische eenheid	Fysiotoop	Geomorfologie	Microreliëf	Helling	Expositie				
Regenwatergevoede zandgronden	hz3c - oude bouwlanden	Eenmanses	VL	0	0				
Vegtype	Naam vegetatietype								
16-g	RG Smalle weegbree, Kruipende boterbloem en Rood z								
Hydrologisch Systeem	GHG	GHG oud	GLG	GLG oud	GVG (veld):	GVG (polder)	GVG (stroom)	GWS pH	EGV (mS/m)
Wegzijgingsgebied	90		190		0		0		
Grondwatertrap	Standaard puntencode	Bodemkaart 1:50 000	Ontkalking	Bewortelbare diepte					
VIId	4s432z9 VIId	zEZ21 - VIId	> boring	90					
Humusvorm									

Horizont	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. st	Textuur	pH	Kalk	Rijp	Vlek	GEO	Str	Wortels	Fauna	Opmerking
		% A/VS	< 2 µ	< 50 µ	M50									
1Aap	0 35	5		14	160	1		692						
1Aa	35 75	4		14	160	1		692						
1Aa/Bw	75 85	3		12	175	1		692						
1Cu	85 180			9	185	1		413						

Toelichting

Profielbeschrijving AB1

IDCODE	Terrein	Alfacode	DATUM	X-COORD	Y-COORD	m + NAP	TK-TDN	Centr. Profnr.		
1484 Willinks Weust	AB1	26-2-2010	251465	442624	0	41F	41F			
Projektnr	Projekt	Opnemer	Bodemgebruik	Beheer	Plagjaar					
5237725	Natuurpotenties Willinks Weust	Fokke Brouwer en Bas van	loofbos	Niets doen	0					
Fysiografische eenheid	Fysiotoopt	Geomorfologie	Microreliëf	Helling	Expositie					
Kwelgevoede zandgronden	hz3d1 - vochtige dekzandlaagten	Opgevulde preglaciale geul	VL	0	0					
Vegtype	Naam vegetatietype									
42A-c	RG Zomereik-Gaffeltandmos [Zomereik-verbond]									
Hydrologisch Systeem	GHG	GHG oud	GLG	GLG oud	GVG (veld):	GVG (polder)	GVG (stroom)	GWS	pH	EGV (mS/m)
Kwelgebied (zoet)	15		160		0		0	8	7,48	57
Grondwatertrap	Standaard puntencode	Bodemkaart 1:50 000	Ontkalking	Bewortelbare diepte						
Vao	f4k423 Vao	fpZg23 - Vao	60							
Humusvorm										
LHDb	Boshydromullmoder									

Horizont	Diepte (cm)			Grens	Meng			Org. st	Textuur	pH	Kalk	Rijp	Vlek	GEO	Str	Wortels	Fauna	Opmerking
				%	A/VS	< 2 µ	< 50 µ	M50										
1Lv	-7	-5	SMAB	95	OV							o	171	NM	NO			blad eik en beuk
1Fz1	-5	-4,5	SMCL	80	OV							o	171	SP	NO			snippers blad
1Fzi2	-4,5	-2	SMDI	60	OV							o	171	SP	FEVFRA			veel moderbolletjes, wat loodzand
1Hzi	-2	0	SMGR	50	OV							o	171	SP	FEVFRA			veel moderbolletjes, wat loodzand; geleidelijke overgang Ah
2Ah	0	13	SMGR	7			16	160				o	413		VFFIRA			
2ACgc	13	24	SMGR	3	2	7	22	130				w	413		VFFIRA			wat concreties
2Cgc	24	30				8	22	130					413					
2Cg	30	65					16	160					413					
2Cgr	65	150		3			6	190					413					
2Cr	150	180		3			6	190					413					loopzand

Toelichting

Punt ligt aan noordrand van preglaiacaal dal. Kwel waarschijnlijk afkomstig van plateau in zuidoosten.

Perceel was omstreeks 1850 hooiland

GWS 6-7-10: 110 cm -mv

TVEGETATIE Gem v Zomereik, Hulst en Beuk V v zonder ondergroei+Gem v Zomereik, Hulst en Beuk V v Pijpenstrootje+Gem v Zomereik, Hulst en Beuk V v Klimop+Gem v Zomereik, Hulst en Beuk V v Grote muur en Witte klaverzuring

LANDTYPENE RG Zomereik-Gaffeltandmos-[Zomereik-verbond]+Beuken-eikenbos, subassociatie van Pijpestrootje+RG Klimop-[Kl. Eiken-, beukenbossen voedselrijk]+Beuken-eikenbos, subassoc. v Lelietje-v-dalen

Profielbeschrijving AB2

IDCODE	Terrein	Alfacode	DATUM	X-COORD	Y-COORD	m + NAP	TK-TDN	Centr. Profnr.
1485 Willinks Weust	AB2	26-2-2010	251358	442739	0	41F	41F	

Projektnr	Projekt	Opnemer	Bodemgebruik	Beheer	Plagjaar
5237725	Natuurpotenties Willinks Weust	Fokke Brouwer en Bas van	loofbos	Niets doen	0

Fysiografische eenheid	Fysiotop	Geomorfologie	Microreliëf	Helling	Expositie
Oude kleigronden	hz1c - keileemopduikingen	Rand kalksteenplateau	VL	0	0

Vegtype	Naam vegetatietype
43C1k	Eiken-Haagbeukenbos, subassociatie van Witte klave

Hydrologisch Systeem	GHG	GHG oud	GLG	GLG oud	GVG (veld):	GVG (polder)	GVG (stroom)	GWS	pH	EGV (mS/m)
Stagnatie (bijv op keileem)	10		181		0		0	10	7,76	23

Grondwatertrap	Standaard puntencode	Bodemkaart 1:50 000	Ontkalking	Bewortelbare diepte
sVad	fK4p215c sVad	fKX - sVad	50	80

Humusvorm
yLHf IJzerrijke-Beekhydromull

Horizont	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. st	Textuur	pH	Kalk	Rijp	Vlek	GEO	Str	Wortels	Fauna	Opmerking	
		% A/VS	< 2 µ	< 50 µ	M50										
1Lv	-0,5	0	SMAB	95	OV			o	171	NM	NO	wormhoopjes		bedekking L 50% vnml eik	
2Ah	0	20	IRGR	4	1	7	25	120	1	5	o	520	GR	FEVFRA	gehomogeniseerd en granulair door wormen
2ACgc	20	30		1	8	30	120	1	5	b	520		VFVFRA		sterk roestig
2Cg1	30	50			30	80		1	5		510				
2Cg2	50	130			40			3	5		510				met verplBzand
3Cg	130	140				20	130	3	5		520				
4Cg	140	180			40			3	5		699				Bzandsteensitu

Toelichting

Punt bij voorkomen Boszegge.

Actief bodemleven. Bovengrond sterk granulair. Op maaiveld grote aggregaten door wormuitwerpselen. Strooislebedekking hooguit 50%, bestaand uit dun laagje eikenblad (Lv)

6-7-10 buis staat droog (> 174 cm - mv)

In voorjaar groot aandeel neerslag in bovenste grondwater, pH-profiel wijst op ondiepe neerslaglens en wel sterk lithotroof water in. Kon echter niet vastgesteld worden omdat buis in de zomer drooggevalen is.

TVEGETATIE Gem v Haagbeuk, Gewone es, Bosanemoon en Boskorststeel V v Heelkruid, Boszegge en Slanke sleutelbloem

Profielbeschrijving AB3

IDCODE	Terrein	Alfacode	DATUM	X-COORD	Y-COORD	m + NAP	TK-TDN	Centr. Profnr.		
1486	Willinks Weust	AB3	26-2-2010	251306	442823	0	41F	41F		
Projektnr	Projekt	Opnemer	Bodemgebruik		Beheer		Plagjaar			
5237725	Natuurpotenties Willinks Weust	Fokke Brouwer en Bas van	grasland, blijvend		Maaien (natuur)		0			
Fysiografische eenheid		Fysiotoop	Geomorfologie		Microreliëf	Helling	Expositie			
Oude kleigronden		hz1c - keileemopduikingen	Keileem op kalksteenplateau		GO	0	0			
Vegtype	Naam vegetatietype									
16A1b	Blauwgrasland, Subassociatie van Borstelgras									
Hydrologisch Systeem	GHG	GHG oud	GLG	GLG oud	GVG (veld):	GVG (polder)	GVG (stroom)	GWS	pH	EGV (mS/m)
Stagnatie (bijv op keileem)	25		161		0		0	108	7,44	69
Grondwatertrap	Standaard puntencode		Bodemkaart 1:50 000				Ontkalking		Bewortelbare diepte	
sVbd	K5p315bt12 sVbd		KXt - sVbd				30		100	
Humusvorm										
yLDHn	IJzerrijke kleihydromullmoder									

Horizont	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. st	Textuur	pH	Kalk	Rijp	Vlek	GEO	Str	Wortels	Fauna	Opmerking
		%	A/VS	< 2 µ	< 50 µ	M50								
1AMh	0	2	WADI	34	80		1	5	o	510	WO	PFVFRA		
1Ah	2	5	SMGR	34	80		1	5	o	510	BL	COFIRA		grijs
1Ahg	5	10	SMCL	35	80		1	5	m	510	BL	FEFIRA		met roestvlekjes langs wortelgangen
1ACgc	10	18	IRGR	35	80		1	5	b	510		FEVFRA		FeO en MnO concreties
1Cgc	18	30		35	80		1	5	b	510		FEFIVE		sterk roestig
1Cg2	30	120		25	60	110	3	5		510				met verplmusch
2Cg	120	160		15	40		3	5		699				muschelkalk

Toelichting

6-7-10 buis staat droog (> 155 cm - mv)

Water stagneert in winter op keileem, waardoor het nat kan worden. In slenken staat water op maaiveld. Droogt in zomer geheel op. Neerslagwater geeft oppervlakkige ontkalking.

CM nardetosum, met orchideën, o.a. gevlekte en welriekende nachtorchis. Ook vrij veel blonde zegge en kleine valeriaan. Plekjes met veenmos.

Profielbeschrijving CD1-WW10

IDCODE	Terrein	Alfacode	DATUM	X-COORD	Y-COORD	m + NAP	TK-TDN	Centr. Profnr.		
1487	Willinks Weust	CD1-WW10	1-3-2010	251024	442365	0	41F	41F		
Projektnr	Projekt	Opnemer	Bodemgebruik	Beheer	Plagjaar					
5237725	Natuurpotenties Willinks Weust	Fokke Brouwer en Bas van	grasland, blijvend	Begrazen (extensief)	0					
Fysiografische eenheid	Fysiotoop	Geomorfologie	Microreliëf	Helling	Expositie					
Kwelgevoede zandgronden	hz3d1 - vochtige dekzandlaagten	Opgenvuld preglaciaal dal	VL	0	0					
Vegtype	Naam vegetatietype									
16-b	RG Veldrus [Klasse Der Vochtige Graslanden]									
Hydrologisch Systeem	GHG	GHG oud	GLG	GLG oud	GVG (veld):	GVG (polder)	GVG (stroom)	GWS	pH	EGV (mS/m)
Kwelgebied, gedraineerd	0		100		0		0	2	6,31	8
Grondwatertrap	Standaard puntencode	Bodemkaart 1:50 000	Ontkalking	Bewortelbare diepte						
IIIa	4k432 IIIa	pZg21 - IIIa	> boring	50						
Humusvorm										
LHz	Zandhydromull									

Horizont	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. st	Textuur	pH	Kalk	Rijp	Vlek	GEO	Str	Wortels	Fauna	Opmerking
		% A/VS	< 2 µ	< 50 µ	M50									
1Mf	0	1 SMCL	80 OV					o 190	WO	PFVFRA		dunne wortelmat		
1AC	1	6 WADI	2	16	155			o 413		COVFR	worm	gehomogeniseerd		
1A/Cg	6	23 WAAB	1 2	16	155			w 413		FEFIVE				
1Cg	23	50		13	155			m 413		VFFIVE				
1Cgg	50	100		10	160			413				loopzand		
1Cr	100	120		10	160			413				loopzand		

Toelichting

Buis aan rand van strook met veldrus. In maart stond deze laagte onder water. Humusprofiel beschreven in veldrus

Veldrus dominant met echte koekoeksbloem, moerasrolklaver, reukgras, wat witbol en engels raaigras.

6-7-10 buis onvindbaar. watermonster in boorgat. gws ca 110 cm - mv

Profielbeschrijving CD2-WW05

IDCODE	Terrein	Alfacode	DATUM	X-COORD	Y-COORD	m + NAP	TK-TDN	Centr. Profnr.		
1488	Willinks Weust	CD2-WW05	1-3-2010	251055	442468	0	41F	41F		
Projektnr	Projekt	Opnemer	Bodemgebruik	Beheer	Plagjaar					
5237725	Natuurpotenties Willinks Weust	Fokke Brouwer en Bas van	grasland, blijvend	Begrazen (extensief)	0					
Fysiografische eenheid	Fysiotoop	Geomorfologie	Microreliëf	Helling	Expositie					
Regenwatergevoede zandgronden	hz3a - leemarme droge dekzandgebieden	dekzandrug	VL	0	0					
Vegtype	Naam vegetatietype									
16-i	RG Gewoon struisgras en Biggekruid [Klasse Der Voc									
Hydrologisch Systeem	GHG	GHG oud	GLG	GLG oud	GVG (veld):	GVG (polder)	GVG (stroom)	GWS	pH	EGV (mS/m)
Wegzijgingsgebied	25		120		0		0	43	5,72	8
Grondwatertrap	Standaard puntencode	Bodemkaart 1:50 000	Ontkalking	Bewortelbare diepte						
IIIb	2r432 IIIb	Hn21 - IIIb	> boring	35						
Humusvorm										
LDXh	Heidexeromullmoder									

Horizont	Diepte (cm)		Grens	Meng		Org. st	Textuur	pH	Kalk	Rijp	Vlek	GEO	Str	Wortels	Fauna	Opmerking
			% A/VS	< 2 µ	< 50 µ	M50										
1Lv	-2	0	WACL	95	OV					o 190	NM	VFVFRA		grasstrooisel met mos		
1Mf1	0	2	SMCL	90	OV					o 190	WO	ABVFRA		losse wortelmat		
1Mf2	2	3,5	SMCL	80	OV					o 190	WO	ABVFHO		vast gepakt		
1Mh	3,5	4	SMCL	30	OV					o 190		COVFR				
1AE	4	20	WAGR	4	3	10	165			o 411		FEVFRA		Grijs		
1BE	20	35		4	3	10	165			o 411		VFVFRA		vlekkerig bruin en grijs		
1BCe	35	50		1		10	165			411				erg stug		
1Cg	50	100				10	165			413				beekeerdondergr		
1Cgr	100	130				10	165			413						
1Cr	130	160		1,5		12	150			413						

Toelichting

Schraalgrasland met vrij veel struikhei, veel schapegras en wat schapenzuring. Hoeveelheid struikhei is opvallend. Na plagexperiment in 1990 elders in het perceel, volgde snelle vestiging van Struikhei, Pilzegge en lokaal Blauwe knoop. Over de gehele hoge rug langs de noordzijde van het perceel komen regelmatig vlakken met struikheid voor.

Perceel in 1966 verworven en nooit zwaar bemest.

Op alle Bonne-bladen tot en met 1930 staat het aangegeven als heide met verspreide bomen. Topkaart van 1936 geeft grasland met naaldbomen weer, topkaart 1955 weer heide met bomen. Vanaf 1966 staat het aangegeven als grasland. Sindsdien is het in bezit van Staatsbosbeheer. Onduidelijk wanneer het definitief als grasland in gebruik is genomen.

GWS 6-7-10: 162 cm – mv

Profielbeschrijving CD3

IDCODE				Terrein	Alfacode	DATUM	X-COORD	Y-COORD	m + NAP	TK-TDN	Centr. Profnr.
1489 Willinks Weust				CD3	26-2-2010	251099	442562	0	41F	41F	
Projektnr	Projekt			Opnemer		Bodemgebruik		Beheer		Plagjaar	
5237725	Natuurpotenties Willinks Weust			Fokke Brouwer en Bas van		loofbos		Niets doen		0	
Fysiografische eenheid				Fysiotop		Geomorfologie		Microreliëf		Helling	Expositie
Venen				hz5a - brongebieden		verdroogd veentje		VL		0	0
Vegtype		Naam vegetatietype									
43B2 Vogelkers-Essenbos											
Hydrologisch Systeem		GHG	GHG oud	GLG	GLG oud	GVG (veld): GVG (polder)		GVG (stroom)	GWS	pH	EGV (mS/m)
Kwelgebied, gedraineerd		0		110		0		0	6	7,61	83
Grondwatertrap		Standaard puntencode			Bodemkaart 1:50 000			Ontkalking		Bewortelbare diepte	
IIIa		v4d432 IIIa			vWZ - IIIa			> boring		60	
Humusvorm											
DEo		Moereerdmoder									

Horizont	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. st	Textuur	pH	Kalk	Rijp	Vlek	GEO	Str	Wortels	Fauna	Opmerking
		% A/VS	< 2 µ	< 50 µ	M50									
10Ahe	0	7 SMCL	16 DZ					o 110	BL	COFIRA	potworm	met loodzand		
10Ahg	7	20 SMCL	16 DK	7	40	1	5	w 110	MA	VFFIRA		sterk veraard		
2ACg	20	24 SMGR	1 1	7	40	50	1	5	m 422	VFVFRA				
2Cg	24	65			11	165	1		m 413					
2Cgr	65	110	3		11	170	1		413					
2Cr	110	165	3		11	180	1		413					

Toelichting

Punt ligt in vlak broekeerdgrond waar mogelijk moeraskalk onder zou zitten. Door Bannink en Pape (1967) werd i één boring aangetroffen. Hier niet. Ook pH-profiel en watermonster wijzen niet op sterke aanvoer van kalkrijk grondwater. Dat heeft in het verleden misschien wel plaatsgevonden. Ook de beschrijvingen van Westhof en De Miranda (1938) wijzen in die richting. Echter sinds de jaren dertig sterk verdroogd door begreppeling en aanleg/verdiepen van Vossenveldsbeek. Deze 'beek' en alle andere waterlopen binnen het gebied stonden in juli 2010 geheel droog.

gws in buis op 6-7-10 117 cm - mv

Momenteel ligt het punt in zone van Vogelkers-Essenbos op overgang naar nat struwwel (wilgen). Wel zeer soortenrijk, met o.a. Pijpestro, Kamperfoelie, Klaverzuring, Bosandoorn, Gele lis, Kale jonker, Braam, Dagkoekoeksbloem, Heksenkruid, Kleine valeriaan, Meidoorn, Beuk, Zwarte els, Hazelaar, Pitrus, Moerasspirea, Bosanemonen, Stekelvaren, Mannetjesvaren en Klimop.

Grote weerschijnvlinder

Dikte van de bovengrond kan sterk variëren

Profielbeschrijving CD4

IDCODE	Terrein	Alfacode	DATUM	X-COORD	Y-COORD	m + NAP	TK-TDN	Centr. Profnr.		
1490	Willinks Weust	CD4	26-2-2010	251057	442701	0	41F	41F		
Projektnr	Projekt	Opnemer	Bodemgebruik	Beheer	Plagjaar					
5237725	Natuurpotenties Willinks Weust	Fokke Brouwer en Bas van	loofbos	Niets doen	0					
Fysiografische eenheid	Fysiotoop	Geomorfologie	Microreliëf	Helling	Expositie					
Regenwatergevoede zandgronden	hz3a - leemarme droge dekzandgebieden	Dekzandrug op keileem en	GO	0	0					
Vegtype	Naam vegetatietype									
43C1I	Eiken-Haagbeukenbos, subassociatie van Witte klave									
Hydrologisch Systeem	GHG	GHG oud	GLG	GLG oud	GVG (veld):	GVG (polder)	GVG (stroom)	GWS	pH	EGV (mS/m)
Stagnatie (bijn op keileem)	65		181		0		0	64	7,47	41
Grondwatertrap	Standaard puntencode	Bodemkaart 1:50 000	Ontkalking	Bewortelbare diepte						
sVld	2r431x8t11	sVld	Hn51xt - sVld				120		80	
Humusvorm										
LDXz	Zandxeromullmoder									

Horizont	Diepte (cm)		Grens	Meng		Org. st	Textuur	pH	Kalk	Rijp	Vlek	GEO	Str	Wortels	Fauna	Opmerking
			%	A/VS	< 2 µ	< 50 µ	M50									
1Lv	-3,5	-2,5	SMCL	90	OV				o	171	NM	NO		blad eik en beuk		
1Fz1	-2,5	-2	SMCL	80	OV					171	SP	NO		bladsnippers		
1Fzi2	-2	0	SMAB	60	OV				o	171	SP	FEVFRA		wortels klaverzuring en dalkruid		
2Ahe	0	5	SMAB	8	2	8	165		o	411		VFVFRA		wat loodzand		
2AE	5	12	WAGR	1	2	8	165		o	411		VFVFVE		lichtgrijs		
2E	12	35		0,5		7	165		o	411				verwerkt		
2B/C	35	80		2		10	160			411				met grind+vuurs		

3Cg1	80	100		10	20	180	1	5	510		zandige keileem
3Cg2	100	120		45			1	5	510		met verplBzand
3Cg3	120	160		40			3	5	699		muschel+Bzand

Toelichting

Open bos met weinig struiken. Op de bodem voornamelijk Klaverzuring met wat Dalkruid.

Klaverzuring en Dalkruid wortelen in de Fz2 horizont. Weinig beworteling in het minerale deel van het profiel.

Dekzandrug met vrij sterke uitspoeling en enig inspoeling. Dekzand gaat op 80 cm over in kalkloze keileem en op 120 cm in kalkrijk mengsel van muchselkalk en bontzandsteen. pH is al wel vanaf 75 cm boven 7,0. Daarboven pH-waarden tussen 4 en 4,4. Kennelijk dus weinig invloed van kalkrijke ondergrond in het dekzand. Zou verbeterd kunnen worden door aanpassen boomsoorten (verminderen aandeel eik).

Peilbuis stond droog op 6-7-10 (>161 cm - mv)

Profielbeschrijving EF1-WW07

IDCODE	Terrein	Alfacode	DATUM	X-COORD	Y-COORD	m + NAP	TK-TDN	Centr. Profnr.	
1491	Willinks Weust	EF1-	1-3-2010	250656	442327	0	41F	41F	
Projektnr	Project	Opnemer	Bodemgebruik		Beheer		Plagjaar		
5237725	Natuurpotenties Willinks Weust	Fokke Brouwer en Bas van	grasland, blijvend		Begrazen (extensief)		0		
Fysiografische eenheid		Fysiotoop	Geomorfologie		Microreliëf	Helling	Expositie		
Kwelgevoede zandgronden		hz3d1 - vochtige dekzandlaagten	Opggevuld preglaciaal dal		VL	0	0		
Vegtype	Naam vegetatietype								
16-g	RG Smalle weegbree, Kruipende boterbloem en Rood z								
Hydrologisch Systeem	GHG	GHG oud	GLG	GLG oud	GVG (veld):	GVG (polder)	GVG (stroom)	GWS pH	EGV (mS/m)
Kwelgebied, gedraineerd	30		130		0		0	86	6,79 12
Grondwatertrap	Standaard puntencode		Bodemkaart 1:50 000				Ontkalking		Bewortelbare diepte
Vbo	5h431	Vbo	Zn - Vbo				> boring		60
Humusvorm									
LDXs	Schraalxeromullmoder								

Horizont	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. st	Textuur	pH	Kalk	Rijp	Vlek	GEO	Str	Wortels	Fauna	Opmerking
		% A/VS	< 2 µ	< 50 µ	M50									
1AMh	0	2,5	SMDI	2	9	165		o 413	WO	PFVFRA	worm	licht bruinigrijs		
1AC	2,5	6	WAGR	1 2	9	165		o 413		COVFR		lichtgrijs		
1Cg1	6	25			9	165		w 413		VFVFVE		enkele roestconcreties		
1Cg2	25	60		3	9	165		413						
1Cg3	60	90			6	175		413						

Natuurpotentie Willinks Weust

115

1Cgr	90	130			6	185		413	
1Cr	130	160	1,5		7	175		413	loopzand

Toelichting

Zuidelijk deel perceel sterk verdroogd door Afwatering van de bekeringswieste. IJzerrijke kwel wordt afgevangen doo ontwatering. In profiel en molshopen veel roestconcreties (fossiel). Aan diver en onderste deel draad van de diver veel roest (juli 2010). pH profiel wijst duidelijk op infiltratie, hoewel op 100 cm pH omhoog lijkt te gaan. Grondwaterstand op 6-7-10 135 cm - mv. In Afw. staat water 15 cm boven bodem.

Bovengrond bevat erg weinig organische stof. Mogelijk is hier ooit een deel afgegraven.

Grondgebruik op oude kaarten: 1896: bos, 1916: bos, vanaf 1930 grasland

Dat geldt voor het zuidelijk deel van het perceel.

Het noordelijk deel, bij EF2 bestaat tot 1936 uit bos en hei. In 1955 is een deel in gebruik als grasland, maar de strook bij EF2 als bos. In 1966 is alles grasland

Profielbeschrijving EF2-WW06

IDCODE	Terrein	Alfacode	DATUM	X-COORD	Y-COORD	m + NAP	TK-TDN	Centr. Profnr.	
1492	Willinks Weust	EF2-	1-3-2010	250715	442404	0	41F	41F	
Projektnr	Project	Opnemer	Bodemgebruik	Beheer	Plagjaar				
5237725	Natuurpotenties Willinks Weust	Fokke Brouwer en Bas van	grasland, blijvend	Begrazen (extensief)	0				
Fysiografische eenheid	Fysiotoop	Geomorfologie	Microreliëf	Helling	Expositie				
Regenwatergevoede zandgronden	hz3a - leemarme droge dekzandgebieden	dekzandrug in opgevuld dal	GO	0	0				
Vegtype	Naam vegetatietype								
16-a	RG Gestreepte witbol en Echte Koekoeksbloem [Klass								
Hydrologisch Systeem	GHG	GHG oud	GLG	GLG oud	GVG (veld):	GVG (polder)	GVG (stroom)	GWS pH	EGV (mS/m)
Wegzijgingsgebied	20		110		0		0	36	6,07 13
Grondwatertrap	Standaard puntencode	Bodemkaart 1:50 000	Ontkalking	Bewortelbare diepte					
IIIa	2r432 IIIa	Hn21 - IIIa	> boring	60					
Humusvorm									
LDXh	Heidexeromullmoder								

Horizont	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. st	Textuur	pH	Kalk	Rijp	Vlek	GEO	Str	Wortels	Fauna	Opmerking
		% A/VS	< 2 µ	< 50 µ	M50									
1Mf	0	1 SMCL	90 OV					o 190	WO	ABVFHO		dunne wortelmat		
1AMhe	1	2 SMDI	12 2	11	165			o 413	WO	PFVFRA		met loodzand		
1Ahe	2	15	9 2	11	165			o 413		VFVFVE	worm	met loodzand		
1Bhe	15	35	1,5	11	165			413						
1BCe	35	55	0,5	11	165			413						

1Ce	55	100		11	165	413
1Cgr	100	160	1,5	16	165	413

Toelichting

GWS 6-7-10 115 cm - mv.

In drinkpoel op 40 meter oost van boring extra watermonster genomen (6-7-10). Zal mogelijk beïnvloed zijn door vee dat ook in de poel loopt.

Profielbeschrijving EF3-WW04

IDCODE	Terrein	Alfacode	DATUM	X-COORD	Y-COORD	m + NAP	TK-TDN	Centr. Profnr.	
1493	Willinks Weust	EF3-	1-3-2010	250757	442494	0	41F	41F	
Projektnr	Projekt	Opnemer	Bodemgebruik	Beheer	Plagjaar				
5237725	Natuurpotenties Willinks Weust	Fokke Brouwer en Bas van	grasland, blijvend	Begrazen (extensief)	0				
Fysiografische eenheid	Fysiotoop	Geomorfologie	Microreliëf	Helling	Expositie				
Regenwatergevoede zandgronden	hz3a - leemarme droge dekzandgebieden	dekzandrug op dalopvulling	GO	0	0				
Vegtype	Naam vegetatietype								
16-i	RG Gewoon struisgras en Biggekruid [Klasse Der Voc								
Hydrologisch Systeem	GHG	GHG oud	GLG	GLG oud	GVG (veld):	GVG (polder)	GVG (stroom)	GWS pH	EGV (mS/m)
Wegzijgingsgebied	50		170		0		0	74	5,84 10
Grondwatertrap	Standaard puntencode	Bodemkaart 1:50 000	Ontkalking	Bewortelbare diepte					
Vlo	2r432 Vlo	Hn21 - Vlo	> boring	45					
Humusvorm									
LDXh	Heidexeromullmoder								

Horizont	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. st	Textuur	pH	Kalk	Rijp	Vlek	GEO	Str	Wortels	Fauna	Opmerking
		% A/VS	< 2 µ	< 50 µ	M50									
1Lv	-0,2	0 SMAB	90 OV					o 171	CM	VFVFHO		wat eikenblad		
1Mfi	0	0,5 SMAB	50 OV					o 190	WO	ABVFHO		met zand		
1AMhe	0,5	2 SMDI	3 3	11	165			o 411	WO	PFVFRA		met loodzand		
1AE	2	15 WAGR	3 3	10	165			o 411		VFVFVE		grijs		
1E	15	22	1	8	165			o 411		FEVFVE				
1Bh	22	23 SMCL	12 3	8	165			o 411				zwart, bijna moerig		
1Bhe1	23	45	4	10	165			411				koffiebruin		
1Bhe2	45	65	1,5	7	170			411				zeer stug		
1Ce	65	150		8	165			411						
1Cgr	150	180		8	155			411				loopzand		

Toelichting

Moslaag en daaronder 2 mm Lv laagje, bestaat uit blad van bomen op perceelsgrens.

Zeer scherpe grens tussen E en Bh met dun moerig bandje.

6-7-10 buis staat droog (> 186 cm - mv)

Profielbeschrijving EF4

IDCODE	Terrein	Alfacode	DATUM	X-COORD	Y-COORD	m + NAP	TK-TDN	Centr. Profnr.	
1494 Willinks Weust	EF4	26-2-2010	250847	442585	0	41F	41F		
Projektnr	Projekt	Opnemer	Bodemgebruik	Beheer	Plagjaar				
5237725	Natuurpotenties Willinks Weust	Fokke Brouwer en Bas van	loofbos	Niets doen	0				
Fysiografische eenheid	Fysiotop	Geomorfologie	Microreliëf	Helling	Expositie				
Kwelgevoede zandgronden	hz3d1 - vochtige dekzandlaagten	Opgevuld preglaciaal dal	ON	0	0				
Vegtype	Naam vegetatietype								
43B2	Vogelkers-Essenbos								
Hydrologisch Systeem	GHG	GHG oud	GLG	GLG oud	GVG (veld):	GVG (polder)	GVG (stroom)	GWS pH	EGV (mS/m)
Kwelgebied, gedraineerd	0		160		0		0	12 5,97	31
Grondwatertrap	Standaard puntencode	Bodemkaart 1:50 000	Ontkalking	Bewortelbare diepte					
Vao	f4k433 Vao	fpZg23 - Vao	> boring	90					
Humusvorm									
yLHf	IJzerrijke-Beekhydromull								

Horizont	Diepte (cm)	Grens	Meng	Org. st	Textuur	pH	Kalk	Rijp	Vlek	GEO	Str	Wortels	Fauna	Opmerking
		% A/VS	< 2 µ	< 50 µ	M50									
1OAh	0	1,5 WACL	25 DZ	20	160			o 110	GR	VFVFRA		zwart		
1Ahe	1,5	10 SMGR	4 2	20	160			o 413		VFVFRA		gehomogeniseerd		
1A/Cg	10	18 IRCL	3 2	20	160	1		w 413		VFVFRA		heterogeen		
1Cg	18	27 SMDI		20	160	1		w 413		VFVFVE				
1Cgc	27	85		22	155	1		b 413		VFVFVE				
1Cg	85	160		10	160	1		413				loopzand		
1Cr	160	180		10	160	1		413				loopzand		

Toelichting

Rabattenbos met Elzen en Berken. Buis op rabat, humusprofiel op rand greppel/rabat.

In greppels in winter water.

In greppels Mannagras en Gele lis, Op rabatten kamperfoelie, Pijpestro, Bosbes

1001	10010410	WERWN	K5p	222c	6	p6H	25	130	75	Vao
1001	0	101Ah	3.5	8	30	17515699			T1	
1001	10	401Cg1	1.0	12		15699			T2	
1001	40	601Cg2		20		15699			T3	
1001	60	702Ahgb	8.0		20	1701	413			
1001	70	902Cg			8	1751	413			
1001	90	1202Cu			5	1701	413			
1002				5						
10020410	WERBL	z	4h	433		H	15	125	65	Vao
1002	0	51Ah	3.0	6	15	18515699			T0	
1002	5	401Cg	0.5	6	15	18515699			T0	
1002	40	602Apgb	8.0		20	1851	413			
1002	60	952Cg			9	1751	413			
1002	95	1202Cgr			6	1601	413			
1003				4						
10030410	WERBL		c4k	432		F	20	120	85	IIIa
1003	0	501Aa/Cg	3.5		12	1751	693			413
1003	50	802Ahgb	14		15	1751	413			vrede
humusvorm										
1003	80	952Cg			6	1701	413			
1003	95	1202Cgr			3	1651	413			
1004				5						
10040410	WERWN		4h	432		p6H	20	120	60	IIIa
1004	0	51Ah	4.0		16	1751	699		T0	
1004	5	551Cg			5	16	1751	699	T0	brokjes TX
1004	55	702A/Cg	8.0		20	1751	413			met beekleem
1004	70	952Cg			6	1951	413			
1004	95	1202Cgr			6	1751	413			
1005				5						
10050410	WERWN		4h	432		p6c8F	20	100	55	IIIa
1005	0	601A/Cg	3.5		13	1701	699		T0	lijkt verwerkte 2r
1005	55	652Apgb	7.0		20	1601	413			opgebracht
1005	65	802Cg			12	1851	413			beekleemachtig
1005	80	1002Ck		99	99	503	413		MK	moeraskalk 100
1005	100	1202Cr			6	1603	413			
1006				6						
10060410	WERBL	z	4h	432		p6c11F	20	120	70	IIIa
1006	0	351ACg	3.0		16	1751	693		T0	hole ruimte boven kalk
1006	35	551A/Cg	1.5		14	1751	693		T0	
1006	55	752Apgb	7.0		18	1751	413			grindsteen
1006	75	902Cg			10	1851	413			
1006	90	1152Cgr			3	1651	413			
1006	115	1202Ck		99	99	503	413		MK	

Natuurpotentie Willinks Weust

1012	0	51Ah	3.0	25	1651	699	T0		
1012	5	551Cg		20	35	15699	T3	stug	
1012	50	652A/Cgb	10		20	1651	413		
1012	65	902Cg1	1.0		5	1851	413		
1012	901102Cg2			12	1853	413		kalk in	
oplossing									
10121101202Cr				6	1653	413		blauw	
1013			7						
10130410WERWN z	K5p	232c		w5c11H	25	120	60	IIIa	
1013		v4d						holle ruimte	boven kalk
1013	0	101Ah	2.5	20	17515699		T0		
1013	10	501Cg		20	35	15699	T3	stug	
1013	50	652Ahgb	15DV			110			
1013	65	703Cg		35	1201	422	LL		
1013	70	904Cg		6	1801	413			
1013	9011104Cgr			6	1801	413			
10131101204Ck	1.0	50	50	503	413		MK	in oplossing	
1014			7						
10140410WERWN	5k	433		w6c11H	25	125	65	Vao	
1014		v4d							
1014	0	101Ah	3.0	20	1751	699	T0		
1014	10	401Cg	1.5	3	25	1851	699	T0	
1014	40	601A/Cg	4.0	20	1751	699	T0	heterogeen	
1014	60	702Ahgb	18DV			110		meng beekleem	
1014	70	753Cg	6.0	26	1201	422	LL		
1014	751104Cg			12	1601	413			
10141101204Ck	1.0	70	70	503	413		MK		
1015			5						
10150410WERWN	5h	433c		w5H	35	125	50	Vbo	
1015		v4d							
1015	0	451A/Cg	3.0	3	20	175	699	T0	brokjes TX
1015	45	602Ahgb	20DV			110			
1015	60	753Ce		4	1751	413			
1015	751003Cg			4	1851	413			
10151001203Cgr				4	1851	413			
1016			6						
10160410WERWN	5k	433a		w6H	20	110	65	IIIa	
1016		v4d						kalk dieper dan 120cm-mv	
1016	0	101Ah	2.0	4	25	1652	699	T0	
1016	10	551Cg		6	35	1203	699	T0	geel/wit
1016	55	652Ahgb	25DV			110	VA		
1016	65	853Cg		6	1851	413			
1016	851103Cgr			10	1851	413		gelaagd	
10161101203Cr	0.5	13	1853	413				kalkresten	
1017			6						
10170410WERWN	K5p	232b		w6c11H	20	120	45	IIIa	
1017		v4d							
1017	0	51Ah	6.0	18	25	17515699	T3		
1017	5	451Cg1		20	35	18525699	T3	kalkbrokjes	
1017	45	601Cg2		25	45	14699	T4	versmerend	
1017	60	752Ahgb	30DV			110			
1017	751103Cg			6	1651	413			
10171101203Ck	1.0	55	55	503	413		MK		
1018			7						

10180410WERWN	K5p	222a		w6t7c10H	25	110	65	IIIa	
1018								kalk dieper	
1018	0	101Ah	3.0	8	25	16515699	T1		
1018	10	351Cg1		15	35	35699	T2	kalk brokken	
1018	35	601Cg2		10	20	35699	T1		
1018	60	652Ahgb	25DV			110			
1018	65	703Cg		30	1251	422	LL	beekleem	
1018	701004Cg			6	1851	413		gelaagd	
10181001204Cgr	1.0	15	10	1753	413		MK	kalklaagje	
1019			7						
10190410WERWN	K5p	232a		t7c11H	25	120	65	IIIa	
1019			4k						
1019	0	51Ah	5.0	20	17015699		T0		
1019	5	401Cg1		18	25	35699	T3	heterogeen	
1019	40	551Cg2		20	35	15699	T3		
1019	55	651Cg3		18	25	35699	T3	kalkbrokken	
1019	65	752A/Cgb	8.0	28	1201	422	LL		
1019	751053Cg			5	1951	413			
10191051203Ck	1.0	50	13	1753	413		MK	gelaagd	
1020			3						
10200410WERWN	4h	432a		p5H	35	125	65	Vbo	
1020			4k						
1020	0	501A/Cg	3.0	16	1702	699	T0	kalkbrokjes	
1020	50	602Ahgb	4.5	23	1701	413			
1020	601202Cg			10	1653	413		geen zichtb	
1021			4						
10210410WERWN	2r	431				60	121	65	Vio
1021									
1021	0	501AE	2.5	10	1651	411			
1021	50	851Bhe	4.5	8	1651	411			
1021	801101BCe		3.0	6	1651	411			
10211101201BC	1.5		6	1851	413				
1022			7						
10220410WERWN z	K5p	222a		w6H	20	110	60	IIIa	
1022			v4d						
1022	0	101Ah	5.0	20	1751	699	T0		
1022	10	351Cg1		15	25	35699	T2	brokjes kalk	
1022	35	551Cg2		20	35	15699	T3		
1022	55	652Ahgb	30DV			110			
1022	65	953Cg		12	1851	413			
1022	951103Cgr			6	1601	413			
10221101203Cr				6	1203	413		blauw	
1023			6						
10230410WERWN z	K5p	222a		w6H	20	120	70	IIIa	
1023			v4d						
1023	0	101Ah	4.0	20	1601	699	T0		
1023	10	601Cg		15	25	18535699	T2	wit/geel	
1023	60	702Ahgb	15DV	20	165	110			
1023	70	903Cg		6	1901	413			
1023	901053Cgr			10	1701	413		wit/grijs	
10231051203Cr	1.0		10	1703	413			kalksnoertje	
1024			7						
10240410WERWN z	K5p	232a		w6t7H	20	120	35	IIIa	

Natuurpotentie Willinks Weust 121

122 Natuurpotentie Willinks Weust

1047 10 351ACg	10 30	35699	T1	
1047 35 601Cg1	8 20	18535699	T1	wit/geel
stenen				
1047 60 701Cg2	15 25	35699	T2	
1047 70 952Ahgb	12 20	1451 413		met c-
mineralen				
1047 951053Cw	25DV	110		
10471051204Cg		20 1653 413		
10471201304Ck	1.0 85 85	5035699	MK	met houtresten
10471301404Cr	1.5	6 1653 413		
1048	8			
10480510WERWN	5k 433a	p7c10H 25 135 70		Vao
1048	4k	1549us/cm10c 4/5/10		
1048 0 51Ah	1.0	6 20 16535699	T0	
1048 5 301A/Cg		3 20 16535699	T0	
1048 30 651Cg		3 20 16535699	T0	zanderig
1048 65 802Ahgb	8.0	14 1651 413		met C-
mineralen				
1048 80 952Cg1		16 1651 413		bonte roest
1048 951102Cg2		20 1653 413		kalkbrokjes
10481101402Cg3		20 1653 413		bonte roest
10481401502Cr		20 1653 413		
1049	5			
10490510WERWN	K5p 232a	p7H 25 130 60		Vao
1049	4k	1111us/cm10c 4/5/10		
1049 0 301A/Cg	0.5	20 30 35699	T3	
1049 30 651Cg		15 35 35699	T2	oranje/geel
1049 65 852Ahgb	6.0	20 1651 413		met C-
mineralen				
1049 851102Cg		12 1851 413		gelaagd
10491101402Cgr	1.0	16 1751 413		
1050	7			
10500510WERWN	K5p 225a	p8v9H 25 125 75		Vao
1050	4h	1067us/cm10c 4/5/10		
1050 0 401A/Cg	1.0	15 30 35699	T2	
1050 40 751Cg		10 35 35699	T1	brokken T
1050 75 852Ahgb	10	20 1551 413		
1050 85 953Cw	20DV	1 110		
1050 951154Cg		20 1601 413	LL	beekleemachtig
10501151354Cgr		16 1651 413		
10501301504Cr		16 1653 413		blauw
1051	7			
10510510WERWN	K5p 215a	w7t9H 30 125 70		Vbo
1051	v4d	2.00ms/cm10c 4/5/10		
1051 0 51Ah	1.0	10 25 35699	T1	
1051 5 351A/Cg		15 25 35699	T2	bruin/geel
1051 35 701Cg		10 20 35699	T1	wit/geel
1051 70 902Cw	35DV	1 110		
1051 90 953Cg	2.0	35 1201 422	LL	
1051 951204Cg		6 1851 413		
10511201604Cgr		20 1853 413		
1052	9			
10520510WERWN	K5p 232a	p7v8t9H 25 135 35		Vao
1052	4h	3.29ms/cm10c 4/5/10		

1052 0 51Ah	1.5	20 35 35699	T3	
1052 5 401A/Cg	0.5	20 35 35699	T3	bruin/wit
1052 40 701Cg		25 45 35699	T4	geel/wit
1052 70 802Ahg/Cg	10	20 1601 413		
1052 80 853Cw	25DV	1 110		
1052 85 904Cg	1.0	30 1201 422	LL	restant beekl.
1052 90 955Cg		20 1851 413		
1052 951305Cgr		20 1753 413		bonte
leemkleur				
10521301605Cr		20 1753 413		leemkeur
1053	9			
10530510WERWN	K5p 225a	v9t11c12H 35 125 35		Vbo
1053	v4d	3.26ms/cm10c 4/5/10		
1053 0 51Ah	1.5	15 35 35699	T2	
1053 5 401A/Cg	0.5	15 35 35699	T2	
1053 40 601Cg1		15 35 35699	T2	
1053 60 901Cg2		25 40 35699	T4	80 kalk
1053 901152Ahgb	25DV	1 110		
10531101153AC	8.0	30 1201 422	LL	
10531151254Cgr		16 18535413		
10531251304Ck		50 50 5035413	MK	kalkleem
10531301604Cr	1.0	20 18535413		
1054	9			
10540510WERWN	K5p 212a	p7t9c11H 35 125 70		Vbo
1054	4h	1873us/cm10c 4/5/10		
1054 0 51Ah	1.5	10 25 18535699	T1	
1054 5 351A/Cg	0.5	10 25 18535699	T1	
1054 35 601Cg1		3 16 18535699	T0	
1054 60 701Cg2		15 30 35699	T2	
1054 70 902Ah/C	10	20 1651 413		
1054 90 953ACg	8.0	30 1201 422	LL	
1054 951104Cg		20 1653 413		
10541101304Ck		90 90 5035413	MK	kalkleem
10541301504Cr		12 1853 413		
1055	10			
10550510WERWN	K5p 222a	p6t7c9k14H 25 100 60		IIIa
1055	z4d	4,72ms/cm10c 4/5/10		
1055 0 51Ah	1.5	15 30 35699	T2	
1055 5 401Cg1		15 30 35699	T2	
1055 40 501Cg2		3 22 18535699	T0	
1055 50 601Cg3		25 50 35699	T4	
1055 60 702Ahgb	12	20 1601 413		
1055 70 853Cw	25DV	1 110		
1055 85 904Cg		35 1201 422	LL	
1055 901105Ck	1.0	99 99 5035413	MK	
10551101405Cr		25 1603 413		blauw
10551401806Cr	99	35699	BZ	100 lutum
blauw				
1056	7			
10560510WERWN	K5p 222a	p6c9k13H 25 100 60		IIIa
1056	v4d	3.08ms/cm10c 4/5/10		
1056 0 51Ah	1.5	15 25 35699	T2	
1056 5 301A/Cg	0.5	15 25 35699	T2	bruin/geel
1056 30 601Cg		15 30 35699	T2	geel/wit

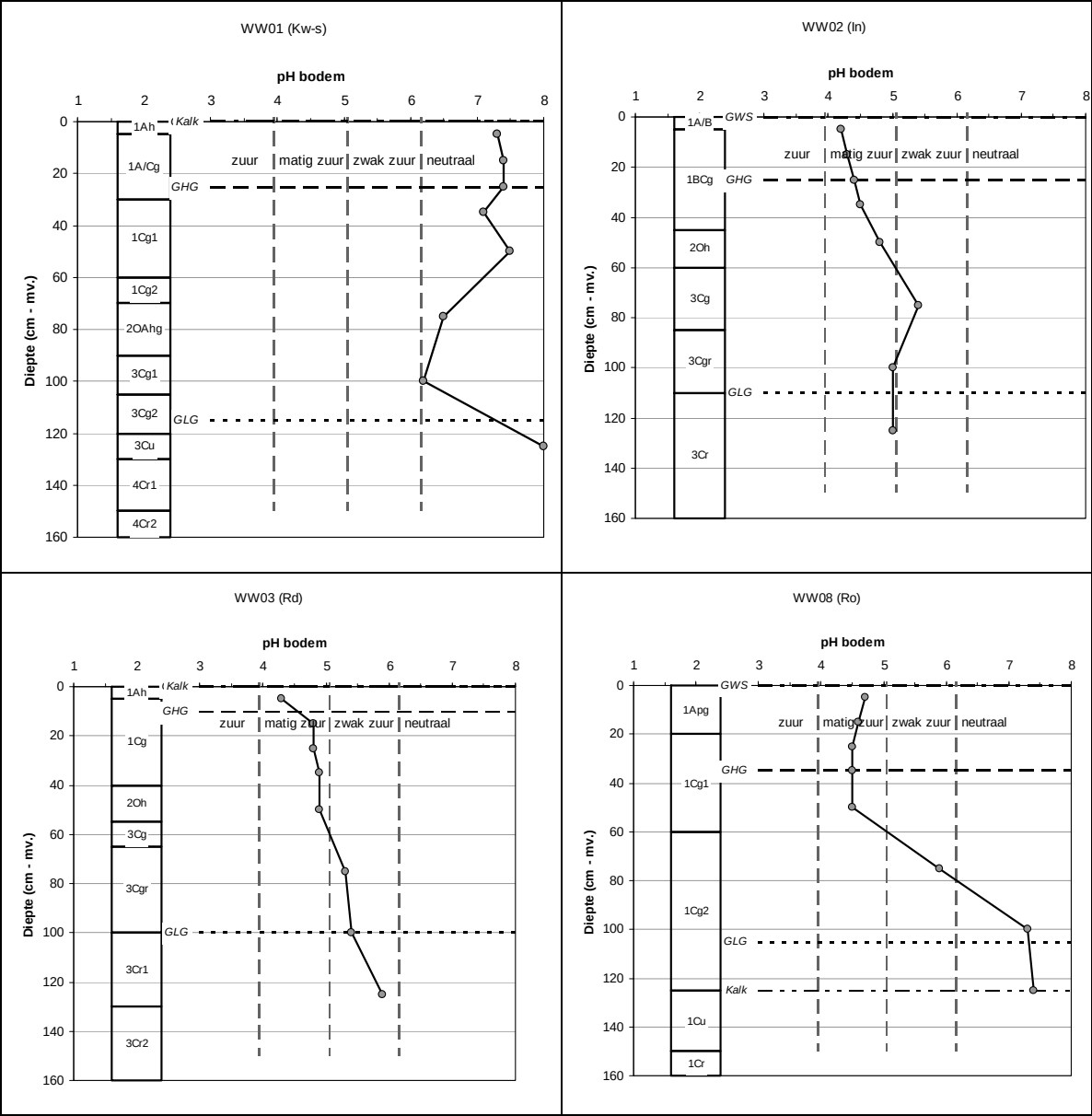
1056	60	852Ahg/Cgb	12	20	1601	413			
1056	851102Ck	1.0	50	50	503	413	MK		
10561101302Cr				20	1653	413			
10561301503Cr			99		35699		BZ	100	lutum
blauw									
1057			7						
10570510WERWN	5k	433a		w7k12H	25	110	70	IIIa	
1057			v4d				2.88ms/cm10c	4/5/10	
1057	0	201ACg	2.0	3	25	16535699	T0		
1057	20	601A/Cg			15	16515693		413	
1057	60	701Cg		10	20	35699	T1		
1057	70	802Cw	20DV			1	110	GR	
1057	80	853Cgr			20	1801	413		
1057	851203Cg				16	1851	413		
10571201604Cr			99		25699		BZ		bontzandsteen
1058			6						
10580510WERWN	K5p	212a		p6H	20	110	60	IIIa	
1058			4k				975us/cm10c	4/5/10	
1058	0	51Ah	1.5	10	25	35699	T1		
1058	5	351A/Cg	0.5	10	25	35699	T1		bruin/geel
1058	35	601Cg		3	20	17535699			
1058	60	852Ahg/Cgb	6.0		15	1751	413		
1058	851102Cg				6	1851	413		
10581101502Cr			1.0		16	1751	413		
1059			7						
10590510WERWN	k5p	212a		p7H	20	120	60	IIIa	
1059			4k				1010us/cm10c	4/5/10	
1059	0	51Ah	1.5	10	25	35699	T1		
1059	5	451A/Cg	0.5	6	30	18535699	T0		
1059	45	651Cg			15	35	35699	T2	
1059	65	852A/Cgb	5.0		10	1901	413		
1059	851202Cg				6	1901	413		
10591201402Cr1					12	1751	413		
10591401602Cr2					18	1753	413		
1060			5						
10600510WERWN	K5p	212a		p8t10H	20	115	50	IIIa	
1060			v4d				979us/cm10c	4/5/10	
1060	0	751A/Cg	1.0	8	20	18535699	T1		heterogeen
1060	751002Ag/Cw		10		20	1651	413		
10601001053Cg					35	1201	422	LL	
10601051154Cgr					12	1851	413		
10601151604Cr			1.0		16	1851	413		
1061			6						
10610510WERWN	K5p	212a		p8H	25	130	50	Vao	
1061			v4d				2.67ms/cm9.1c	4/5/10	
1061	0	51Ah	1.5	12	25	35699	T1		
1061	5	501A/Cg			10	25	35699	T1	
1061	50	801Cg			25	40	35699	T4	
1061	801002Ah/Cw		12		26	1201	413	LL	ook 422
10611001203Cg					12	1853	413		bonte leem
10611201603Cr			1.0		14	1853	413		gelaagd
1062			8						
10620510WERWN	K5p	225a		v8t10H	20	120	40	IIIa	
1062			v4d				3.20ms/cm9.1c	4/5/10	

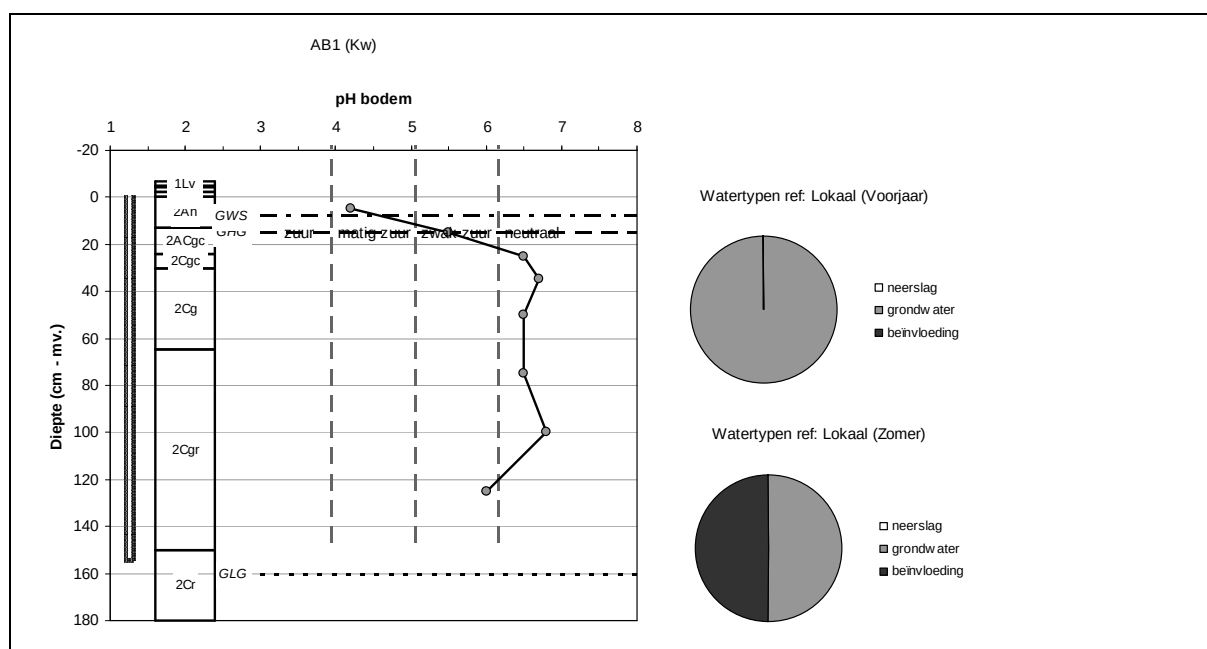
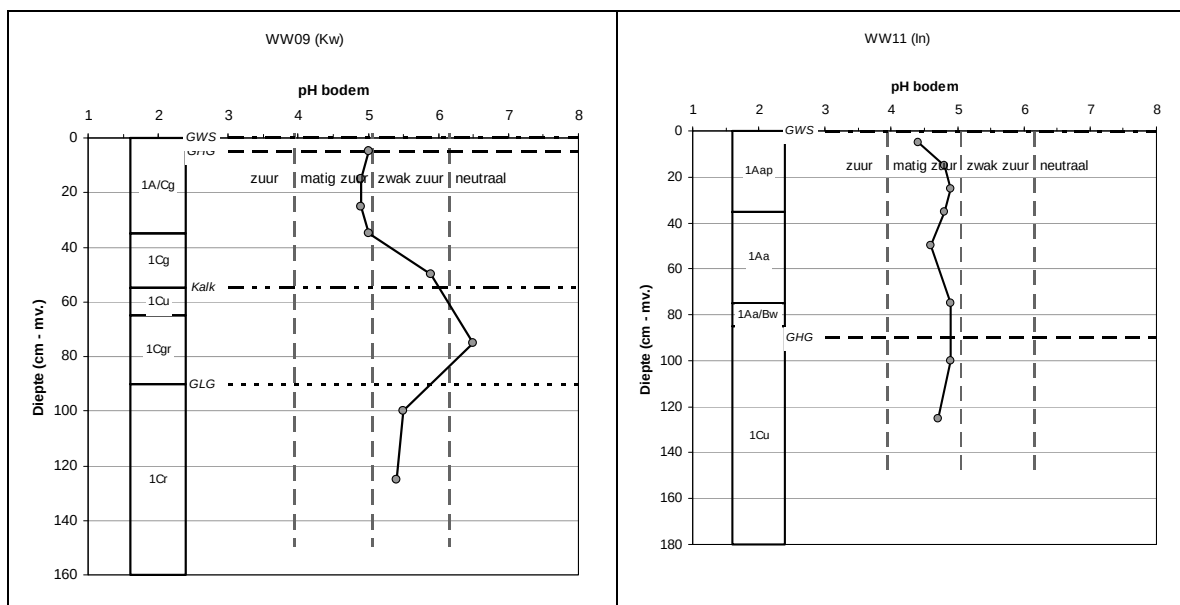
1062	0	51Ah	1.5	15	25	35699	T2		
1062	5	451A/Cg	0.5	15	25	35699	T2		
1062	45	801Cg		30	55	35699	T5		
1062	80	952Ahgb	25DV			1	110		
1062	951003Cg		3.0		35	1001	422	LL	
10621001104Cgr					10	1851	413		
10621101404Cr1					16	1853	413		bonte leem
10621401804Cr2					19	1853	413		blauwig
1063			9						
10630510WERWN	K5p	222a		p7v8c9H	20	100	65	IIIaX	
1063			v4d				3.37ms/cm10c	4/5/10	
1063	0	51Ah	1.5	10	25	35699	T1		
1063	5	351A/Cg			15	25	35699	T2	bruin/geel
1063	35	651Cg			10	25	35699	T1	wit/geel
1063	65	801Ah/Cg	6.0		16	1653	693		
1063	80	852Cw	20DV			110			
1063	85	903Cg	3.0		26	1101	422	LL	
1063	901254Ck			99	99	503	413	MK	dik/vette laag
10631251604Cr					20	1803	413		bonte leem
10631601805Cr					20	1653	699		blauw
1064			8						
10640510WERWN	K5p	215a		w7c10k15H	20	100	60	IIIa	
1064			v4d				3.62ms/cm9.4c	4/5/10	
1064	0	51Ah	1.5	10	25	35699	T1		
1064	5	351A/Cg	0.5	10	25	35699	T1		
1064	35	651Cg			15	35	35699	T2	bruin/wit
1064	65	852Ahgb	20DV			1	110		met C-
mineralen									
1064	85	953Cg			20	1751	413		
1064	951103Ck				35	35	503	413	MK
10641101503Cr			1.0		22	1953	413		in oplossing
10641501804Cr				99		15699		BZ	bontzandsteen
1065			6						
10650510WERWN	4h	433a		c10k12F	20	90	75	IIIa	
1065			v4d				5.03ms/cm10c	8/5/10	
1065	0	71Ah	2.5	6	25	16015699	T0		
1065	7	751A/Cg	2.0	6	25	16035699	T0		sterk
heterogee									
1065	75	952Cw/Cgr	1.5		20	1853	413	LL	
1065	951152Ck				70	70	503	413	MK
10651151603Cr1			1.0		55		34699	BZ	gelaagd
10651601803Cr2			1.0		85		35699	BZ	rollaag
1066			6						blauw
10660510WERWN	K5p	212a		z8k10H	25	95	60	IIIa	
1066							4.38ms/cm10c	8/5/10	
1066	0	101Ah			8	25	16015699	T1	
1066	10	501A/Cg			12	25	35699	T1	
1066	50	751Ah/Ce			13	1651	693		699/413
1066	751002Cgr				20	1853	413		gelaagd
10661001353Cgr					75		34699	BZ	rollaag
10661351603Cr					85		25699	BZ	situ
1067			7						
10670510WERWN	K5p	212a		p6H	10	125	60	Vbo	
1067			4h				1128us/cm10c	8/5/10	

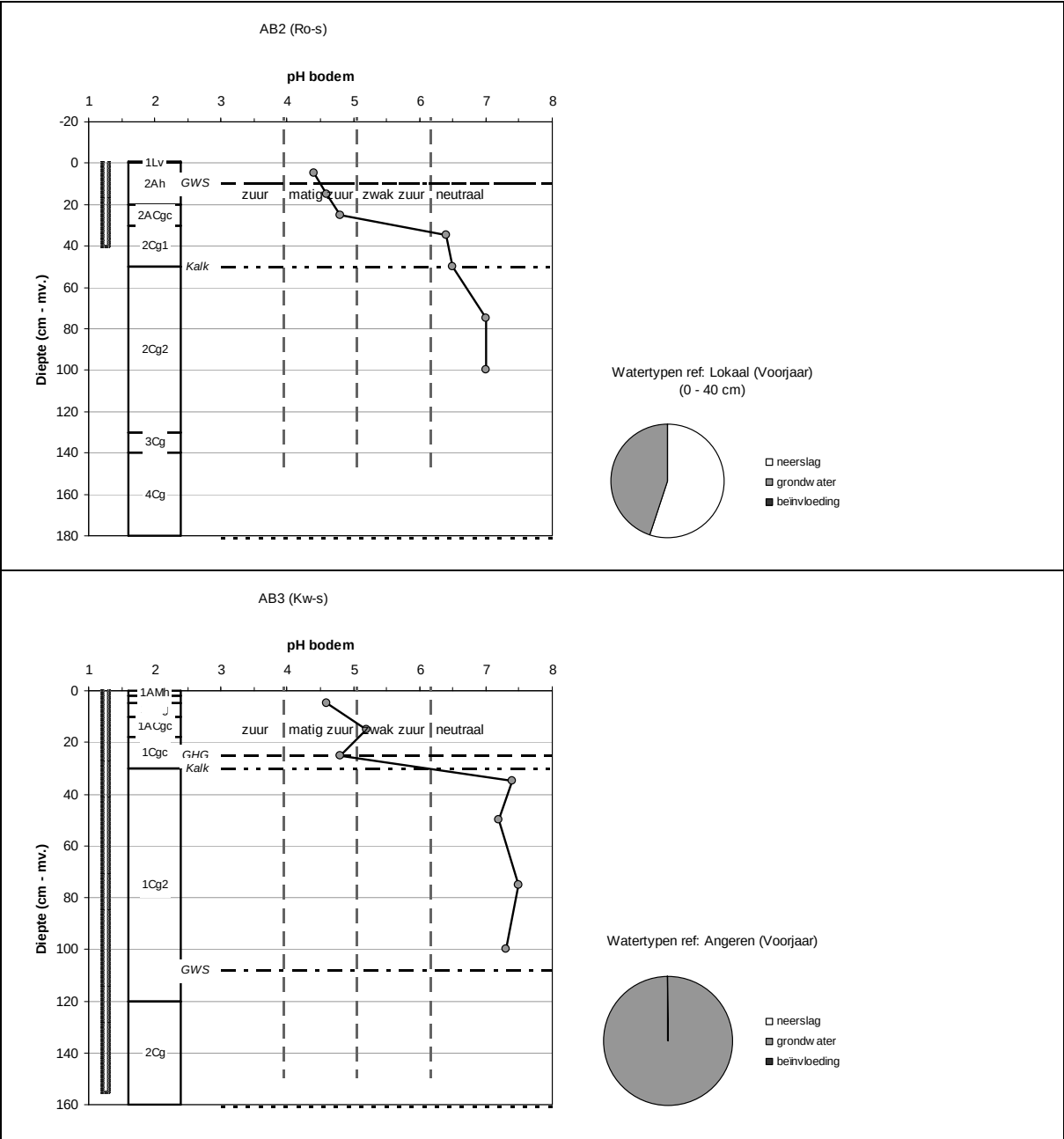
10711301504Cr1	1.0	95		15699	BZ		rollaag
10711501604Cr2		95		15699	BZ		rood situ
1072	8						
10720510WERWN	K5p	212a	p6t9c10k13H	25	95	70	IIIA
1072		4h					4.79ms/cm10c 8/5/10
1072 0 51Ah	2.0	10	20	35699	T1		
1072 5 251ACg	1.0	10	20	35699	T1		
1072 25 601Cg		8	15	35699	T1		
1072 60 852Ah/Cg	10	16	1601	413			
1072 85 903Cg		30	1201	422	LL		
1072 901104Ck		80	80	503	413	MK	
10721101254Cr		30	1753	413			met iets MK
10721251605Cr	1.0	95		35699	BZ		rollaag
1073	7						
10730510WERWN	K5p	212a	p6k13H	25	100	70	IIIA
1073							4.24ms/cm10c 8/5/10
1073 0 51Ah	2.0	8	25	16535699	T1		
1073 5 451A/Cg	1.0	8	25	16535699	T1		
1073 45 601Cg		5	20	18535699	T0		heterogeen
1073 60 802Ahgb	9.0	20	1551	413			iets LL
1073 801002Cgr		20	1653	413			kalkfragmenten
10731001302Cr		25	1653	413			gelaagd
10731301603Cr	1.0	95		35699	BZ		rollaag
1074	5						
10740510WERWN	K4p	215a	p5k8H	20	85	70	IIIA
1074		TX					4.93ms/cm10c 8/5/10
1074 0 101Ah	3.0	8	25	16535699	T1		
1074 10 501A/Cg	1.5	8	25	16535699	T1		
1074 50 751Cg/2Ahg	4.0	8	20	1652	413		699/413
1074 751202Cg		99		25699	KT		wit/grijs
10741201602Cr		99		35699	BZ		situ rood
1075	6						
10750510WERWN	K5p	222a	p5H	15	110	45	IIIA
1075		4h					845us/cm10c 8/5/10
1075 0 31Ah	1.0	15	25	35699	T2		
1075 3 201Cg1		15	25	35699	T2		
1075 20 451Cg2		10	20	35699	T1		
1075 45 752Apgb	5.0	18	1601	413			
1075 751102Cg		12	1851	413			bonte
leemlagen							
10751101602Cr		16	1651	413			
1076	8						
10760510WERWN	K5p	222a	p6k14H	15	95	60	IIIA
1076		4h					3.04ms/cm10c 8/5/10
1076 0 51Ah	1.0	12	20	35699	T1		
1076 5 301A/Cg	0.5	12	20	35699	T1		
1076 30 501Cg		15	20	35699	T2		stenen
1076 50 652Ahgb	6.0	25	1601	413			
1076 65 753Cg		28	1301	422	LL		iets gebroken
1076 75 904Cgr		8	1501	413			
1076 901404Cr		16	1751	413			
10761401605Cr		95		35699	BZ		rollaag
1077	7						
10770510WERWN	K5p	222a	p6k15H	20	90	60	IIIA

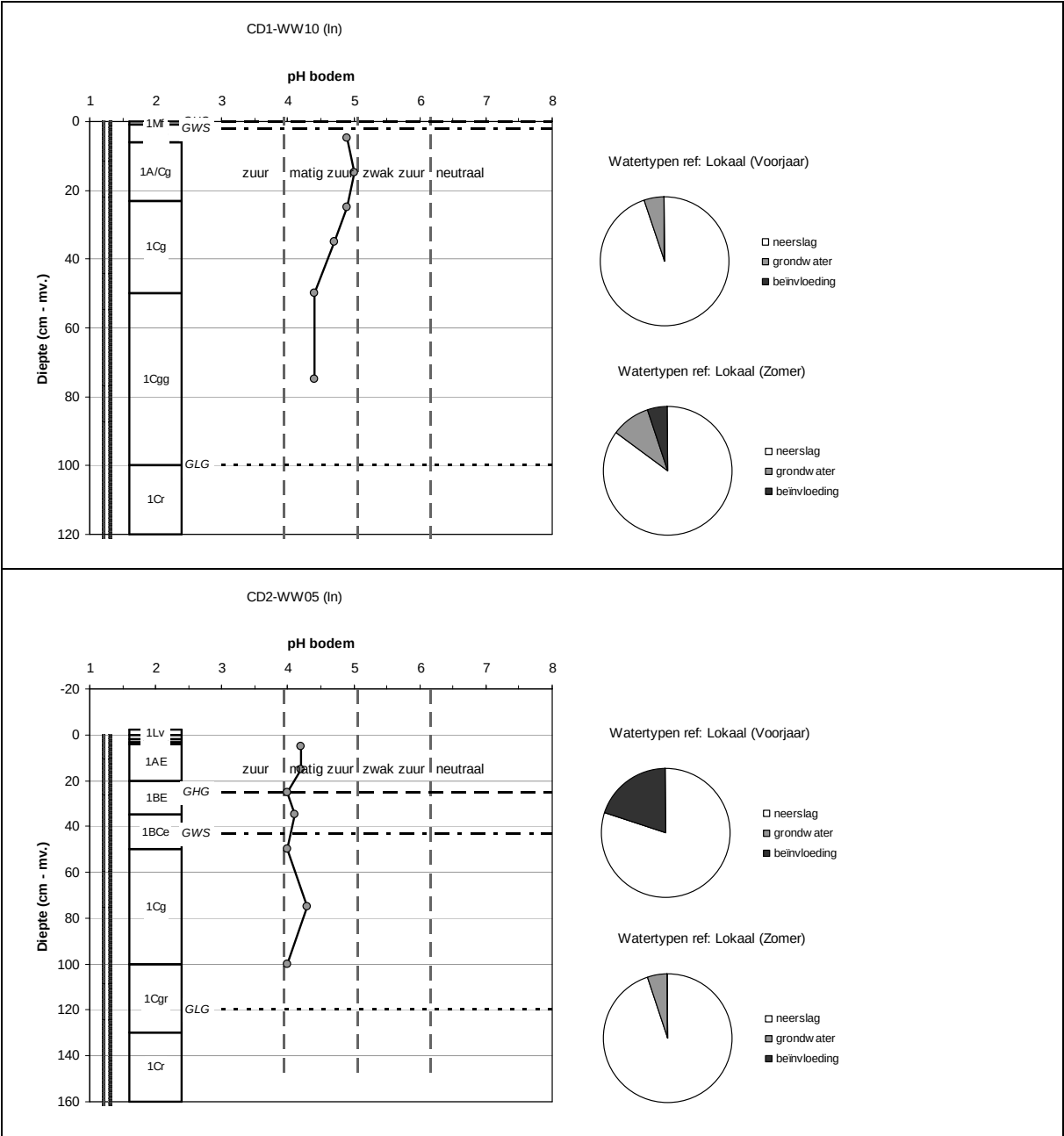
126 Natuurpotentie Willinks Weust

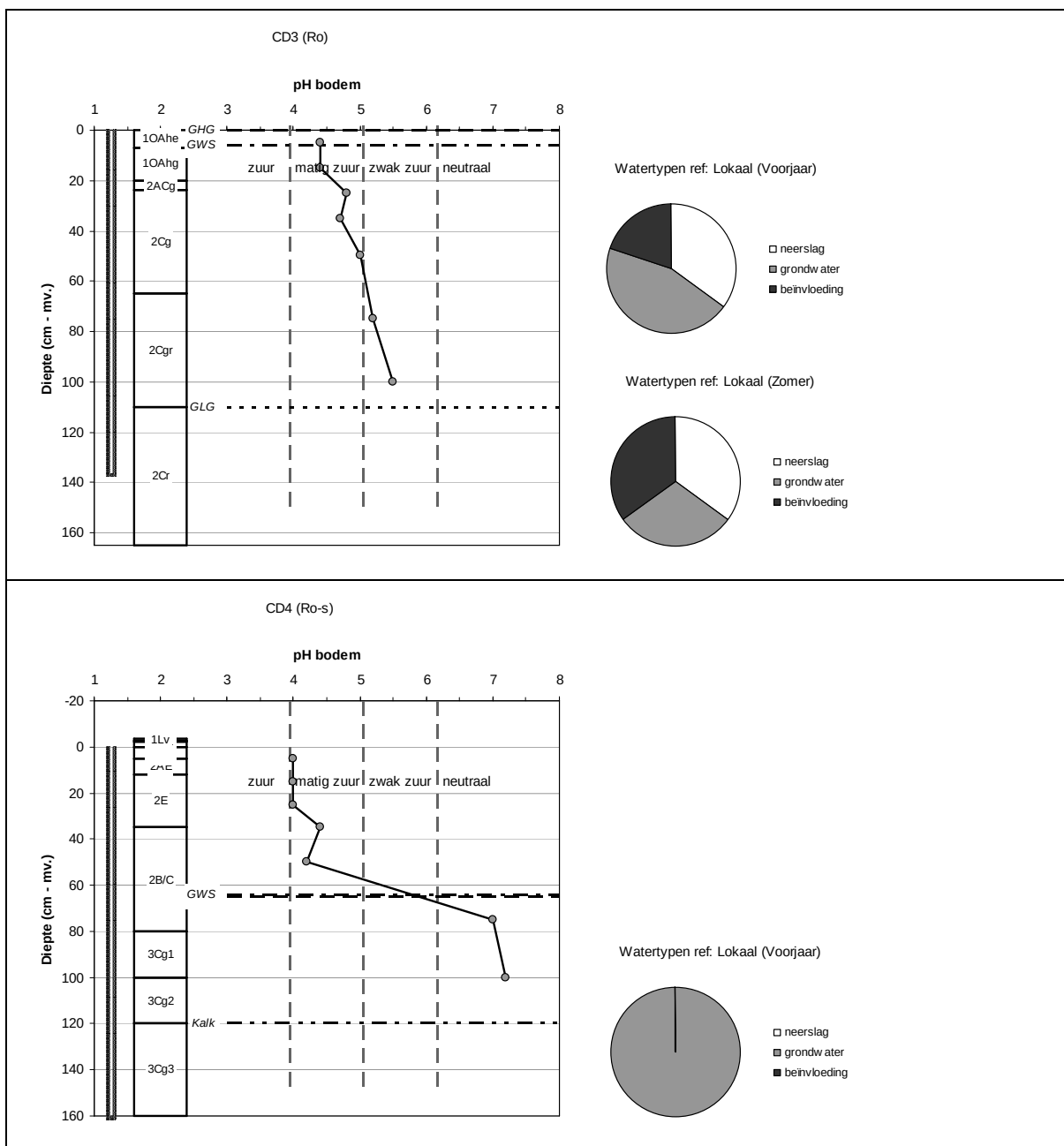
Bijlage 4 pH-profielen



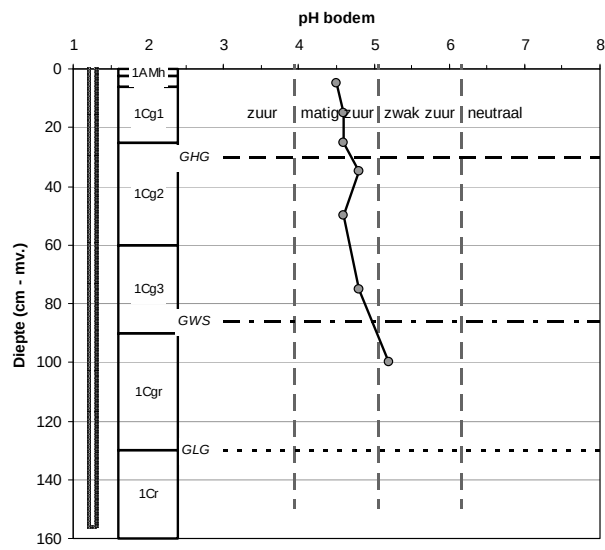




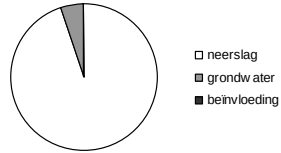




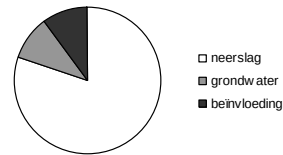
EF1-WW07 (ln)



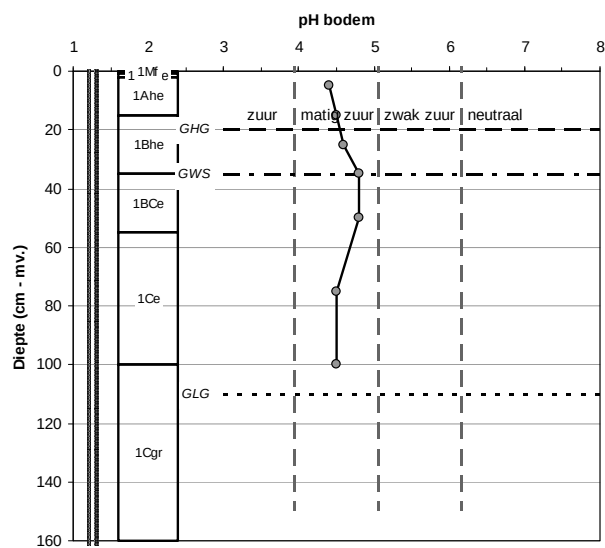
Watertypen ref. Lokaal (Voorjaar)



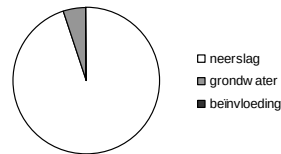
Watertypen ref. Lokaal (Zomer)



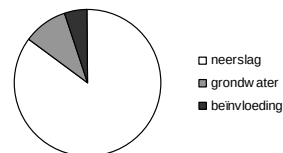
EF2-WW06 (ln)

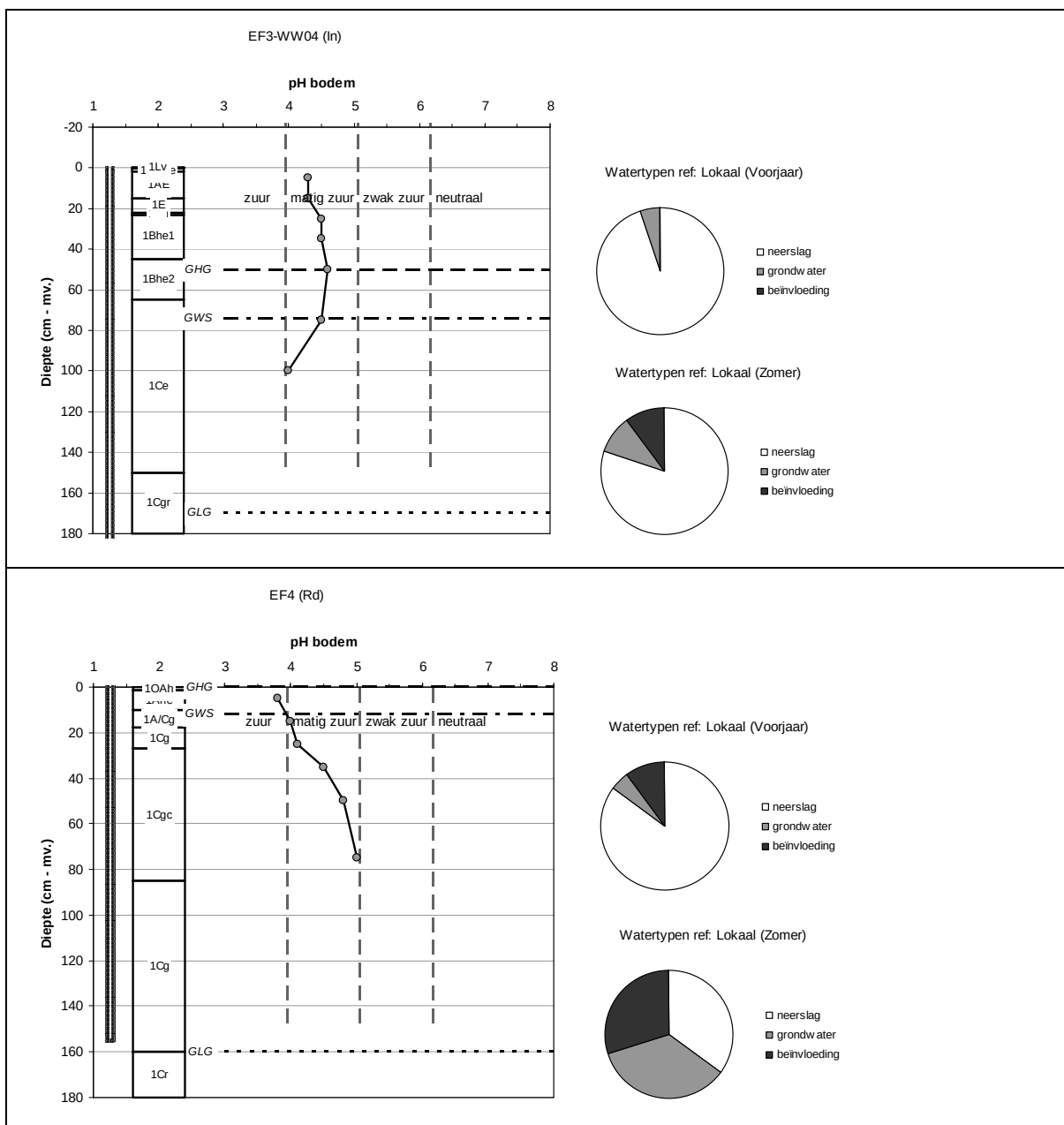


Watertypen ref. Lokaal (Voorjaar)

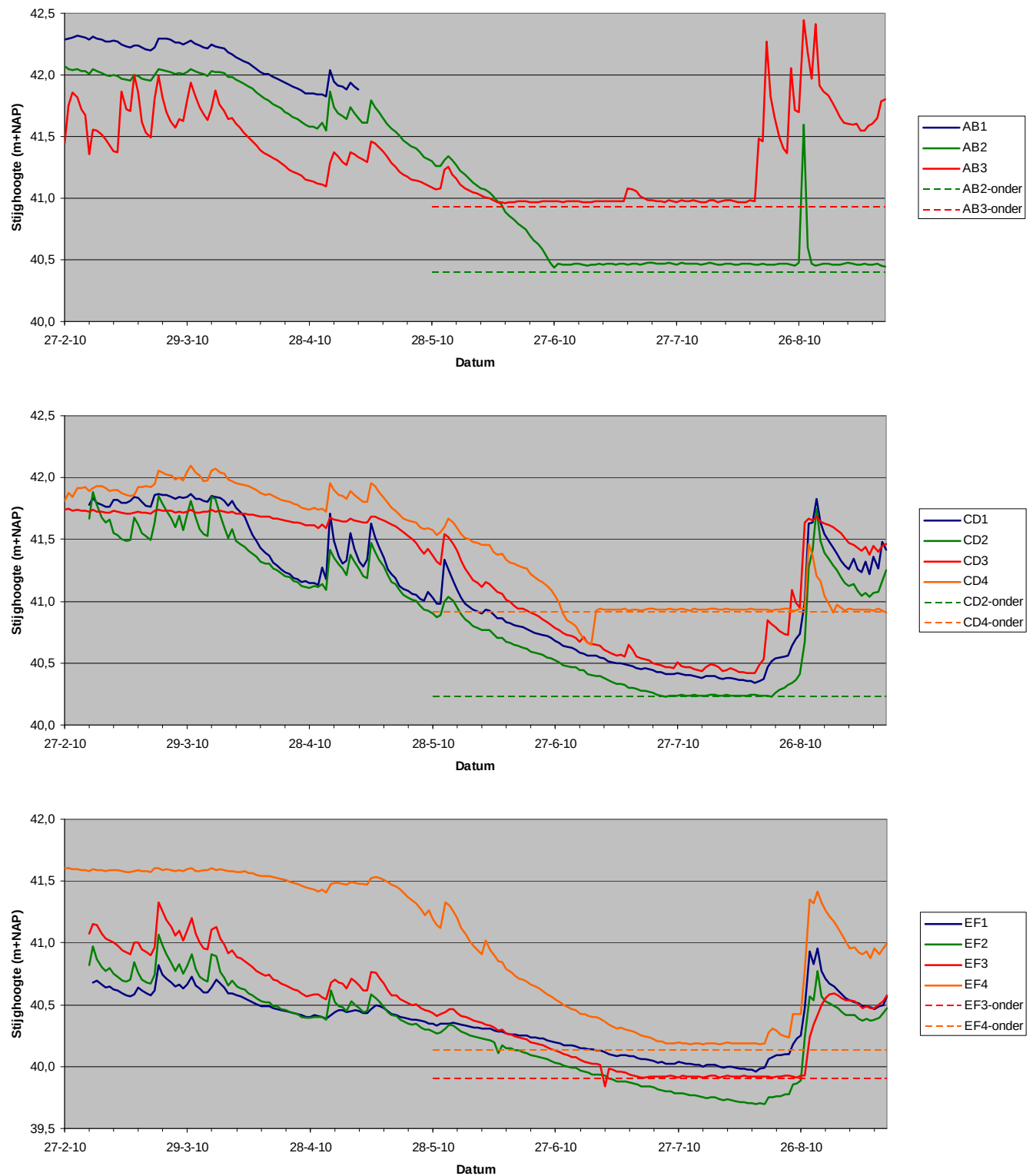


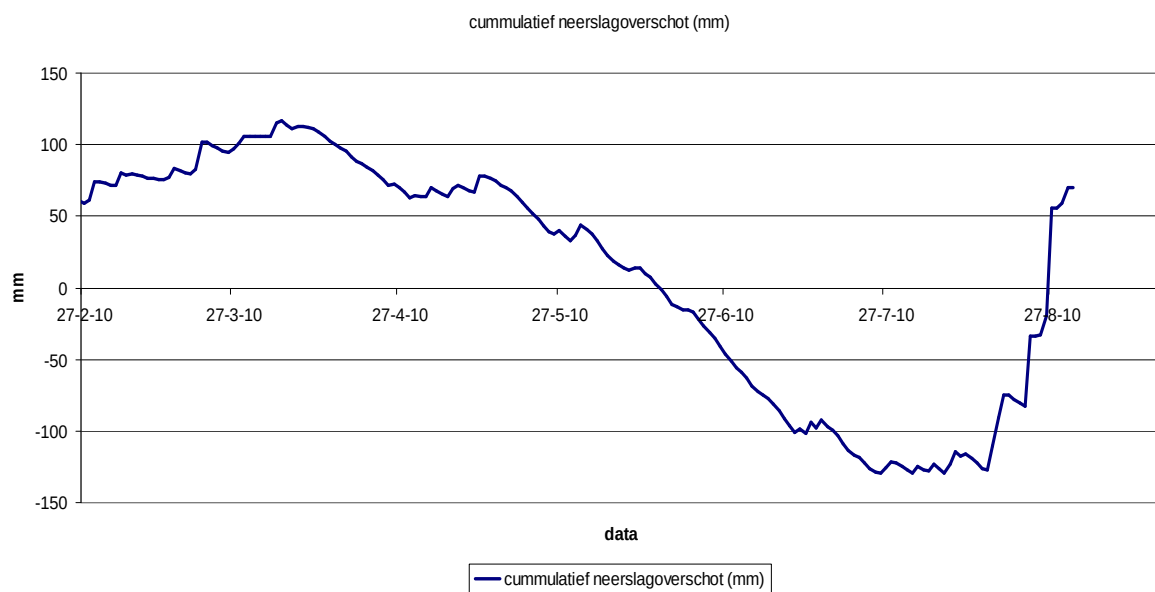
Watertypen ref. Lokaal (Zomer)





Bijlage 5 Tijdreeksen grondwaterstanden





Cumulatief neerslagoverschot gedurende de meetperiode (berekend door H. Huijskes)

Bijlage 6 Analyseresultaten watermonsters en MAION berekeningen

Analysegegevens

Punt	Deelgebied	Ronde	EC	Cl	Ca	K	Mg	Na	S	pH	IC
			[µS/cm]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[bij 20±1°C]	[mg/l]
AB1	Rand	Voorjaar	574,0	31,6	94,3	2,2	10,7	19,6	23,7	7,5	49,1
AB2	Plateau	Voorjaar	227,0	7,3	32,1	0,8	7,7	5,5	12,2	7,8	15,9
AB3	Plateau	Voorjaar	694,0	8,9	125,0	0,7	26,4	1,9	0,6	7,4	98,5
CD1	Dal	Voorjaar	81,5	2,4	10,7	0,7	1,5	1,6	5,6	6,3	4,7
CD2	Dal	Voorjaar	83,2	5,7	3,3	14,4	0,2	4,1	4,4	5,7	3,7
CD3	Rand	Voorjaar	832,0	27,8	167,0	2,9	11,6	14,9	87,4	7,6	45,0
CD4	Plateau	Voorjaar	409,0	-	29,2	0,3	12,5	6,6	15,9	7,5	24,9
EF1	Dal	Voorjaar	119,0	2,3	15,0	3,3	2,3	1,6	9,6	6,8	4,9
EF2	Dal	Voorjaar	132,0	2,8	18,7	1,2	2,3	1,0	11,7	6,1	7,2
EF3	Dal	Voorjaar	102,0	3,5	14,2	0,2	0,4	1,9	4,9	5,8	1,8
EF4	Rand	Voorjaar	308,0	15,2	44,2	1,5	4,0	8,9	34,2	6,0	3,5
AB1	Rand	Zomer	564,0	24,2	94,9	4,0	11,5	11,6	12,2	7,1	56,7
CD1	Dal	Zomer	245,0	4,2	26,9	3,3	2,8	3,1	33,0	4,8	0,1
CD2	Dal	Zomer	166,0	17,0	9,4	16,0	1,1	4,5	8,2	6,1	1,9
CD3	Rand	Zomer	866,0	37,5	167,0	4,8	10,4	18,4	87,9	6,9	39,7
EF1	Dal	Zomer	191,0	6,8	18,1	8,1	2,8	4,5	12,9	6,6	4,8
EF2	Dal	Zomer	143,0	3,3	17,5	1,9	2,2	1,6	15,7	5,3	1,8
EF3	Dal	Zomer	113,0	5,1	13,2	1,8	1,2	3,1	4,2	5,8	1,3
EF4	Rand	Zomer	1080,0	39,9	219,0	2,3	13,0	23,7	136,0	6,9	43,0
Oppervlaktewater											
Poel	Dal	Zomer	382,0	9,9	42,5	34,5	4,3	5,5	3,1	7,8	38,2
Wieste	Dal	Zomer	498,0	25,4	61,9	16,9	10,6	11,2	30,9	7,3	17,4
Lokale referentie (Bron: Dinoloket gem 1990-2002)											
B41F0176	Dal	najaar	903,7	28,53	180,29	1,28	10,68	22,47	78,84	7,25	

MAION berekening en mengverhoudingen

		Verwantschappen						Mengverhouding met Angeren			Mengverhouding met lokale referentie		
		ATM	RHLOB	THX	LI-DU	LI-AN	B41F176	AANDEEL (%)			AANDEEL (%)		
Punt	Deelgebied	%	%	%	%	%	%	atmoclien	beinvloed	Angeren	atmoclien	beinvloed	Lokaal
Voorjaar													
AB1	Rand	-37,3	52,5	32,6	86,9	95,2	92,5	45	20	35	0	0	100
AB2	Plateau	-29,6	15,8	-5,4	87,6	82,6	78,9	95	0	5	55	0	45
AB3	Plateau	-63,4	38,6	29,4	90	98,4	75,6	0	0	100	0	50	50
CD1	Dal	6,6	3,8	-19,9	58,4	50,5	72,7	90	5	5	95	0	5
CD2	Dal	20,6	-16,1	-22,9	-22,6	-29,3	-6,9	80	20	0	80	20	0
CD3	Rand	-7	54,9	45,5	54,3	70,6	98,8	75	15	10	35	20	45
CD4	Plateau	-30,7	56,3	40	75,4	85,8	80,6	60	20	20	0	0	100
EF1	Dal	7,2	1,2	-15,6	53,8	48,6	73,6	90	5	5	95	0	5
EF2	Dal	15,3	5,9	-11	44,2	41,2	73,7	90	5	5	95	0	5
EF3	Dal	8,9	18,5	-8,4	45,9	43,1	72,7	85	10	5	95	0	5
EF4	Rand	34,9	25,5	9,2	23,4	26,8	73,7	80	15	5	85	10	5
Zomer													
AB1	Rand	-49,6	47,9	30,7	89,5	97,9	87,6	20	15	65	0	50	50
CD1	Dal	45,7	9,6	4,2	8	11	61	95	5	0	85	10	5
CD2	Dal	36,8	23,1	0,4	-9,2	-9,2	31,2	95	5	0	95	5	0
CD3	Rand	-2	60,2	51,4	44,7	63,3	97,1	70	20	10	35	30	35
EF1	Dal	17,7	18	1,3	37,8	38,3	76,5	85	10	5	80	10	10
EF2	Dal	37,1	4	-7,5	18,2	17	62,5	85	10	5	85	10	5
EF3	Dal	6,8	21,9	-7,4	41,8	38,6	68,7	85	10	5	80	10	10
EF4	Rand	3,2	62,5	58,2	35,1	56,5	94,4	75	20	5	35	35	30
Oppervlaktewater													
Poel	Dal	-66,8	27,1	17,1	90,6	95,2	65,5	20	0	80	5	50	45
Wieste	Dal	-11,8	56	43,7	53,8	68,9	97,2	75	15	10	30	20	50
Refrentie													
B41F176		-18,1	59,4	48,7	63,2	79,9	100	65	20	15	0	0	100

Bijlage 7 Analyseresultaten bodemonsters

Lab,	nr,	monster	boven	onder	P ₂ O ₅	gewicht schepje	org.stof	Al	Fe	P	pH- KCl
1	1A / 0-15	WW01b	0	15	13	1,56	3,16	371	1138	179	7,79
2	1B / 70-85	WW01o	70	85	4	1,4	13,4	2409	6499	449	7,17
3	2A / 0-15	WW02b	0	15	1	1,68	4	1245	2247	173	4,48
4	2B / 45-60	WW02o	60	75	0	1,22	9,72	4177	1709	117	4,72
5	3A / 0-15	WW03b	0	15	4	1,48	5,25	517	1811	127	7,42
6	3B / 40-55	WW03o	55	70	1	1,54	7,06	1603	3165	155	7,18
7	4A / 0-10	WW04b	0	10	1	1,4	5,08	1113	429	89	3,94
8	4B / 10-25	WW04o	10	25	1	1,44	5,77	2092	293	49	4,09
9	5A / 0-10	WW05b	0	10	3	1,53	4,74	1038	359	49	3,79
10	5B / 10-25	WW05o	10	25	1	1,43	4,76	1095	265	27	3,86
11	6A / 0-15	WW06b	0	15	5	1,26	8,88	1922	1566	283	4,33
12	6B / 15-30	WW06o	15	30	7	1,39	5,25	1682	884	247	4,6
13	7A / 0-15	WW07b	0	15	42	1,66	2,07	523	1395	427	4,36
14	7B / 15-30	WW07o	15	30	37	1,62	1,82	553	1680	551	4,38
15	8A / 0-25	WW08b	0	25	27	1,3	6,04	1525	3963	729	4,37
16	8B / 25-40	WW08o	25	40	1	1,41	0,55	133	713	29	4,91
17	9A / 0-25	WW09b	0	25	9	1,45	8,25	3127	6823	703	5,16
18	9B / 25-40	WW09o	25	40	1	1,82	0,88	117	784	29	8,11
19	10A / 0-15	WW10b	0	15	3	1,59	2,67	677	1256	205	4,7
20	10B / 15-30	WW10o	15	30	3	1,57	2,56	693	1074	187	4,68
21	11A / 0-25	WW11b	0	25	20	1,41	4,77	756	1442	323	4,28

Bijlage 8 Beoordeling fosfaattoestand

Monster							Ontwikkelingsduur			Uitmijnen			Beoordeling									Kansrijkdom				
							Verschralen						Huidig			Verschralen			Uitmijnen			Dotterbloem		Blauwgrasland		
							PSI 0,10	Pox 1000	Pox 200	PSI 0,10	Pox 1000	Pox 200				PSI 0,10	Pox 1000	Pox 200	PSI 0,10	Pox 1000	Pox 200					Kansrijk
Willinks Weust																										
WW01b	0-15	b	13	0,17	179	1138	14	0	0	3	0	0	3	3	1	2	1	1	1	1	1	1	2	U of A	2	U of A
WW01o	70-85	o	4	0,07	449	6499	0	0	44	0	0	9	1	2	2	1	1	3	1	1	1	1	1	N	1	N
WW02b	0-15	b	1	0,06	173	2247	0	0	0	0	0	0	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	N	1	N
WW02o	45-60	o	0	0,02	117	1709	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	N	1	N
WW03b	0-15	b	4	0,08	127	1811	0	0	0	0	0	0	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	N	1	N
WW03o	40-55	o	1	0,04	155	3165	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	N	1	N
WW04b	0-10	b	1	0,06	89	429	0	0	0	0	0	0	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	N	1	N
WW04o	10-25	o	1	0,02	49	293	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	N	1	N
WW05b	0-10	b	3	0,04	49	359	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	N	1	N
WW05o	10-25	o	1	0,02	27	265	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	N	1	N
WW06b	0-15	b	5	0,09	283	1566	0	0	13	0	0	3	1	2	2	1	1	2	1	1	1	1	1	N	1	N
WW06o	15-30	o	7	0,10	247	884	1	0	8	0	0	2	2	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	N	1	N
WW07b	0-15	b	42	0,31	427	1395	60	0	47	12	0	9	4	4	2	3	1	3	2	1	1	3	A of X	3	A of X	
WW07o	15-30	o	37	0,35	551	1680	80	0	71	16	0	14	4	4	3	3	1	3	2	1	2	3	A of X	3	A of X	
WW08b	0-25	b	27	0,18	729	3963	90	0	143	18	0	29	4	3	4	3	1	3	2	1	2	3	A of X	3	A of X	
WW08o	25-40	o	1	0,05	29	713	0	0	0	0	0	0	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	N	1	N	
WW09b	0-25	b	9	0,10	703	6823	0	0	152	0	0	30	2	2	4	1	1	3	1	1	3	1	N	3	A of X	
WW09o	25-40	o	1	0,05	29	784	0	0	0	0	0	0	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	N	1	N	
WW10b	0-15	b	3	0,14	205	1256	11	0	1	2	0	0	1	3	2	2	1	1	1	1	1	1	N	1	N	
WW10o	15-30	o	3	0,13	187	1074	9	0	0	2	0	0	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	N	1	N	
WW11b	0-25	b	20	0,19	323	1442	46	0	36	9	0	7	3	3	2	3	1	3	1	1	1	2	U of A	2	U of A	

Toelichting op de beoordeling van de fosfaattoestand

diepte bouwv. = bouwvoor Pw PSI Pox Fe-ox Ontwikkelingsduur Beoordeling Maatregel	cm –mv. b = bovengrond mg P ₂ O ₅ /l grond fractie mg/kg mg/kg jaar 1 = gunstig N = niets doen	o = ondergrond 2 = redelijk V = verschralen	 3 = ongunstig U = uitmijnen	 4 = zeer ongunstig A = afgraven	 X=natuurdoel aanpassen
---	--	---	--	--	--

Tabel 20 Grenswaarden voor Pw-getal in de uitgangssituatie.

Pw ¹	Klasse	Omschrijving	Toelichting
≤ 5	1	zeer gunstig	Voldoet in de uitgangssituatie
5 – 10	2	gunstig	Uitgangssituatie minder gunstig, verlagen door verschraling kansrijk
10 – 20	3	redelijk	Uitgangssituatie minder gunstig, verlagen door uitmijnen kansrijk
> 20	4	ongunstig	Uitgangssituatie ongunstig, weinig perspectief voor uitmijnen of verschraling

¹ mg P₂O₅/ liter grond

Tabel 21 Grenswaarden voor PSD in de uitgangssituatie.

PSD (%)	PSI	Klasse	Omschrijving	Toelichting
≤ 10	< 0,05	1	zeer gunstig	Voldoet in de uitgangssituatie, P in bodemvocht laag
10 - 20	0,05 – 0,10	2	gunstig	Uitgangssituatie gunstig, verlagen P beschikbaarheid door verschraling kansrijk
20 - 50	0,10 – 0,25	3	redelijk	Uitgangssituatie minder gunstig, verlagen P beschikbaarheid door uitmijnen kansrijk
> 50	> 0,25	4	ongunstig	Uitgangssituatie ongunstig, weinig perspectief op korte termijn voor uitmijnen of verschraling

Tabel 22 Grenswaarden voor P-ox in de uitgangssituatie.

P-ox (mg/kg)	Klasse	Omschrijving	Toelichting
≤ 200	1	zeer laag	Voldoet in de uitgangssituatie voor Blauwgrasland
200 - 450	2	laag	Voldoet in de uitgangssituatie voor Kleine zeggen
450 - 700	3	matig	Voldoet in de uitgangssituatie voor Veldrusschraalland
700 – 1000	4	hoog	Voldoet in de uitgangssituatie voor Dotterbloemhooiland
> 1000	5	zeer hoog	Voldoet in de uitgangssituatie niet voor schrale en matig voedselarme vegetaties

Tabel 23 Beoordeling van de termijn waarbinnen grenswaarden bereikt kunnen worden bij een verschrallingsbeheer of uitmijnen.

Klasse	Omschrijving	Beoordeling
1	gunstig	Alle grenswaarden worden binnen 10 jaar bereikt
2	redelijk	Alle grenswaarden worden binnen 30 jaar bereikt, deels binnen 10 jaar
3	ongunstig	Geen grenswaarde wordt binnen 30 jaar bereikt

