

Ecohydrologisch onderzoek De Brakel

Definitief rapport

Zwolle, februari 2017



Bell Hullenaar

Ecohydrologisch
Adviesbureau

in opdracht van:



Bell Hullenaar Ecohydrologisch Adviesbureau

Schellerweg 112

8017 AK Zwolle

Telefoon: 038-4774559

E-mail: hullenaar@live.com / belljudybell@outlook.com

Projecttitel: Ecohydrologisch onderzoek De Brakel

Opdrachtgever: Provincie Overijssel

Auteurs: J.S. Bell & J.W. van 't Hullenaar (Bureau Bell Hullenaar)

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande toestemming van de projectuitvoerder en opdrachtgever.

Inhoud

1	Inleiding	1
2	Gebiedsbeschrijving	4
2.1	Algemene aspecten	4
2.2	Geologie en geohydrologische opbouw	8
2.3	Geomorfologie en bodem	14
2.4	Oppervlaktewater- en grondwatersysteem	18
	2.4.1 Oppervlaktewatersysteem	18
	2.4.2 Grondwatersysteem	18
	2.4.3 Grondwaterstandsverloop	22
2.5	Vegetatie	24
2.6	Benodigde standplaatscondities	26
3	Veldonderzoek	29
3.1	Methode	29
3.2	Resultaten verkenning oppervlaktewatersysteem	32
3.3	Resultaten onderzoek grondwatersysteem	36
3.4	Resultaten hydrochemisch en bodemchemisch onderzoek	40
4	Synthese en conclusies	43

Bijlagen

Literatuur

1 Inleiding

De Brakel is eigendom van Staatsbosbeheer en maakt deel uit van het Natura 2000-gebied Vecht- en Beneden Reggegebied. De Brakel behoort tot de Boswachterij Ommen en ligt tussen het Eerder Achterbroek (Natuurmonumenten) en het landbouwgebied Junnervlier (zie topografische overzichtskaart, figuur 1.1). In De Brakel zijn waardevolle grondwaterafhankelijke vegetaties aanwezig, namelijk nat schraalgrasland, (een smalle zone) vochtig heischraal grasland, vochtige heide, een pioniervegetatie met snavelbiezen en een hoogveenslenkvegetatie. De vochtige heide, het nat schraalgrasland (ofwel blauwgrasland) en de pioniervegetatie met snavelbiezen gelden als kwalificerende habitattypen in het kader van de Natura 2000-regeling.

Ten oosten van De Brakel ligt het laag gelegen landbouwgebied Junnervlier. Het landbouwgebied wordt door middel van een slotenstelsel ontwaterd. Bovendien kan met behulp van een pomp extra water worden afgevoerd in perioden dat de (twee) pachters van het landbouwgebied dit nodig achten. Het slotenstelsel heeft mogelijk een negatief effect op het hydrologisch functioneren van De Brakel, en daarmee mogelijk dus ook op de grondwaterafhankelijke natuurtypen / habitattypen. Om af te leiden of dit het geval is, en zo ja, welke aanpassing van de waterhuishouding nodig is, heeft de Provincie Overijssel aan Ecohydrologisch Adviesbureau Bell Hullenaar gevraagd het ecohydrologisch functioneren van het gebied inzichtelijk te maken, en in combinatie hiermee gelijk ook eventuele andere knelpunten in het ecohydrologisch functioneren inzichtelijk te maken.

Onderzoeksdoelstellingen

De onderzoeksdoelstellingen zijn als volgt:

1. Beschrijf het ecohydrologisch functioneren van De Brakel en geef aan welke standplaatscondities nodig zijn vanwege het voorkomen van de grondwaterafhankelijke natuurtypen / kwalificerende habitattypen.
2. Bepaal of er in de huidige situatie sprake is van verdroging (te lage grondwaterstanden, onvoldoende kwel) en welke verandering in standplaatscondities nodig is om de instandhoudingsdoelen te realiseren.
3. Geef aan welke interne en externe knelpunten in de waterhuishouding op dit moment het behalen van de (ecologische) doelen in de weg staat en welke maatregelen nodig zijn voor hydrologisch herstel.
4. Bepaal in hoofdlijnen of aanpassing van de waterhuishouding in het aangrenzende landbouwgebied Junnervlier noodzakelijk is voor hydrologisch herstel van de Brakel.

Bij de uitwerking van de vierde doelstelling dient te worden aangegeven of aanpassing van de waterhuishouding van Junnervlier al dan niet noodzakelijk is, en zo ja, aan welk soort van aanpassing daarbij gedacht moet worden. In dit stadium is het namelijk niet nodig en ook niet verstandig om (aan de hand van modelberekeningen) gelijk al kwantitatieve uitspraken te doen. Mocht op basis van het nu uit te voeren onderzoek blijken dat dit wel nodig is, dan kunnen dergelijke berekeningen als vervolgtraject worden uitgevoerd, bijvoorbeeld door Waterschap Vechtstromen, aangezien zij immers al over een grondwatermodel beschikken.

Aanpak

De onderzoeksvragen worden beantwoord middels het uitvoeren van een ecohydrologische systeemanalyse. De systeemanalyse wordt opgebouwd uit de volgende onderdelen:

- Voorbereiding / oriëntatie.
- Bureaustudie.
- Veldonderzoek.
- Synthese en conclusies.

De voorbereiding / oriëntatie omvatte het uitvoeren van een oriënterend veldbezoek met de projectgroep (op 20-4-2015), het voeren van (telefonisch) overleg met leden van de projectgroep voor nadere afstemming van de onderzoeksopzet (G. Kooijman en R. Jonker van Staatsbosbeheer en T. de Meij van de Provincie Overijssel), het voeren van een gesprek met de pachter van het westelijke deel van het landbouwgebied Junnervlier (familie Groen) en afstemming met de beheerder van het hydrologische meetnet in het aangrenzende natuurgebied Eerder Achterbroek (Daan Vreugdenhil).

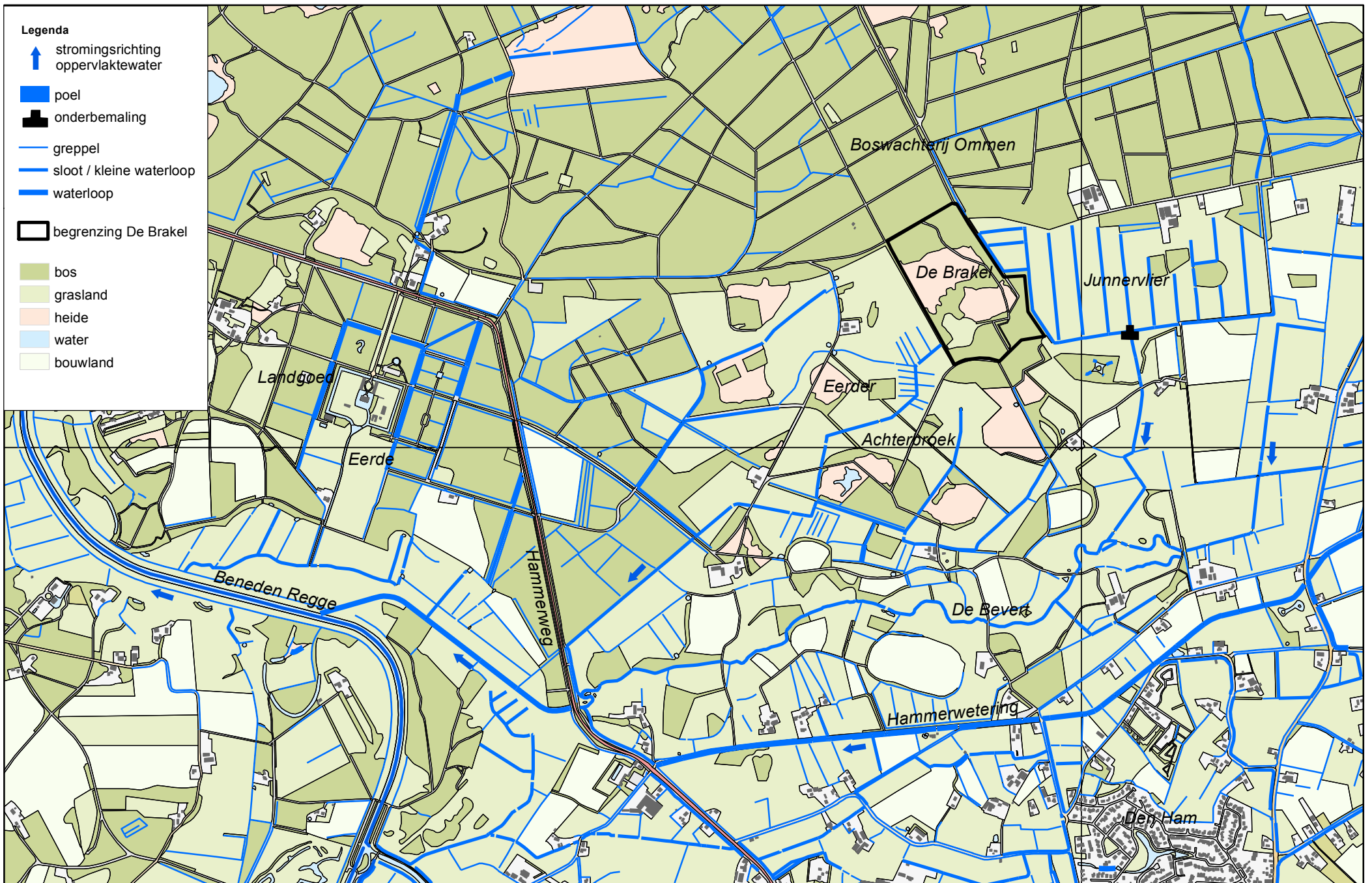
De bureaustudie is opgebouwd uit de volgende onderdelen:

- Beschrijving van de algemene aspecten van het gebied aan de hand van topografische kaarten, waarbij ook aandacht wordt besteed aan de historische situatie.
- Opstellen van beschrijvingen van de geologie, de geohydrologische opbouw, de geomorfologie, de bodem, het hoofd-oppervlaktewatersysteem en het in grote lijnen functioneren van het grondwatersysteem.
- Analyse en interpretatie van het grondwaterstandsverloop van een selectie van peilbuizen van het meetnet van Natuurmonumenten in het aangrenzende Eerder Achterbroek.
- Beschrijving van de grondwaterafhankelijke vegetaties / flora van De Brakel en het aangeven van de benodigde standplaatscondities voor de kwalificerende grondwaterafhankelijke habitattypen en de overige waardevolle natuurtypen.

Het veldonderzoek (hoofdstuk 3) is opgebouwd uit drie hoofdonderdelen:

- Oppervlaktewatersysteemverkenning.
- Onderzoek lokale grondwatersysteem op basis van een tijdelijk hydrologische meetnet en het gedurende één jaar registreren van het grond- en oppervlaktewaterstandsverloop. De toegepaste methode wordt in paragraaf 3.1 toegelicht.
- In combinatie hiermee is ook hydrochemisch en bodemchemisch onderzoek uitgevoerd. Aan de hand hiervan is de hydrochemische zonerings van het grondwatersysteem inzichtelijk gemaakt en is afgeleid of / in hoeverre (in relatie tot bepaalde kritische vegetatietypen) de bodem de juiste bufferingstoestand heeft. Ook de methode hiervan wordt toegelicht in paragraaf 3.1.

De synthese en conclusies van het totale onderzoek zijn opgenomen in hoofdstuk 4.



2 Gebiedsbeschrijving

2.1 Algemene aspecten

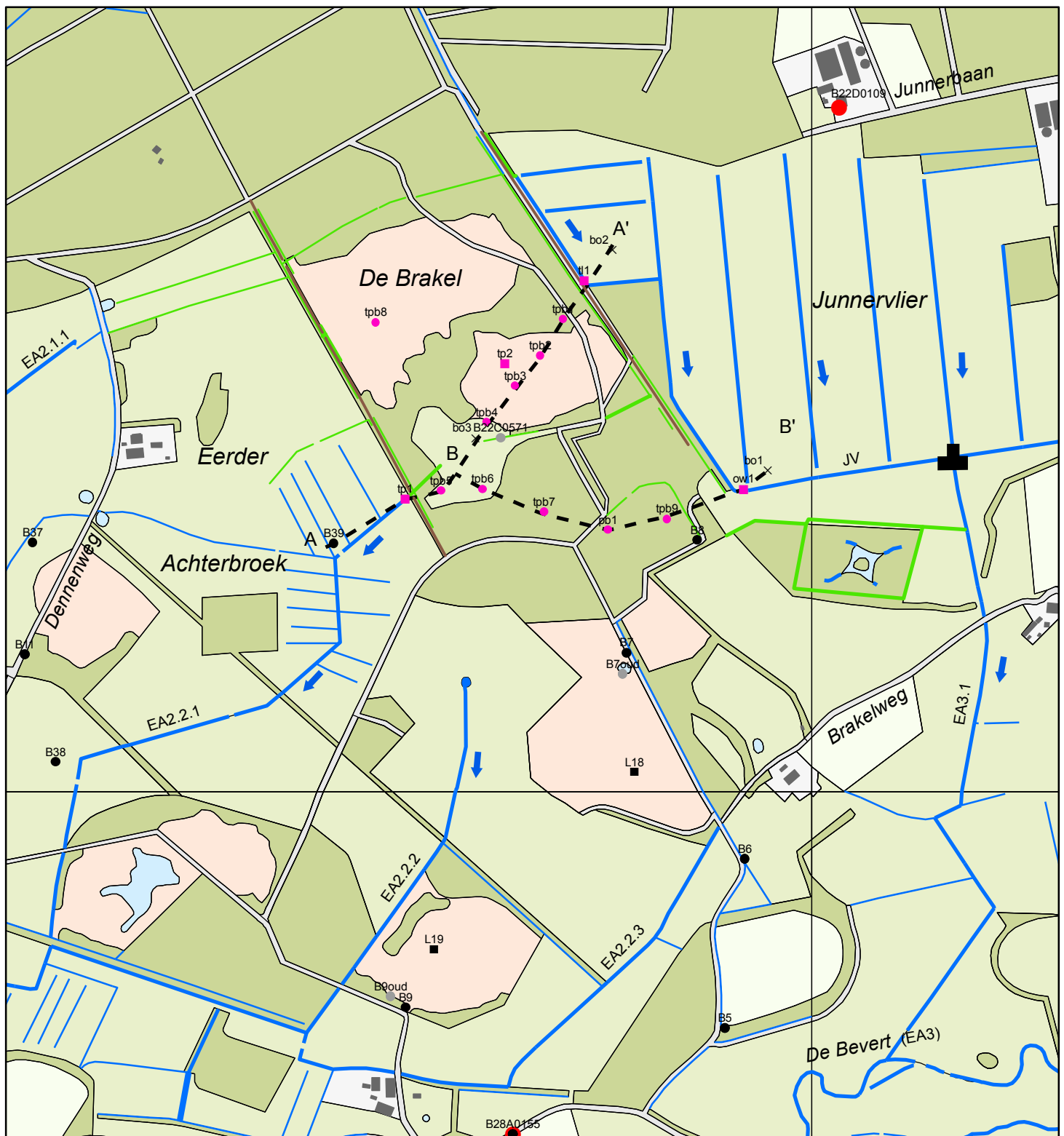
Huidige topografische ligging en beheer (zie figuur 2.1)

In De Brakel is vooral een combinatie van bos en heide aanwezig, en in het zuiden ligt een schraalgraslandje. Het bos is gemengd: er is zowel naald- als loofhout aanwezig. Het naaldhout betreft hoofdzakelijk Grove den. Er zijn twee heidegebieden. Vooral het noordwestelijke heidegebied is sterk vergrast (met vooral Pijpenstrootje). Het schraalland en de heide ten noordoosten hiervan (dus ter plaatse van raai A-A') zijn in 1999 (zeer ondiep) geplagd: hier is nu wel een goed ontwikkelde vegetatie aanwezig (vochtige heide, pioniervegetatie van snavelbiezen en in het laagste deel een hoogveenslenkvegetatie: zie paragraaf 2.5 voor verdere beschrijving). In 2009 is de verbindingstrook tussen deze heide en het schraalland geplagd (Everts, Jongman en De Vries, 2012). Het schraalland wordt jaarlijks laat in het zomerseizoen gemaaid.

De afgelopen jaren is ten noorden van het schraalland bos verwijderd, en zo is een open verbinding gerealiseerd met het noordwestelijke heidegebied. In dit heidegebied zijn stroken gemaaid, om de vergrassing met Pijpenstrootje tegen te gaan.

In het aangrenzende deel van het Eerder Achterbroek is een afwisseling van grasland, heide en bos aanwezig. Het gebied direct ten westen van De Brakel is op de topografische kaart aangegeven als grasland. Uit de veldverkenning die is uitgevoerd in het kader van het veldonderzoek volgt echter dat hier (in de huidige situatie) behalve grasland ook (natte) heide (in een slenkje) en een klein akkertje (op een dekzandrug) aanwezig is. Het grasland in de lage delen (ofwel slenken) heeft een voedselrijk karakter, en het grasland op de dekzandrug wordt op de concept-habitattypenkaart (figuur 2.10) aangegeven als heischraal grasland.

Het landbouwgebied Junnervlier bestaat uit voedselrijke productiegraslanden.



Legenda

- stromingsrichting oppervlaktewater
- poel
- ligging raai dwarsprofiel
- wal
- diepe boring gebruikt in Regis II
- boring veldonderzoek

- bestaande meetpunt oppervlaktewaterpeil
- bestaande peilbuis
- vervallen peilbuis
- nieuwe meetpunt oppervlaktewaterpeil
- nieuwe peilbuis

- greppel
- verlande greppel
- sloot / kleine waterloop
- verlande sloot
- waterloop

- bos
- grasland
- heide
- water
- bouwland

Historische situatie

De historische situatie wordt toegelicht aan de hand van een topografische kaart van rond 1850 (figuur 2.2a) en een kaart van rond 1900 (figuur 2.2b).

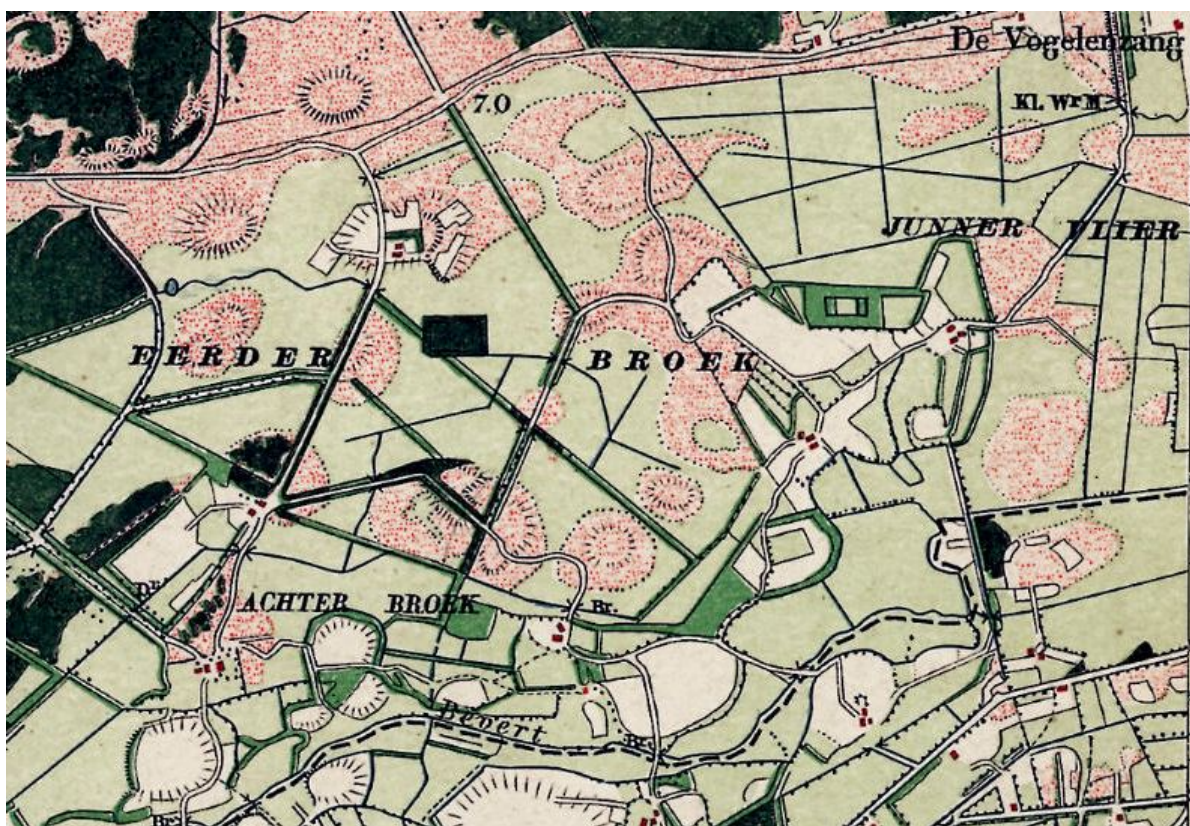
Rond 1850 was Junnervlier nog niet ontgonnen, en hier was een moerassig gebied aanwezig. In het gebied ten westen hiervan (en wat in de huidige situatie in zijn totaliteit wordt aangeduid als het Eerder Achterbroek) is de ontginning in het zuidelijke deel al begonnen (in het gebied dat in het verleden het Achterbroek werd genoemd) maar in de rest van het gebied (in het gebied dat in het verleden het Eerderbroek werd genoemd) nog niet. In dit project wordt voor het gebied overigens de huidige naamgeving aangehouden. Uit de toevoeging 'broek' volgt dat ook dit gebied, vooral voordat ontginning plaatsvond, erg nat was, maar minder nat dan Junnervlier, gezien de gehanteerde arceringen.

Rond 1900 was Junnervlier inmiddels ontgonnen. De vorm en dichtheid van het slotenstelsel was weliswaar anders dan nu, maar had wel ongeveer dezelfde omtrek, dus ook de ligging van de westelijke en zuidelijke randsloot was ongeveer hetzelfde als nu. De afvoer van het stelsel verliep toen in zuidoostelijke richting, niet via de huidige afvoersloot, maar via een verder oostelijk gelegen sloot. De huidige afvoerloop van het landbouwgebied was destijds alleen een lokaal slootje.

De ontginning van het Eerder Achterbroek is rond 1900 inmiddels ook verder naar het noorden voortgeschreden, echter op bescheiden wijze, vooral in het noordelijke deel, en dat geldt ook voor De Brakel. Hier is rond 1900 een afwisseling van heide op de dekzandruggen en (schraal)grasland in de slenken aanwezig. Op de grens met het Eerder Achterbroek lag (toen al) een houtwal. Ter plaatse van het huidige bosperceel ten westen van peilbuis B8 was destijds een akker aanwezig. Groot verschil met de huidige situatie is dat (met uitzondering van de houtwal) bos destijds geheel ontbrak in De Brakel. Verder noordelijk was toen inmiddels al wel op grote schaal bos aangeplant. Rond 1850 bestond ook dit gebied echter nog grotendeels uit heidevelden.



Figuur 2.2a Topografische kaart van rond 1850



Figuur 2.2b Topografische kaart van rond 1900

2.2 Geologie en geohydrologische opbouw

Inleiding

De geologie en de geohydrologische opbouw van De Brakel worden beschreven aan de hand van verticale doorsneden van het Regis II model van NITG TNO (figuur 2.3). Het betreft hierbij in de eerste plaats twee versies van een noord-zuid georiënteerd dwarsprofiel van De Brakel en omgeving (figuur 2.3a). De bovenste versie betreft een overzichtsprofiel tot op een diepte van 170 m -NAP, en in het hieronder weergegeven dwarsprofiel wordt ingezoomd op de ondiepe bodemlagen (tot circa 50 m -NAP). Figuur 2.3b betreft twee versies (een uitgezoomde en een ingezoomde) van een west-oost georiënteerd profiel. De codes van de geologische formaties die in de dwarsprofielen worden genoemd worden in onderstaande tekst verklaard.

Geologie

Vanaf een diepte van 70 m -NAP zijn Tertiaire mariene afzettingen aanwezig. Vanaf circa 110 m -NAP bestaan deze uit kleien van de Formatie van Breda (brk1) met hierboven zanden van de Formatie van Oosterhout (ooz1, ooz2 en ooz3). Boven de mariene afzettingen is in het Pleistoceen een dik pakket rivierzanden afgezet. Deze zanden behoren tot de Formaties van Peize en Waalre (pzwaz7 en pzwaz4). De afzettingen komen vertand voor, vanwege de aanwezigheid van het samensvloeiingsgebied van de Baltische riviergebied (Formatie van Peize) en de Rijn (Formatie van Waalre). Vrij hoog in de afzettingen komt ook een complexe eenheid voor (pzc) met een afwisseling van zandige, kleiige en organogene afzettingen.

In de Saale-ijstijd drongen ijstongen in het gebied door en werden in de omgeving van de Brakel stuwwallen gevormd (Archemerberg en Lemelerberg) en werd er plaatselijk keileem afgezet. De keileem behoort tot de Formatie van Drenthe, laagpakket van Gieten (drgik1). Volgens Regis II ligt de grens van de verbreiding van de keileem in het zuidwestelijke deel van de Brakel, en ontbreekt de laag verder naar het noorden en het oosten (en waarschijnlijk dus ook in een groot deel van De Brakel zelf). Dit is echter gebaseerd op een beperkt aantal boringen met een vrij grote onderlinge afstand. De keileem ontbreekt in ieder geval bij de B22D0109, een diepe boring aan de rand van Junnervlier, en is wel aangeboord in de diepe boringen B28A0155, op circa 750 m ten zuiden van de zuidelijke begrenzing van de Brakel. De locaties van de diepe boringen zijn te vinden op de kaart van figuur 2.4. Bij het afsmelten van het landijs kwamen grove fluvioglaciale zanden tot afzetting (Formatie van Drenthe: drz3).

Tijdens de interglaciale periode van het Eemien werden eerst door een vlechtende Rijn grove zandige sedimenten afgezet in het gebied. Deze zanden behoren tot de Formatie van Kreftenheye (krz5 en krz6). Met de verdergaande opwarming later in deze periode begon de zeespiegel te stijgen. De Rijn verandert in een kronkelende, meanderende stroom. In dit rustig milieu zijn klei en veen afgezet. De klei en het veen behoren tot het Laagpakket van Zutphen (krzuk1). De verbreiding en dikte van het Laagpakket van Zutphen is weergegeven in figuur 2.4. Hieruit blijkt dat deze laag onder De Brakel volgens de gegevens uit Regis II tussen de 6 en 8 meter dik is. De bovenkant van deze laag bevindt zich op circa 10 m onder maaiveld (zie figuren 2.3a en 2.3b).

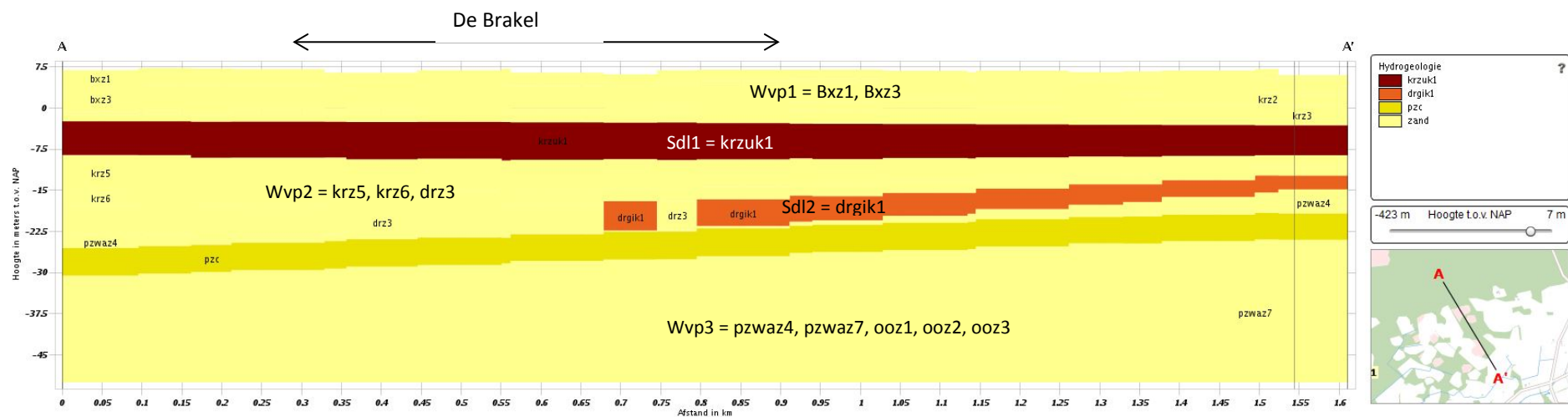
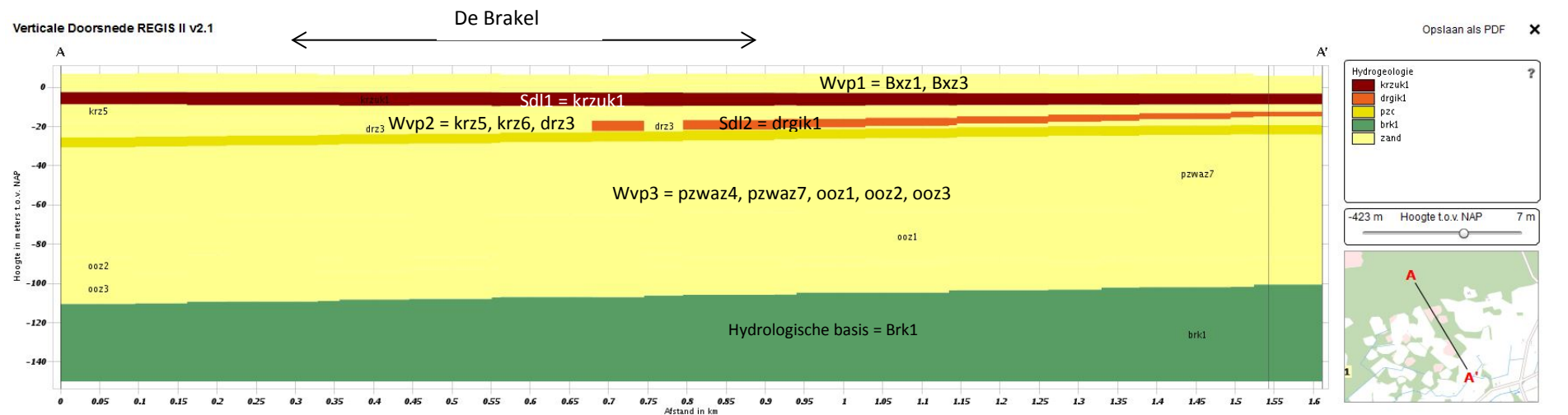
In de laatste ijstijd, het Weichselien, bereikte het landijs Nederland niet, maar was de invloed van het koude klimaat wel merkbaar. In het Midden-Weichselien raakte de bodem tot op grotere diepte permanent bevroren. Regen- en dooiwater konden niet in de permafrost doordringen en moesten over het oppervlak afgevoerd worden. Er ontstond een uitgebreid stelsel van beken en kleine riviertjes, waarin zogenaamde fluvioperiglaciale afzettingen gevormd werden. Dit zijn fijne tot grove zanden met grind, leemlaagjes en dunne veenbandjes. In het zeer koude, laatste deel van het Midden

Weichselien was er minder neerslag waardoor in het kale gebied zandverstuivingen optraden. De windafzettingen uit deze tijd worden oud dekzand genoemd, en bestaan uit een afwisseling van horizontale laagjes lemig en niet lemig fijn zand, dat als deken over de ondergrond ligt. In de laatste fase van deze ijstijd kan door het verdwijnen van de permafrost het water in de ondergrond wegzakken, waardoor de bovengrond verder kon uitdrogen en ondanks de aanwezige vegetatie kon de wind veel zand verstuiven. Door de aanwezigheid van een vegetatiedek werden deze zanden echter niet meer als een homogeen dek afgezet, maar werden lage duinen gevormd. Dit zand is vaak duidelijk grover dan dat van het oude dekzand, terwijl de gelaagdheid met lemige bandjes vrijwel altijd ontbreekt. Dergelijke dekzandzandruggen zijn ook in De Brakel aanwezig. Al deze afzettingen uit het Weichselien behoren tot de Formatie van Boxtel. In de verticale doorsneden van Regis II zijn alleen de zandige afzettingen weergegeven (Bxz1 en Bxz3).

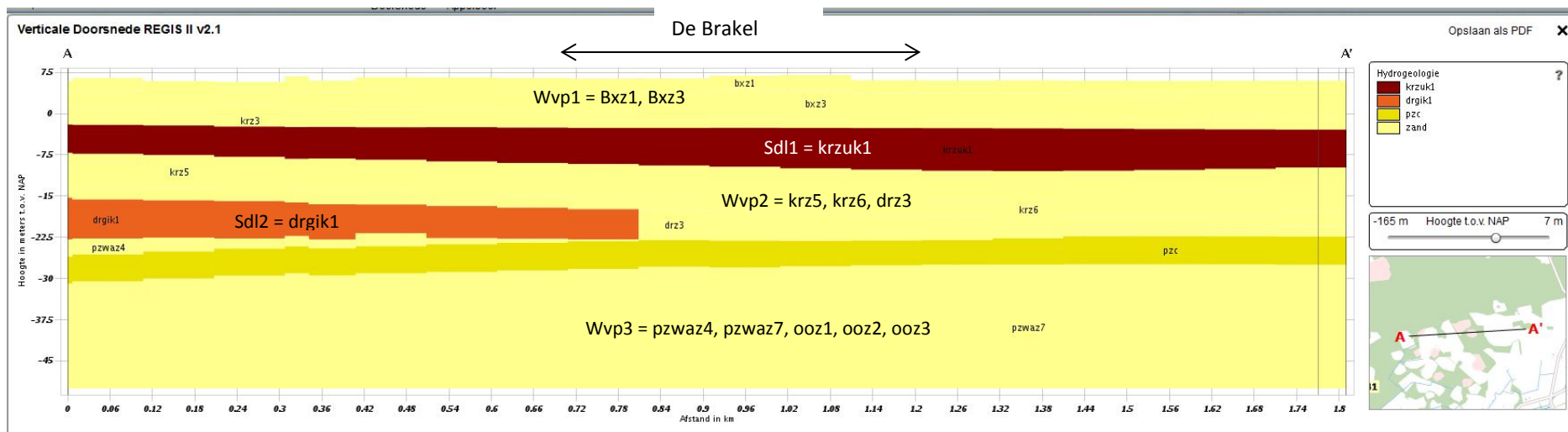
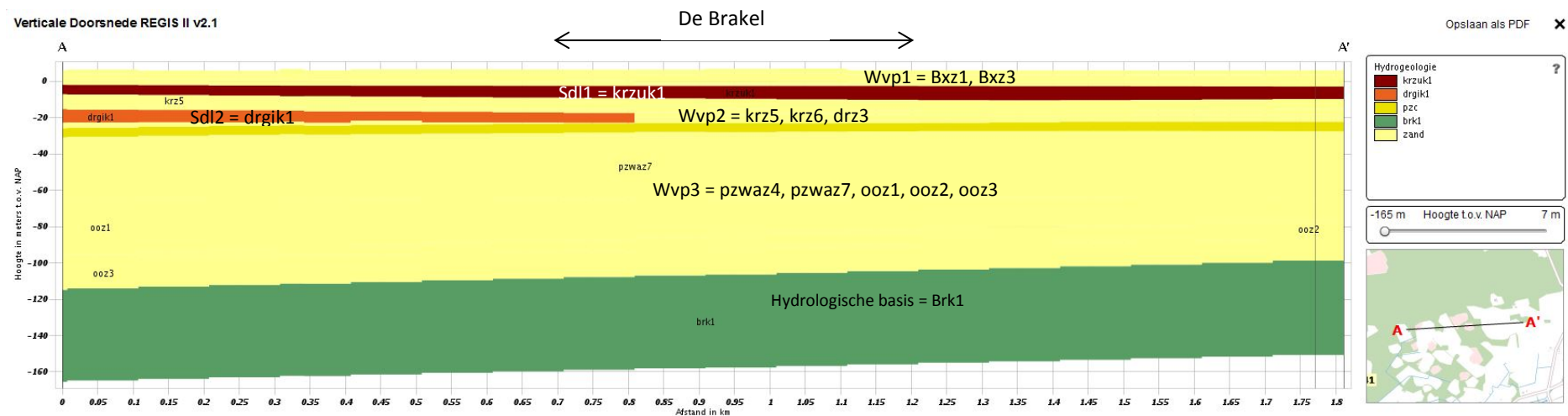
In het Holocene werd het klimaat warmer en vochtiger, onder invloed van het vochtiger klimaat steeg de grondwaterstand. Op lage plekken of plekken met schijnwaterspiegels kon veenvorming plaatsvinden en in afvoerslenken werd beekleem afgezet. Deze afzettingen zijn niet weergegeven in de geohydrologische doorsneden, maar komen (voor zover aanwezig) wel tot uitdrukking in de ecohydrologische dwarsprofielen die zijn vervaardigd in het kader van het veldonderzoek (zie hoofdstuk 3).

Geohydrologische opbouw

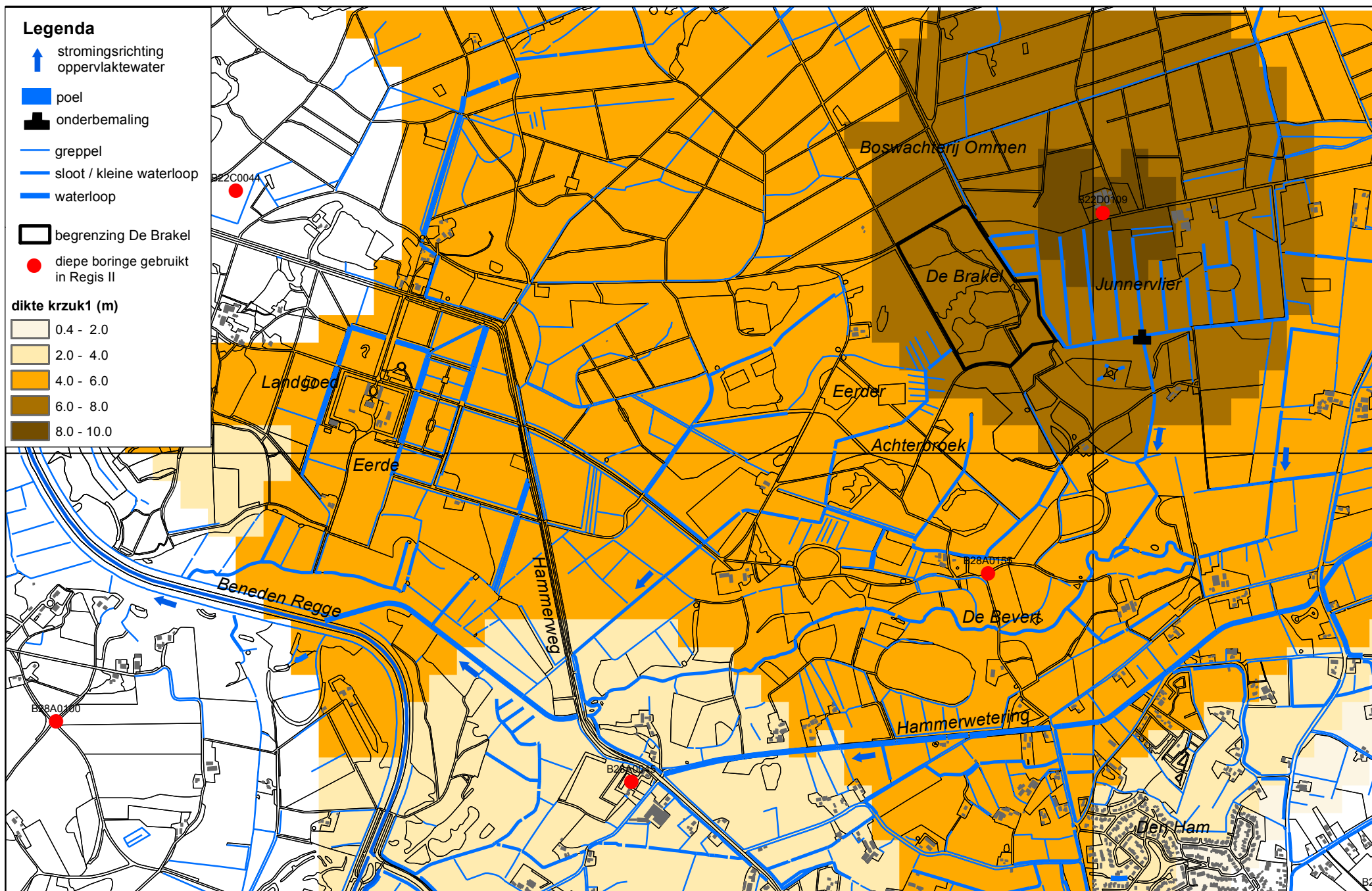
In de omgeving van De Brakel bestaat het eerste watervoerende pakket (wvp1) uit zanden van de Formatie van Boxtel (Bxz1 en Bxz3). De dikte van dit pakket is circa 10 meter. De kleilaag van het Laagpakket van Zutphen (krzuk1) vormt de eerste scheidende laag (sdl1). Onder De Brakel heeft deze laag een behoorlijke dikte (6-8 meter). Hieronder ligt het tweede watervoerende pakket (wvp2). Dit pakket is ruim 10 meter dik en is opgebouwd uit de zanden van de Formatie van Kreftenheye (krz5, krz6) en de Formatie van Drenthe (drz3). Waar keileem (drgik1) aanwezig is vormt dit een tweede scheidende laag (sdl2). Waarschijnlijk ontbreekt de keileem grotendeels onder De Brakel en het gebied ten noorden en ten oosten hiervan, waardoor het tweede watervoerende pakket hier één geheel vormt met het derde watervoerende pakket (wvp3). Dit derde watervoerende pakket is circa 90 meter dik en bestaat uit zanden van de Formaties van Peize, Waalre en Oosterhout. Het samengestelde watervoerende pakket 2 + 3 is dus circa 100 meter dik. De (praktisch ondoorlatende) hydrologische basis wordt gevormd door de kleien van de Formatie van Breda (Brk1).



Figuur 2.3a Regionaal geohydrologisch dwarsprofiel noord-zuid



Figuur 2.3b Regionaal geohydrologisch dwarsprofiel west-oost



Figuur 2.4 Verbreiding en dikte Laagpakket van Zutphen (krzuk1),
tevens eerste scheidende laag (SDL1)

2.3 Geomorfologie en bodem

Geomorfologie

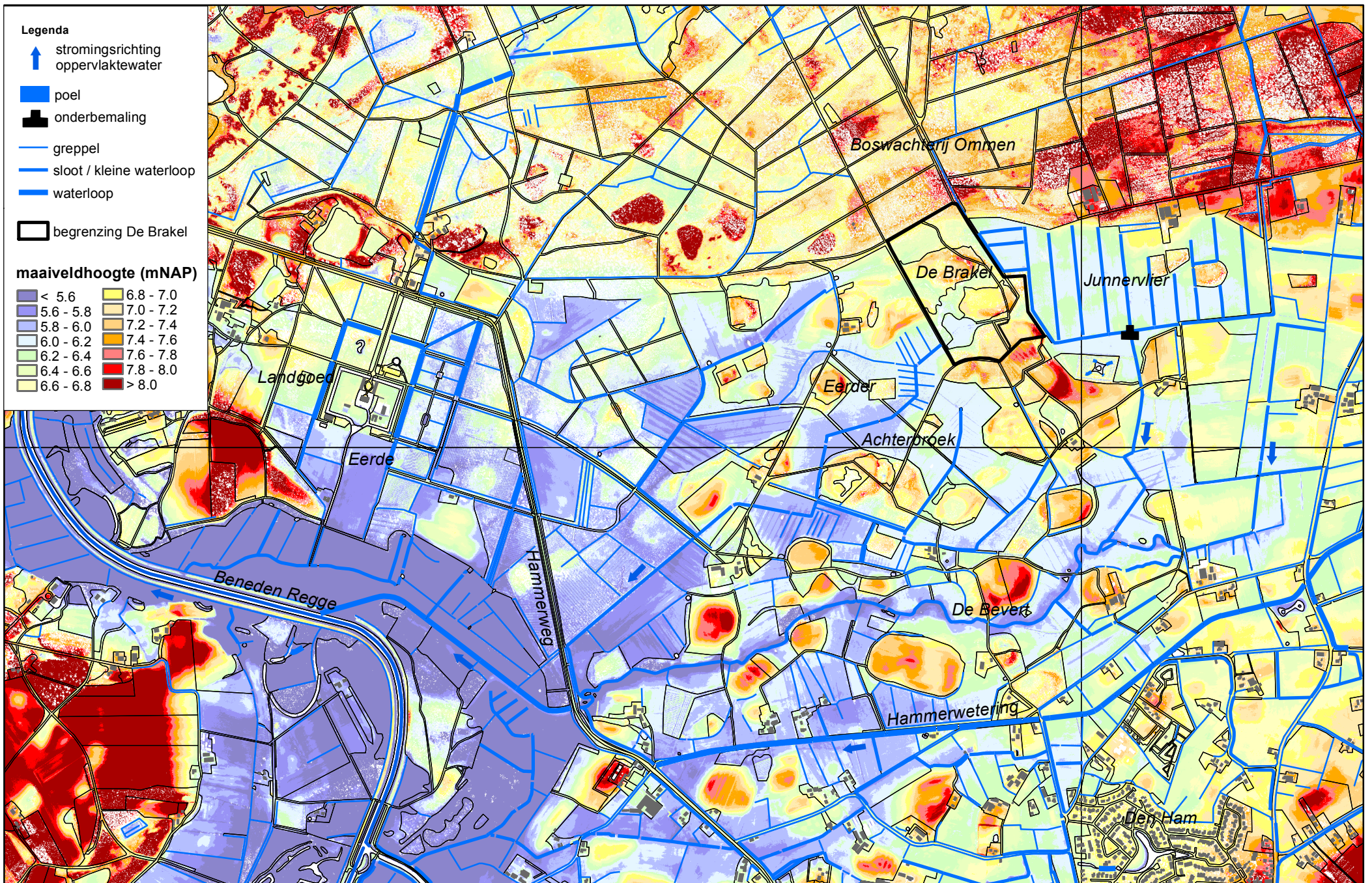
De geomorfologische gesteldheid van het gebied wordt toegelicht aan de hand van twee hoogtekaarten: een kaart met de regionale hoogteligging (figuur 2.5) en een kaart met de lokale hoogteligging (figuur 2.6).

In hoofdlijnen is de geomorfologische gesteldheid als volgt (zie figuur 2.5):

- Ten noorden van het Eerder Achterbroek, De Brakel en Junnervlier ligt een omvangrijk gebied met hoog gelegen dekzand- en stuifzandafzettingen: dit is het gebied van Boswachterij Ommen.
- In de zuidwesthoek van het kaartvlak ligt het beekdal van de Regge.
- Het Eerder Achterbroek, De Brakel en Junnervlier liggen in het overgangsgebied hiertussen. Het betreft hierbij een gebied met een afwisseling van dekzandruggen, -koppen, slenken en laagten.

Junnervlier ligt in een omvangrijke laagte. Voordat ontginning plaatsvond stagneerde hier de afvoer, waardoor (getuige de aanwezigheid van de moerassige vegetatie op de kaart van 1850) waarschijnlijk veenvorming kon optreden. In het Eerder Achterbroek is een omvangrijk slenkenstelsel aanwezig. Dit slenkenstelsel vormde de natuurlijke afwatering van het gebied. In samenhang hiermee heeft in de slenken in meerdere of mindere mate afzetting van beekleem plaatsgevonden, waardoor de toplaag van de bodem hier zwak tot (zeer) sterk lemig is. De slenken / laagten worden onderling van elkaar gescheiden door een bont netwerk van dekzandruggen en -koppen. Deze ruggen en koppen betreffen afzettingen van jong dekzand, en dit jonge dekzand is meestal leemarm.

De Brakel ligt ter plaatse van de natuurlijke waterscheiding van de grote laagte van Junnervlier en het slenkenstelsel van het Eerder Achterbroek, en ook in dit gebied is (net als in het Eerder Achterbroek) een fijnmazige afwisseling aanwezig van dekzandruggen en slenken aanwezig. De slenken van De Brakel vormen veelal in feite de bovenstroomse delen van het slenkenstelsel van het Eerder Achterbroek, en voor een klein deel kleine uitstulpingen van de laagte van Junnervlier.



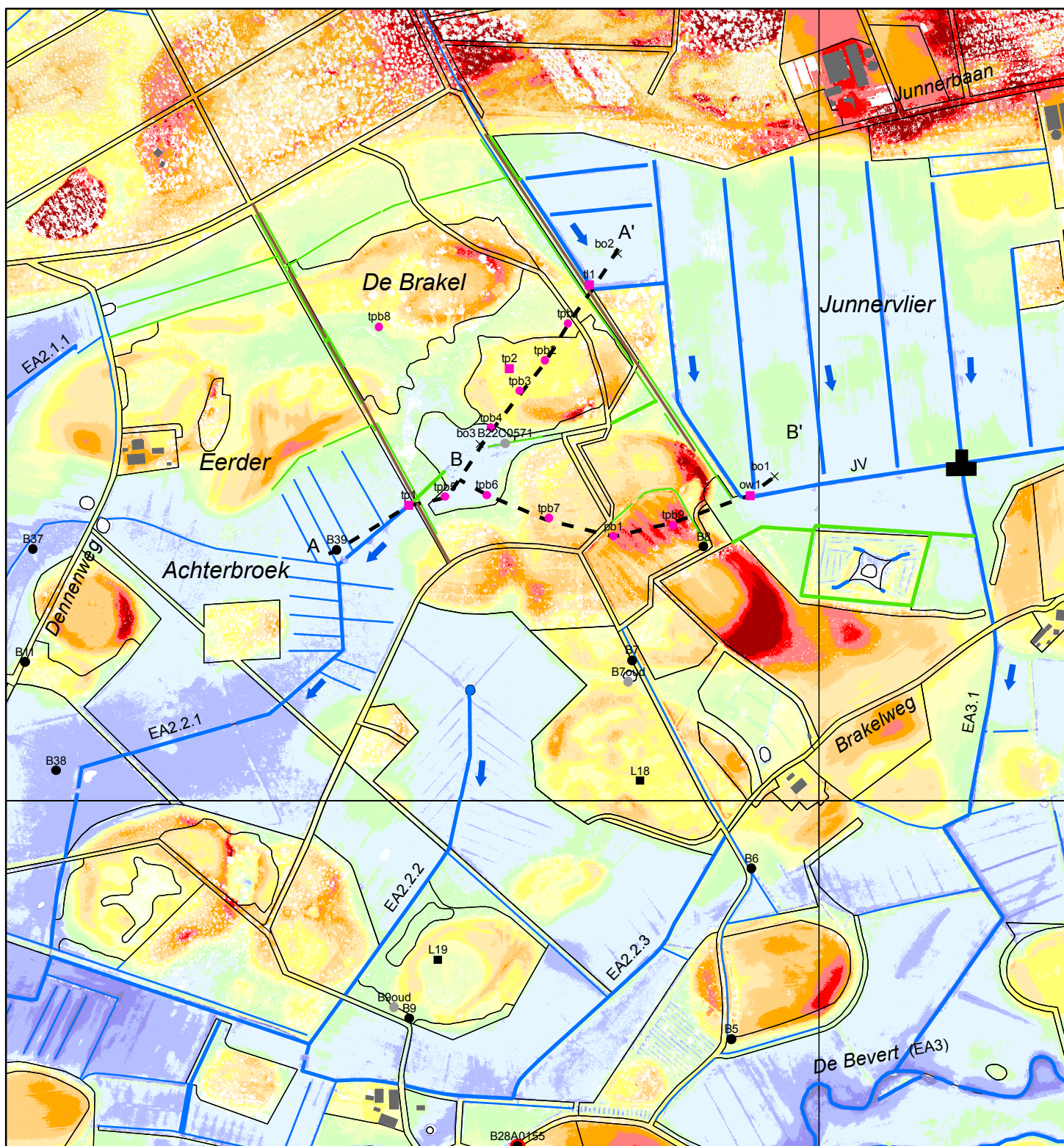
De geomorfologische structuur van De Brakel kan als volgt nader worden gespecificeerd (zie figuur 2.6):

- In het noorden is een (met bos begroeide) slenk aanwezig. Het gedeelte ten westen van het pad sluit aan op een slenk van het Eerder Achterbroek: de slenk met waterloop EA2.1.1 (de codering van de waterlopen zal in paragraaf 3.2, bij de behandeling van de resultaten van de oppervlaktewatersysteemverkenning, worden toegelicht). Het gedeelte ten oosten van het pad vormt een uitloper van (het noordwestelijke deel van) de laagte van Junnervlier.
- Ten zuiden hiervan ligt een (grotendeels met heide begroeide) dekzandrug. Deze rug loopt door naar het Eerder Achterbroek en heeft (via het pad waarlangs tpb1 is geplaatst) ook een verbinding met de dekzandrug van raai A-A'.
- Tussen deze dekzandruggen ligt weer een slenk. Deze slenk begint bij tpb1, loopt naar het schraalgrasland en heeft ook een zijslenk in westelijke richting (slenk met tpb8). De zijslenk begint in het Eerder Achterbroek.
- Deze twee slenken sluiten aan op de slenk waarin het schraalgraslandgebied ligt, en deze slenk vormt het bovenstroomse uiteinde van de slenk in het Eerder Achterbroek met waterloop EA2.2.1.
- De slenk van het schraalgrasland wordt aan de noordoostzijde begrensd door een relatief kleine dekzandrug en aan de zuid- tot zuidoostzijde door een relatief grote dekzandrug, die tot (ver) over de grens met het eigendom van Natuurmonumenten doorloopt. Deze dekzandruggen vormen tevens de scheiding met de laagte van het landbouwgebied Junnervlier.
- Tussen deze twee dekzandruggen in ligt ook een kleine uitstulping van de laagte van Junnervlier.

Bodem

De bodemkaart is niet afzonderlijk weergegeven omdat vanwege de gehanteerde schaal (1 : 50.000) de kaartvlakken van de verschillende bodemtypen onvoldoende nauwkeurig zijn aangegeven, waardoor er een fout begrip van de verbreidingen / begrenzingen hiervan zou kunnen ontstaan. Het is daarom beter om een meer algemene typering te geven met de AHN-kaart als (denkbeeldige) ondergrond.

Uit de bodemkaart (schaal 1:50.000, Stiboka, 1989) volgt dat in de slenken lemige beekeerdgronden aanwezig zijn, en ter plaatse van de hogere delen / dekzandruggen leemarme (tot hooguit zwak lemige) veldpodzolgronden. Ook voor de laagte van Junnervlier wordt een beekeerdgrond aangegeven, dus blijktbaar is de moerige bodem of veenbodem die hier van oorsprong aanwezig moet zijn geweest verloren gegaan (door ploegwerkzaamheden en/of oxidatie van het veen onder invloed van verdroging).



Legenda

- stromingsrichting oppervlaktewater
- poel
- ligging raai dwarsprofiel
- wal
- diepe boring gebruikt in Regis II
- boring veldonderzoek

- bestaande meetpunt oppervlaktewaterpeil
- bestaande peilbuis
- vervallen peilbuis
- nieuwe meetpunt oppervlaktewaterpeil
- nieuwe peilbuis

maaienveldhoogte (mNAP)

< 5.6	6.8 - 7.0
5.6 - 5.8	7.0 - 7.2
5.8 - 6.0	7.2 - 7.4
6.0 - 6.2	7.4 - 7.6
6.2 - 6.4	7.6 - 7.8
6.4 - 6.6	7.8 - 8.0
6.6 - 6.8	> 8.0

2.4 Oppervlaktewater- en grondwatersysteem

2.4.1 Oppervlaktewatersysteem

In deze paragraaf wordt alleen het hoofdsysteem behandeld. In het kader van het veldonderzoek is ook het functioneren van het lokale stelsel in kaart gebracht: hierop wordt in paragraaf 3.2 ingegaan.

Het systeem functioneert als volgt:

- Het water van het slotenstelsel van Junnervliet wordt via een hoofdloop in zuidelijke richting afgevoerd (waterloop EA3.1 op de inzoomkaarten van figuren 2.1 en 2.6).
- Deze hoofdloop, en ook de andere (verder oostelijk gelegen) hoofdloop van het oostelijke deel van het Eerder Achterbroek, wateren af op het beekje De Bevert (waterloop EA3).
- De Bevert en het slotenstelsel van de rest van het Eerder Achterbroek wateren af op de Hammerwetering.
- De Hammerwetering watert af op de Beneden-Regge. Op de kaarten is de Beneden-Regge nog in gekanaliseerde vorm weergegeven. In 2012 / 2013 is in het kader van het Reggeherstelproject 'Klimaatbuffer Regge' de Regge weer omgevormd tot een meanderende beek en hierbij heeft ook een sterke verondieping van de loop plaatsgevonden.

2.4.2 Grondwatersysteem

Het functioneren van het grondwatersysteem wordt toegelicht aan de hand van een berekende isohypsenkaart van het eerste watervoerende pakket (figuur 2.7) en een kwel- en infiltratiekaart (figuur 2.8). In beide gevallen betreft het een kaart van de situatie met Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (ofwel de GHG-situatie), omdat in deze natte situatie de stromingsprocessen het best tot uiting komen. De berekeningen zijn enkele jaren geleden door Waterschap Regge en Dinkel (thans Waterschap Vechtstromen) uitgevoerd, in het kader van het N2000- en GGOR-traject. Door Bell Hullenaar zijn in het kader van het eerder uitgevoerde systeemanalyse voor natuurgebied Eerde, op basis van GIS-bestanden die door het waterschap beschikbaar zijn gesteld, de betreffende kaarten vervaardigd.

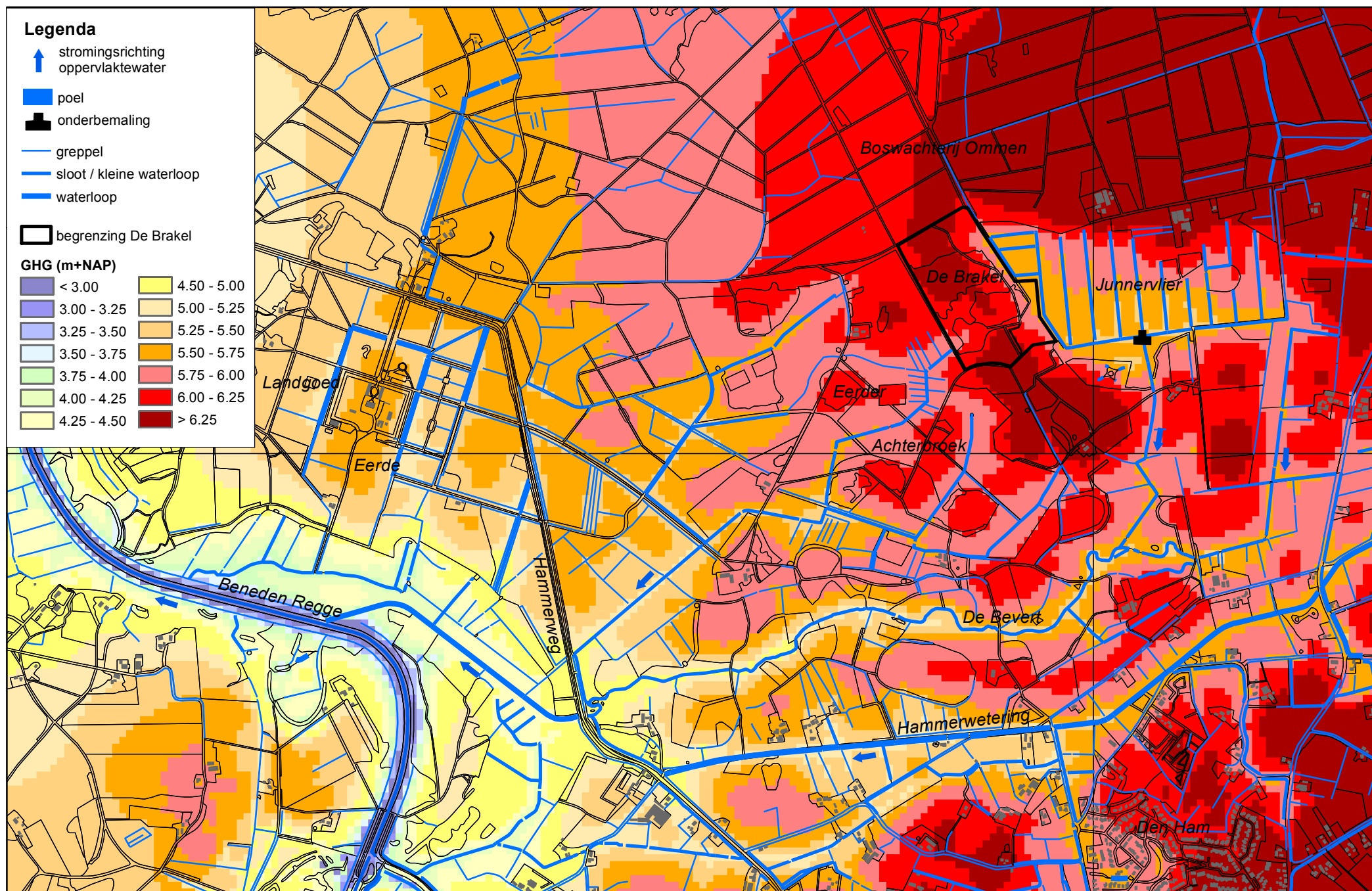
De Beneden-Regge was in de doorgerekende situatie nog in de gekanaliseerde en diepe vorm aanwezig. Vanwege de gerealiseerde verondieping in het kader van het Reggeherstelproject is de drainerende werking van de beek inmiddels (sterk) verminderd. Het positieve effect hiervan reikt (conform de resultaten van de destijds uitgevoerde modelberekeningen) ongeveer tot 300 à 400 meter ten oosten van de Hammerweg. Dit betekent dat het overgrote deel van het Eerder Achterbroek en dus ook De Brakel buiten de invloedsfeer hiervan vallen. Hier is de doorgerekende situatie dus nog altijd representatief voor de huidige situatie. Voor het gebied ten westen van de Hammerweg kloppen de patronen in grote lijnen ook nog wel, alleen de absolute waarden zijn anders.

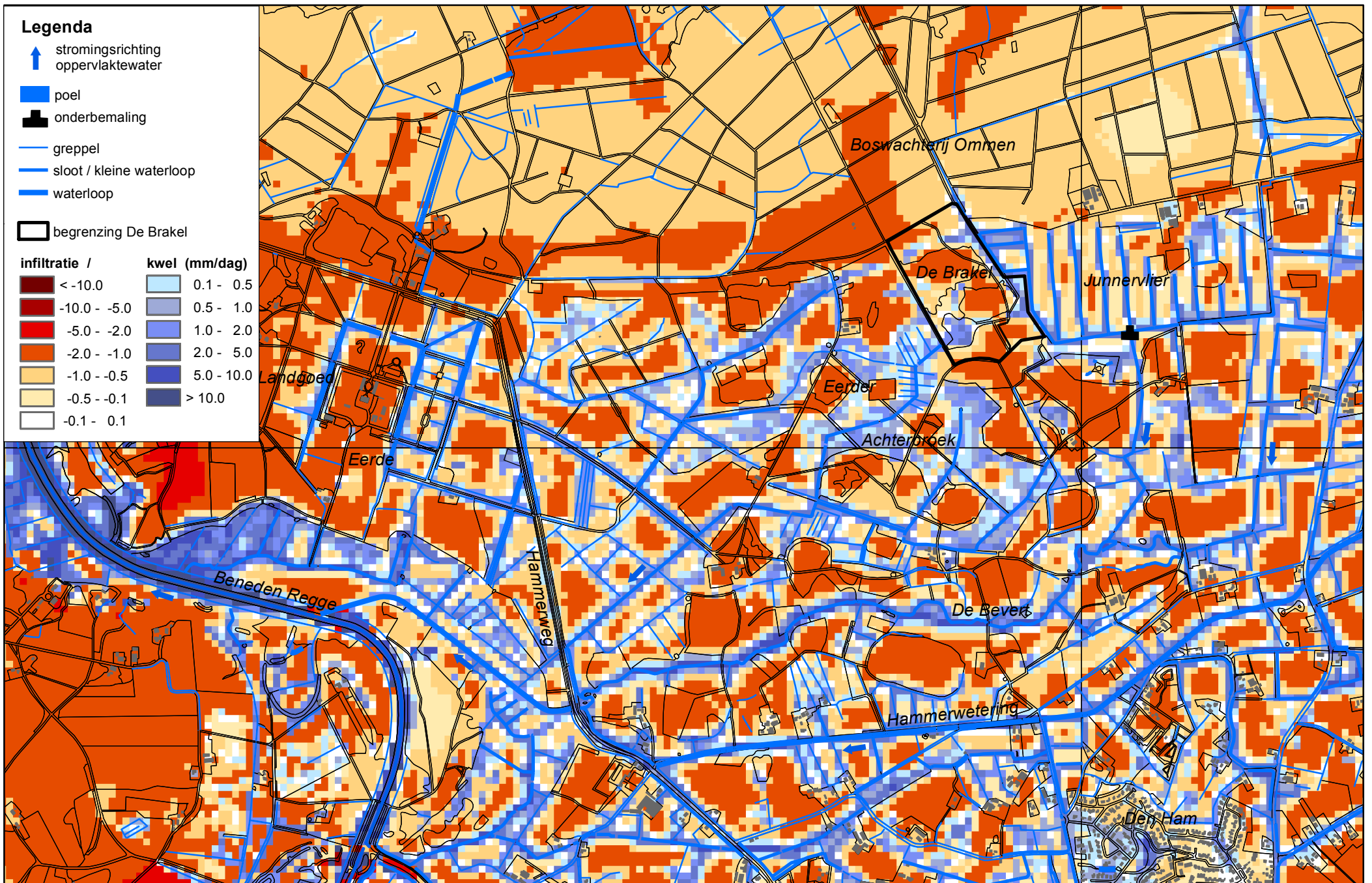
Bij de interpretatie van de kaarten moet ook bedacht worden dat het de resultaten van modelberekeningen betreft. In een model wordt de complexe werkelijkheid noodzakelijkerwijs geschematiseerd op basis van de (dan) beschikbare kennis. Vooral op lokaal niveau kan het zo zijn dat met het model de werkelijke situatie niet (geheel) correct wordt berekend. Dit is dan ook de reden om op basis van veldonderzoek het hydrologisch functioneren van De Brakel wel op gedetailleerde wijze inzichtelijk te maken. Op basis

van de resultaten van de modelberekeningen kan echter al wel een beeld worden gevormd van het functioneren van het grondwatersysteem als geheel.

Het grote beeld is als volgt:

- De hoog gelegen stuifzand- en dekzandafzettingen van Boswachterij Ommen vormen een uitgestrekt infiltratiegebied en het grondwater in het eerste watervoerende pakket stroomt hier in westelijke richting af.
- In het zuidwestelijke deel van het kaartvlak stroomt het grondwater in de richting van (het beekdal van) de Regge, en hier treedt sterke kwel op. Het betreft hierbij overigens behalve ondiepe ook diepe kwel uit het gecombineerde 2^e en 3^e watervoerende pakket. In de doorgerekende situatie is de kwel nog sterk geconcentreerd op de Regge, maar vanwege het uitgevoerde herstelproject treedt de kwel inmiddels meer diffuus in het beekdal uit.
- In het Eerder Achterbroek functioneren de dekzandafzettingen (niet alleen de ruggen, maar ook de wat minder hoog gelegen delen van het dekzandlandschap) als infiltratiegebied, en treedt grondwater in de slenken als kwelwater uit. Vanwege de fijnmazige afwisseling van de hoger en laag gelegen delen zijn tal van lokale systeempjes werkzaam. In de huidige situatie kan het kwelwater in het Eerder Achterbroek over het algemeen de wortelzone van de vegetatie in de slenken echter (nog) niet goed bereiken, vanwege de aanwezigheid van sloten / deels nog functionerende slootrestanten, die het kwelwater grotendeels afvangen en afvoeren. In het kader van het herstelplan dat momenteel door Bell Hullenaar (eveneens in opdracht van de Provincie Overijssel) voor het Eerderbroek wordt opgesteld zullen ook maatregelen worden opgenomen om dit knelpunt aan te pakken.
- Het slotenstelsel van Junnervlier heeft in de doorgerekende situatie een drainerende werking op het grondwater: door het lage peil stroomt het grondwater in versterkte mate naar het slotenstelsel toe en treedt in de sloten in sterke mate kwel op.
- Ondanks de drainerende werking van het slotenstelsel wordt in De Brakel in de GHG-situatie toch een opbolling van de grondwaterspiegel berekend, en wordt ook (de hierdoor gegenereerde) kwel in het schraalgrasland berekend. Uit de resultaten van het veldonderzoek zal blijken in hoeverre dit in werkelijkheid het geval is (zie paragraaf 3.3).





2.4.3 Grondwaterstandsverloop

Van een selectie van meetpunten van het meetnet van Natuurmonumenten in het aangrenzende deel van het Eerder Achterbroek zijn grafieken vervaardigd van het grondwaterstandsverloop en zijn met behulp van Menyanthes de GXG-waarden bepaald. De grafieken zijn opgenomen in bijlage 1 en de GXG-waarden zijn zowel in de grafieken gezet als in tabel 2.1 weergegeven.

De geselecteerde meetpunten van het meetnet van Natuurmonumenten in het Eerder Achterbroek zijn:

- B6, B7, B8 en B11: dit zijn allen oude peilbuizen met lange reeksen vanaf 1985 tot heden. Peilbuizen B7, B8 en B11 staan in (de flanken van) dekzandruggen en peilbuis B6 staat aan de rand van een slenk.
- L18 en L19: dit zijn peillatten in veentjes op dekzandruggen. Het betreft hierbij kleine schijn(grond)watersysteempjes, met een waterspiegel die zich op een duidelijk hoger niveau bevindt dan de freatische grondwaterspiegel, vanwege stagnerende lagen in de bodem (Bell Hullenaar, 2013).
- Peilbuizen B37, B38 en B39: dit zijn nieuwe peilbuizen die in 2013 in het slenkenstelsel van aangrenzende deel van het Eerder Achterbroek zijn geplaatst, en waarvan dus nog maar korte meetreeksen beschikbaar zijn.

De GXG-waarden van de oude peilbuizen zijn zowel voor de complete meetperioden als voor de periode 2005 t/m 2014 afgeleid. Dit laatste is gedaan omdat van peilbuis B7 van de periode vanaf 2001 t/m 2004 geen data beschikbaar zijn: zo kunnen ondanks dit hiaat de GXG-waarden van de verschillende peilbuizen wel goed onderling met elkaar vergeleken worden. Bovendien is een periode van 10 jaar ook ruim voldoende voor een betrouwbare afleiding van de GXG-waarden, want hiervoor is een meetperiode van minimaal 8 jaar nodig. Voor de peilbuizen waar de GXG-waarden wel voor de complete meetperiode konden worden bepaald volgt ook dat de GXG's voor de periode van 2005 t/m 2014 niet veel afwijken van die van de volledige reeksen (behalve bij B9, maar hier zijn maatregelen genomen).

In de eerste helft van 2015 zijn de meetpunten vaak niet opgenomen. Hierdoor kan (ook als de metingen van dit jaar straks voltooid zijn) het jaar 2015 niet worden gebruikt voor bepaling van de GXG-waarden.

Voor de meetreeksen van de nieuwe peilbuizen zijn de GXG-waarden alleen voor het jaar 2014 bepaald, want alleen van dit jaar zijn (voldoende) volledige meetreeksen beschikbaar. In feite zijn deze reeksen dus nog veel te kort voor afleiding van de GXG-waarden, en vooral voor betrouwbare afleiding van de GLG-waarden. Toch is dit wel gedaan, omdat uit vergelijking met de grafieken van de peilbuizen met lange reeksen volgt dat met de GLG van 2014 de GLG in zijn algemeenheid aardig wordt ingeschat, en (ten opzichte van NAP) in ieder geval niet te laag. Daarbij wordt in de tabel en ook in de tekst telkens vermeld dat het hier om de GXG voor 2014 gaat.

De meetreeksen zijn in eerste instantie gebruikt om een globaal beeld te vormen van het grondwaterstandsverloop in het aangrenzende deel van het Eerder Achterbroek. De meetreeksen van B7, B8 en B39 worden in hoofdstuk 3 ook gebruikt om de korte reeksen van de metingen van het tijdelijke meetnet in De Brakel zelf goed te kunnen duiden.

Het globale beeld op basis van de lange meetreeksen is als volgt:

- Uit de kolom GHG-GLG volgt dat sprake is van een aanzienlijke fluctuatie, niet alleen in de dekzandruggen (B7, B8, B9 en B11), maar ook ter plaatse van peilbuis B6 (enige peilbuis met lange reeks in laag deel), want het verschil tussen de GHG en de GLG loopt uiteen van circa 0,8 tot circa 0,95 meter.
- Er is in de winter wel een opbolling van de grondwaterspiegel in de dekzandruggen aanwezig, maar deze is ten opzichte van het maaiveldsniveau

van de aangrenzende slenken (zie figuur 2.6) niet heel sterk. Dit komt vooral door de drainerende werking van de nog aanwezige sloten / slootrestanten in het slenkenstelsel van het Eerder Achterbroek: de drainageniveaus hiervan liggen namelijk veelal minimaal (nog) enkele decimeters beneden maaiveld (dus ten opzichte hiervan is er wel sprake van een aanzienlijke opbolling). Mogelijk speelt in combinatie hiermee ook door een zekere wegzijging naar de ondergrond.

- Opvallend is dat de GXG-waarden van peilbuis B8 (op 70 meter van het landbouwgebied Junnervlier) nauwelijks of niet lager zijn dan ter plaatse van B7 (170 meter verder van het landbouwgebied verwijderd): de GHG is (ten opzichte van NAP) slechts 4 cm lager en de GVG is slechts 3 cm lager terwijl de GLG ongeveer gelijk is. De vermoedelijk oorzaak hiervan volgt uit de resultaten van het veldonderzoek (zie paragraaf 3.3).

Uit de nog korte meetreeksen van de nieuwe peilbuizen in de slenken (B37, B38 en B39) kan het volgende worden afgeleid:

- In de winter bevindt de grondwaterstand zich nabij maaiveld (GHG-2014 = 4 à 10 cm -mv).
- Vooral vanwege de drainerende werking van de nog aanwezige sloten / slootrestanten zakt ook hier in het voorjaar en de zomer de grondwaterstand snel en uiteindelijk behoorlijk ver beneden maaiveld weg (GVG-2014 = 37 à 45 cm -mv en GLG-2014 = 92 à 97 cm -mv).

Tabel 2.1 GXG's voor de peilbuizen van het meetnet Eerder Achterbroek

meetpunt code	meetperiode	GHG (mNAP)	GVG (mNAP)	GLG (mNAP)	MV	GHG-GLG (m)	GHG (m -mv)	GVG (m -mv)	GLG (m -mv)
B6	1985-2014	5,95	5,76	5,15	6,02	0,80	0,07	0,26	0,87
B6	2005-2014	5,95	5,77	5,14	6,02	0,81	0,07	0,25	0,88
B7*	2005-2014	5,98	5,79	5,14	7,04	0,84	1,06	1,25	1,90
B8*	1985-2014	6,00	5,80	5,21	7,04	0,79	1,04	1,24	1,83
B8*	2005-2014	5,96	5,78	5,17	7,04	0,79	1,08	1,26	1,87
B9	1985-2014	5,85	5,64	4,94	6,38	0,91	0,53	0,74	1,44
B9	2005-2014	5,77	5,57	4,90	6,24	0,87	0,47	0,67	1,34
B11	1985-2014	5,85	5,66	4,90	6,52	0,95	0,67	0,86	1,62
B11	2005-2014	5,81	5,65	4,85	6,52	0,96	0,71	0,87	1,67
B36	2014	5,77	5,46	4,83	5,77	0,94	0,00	0,31	0,94
B37	2014	5,83	5,48	4,96	5,93	0,87	0,10	0,45	0,97
B38	2014	5,76	5,41	4,93	5,85	0,83	0,09	0,44	0,92
B39	2014	5,93	5,6	4,99	5,97	0,94	0,04	0,37	0,98
* = gebruik gemaakt van eigen hoogtemeting van referentiehoogte, wijkt enkele centimeters af van waarden in dino									

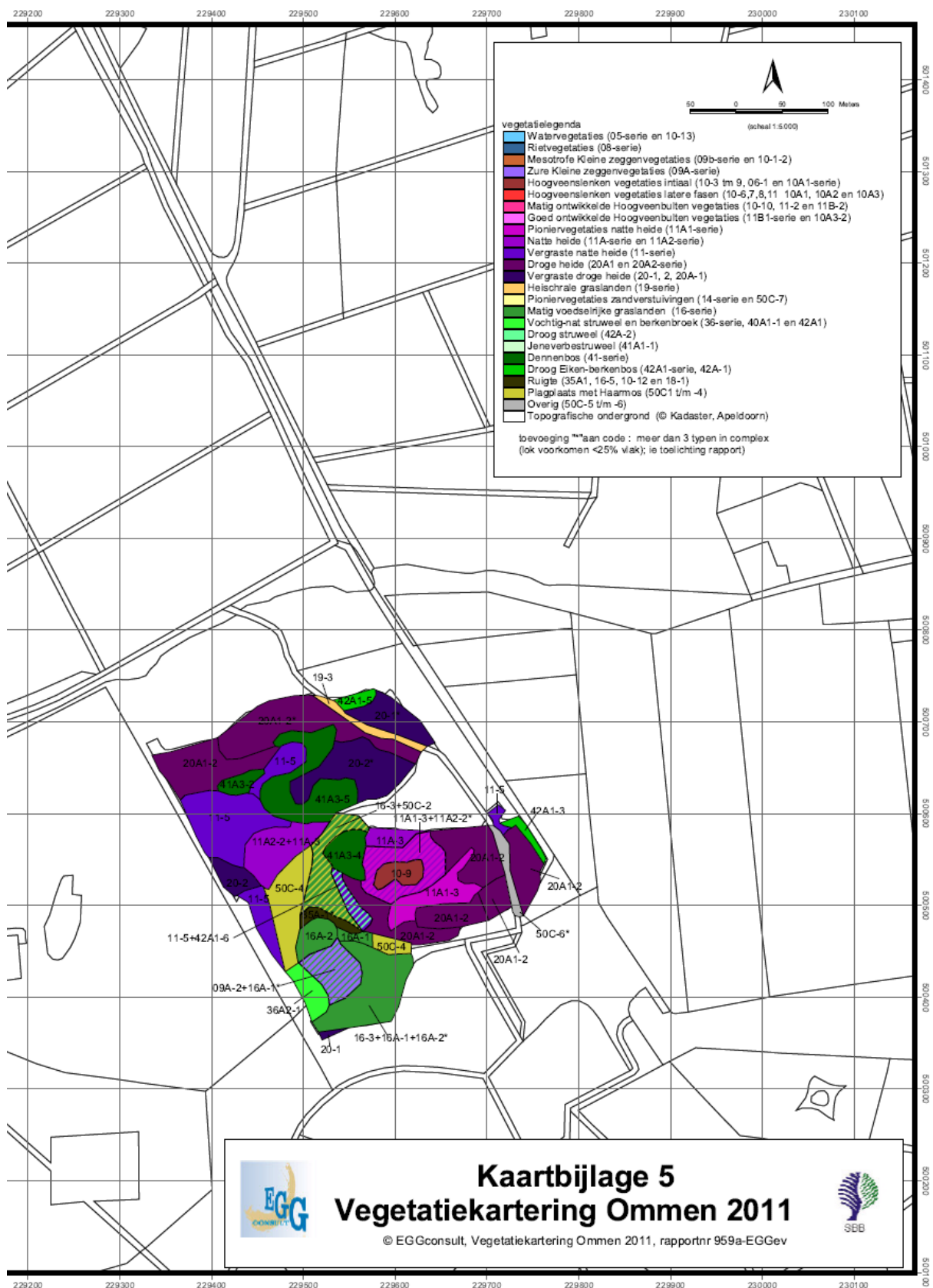
2.5 Vegetatie & flora

De beschrijving van de vegetatie en de flora is gebaseerd op een kartering die in 2011 in opdracht van Staatsbosbeheer voor deelgebieden van het object Ommen door Everts, Jongman en De Vries is uitgevoerd (EGG consult, 2012). De hieruit voorkomende vegetatiekaart voor De Brakel is weergegeven als figuur 2.9. Aangezien het bosgebied grotendeels niet is gekarteerd heeft de vegetatiekaart vooral betrekking op de heide- en schraalgraslandvegetaties. Daar waar dit van toepassing is worden bij de beschrijving van de vegetatietypen ook gelijk de hiermee corresponderende habitattypen aangegeven. De concept-habitattypenkaart voor De Brakel is weergegeven in figuur 2.10.

Het natte schraalgrasland betreft matig voedselrijk grasland, met hierin een combinatie van de vorm van Blauwe zegge (16A-1), de vorm van Veldrus en Blauwe zegge (16A-2) en de vorm van Kale jonker en Ruwe smele (16-3). In het schraalgrasland groeien behalve meer algemene soorten als Ruwe smele, Kale jonker, Gewoon struisgras en Pijpenstrootje ook soorten als Tormetil, Zwarte zegge, Blauwe zegge, Geelgroene zegge, Veldrus, Stijve ogentroost, Klokjesgentiaan en Gewone dophei. Deze combinatie is veelal beperkt tot schrale blauwgraslanden en veldrusschraallanden. Lokaal komen in het schraalgrasland kleine zeggenvegetaties voor, zowel een grasrijke vorm met Ruwe smele en Moerasstruisgras (9A-2) als een vorm van Veldrus (9A3-1) van de gemeenschap van Zwarte zegge. In deze kleine zeggenvegetaties groeit onder andere Wateraardbei. Hoewel de vegetatie van het nat schraalgrasland ecologisch redelijk waardevol is, ontbreken hierin meer kritische soorten. Het nat schraalgrasland is begrenst als kwalificerend habitatype (H6410 Blauwgrasland).

De overgangszone van het schraalgrasland naar de heide (op de dekzandrug ten noordoosten van het schraalgrasland) is gekarteerd als plagplaats met Haarmos (50C-4). In deze zone groeit veel Klokjesgentiaan, en op de grens met het kaartvlak ten noordwesten hiervan (zone die is gekarteerd als 16A-1) groeit Borstelgras. In deze overgangszone groeit bovendien Heidekartelblad. Dit betekent dat hier in feite de grondwaterafhankelijke Associatie van Klokjesgentiaan en Borstelgras aanwezig is, ofwel een grondwaterafhankelijk type heischraal grasland. De oppervlakte van het heischrale grasland is echter zeer gering, het aantal exemplaren Heidekartelblad is beperkt en andere kritische soorten van vochtig heischraal grasland ontbreken. Hoewel heischraal grasland in principe wel een kwalificerend habitatype is, is deze zone niet als zodanig vastgelegd.

Op de dekzandrug ten noordoosten van het schraalland is een zone met natte heide aanwezig. Het betreft hierbij de gemeenschap van Bruine snavelbies en Kleine zonnedaauw, soortenarme vorm (11A1-3), in combinatie met de gemeenschap van Gewone dophei, vorm van Kussentjesmos en Zacht veenmos (11A2-2). In deze natte heidevegetatie komen soorten voor als Bruine snavelbies, Moeraswolfsklauw, Kleine zonnedaauw, Klokjesgentiaan, Blauwe zegge en Zacht veenmos. Deze zone op de dekzandrug is begrenst als habitatype H4010A: Vochtige heide en habitatype H7150: Pioniervegetaties met snavelbiezen. Middenin deze natte heidevegetatie is een klein deel met een initiale hoogveenslenkvegetatie (10-9) aanwezig. Het betreft een vegetatie die (behalve uit veenmos) vrijwel uitsluitend bestaat uit Veelstengelige waterbies. Deze vegetatie is begrenst als habitatype H3130: Zwak gebufferde vennen. Op de overgang naar de natte heide is ook Witte snavelbies waargenomen. De verklaring van de aanwezigheid van deze grondwaterafhankelijke vegetaties op de dekzandrug volgt uit de resultaten van het veldonderzoek (zie paragraaf 3.2). Vooral ten zuiden en oosten van de zone met natte heide is op de dekzandrug een zone met droge heide (20A1-2) aanwezig. Deze zone is begrenst als habitatype H4030: Droge heide.



Figuur 2.9

Vegetatiekaart De Brakel 2011 (Everts, Jongman en De Vries, 2012)

In de slenk ten noordwesten van het schraalland is deels natte heide (11A2-2 en 11A-3) en deels sterk of geheel (met Pijpenstrootje) vegraste natte heide (11-5) aanwezig. De vergrassing met Pijpenstrootje wijst op eutrofiëring en/of verdroging. De zone met vegraste natte heide heeft ook een uitloper in oostelijke richting. Dit al dan niet vegraste natte heidegebied is begrenst als Habitatype 4010A Vochtige heide. Hieromheen is een zone met deels droge heide (20A1-2) en deels (met Bochtige smele) vegraste droge heide (20-1 en 20-2). De al dan niet vegraste zone met droge heide is begrenst als Habitatype H4030: Droge heide.

2.6 Benodigde standplaatscondities

In tabel 2.2 zijn de standplaatsseisen van de grondwaterafhankelijke habitattypen / vegetatietypen in De Brakel weergegeven, gebaseerd op het programma Waternood (Alterra, 2014) en (hiermee overeenkomstige) informatie uit de PAS-gebiedsanalyse (KWR, Witteveen + Bos & Royal Haskoning DHV, 2015). Daarbij is uitgegaan van de eisen voor een 100% doelrealisatie. Voor bepaling van de GLG-eisen is ook invoer van het bodemtype nodig. Hierbij is uitgegaan van leemarm matig grof zand, aangezien dit bodemtype van toepassing is op de ondergrond en de ondergrond bepalend is voor de GLG. Voor de hoogveenslenk-vegetatie in het natte heide gebied ten noordoosten van het nat schraalgrasland is daarbij het vegetatietype 10Aa2 Associatie van Veenmos en snavelbies aangehouden, want hiermee heeft de hier voorkomende vegetatie (vooral bij verder voortschrijdende successie) meer verwantschap dan met vegetatietype 6Ac3 Associatie van Veelstengelige waterbies.

Tabel 2.2 Standplaatsseisen voor in De Brakel voorkomende grondwaterafhankelijke habitattypen / natuurdoeltypen / vegetatietypen

Habitatype	Natuurdoeltype	Plantengemeenschap	GVG (cm -mv)	GLG (cm - mv)	pH-H2O	Voedsel- rijkdom
H4010A Vochtige heide	3.42 Natte heide	11Aa2 Associatie Dophei 11Ba1 Ass Dophei en Veenmos	5 tot 35 -5 tot 10	115 30	<4,5 tot 5,5 <4,5 tot 5,5	voedselarm voedselarm
H7150 Pionierveg. met snavelbiezen	3.42 Natte heide	11Aa1 Associatie van Bruine snavelbies en Moeraswolfsklauw	-5 tot 25	105	<4,5 tot 5,5	voedselarm
H6410 Blauwgrasland	3.29 Nat schraalgrasland	16Aa1 Blauwgrasland 16Ab1 Veldrus-associatie	0 tot 25 5 tot 25	105 100	4,5 tot 6,5 5,0 tot 6,5	voedselarm matig voedselrijk
-	3.29 Nat schraalgrasland	19Aa2 Associatie van Borstelgras en Klokjesgentiaan	15 tot 35	115	4,5 tot 5,5	voedselarm
-	3.44 Levend hoogveen	10Aa2 Associatie van Veenmos en snavelbies	-10 tot 5	< 15	<4,5	voedselarm

De grondwaterafhankelijke habitattypen / plantengemeenschappen van De Brakel zijn dus allen gebonden aan natte standplaatsen, met een GVG die vlak boven, direct aan of dicht onder maaiveld moet liggen en een GLG die niet al te ver onder maaiveld mag liggen. De vanuit Waternood gestelde GLG-eisen voor de Associatie van Gewone dopheide, Associatie van Blauwgrasland en de Veldrus-associatie zijn niet heel stringent. Voor deze vegetatietypen geldt echter dat beter ontwikkelde vormen hiervan voorkomen indien de GLG minder ver beneden maaiveld ligt: hiervoor kan daarom beter een waarde van circa 80 -mv of zelfs 60 cm -mv worden aangehouden. Voor de waardevolle Associatie van Dopheide en veenmos geldt zelfs een GLG van < 30 cm -mv en voor de hoogveenslenkvegetatie in het natte heidegebied geldt zelfs een GLG van < 15 cm -mv.



Habitattypen

- H0000, geen habitatype
- H2310, Stufzandheiden met strukhei
- H2320, Binnenlandse kraaiheibegroeiingen
- H2330, Zandverstuivingen
- H3130, Zwakgebufferde vennen
- H3150, Meren met krabbenscheer en fonteinkruiden
- H3260B, Stromende beken en rivieren met waterplanten
- H3160, Zure vennen
- H4010A, Vochtige heiden (hogere zandgronden)
- H4030, Droge heiden
- H5130, Jeneverbesstruwelen
- H6120, Stroomdalgraslanden
- H6230, Heischrale graslanden
- H6410, Blauwgraslanden
- H6430A, Ruigten en zomen (moerasspirea)
- H6510A, Glanshaver- en vossenstaarthooilanden (glanshaver)
- H7110B, Actieve hoogvenen (heideveentjes)
- H7120, Herstellende hoogvenen
- H7140A, Overgangs- en trilvenen (trilvenen)
- H7150, Pioniervegetaties met snavelbiezen

Figuur 2.10 Uitsnede van de concept-habitattypenkaart voor Natura 2000-gebied Vecht- en Beneden Reggegebied, versie 9 (Provincie Overijssel)

Terwijl de habitattypen H4010A Vochtige heide en H7150 Pioniervegetaties van Snavelbiezen behalve onder matig zure condities (pH 4,5 tot 5,5) ook onder zure condities (pH<4,5) voor kunnen komen, komt de hier aanwezige vorm van het heischrale grasland (Associatie van Borstelgras en Klokjesgentiaan) optimaal voor onder matig zure omstandigheden (pH 4,5 tot 5,5). Blauwgrasland en de Veldrus-associatie kunnen in principe wel voorkomen onder matig zure condities (pH van 4,5/5,0 tot 5,5), maar voor goed ontwikkelde vormen zijn zwak zure omstandigheden nodig (pH 5,5 tot 6,5). Deze drie typen zijn allen zodoende afhankelijk van de aanvoer van gebufferd grondwater tot in de toplaag van de bodem in het winterhalfjaar, zodat de toplaag elk jaar in voldoende mate kan worden aangerijkt met basen. De Associatie van Borstelgras en Klokjesgentiaan komt daarbij net iets hoger op de gradiënt voor dan Blauwgrasland / Veldrusschraalland: de aanrijking met gebufferd grondwater mag hier iets minder sterk zijn en de GVG mag hier zodoende ook iets verder beneden maaiveld liggen.

Voor de aanrijking van de toplaag van de bodem met (zwak) gebufferd grondwater is het nodig dat in de slenk waarin het schraalgrasland ligt, en waar op de overgang naar de heide de zone met heischraal grasland ligt, in het winterhalfjaar in voldoende mate kwel optreedt. Dus aan de hand van het veldonderzoek moet vooral inzichtelijk worden gemaakt of in de huidige situatie dit kwelsysteem nog in voldoende mate intact is.

3 Veldonderzoek

3.1 Methode

Het veldonderzoek is opgebouwd uit de volgende onderdelen:

- Uitvoeren van een oppervlaktewatersysteemverkenning.
- Onderzoek naar het functioneren van het lokale grondwatersysteem.
- Uitvoeren van hydrochemisch en bodemchemisch onderzoek.

Verkenning oppervlaktewatersysteem

De systeemverkenning is gelijk na de start van het project uitgevoerd, op 12-11-2015. Behalve de stelsels van De Brakel en Junnervlier is ook het stelsel van het aangrenzende deel van het Eerder Achterbroek geïnventariseerd. De systeemverkenning dient niet alleen voor het inzichtelijk maken van het functioneren van het oppervlaktewaterstelsel, maar ook als basis voor het vervaardigen van het definitieve ontwerp van het tijdelijke hydrologische meetnet, en voor het verkrijgen van een algemene indruk van het projectgebied.

Bij de verkenning is ook een gesprek gevoerd met mevrouw en mijnheer Groen, de pachters van het westelijke deel van het landbouwgebied Junnervlier. Dit gesprek is gevoerd om ze op de hoogte te stellen van het onderzoek, om informatie in te winnen over het functioneren van de pomp en om de plaatsing van enkele meetpunten in het slotenstelsel af te stemmen.

Omdat het meetnet zo vroeg mogelijk in het winterhalfjaar geplaatst moest worden is ook de systeemverkenning zo vroeg mogelijk aan het begin hiervan uitgevoerd, hoewel vooral de greppels en kleine slootjes op dat moment nog niet watervoerend waren. Daarom is in aanvulling hierop, bij de inmeting van het meetnet en de maandelijkse opname van het meetnet, het functioneren van het stelsel op aanvullende wijze geïnventariseerd.

Bij de verkenning zijn op oriënterende wijze de sloot- en greppeldiepten gemeten, kwelverschijnselen geïnventariseerd (aanwezigheid van oliefilm en/of roestverschijnselen) en is op een aantal plekken het Elektrisch Geleidings Vermogen (EGV) gemeten. De EGV betreft een maat voor het totale ionengehalte van het water. Omdat regenwater weinig ionen bevat is de EGV hiervan laag, terwijl basenrijk (kwel)water of sterk antropogeen beïnvloed water veel ionen bevat, en zodoende dus een hoge ionenconcentratie heeft.

De informatie die is verzameld ten aanzien van de ligging van de sloten en greppels (en de restanten hiervan) is verwerkt in de kaarten die in het rapport zijn opgenomen. Voor een goed begrip van het functioneren van het stelsel kan het best de weergave op de kaart met de lokale hoogteligging (figuur 2.6) worden geraadpleegd. De resultaten van de oriënterende metingen worden (daar waar relevant) wel in de tekst behandeld maar zijn niet op de kaarten weergegeven (om een overkill aan minder belangrijke informatie op de kaarten te voorkomen).

Onderzoek lokale grondwatersysteem

Voor het inzichtelijk maken van het functioneren van het lokale grondwatersysteem is op 16 en 17 november 2015 een tijdelijk meetnet geplaatst en heeft gedurende één jaar (vanaf eind november 2015 tot en met oktober 2016) registratie van het grond- en oppervlaktewaterstandsverloop plaatsgevonden. De meeste meetpunten zijn geplaatst in twee raaien, en op basis van de boringen en de metingen in deze raaien zijn twee ecohydrologische dwarsprofielen van het gebied vervaardigd. In de dwarsprofielen wordt het hydrologisch functioneren in samenhang met de geomorfologische gesteldheid, de bodemopbouw, de (grond)waterkwaliteit en de vegetatie inzichtelijk gemaakt en volgt of (en in hoeverre) het slotenstelsel van Junnervlier het ecohydrologisch functioneren van het gebied negetatief beïnvloed.

Het tijdelijke meetnet bestaat uit 14 grond- en oppervlaktewaterstands-meetpunten. Hiervan zijn 13 meetpunten geplaatst in de twee raaien. Op 2 locaties vindt registratie van het verloop plaats door middel van automatische dagelijkse registratie met behulp van dataloggers: ow1 betreft een geautomatiseerd oppervlaktewaterstandsmeetpunt in de afvoersloot van het slotenstelsel van Junnervlier en pb1 betreft een geautomatiseerd grondwaterstandsmeetpunt in raai B-B'. Deze twee meetpunten zijn geplaatst door het hierin gespecialiseerde Bureau Buijs, en hierin zijn dataloggers van de Provincie Overijssel geplaatst. Op de overige locaties heeft maandelijks handmatige opname van de (grond)waterstand plaatsgevonden. Het betreft hierbij veelal tijdelijke peilbuizen (code tpb), enkele tijdelijke piketten in oppervlaktewater (tp1 in waterloop EA2.2.1 en tp2 in de hoogveenslenkvegetatie op de dekzandrug ten noordoosten van het schraalland) en een peillat in de grenssloot van het landbouwgebied Junnervlier in raai A-A' (pl1).

De referentiehoogte van oppervlaktewaterstandsmeetpunt ow1 is (door Buijs) ingemeten met behulp van RTK-GPS apparatuur. De NAP-hoogten van de overige meetpunten zijn (door Bell Hullenaar) middels een doorgaande waterpassing ten opzichte van meetpunt ow1 ingemeten.

Op de meetdagen zijn ook de grondwaterstanden van enkele nabij gelegen peilbuizen van het meetnet van Natuurmonumenten opgenomen (B7, B8 en B39). Aan de hand hiervan is de representativiteit van de korte reeksen van de tijdelijke meetpunten bepaald. Ofwel: in hoeverre is in de winter de GHG-situatie bereikt, in het voorjaar de GVG-situatie en in de zomer de GLG-situatie?

Belangrijkste doel van de metingen is het afleiden van het effect van het slotenstelsel van Junnervlier op het functioneren van het kwelsysteem van de slenk waarin het schraalgrasland ligt, omdat dit kwelsysteem immers de basis vormt voor het voorkomen van de meest kwetsbare en waardevolle natuurtypen in het gebied (behalve nat schraalgrasland ook de zone met heischraal grasland). Het functioneren van dit kwelsysteem is in grote mate afhankelijk van de voeding die vanuit de direct aangrenzende dekzandruggen moet optreden, en deze voeding wordt mogelijk verstoord door het slotenstelsel.

In samenhang hiermee is de ligging en inrichting van de twee raaien van de dwarsprofielen als volgt gekozen (zie figuur 2.1 met topografie als ondergrond en figuur 2.6 met hoogteligging als ondergrond):

- Raai A-A' loopt vanuit het schraalgrasland van De Brakel via de dekzandrug ten noordoosten hiervan naar de westelijke randsloot van het slotenstelsel van Junnervlier. Om ook de relatie met het aangrenzende deel van het Eerder Achterbroek af te leiden is de raai aan de zuidwestzijde (via het bovenstroomse uiteinde van afvoersloot EA2.2.1) doorgetrokken naar peilbuis B39 van Natuurmonumenten.
- Raai B-B' loopt vanaf het schraalgrasland van De Brakel via de dekzandrug ten zuidoosten hiervan naar de hoofdsloot van het slotenstelsel van Junnervlier.

- Tot aan de rand van de slenk met het schraalgrasland zijn beide raaien opgebouwd uit 5 meetlocaties die op (min of meer) gelijke onderlinge afstand zijn geplaatst.

Raai A-A' loopt niet alleen via de smalle zone met heischraal grasland (met onder andere Heidekartelblad) die op overgang van de heide naar het schraalgrasland aanwezig is, maar ook via de zone met vochtige / natte heide-, snavelbies- en hoogveenslenk-vegetaties op de dekzandrug ten noordoosten hiervan. Dus hier wordt gelijk het functioneren van dit deelsysteem (en de eventuele verstoring hiervan door het slotenstelsel van Junnervlier / eventuele andere oorzaken) inzichtelijk gemaakt. De meetpunten die in de vochtige tot natte zone zijn geplaatst (tpb2 en tpb3) bestaan beide uit een combinatie van een ondiep filter boven de stagnerende laag die hier is aangetroffen en een diep filter onder de stagnerende laag. Op beide locaties is (bij plaatsing van de diepe filters) de stagnerende laag afgedicht met bentoniet (zwelklei).

Om af te kunnen leiden wat het huidige grondwaterstandsverloop in het verder noordwestelijk gelegen (grotendeels met Pijpenstrootje) vergraste heidegebied ten noordwesten van het schraalland is, is hier een extra tijdelijke peilbuis geplaatst (tpb8).

In figuur 3.1 worden de twee ecohydrologische dwarsprofielen weergegeven. De boorbeschrijvingen van de tijdelijke peilbuizen en enkele aanvullende locaties zijn opgenomen in bijlage 2. De grafieken van het (grond)waterstandsverloop van de tijdelijke meetpunten en peilbuizen B7, B8 en B39 (in het meetjaar) zijn opgenomen in bijlage 3.

Na afloop van het onderzoek zijn alle tijdelijke meetpunten verwijderd en zijn meetpunten ow1 en pb1 overgedragen aan Natuurmonumenten.

Hydrochemisch onderzoek

Om ook de hydrochemische zonering van het grondwater vast te kunnen stellen zijn op de locaties in het schraalgrasland, de zone met het heischrale grasland en de zone met natte heide / snavelbiesvegetatie op de dekzandrug telkens drie afzonderlijke peilbuizen geplaatst met minifilters op uiteenlopende diepte (filterlengte 15 cm en onderkant filter op 0,5, 1,0 en 2,0 m -mv). Op twee locaties (tpb4 en tpb6) is met behulp van keramische cups ook het grondwater in de wortelzone van de vegetatie bemonsterd (0-20 cm -mv). Op enkele plekken zijn ook monsters genomen van het oppervlaktewater. De watermonsters zijn in de vroege voorjaarsituatie van 2016 genomen (namelijk op 31 maart 2016), omdat dan het grondwatersysteem goed op druk is. Voor elk monster is de EGV, zuurgraad en de mate van buffering van het grondwater (alkaliniteit) gemeten. Op locatie tpb6 was de hoeveelheid grondwater die met behulp van de keramische cup aan de bodem kon worden onttrokken zeer gering, waardoor hier alleen de alkaliniteit van het bodemvocht in de wortelzone kon worden gemeten.

De belangrijkste resultaten van de hydrochemische metingen zijn verwerkt in de twee ecohydrologische dwarsprofielen (zie figuur 3.1). In bijlage 4 wordt ook een tabel gegeven met hierin de volledige resultaten van de hydrochemische metingen.

Bodemchemisch onderzoek

Om af te leiden of de juiste standplaatscondities voor heischraal grasland en nat schraalland aanwezig zijn is ook inzicht nodig in de bufferingstoestand van de toplaag van de bodem. Hiertoe is een beknopt bodemchemisch onderzoek uitgevoerd: door Bell Hullenaar zijn op vier locaties op drie verschillende diepten bodemonsters verzameld. De monsters zijn geanalyseerd door B-ware en zij hebben de analyseresultaten ook geïnterpreteerd. Hiervan is door B-WARE een eigen rapportage opgesteld (zie bijlage 5)

3.2 Resultaten verkenning oppervlaktewatersysteem

Onderverdeling in deelsystemen

Het lokale stelsel is onder te verdelen in een aantal deelsystemen:

- Slotenstelsel van Junnervlier (code JV).
- Stelsel van het Eerder Achterbroek (hoofdcode EA).
- (Vrijwel niet meer actieve) sloot- en greppelrestanten van De Brakel (geen code).

Slotenstelsel Junnervlier

Het slotenstelsel van landbouwgebied Junnervlier bestaat in hoofdzaak uit een aantal van noord naar zuid verlopende sloten, met een onderlinge afstand van veelal 80 à 90 meter, en een west-oost georiënteerde hoofdsloot, waarlangs het water naar de afvoerloop (EA3.1) stroomt. Op de plek waar de afvoer plaatsvindt vanuit de hoofdsloot naar de afvoerloop staat een pomp. De pomp was bij de verkenning (op 12-11-2015) echter uitgeschakeld. Wel vond via een buis (met diameter 20 cm) afvoer onder vrij verval plaats naar de afvoersloot. Dit is ook de situatie zoals normaal gesproken in de winter aanwezig is: uit het gesprek met de familie Groen volgde dat de pomp normaal gesproken namelijk pas aan het begin van het groeiseizoen (maart / april) en in natte zomerperioden wordt ingeschakeld.

Er was op 12-11-2015 een aanzienlijk peilverschil aanwezig tussen de hoofdsloot en de afvoersloot: het peil van de hoofdsloot van Junnervlier was circa 0,3 meter hoger dan in de afvoersloot. Dus blijkbaar ondervindt de afvoer via de buis / pompconstructie ergens een aanzienlijke weerstand, wellicht vanwege een te kleine diameter van de buis (diameter 20 cm), en mogelijk ook vanwege gedeeltelijke verstopping van de buis door plantenresten.

Gedurende de winter en het voorjaar is bij de maandelijkse opname van de tijdelijke meetpunten telkens ook de pomplocatie bezocht om te luisteren of de pomp in werking was. Dit is echter bij geen enkele opname waargenomen. Wel werd telkens (net als bij de verkenning op 12-11-2015) waterafvoer waargenomen. Ofwel: ook op deze momenten vond telkens onder vrij verval afvoer plaats. Op grond hiervan lijkt (althans voor het meetjaar) de pomp van ondergeschikt belang te zijn voor de waterhuishouding van Junnervlier. Het gaat dus niet zozeer om het effect van een onderbemaling van Junnervlier op het grondwatersysteem van De Brakel, maar om het effect van het slotenstelsel van Junnervlier op het grondwatersysteem.

Het eigendom van Natuurmonumenten loopt tot aan de hoofdsloot van het slotenstelsel van Junnervlier. Ten westen van de afvoersloot ligt een laag gelegen graslandperceel van Natuurmonumenten: deze laaggelegen zone maakt in feite deel uit van de grote laagte van Junnervlier. Op de zuidgrens hiervan is een slootrestant aanwezig. Het slootje is vanwege verlanding / ophoping van bladafval nog maar circa 0,3 meter diep, en het drainageniveau ervan ligt aan / vlak nabij maaiveld. Ten zuiden van het graslandperceel ligt een oude eendenkooi, en ook rond deze eendenkooi is een slootrestant aanwezig. Dit slootrestant staat in verbinding met het verlande slootje op de zuidgrens van het grasland. Dus hoewel in natte winterperioden via deze verlande loopjes nog wel waterafvoer plaatsvindt, hebben ze praktisch geen invloed meer op het functioneren van het grondwatersysteem.

Waterlopenstelsel Eerder Achterbroek

Bij de onderverdeling van het lokale stelsel van het aangrenzende deel van het Eerder Achterbroek wordt aangesloten op de codering zoals gehanteerd in het eerder door Bell Hullenaar uitgevoerde onderzoek 'Ecohydrologisch herstel Eerde' (Bell Hullenaar, 2013). De hoofdindeling hiervan is EA1, EA2 en EA3, en deze hoofdsystemen zijn ook nog verder onderverdeeld. Voor De Brakel zijn hiervan deelsystemen EA2.1.1, EA2.2.2, EA2.2.3, EA2.2.4 en EA3.1 van belang.

Deelsysteem EA2.1.1 betreft het stelsel van de meest noordwestelijke slenk van het slenkstelsel van het Eerder Achterbroek. Het nog actieve deel van dit deelsysteem begint ten westen van de Dennenweg, met een ondiep en verlandend slootje (van circa 0,5 m diep). Ter plaatse van de slenk is de Dennenweg verhoogd aangelegd, waardoor deze weg nu als wal functioneert (omdat hier blijkbaar ook geen functionerende duiker ligt) en in natte winterperioden het slenkgedeelte ten oosten van de wal inundeert. In dit slenkgedeelte liggen restanten van greppels. Het oostelijke uiteinde van de greppel in de as van de slenk doorsnijdt een dekzandkopje, en de zuidelijke greppel doorsnijdt de flank van een dekzandrug. Deze restanten kunnen zorgen voor een reductie van de opbolling van de grondwaterspiegel in de winter in de dekzandrug en het dekzandkopje.

Deelsysteem EA2.2.1 betreft het stelsel van de tweede slenk van het Eerder Achterbroek (vanuit het noordwesten gezien), en omvat een greppelstelsel en een afvoersloot. Zowel de sloot als de greppels zijn door de grote grazers die in het betreffende bovenloopgebied rondlopen behoorlijk vertrapt, maar desondanks nog wel (enigszins) functionerend. De sloot is door de vertrapping vrij ondiep (diepte circa 0,5 m / drainageniveau 0,2 à 0,3 m -mv) en vrij breed (circa 2 m) geworden. Via deze sloot verloopt ook de afvoer van het schraalgraslandgebiedje van De Brakel.

Deelsysteem EA2.2.2 betreft het stelsel van de derde slenk van het Eerder Achterbroek, en bestaat in de huidige situatie alleen nog maar uit een klein slootje (diepte 0,5 m / drooglegging 0,3 m) met ter plaatse van het beginpunt een kleine poel. De AHN-hoogtekaart suggereert dat ook hier nog greppels liggen, maar dat is niet het geval: er zijn hooguit diffuse slenkjes van maximaal 0,1 m diep aanwezig.

Deelsysteem EA2.2.3 betreft het stelsel van de vierde slenk, en dit stelsel begint als slootje ten westen van de Brakelweg.

Deelsysteem EA3.1 betreft het stelsel van de vijfde slenk. De hoofdloop vormt ook de afvoer van het slotenstelsel van het landbouwgebied Junnervlier. Deze hoofdloop is diep. In het laag gelegen deel direct benedenstrooms van de pomp is de loop circa 1,1 m diep, en het drainageniveau ervan lag op 12-11-2015 op circa 0,8 m -mv. De afvoersloot doorsnijdt (ter plaatse van de Brakelweg en ten zuiden hiervan) twee keer een dekzandrug, dus hier is de sloot (ten opzichte van maaiveld) nog dieper. De sloot draineert (getuige de sterke roestverschijnselen op de bodem en sterke vorming van oliefilm op het water) in sterke mate kwelwater. De afvoersloot ligt weliswaar binnen het eigendom van Natuurmonumenten, maar heeft (behalve een afvoerfunctie voor het slotenstelsel van Junnervlier) ook een functie voor de afwatering van (ten zuiden van de Brakelweg gelegen) regulier verpachte landbouwgronden.

De Brakel

De afvoersloot van de tweede slenk van het Eerder Achterbroek (deelsysteem EA2.2.1) liep voorheen door tot in het schraalgraslandgebied van De Brakel. Het gedeelte van deze sloot in het schraalgrasland is circa 10 jaar geleden gedempt. In het bosje tussen het schraalgrasland en het Eerder Achterbroek is de sloot niet gedempt, maar de sloot is hier wel aan het verlanden (door ophoping van bladafval) en ongeveer halverwege het verlandende loopje blokkeert een grote Wilgenstronk de afvoer, waardoor het

drainageniveau van de sloot (hoewel de loop hier niet is gedempt) wel aan / nabij maaiveld ligt.

Ter plaatse van het westelijke deel van het gedempte sloottraject (dit is dus het traject binnen de begrenzing van het nat schraalgrasland) is nu een zeer ondiep, vrij breed en geleidelijk naar de omgeving overlopend (ofwel diffuus) slenkje aanwezig, waarlangs nu de afvoer van overtollig (neerslag)water plaatsvindt. Doordat dit slenkje zeer ondiep is en naadloos aansluit op zijn omgeving heeft het geen drainerende werking op het grondwater, terwijl hierlangs wel neerslagwater wordt afgevoerd (precies goed dus).

Ter plaatse van het oostelijke deel van het gedempte sloottraject in het nat schraalgrasland is na de demping een iets dieper loopje (circa 20 cm diep) met minder geleidelijk verlopende overgangen naar de omgeving achtergebleven. In het uiterste oosten van het schraalgrasland, nabij de overgang naar de bosstrook, zijn in dit slootrestant op 12-11-2015 kwelverschijnselen waargenomen (oliefilm) en is ook een relatief hoge EGV-waarde gemeten (155 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Dit wijst erop dat (dit deel van het) slootrestant een licht drainerende werking heeft op het grondwater. Het zelfde geldt voor het niet gedempte sloottraject in het bosje tussen het nat schraalgrasland en het eerder Achterbroek: ook hier zijn bij de verkenning kwelverschijnselen waargenomen (oliefilm) en bij de hydrochemische metingen (op 31-3-2016) is hier een alkaliniteit van 0,6 meq/l gemeten (zie bijlage 4).

Ook ten oosten van het nat schraalgrasland is (in de bosstrook langs het toegangspad) een slootrestant aanwezig. Hier zijn geen kwelverschijnselen geconstateerd. Het loopje snijdt wel de flank van de dekzandrug aan, en zou zo in principe kunnen zorgen voor een lichte reductie van de opbolling van de grondwaterspiegel in de dekzandrug.

Ook ter plaatse van het toegangspad is een kwelplek geconstateerd. Getuige de sterke mate van vorming van oliefilm op het water en de hoge gemeten EGV-waarde (375 $\mu\text{S}/\text{cm}$) betreft het hier ook de plek met de sterkste kwel in het complete gebied van De Brakel. Vanwege het gebruik als toegangsroute voor het materieel waarmee het schraalgraslandgebied wordt gemaaid is er hier nu echter sprake van sterke spoorvorming waardoor de potenties nu niet goed tot uiting kunnen komen in de vegetatie.

In het verlengde van het slootrestant van het schraalgrasland en de bosstrook is (ten oosten van de hier aanwezige dekzandrug) ook een slootrestant aangetroffen. Dit slootrestant is ondanks verlanding met bladafval toch nog altijd vrij diep (0,6 à 0,7 m), maar de oppervlakkige afvoer ervan wordt geblokkeerd door een wal die op / nabij de grens met Junnervliet aanwezig is. Ondanks deze blokkade kan (met name) ook dit slootrestant in de winter nog wel voor een lichte reductie van de opbolling van de grondwaterspiegel in de dekzandrug zorgen. Voor het slootrestant dat verder zuidelijk in de dekzandrug is aangetroffen geldt in principe hetzelfde, maar omdat dit restant zo hoog ligt en er ook een onderbreking in aanwezig is, in mindere mate dan het eerder genoemde slootrestant.

Elders in De Brakel zijn alleen zeer ondiepe / sterk verlande restanten van greppels aangetroffen. Het betreft in de eerste plaats restanten in de (met bos begroeide) noordelijke slenk van De Brakel, en in de tweede plaats restanten langs de wallen die op de west- en oostgrens van De Brakel liggen. De greppelrestanten zijn op diverse plekken geblokkeerd (door paden, wallen, afkalving van de oevers en / of boomstronken). Hoewel deze restanten het functioneren van het hydrologische systeem naar verwachting (nagenoeg) niet meer beïnvloeden, is dit met name op de plekken waar de dekzandruggen aansnijden niet geheel uit te sluiten.

De wallen die op de west- en oostgrens van De Brakel liggen blokkeren de natuurlijke slenken. In de westelijke wal is in elk van de drie slenken die door de wal worden doorsneden een gat in de wal aanwezig: via deze gaten staan de (restanten van de) stelsels aan weerszijden van de wal dus in verbinding met elkaar. Bij de oostelijke wal is dit niet het geval.

3.3 Resultaten onderzoek grondwatersysteem

De resultaten worden met name toegelicht aan de hand van de ecohydrologische dwarsprofielen van figuur 3.1 en in combinatie hiermee ook aan de hand van de grafieken van het (grond)waterstandsverloop van de tijdelijke peilbuizen in bijlage 3.

Bodemopbouw

- De bodem bestaat uit leemarm tot zwak lemig zand, met hierin lagen (zeer) sterk lemig, zeer fijn zand. Het leemarm tot zwak lemige zand is bovenin meestal fijn tot matig fijn en op grotere diepte is het zand vaak iets grover: matig fijn tot matig grof.
- In het schraalgrasland ligt een (zeer) sterk lemige laag aan de oppervlakte en de laag is enkele decimeters dik.
- In raai A-A' is ook dieper in de bodem een laag (zeer) sterk lemig zand aangetroffen. Ter plaatse van het schraalgrasland ligt de bovenzijde hiervan op circa 1,0 m -mv en is de laag 0,5 à 0,8 m dik. Ook ter plaatse van tpb3 en tpb4 is deze (zeer) sterk lemige laag aangeboord.
- Ook in raai B-B' is een sterk lemige toplaag aangetroffen in het schraalgrasland (ter plaatse van het westelijke uiteinde van de raai, ofwel tpb6). Verder is in deze raai alleen ter plaatse van bo1, in het landbouwgebied van Junnervlier, een sterk lemige laag aangetroffen. Onder de dekzandrug is in raai B-B' echter geen sterk lemige laag aangetroffen.
- Het iets opbollen van de grondwaterstand ter plaatse van tpb9 in de winter doet vermoeden dat er hier op grotere diepte wel een lemige laag aanwezig is.
- Verder is in raai A-A' ter plaatse van de dekzandrug vanaf enkele decimeters beneden maaiveld een 0,1 à 0,15 m dikke verkitte inspoelingslaag aanwezig, ofwel een verkitte B-horizont.

(Grond)waterstandsverloop

- De grafieken van het (grond)waterstandsverloop van de tijdelijke meetpunten zijn opgenomen in bijlage 3.
- In elke grafiek wordt het grondwaterstandsverloop weergegeven in samenhang met het verloop van de oppervlaktewaterstand in de hoofdsloot van het slotenstelsel van Junnervlier (meetpunt ow1). Daar waar relevant is in combinatie hiermee ook het waterstandsverloop van andere oppervlaktewaterstandsmeetpunten toegevoegd (bijvoorbeeld tp2 in de grafieken van tpb3 en tpb4).
- In de bijlage zijn voor de periode van de metingen ook de grafieken van permanente peilbuizen B7, B8 en B39 toegevoegd.
- In deze drie grafieken zijn eveneens de GHG-, GVG- en GLG-waarden aangegeven die met behulp van Menyanthes voor deze reeksen zijn afgeleid (zie paragraaf 2.4.3).
- Hieruit volgt dat bij de metingen op 31-3-2016 bij benadering GHG-omstandigheden aanwezig waren en dat op 20-9-2016 bij benadering GLG-omstandigheden aanwezig waren.
- Bij de metingen op 21-4-2016 waren de omstandigheden nog (iets) natter dan in de GVG-situatie, terwijl bij de metingen op 31-5-2016 de omstandigheden (een stuk) droger waren dan de GVG. Ten opzichte van de gemeten grondwaterstand op 21-4-2016 ligt het GVG-niveau ongeveer op een derde van het totale verschil tussen de op 21-4-2016 en 31-5-2016 gemeten grondwaterstanden.
- In de bijlage is ook een grafiek opgenomen van het (grond)waterstandsverloop dat is geregistreerd met de twee meetpunten met dataloggers, ofwel divers (pb1

en ow1). In deze grafiek zijn tevens de op handmatige wijze gemeten (grond)waterstanden van beide meetpunten aangegeven.

- Op basis van de resultaten van de (grond)waterstandsmetingen en de metingen in de dwarsprofielen wordt in de volgende sub- paragrafen het huidige functioneren van het grondwatersysteem beschreven.

Freatische grondwatersysteem

- Uit beide dwarsprofielen volgt dat het slotenstelsel van Junnervlier in de wintersituatie een drainerende werking heeft op het grondwatersysteem van (de dekzandruggen van) De Brakel: de oppervlaktewaterstand is hier dan namelijk (veel) lager dan de grondwaterstand in de dekzandruggen.
- Uit de grafieken van het grond- en oppervlaktewaterstandsverloop volgt dat de drainerende werking voort duurt tot (eind) mei. Dit betekent dat het slotenstelsel (tenminste) gedurende het gehele winterhalfjaar, vanaf november t/m april, een drainerende werking heeft gehad.
- Desondanks is er in dwarsprofiel A-A' vooral in de winter (en zelfs in de zomer) wel duidelijk sprake van een opbolling van de grondwaterspiegel in de dekzandrug. Dit is te danken aan de semi-weerstands biedende werking van de lemige zandlaag die hier dieper in de bodem aanwezig is.
- Uit vergelijking van de grondwaterspiegel op 26-2-2016 en 31-3-2016 volgt dat in de tussenliggende periode de grondwaterstand in de richting van het slotenstelsel van Junnervlier in versterkte mate is weggezakt. Hieruit volgt dat ondanks de aanwezigheid van de semi-weerstands biedende lemige laag ook hier het grondwatersysteem van de dekzandrug wordt gedraineerd. Als gevolg hiervan is de opbolling van de grondwaterspiegel in de GHG-situatie minimaal.
- De opbolling in de GHG-situatie is echter net voldoende voor de lichte tijdelijke laterale aanvoer van grondwater in de GHG-situatie vanuit het zuidwestelijke deel van de dekzandrug naar het schraalgrasland, en treedt hier op sommige plekken in die situatie ook lichte kwel aan maaiveld uit.
- In dwarsprofiel B-B' is alleen in de zeer natte situatie van 26-2-2016 (= natter dan de GHG-situatie) sprake van een lichte opbolling van de grondwaterspiegel in de dekzandrug. Uit de grafiek van pb1 (zie bijlage 3) volgt dat deze situatie in het meetjaar ook behoorlijk lang (vanaf eind januari tot begin maart) aanwezig is geweest. In dwarsprofiel B-B' is te zien dat op 31-3-2016 (bij benadering GHG-situatie) de opbolling geheel is verdwenen en dat er dan vanaf tpb7 zelfs al sprake is van een dalende grondwaterstand in de richting van het slotenstelsel van Junnervlier. Vanwege het hier ontbreken van een (voldoende omvangrijke) semi-weerstands biedende laag in de ondergrond kan hier de drainerende werking van het slotenstelsel van Junnervlier veel sterker doorwerken waardoor het grondwatersysteem van de dekzandrug dus ook veel sneller leegstroomt.
- In samenhang hiermee wordt het schraalgrasland vanuit deze dekzandrug zelfs in de GHG-situatie niet gevoed met grondwater / kwelwater. Hiervan is alleen sprake als de grondwaterstand hoger oploopt dan in de GHG-situatie (zoals in de periode vanaf eind januari tot begin maart 2016). In relatief droge winters, als de GHG-situatie niet of maar net wordt bereikt, zoals bijvoorbeeld in de winters van 2005/2006, 2009/2010 en 2010/2011 (zie grafieken B7 en B8 in bijlage 1), vindt dus geheel geen grondwatervoeding plaats.
- In dwarsprofiel B-B' is ook te zien dat er ter plaatse van tpb9 in de zeer natte wintersituatie van 26-2-2016 sprake is van een lokale opbolling in de grondwaterspiegel. Dit wijst erop dat hier in ondergrond (onder het filter) lokaal wel een semi-weerstands biedende (lemige) laag aanwezig is (maar deze is dus niet aangeboord). Als gevolg hiervan is de grondwaterstand in de GHG-situatie ook minder ver weggezakt dan verwacht zou mogen worden in relatie tot de afstand van het slotenstelsel van Junnervlier.

- De tijdelijke peilbuis tpb9 staat dicht nabij de permanente peilbuis B8 van het meetnet van Natuurmonumenten. Bij de interpretatie van het grondwaterstandsverloop van peilbuis B8 (in paragraaf 2.4.3) werdesignaleerd dat het opmerkelijk is dat de GHG- en GVG waarden van peilbuis B8 ten opzichte van NAP nauwelijks (slechts 3 à 4 cm) lager zijn dan de GHG- en GVG-waarden van B7, terwijl B8 zich veel dichter nabij het drainerende waterlopenstelsel van Junnervlier bevindt. Nu aan de hand van de resultaten van de metingen in raai B-B' een goed beeld is ontstaan van de werking van het grondwatersysteem, wordt het vermoeden versterkt dat ook hier de relatief hoge GHG- en GVG-waarden waarschijnlijk samenhangen met een semi-weerstandbiedende (lemige) laag in de ondergrond (en waarschijnlijk dezelfde laag als bij tpb9). Dit geeft ook goed aan dat met alleen de beschikbare meetreeksen van de permanente peilbuizen een vertekend beeld had kunnen ontstaan van het effect van het slotenstelsel van Junnervlier op De Brakel, en dat voor het verkrijgen van een goed beeld hiervan systeemonderzoek dus noodzakelijk is.
- In dwarsprofiel A-A' is te zien dat ook de afvoersloot en (in mindere mate) de greppels van het slenkenstelsel van het Eerder Achterbroek nog een licht drainerende werking heeft / hebben op het grondwater. Dit betekent vooral dat de kwel die hier aan de oppervlakte komt niet goed tot in de wortelzone van de vegetatie kan doordringen maar nog altijd wordt gedraineerd en afgevoerd. In het kader van het herstelplan Eerderbroek (Bell Hullenaar, augustus 2016) zal dit probleem worden aangepakt.
- In de dwarsprofielen is ook te zien dat de grondwaterstand in de zomer ver beneden maaiveld wegzakt. In het schraalgrasland ligt de grondwaterstand op 20-9-2016 (bij benadering GLG-situatie) op 1,0 m -mv. Hierbij wordt net voldaan aan de minimale GLG-standplaatseis voor nat schraalgrasland maar wordt niet voldaan aan de GLG-standplaatseis voor goed ontwikkelde vormen hiervan (GLG maximaal op 0,8 m -mv en liefst op maximaal 0,6 m -mv: zie paragraaf 2.6).
- Ook het diep wegzakken van de grondwaterstand in de zomer is waarschijnlijk vooral een gevolg van de drainerende werking van het slotenstelsel van Junnervlier: doordat tot diep in het voorjaar het grondwater van De Brakel in sterke mate door de sloten wordt gedraineerd en uit het gebied wordt afgevoerd is er veel minder grondwaterreserve beschikbaar voor het opvangen van het verdampingsoverschot in de zomer. In combinatie hiermee kan de lage GLG ook deels samenhangen met de aanwezigheid van bos, als gevolg van het relatief hoge verdampingsverlies van bos ten opzichte van heide.

Schijngrondwatersysteem

- In dwarsprofiel A-A' is ter plaatse van de dekzandrug vanwege de weerstandsbiedende werking van de verkitte B-horizont boven het freatische systeem een lokaal systeem aanwezig dat op een veel hoger niveau ligt dan het freatische grondwatersysteem. Het betreft hierbij een zogenaamd schijngrondwatersysteem.
- Met de ondiepe filters van tpb 3 en tpb4 wordt het verloop van de (grond)waterstand van het schijngrondwatersysteem ter plaatse van het dwarsprofiel gemeten, in een zone met natte heide en een bruine snavelbiesvegetatie. Piket tp2 staat iets buiten het dwarsprofiel, in een kleine laagte met initiële hoogveenvegetatie (met veenmossen en verder vrijwel uitsluitend Veelstengelige waterbies). De ondiepe filters van tpb3 en tpb4 vallen in de loop van het voorjaar droog. Piket tp2 valt pas in september 2016 droog en tot eind augustus 2016 is de waterstand nog maar 0,1 m weggezakt ten opzichte van het winterniveau. Het hier minder snel wegzakken van de waterstand ten opzichte van tpb2-1 en tpb3-1 hangt in de eerste plaats samen met de hogere bergingscoëfficiënt van open water ten opzichte van een zandbodem, want naarmate de bergingscoëfficiënt hoger is, zakt onder invloed van de verdamping de (grond)waterstand minder ver weg. In de tweede plaats zorgt vanwege de

sponswerking ook de aanwezigheid van de veenmosvegetatie voor het extra lang vasthouden van neerslagwater in de laagte.

- Hoewel de verkitte B-horizont een aanzienlijke weerstandsbiedende werking kan hebben, wil dit niet zeggen dat de laag ondoorlatend is. Dit betekent dat het schijngrondwatersysteem wel water kan verliezen middels wegzijging naar de ondergrond. De mate waarin dit gebeurt is (behalve van de weerstand van de verkitte B-horizont) afhankelijk van de tegendruk die wordt geleverd vanuit het freatische grondwater. In dwarsprofiel A-A' is te zien dat de freatische grondwaterspiegel in de wintersituatie net niet tot een de onderzijde van de verkitte B-horizont reikt. Zodoende kan het freatische grondwater nu niet voor tegendruk zorgen voor de wegzijging van grondwater vanuit het schijngrondwatersysteem.

Vochtige heidegebied met peilbuis tpb8

- Peilbuis tpb8 staat in een gebied waar vergraste natte heide aanwezig is (zie figuur 2.9). In tegenstelling tot de zone met natte heide en snavelbiesvegetatie in dwarsprofiel A-A' is hier geen schijngrondwatersysteem werkzaam. De omstandigheden van het natte heidegebied wordt dus bepaald door het functioneren van het freatische grondwatersysteem.
- In combinatie met een aangrenzende zone met redelijk goed ontwikkelde heide is dit gehele natte heidegebied begrenst als Habitatype H4010A Vochtige heide. De zone met het habitatype vochtige heide ligt in een slenk en op de flanken van de dekzandruggen aan weersijden van de slenk (en vooral op de flank van de dekzandrug aan de noordoostzijde van de slenk). De maaiveldshoogte van de zone Habitatype Vochtige heide loopt uiteen van 6,2 tot 6,8 mNAP (zie figuur 2.6). Ter plaatse van de peilbuis ligt het maaiveld op 6,29 mNAP.
- Op 31-3-2016 (bij benadering GHG-situatie) is ter plaatse van tpb 8 een grondwaterstand van 0,12 m -mv gemeten.
- Op 20-9-2016 (bij benadering GLG-situatie) is de grondwaterstand tot 1,17 m beneden maaiveld weggezakt.
- Op 21-4-2016 is een grondwaterstand van 6,14 mNAP gemeten en op 31-5-2016 een grondwaterstand van 5,72 mNAP. Uit de lange reeksen van B7 en B8 volgt dat de GVG-situatie (gerekend vanaf de op 21-4-2016 gemeten grondwaterstand) ongeveer op een derde van het totale verschil tussen de op 21-4-2016 en 31-5-2016 gemeten grondwaterstanden ligt. Op grond hiervan volgt dat de GVG-grondwaterstand van tpb8 op circa 5,99 mNAP ligt, ofwel 0,3 m -mv.
- De peilbuis staat echter laag in de zone met Habitatype H4010A Vochtige heide. Daarom is op basis van de maaiveldshoogte ook afgeleid welke GXG-waarden bij benadering gelden voor de bovenzijde van de zone met Habitatype H4010A Vochtige heide en ook aan de onderzijde hiervan (zie tabel 3.1).
- Hieruit volgt dat (bij benadering) de GVG aan de bovenzijde van de zone met Vochtige heide op circa 0,8 m -mv ligt en de GLG op circa 1,7 m -mv.
- Aangezien voor Vochtige heide ten aanzien van de GVG een standplaatsseis van <0,35 m -mv geldt (zie tabel 2.2) betekent dit dat in een groot deel van de zone met H4010A nu niet wordt voldaan aan deze eis, namelijk in de complete zone met maaiveldshoogte vanaf 6,4 tot 6,8 mNAP. Op de hoogtekaart (figuur 2.6) is te zien dat dit ook veruit het grootste deel van het gebied met habitatype H4010A Vochtige heide betreft.
- Verwacht mag worden dat (ook) de te droge omstandigheden in een groot deel van de zone met Habitatype H4010A tenminste deels worden veroorzaakt door de drainerende werking van het slotenstelsel van Junnervlier. Om dit nader te kunnen onderbouwen dienen echter eerst modelberekeningen uitgevoerd te worden.

Tabel 3.1 Afleiding van de GXG-waarden voor de boven- en onderzijde van de zone

met Habitatype H4010A Vochtige heide op basis van de meetreeks van tpb8

maaiveld (mNAP)	omschrijving	GHG bij benadering (m -mv)	GVG bij benadering (m -mv)	GLG bij benadering (m -mv)
6,29	locatie peilbuis tpb8	0,12	0,30	1,17
6,20	onderzijde van zone met H4010A Vochtige heide	0,03	0,21	1,08
6,80	bovenzijde van zone met H4010A Vochtige heide	0,63	0,81	1,68

3.4 Resultaten hydrochemisch en bodemchemisch onderzoek

Hydrochemische situatie

De resultaten zijn als volgt:

- Het water van het vennetje met Veelstengelige waterbies is ongebufferd (alkaliniteit = 0,0 meq/l) en zodoende sterk zuur (pH = 4,3).
- Het grondwater van de diepe filters van tpb3 en tpb4 in de dekzandrug is vrijwel ongebufferd (alkaliniteit = 0,1 meq/l) en zodoende ook behoorlijk zuur (pH = 4,9).
- Ter plaatse van tpb4, aan de voet van de dekzandrug, in de zone waar Heidekartelblad groeit, is het bemonsterde grondwater van alle drie de filters zeer zwak gebufferd (alkaliniteit 0,1 à 0,3 meq/l) en zodoende matig zuur (pH 5,2 à 5,5). Ook het bemonsterde bodemvocht (0-20 cm -mv) is zeer zwak gebufferd (alkaliniteit = 0,1 meq/l) en zodoende matig zuur (pH = 5,2).
- Het bemonsterde grondwater van de diepe filters van de peilbuizen in het schraalgrasland (tpb5 en tpb 6) is matig sterk gebufferd (alkaliniteit 2,6 à 4,0 meq/l) en zodoende (bijna) pH-neutraal (pH 6,3 à 6,8). Ter plaatse van tpb6 is de zandbodem vanaf een diepte van 1,7 m -mv ook kalkrijk.
- Het grondwater van de ondiepe filters van tpb5 en tpb6 is zwak tot matig gebufferd (alkaliniteit 0,7 à 1,6 meq/l) en zodoende zwak zuur (pH 5,8 à 6,4). Het bij tpb6 bemonsterde bodemvocht (0-20 cm -mv) is echter slechts zeer zwak gebufferd (alkaliniteit = 0,2 meq/l).
- Het slootwater van de westelijke randsloot van Junnervlier (tl1) en de hoofdsloot (ow1) is matig sterk gebufferd (alkaliniteit = 2,2 meq/l) en (bijna) pH neutraal (pH = 6,6 à 6,7).
- In het verlande afvoerslootje van De Brakel (gedeelte in het bosje) en ter plaatse van het niet volledig gedempte oostelijke traject in het schraalgrasland is zwak gebufferd / zwak zuur water aangetroffen (alkaliniteit van 0,6 à 0,8 meq/l en pH van circa 6,1).
- Ter plaatse van tp1, in de verlandende afvoersloot van Eerder Achterbroek, is matig sterk gebufferd en zwak zuur water aangetroffen (alkaliniteit van 1,0 meq/l en pH van 6,4).

Deze resultaten zijn als volgt te verklaren:

- Ter plaatse van de dekzandrug zijn onder invloed van de infiltratie die hier optreedt de bovenste meters zandbodem vrijwel geheel ontkalkt, waardoor het grondwater hier (vrijwel) ongebufferd is.
- Op grotere diepte is het zand wel kalkrijk. Vanwege het doorstromen van het kalkrijk zand vindt in de ondergrond buffering van het grondwater plaats.
- Door de periodieke kwel onder invloed van de opbollende grondwaterspiegel in de dekzandruggen dringt het gebufferde grondwater in de schraalgraslandslenk kortstondig tot aan / nabij de oppervlakte door. Vanwege de zeer natte

omstandigheden in de periode vanaf eind januari tot begin maart waren de omstandigheden hiervoor in het meetjaar relatief gunstig. Desondanks is er in de richting van het maaiveld sprake van een zeer sterke verdunning met neerslagwater (met een afname van de alkaliniteit van 4,0 meq/l op een diepte van 2 m -mv naar een alkaliniteit van 0,2 meq/l in de wortelzone van de vegetatie). De zeer sterke mate waarin deze verdunning plaatsvindt is met name het gevolg van de aantasting van het kwelsysteem van De Brakel door de drainerende werking van het slotenstelsel van Junnervlier, aangezien hierdoor de grondwaterspiegel in de dekzandruggen (en met name de zuidelijke dekzandrug) in het winterhalfjaar minder vaak / minder ver / helemaal niet opbult. Bovendien wordt een deel van de kleine hoeveelheid kwelwater die ondanks de aantasting van het systeem (door de drainerende werking van het slotenstelsel van Junnervlier) De Brakel wel periodiek weet te bereiken plaatselijk in lichte mate versterkt gedraineerd door de nog aanwezige slootrestanten. Dit heeft echter alleen een klein negatief effect op de betreffende slenkgedeelten zelf, en is dus van ondergeschikt belang in vergelijking met de aantasting van het systeem door het slotenstelsel van Junnervlier.

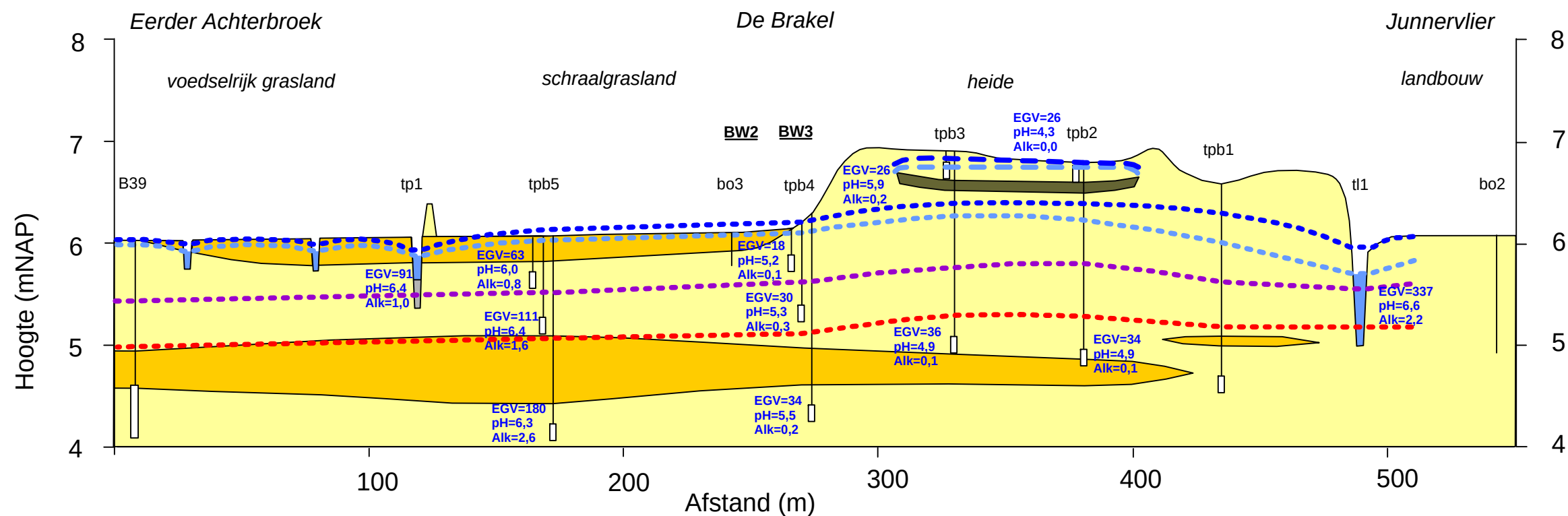
- Omdat tpb4 zich in het overgangsgebied van de dekzandrug naar de slenk bevindt, is het diepere grondwater hier slechts zwak gebufferd. Omdat in deze dekzandrug dankzij de semi-weerstandsbiedende werking / ondanks de drainerende werking van het slotenstelsel van Junnervlier wel over langere tijd een (lichte) opbolling van de grondwaterspiegel kan plaatsvinden, treedt hier in het winterhalfjaar wel in lichte mate kwel op. Direct aan de voet van de dekzandrug is vanwege de knik in de helling de kwelsituatie ook relatief gunstig (ten opzichte van het gedeelte van de slenk hier verder vandaan). Zodoende kan het zwak gebufferde grondwater hier beter in de wortelzone van de vegetatie doordringen. Toch is ook hier sprake van verdunning.

Bodemchemische situatie

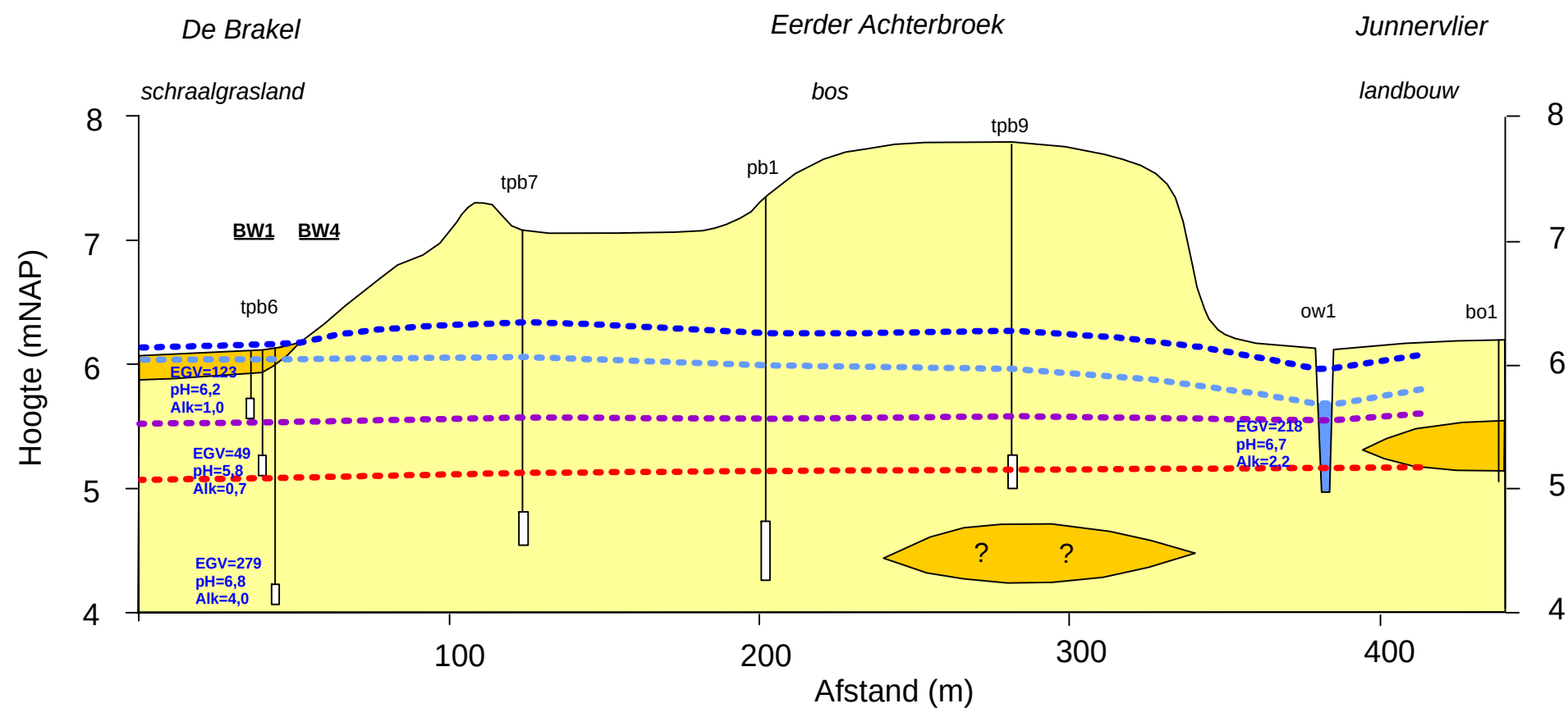
- De locaties van het bodemchemisch onderzoek zijn opgenomen in de dwarsprofielen (zie figuur 3.1). In de rapportage van B-WARE (zie bijlage 5) worden de volledige resultaten besproken. In de onderstaande hoofdstukken worden de resultaten in hoofdlijnen besproken en worden (nadere) verbanden gelegd met het hydrologisch / hydrochemisch functioneren.
- Locaties BW1 en BW2 liggen beiden in de zone met nat schraalgrasland. Locatie BW1 ligt in raai B-B' ter plaatse van tpb6 en locatie BW2 ligt in raai A-A' op 13 meter ten zuidwesten van tpb4 en dus ook (net) in de zone met nat schraalgrasland.
- Uit de analyseresultaten volgt dat de bovenkant van de lemige toplaag op beide locaties (veel) minder gebufferd is dan de onderzijde hiervan. Op locatie BW1 heeft de bovenkant van de toplaag namelijk een Ca-t van 34 mmol/l en terwijl voor de onderkant een waarde van 54 mmol/l is gemeten. Op locatie BW2 is het verschil nog groter: hier geldt een waarde van 17 mmol/l voor het bovenste deel en een waarde van 52 mmol/l voor het onderste deel. De toplaag van de bodem is zodoende op beide locaties behoorlijk zuur, met een pH-z van 4,6 (ofwel een pH-H₂O van circa 5,1) op locatie BW1 en een pH-z van 4,3 (ofwel een pH-H₂O van 4,8) op locatie BW2. Dit voldoet net aan de minimale standplaatsseis voor Blauwgrasland (pH-H₂O van 4,5) en net niet / net wel aan de minimale standplaatsseis voor de Veldrusassociatie (pH-H₂O van 5,0), maar voldoet niet voor goed ontwikkelde vormen van Blauwgrasland / de Veldrus-associatie (waarvoor een pH-H₂O van 5,5 tot 6,5 nodig is).
- Deze resultaten zijn dus in lijn met de resultaten van het hydrochemisch onderzoek: vanwege de aantasting van het kwelsysteem kan het gebufferde grondwater in onvoldoende mate de toplaag van de bodem bereiken waardoor de mate van buffering van de toplaag geringer is dan de dieper gelegen bodemlagen.

- Locaties BW3 en BW4 liggen op de overgangen naar de dekzandrug. Locatie BW3 ligt ter plaatse van tpb4 in dwarsprofiel A-A' en locaties BW4 ligt in dwarsprofiel B-B' op circa 25 meter van tpb6.
- Op locatie BW3 is de bodem zeer zuur, niet alleen de toplaag, maar ook de lagen op 20-30 cm en 40-50 cm -mv. De toplaag van de bodem is hier met een pH-z van 3,8 (ofwel een pH-H₂O van 4,3) in feite te zuur voor Heidekartelblad. Dat deze soort hier toch wel groeit wordt mogelijk verklaard vanuit de situatie dat de wortelzone van de vegetatie wel gevoed wordt met zeer zwak gebufferd grondwater onder invloed van het eerder beschreven kwelsysteem. Ook moet bedacht worden dat de monsterlocatie op de bovengrens ligt van de zone waar Heidekartelblad groeit, aangezien bij de inrichting van het meetnet in november 2015 alleen op deze plek één exemplaar van deze soort werd aangetroffen. Pas later (in mei 2016) bleek de soort in veel grotere aantallen (met 10-tallen exemplaren) vooral iets lager op de helling (in een direct aangrenzende zone van circa 5 meter) te groeien. Dus wellicht zijn iets lager op de helling de bodemchemische omstandigheden gunstiger.
- Op locatie BW4 is de bodem tot op een diepte van 30 cm -mv zeer zuur. Dieper, op 40-50 cm -mv is de bodem goed gebufferd. Op deze locatie is wel een opvallend ijzerrijke toplaag aanwezig. Deze situatie wijst op een verminderde grondwaterinvloed: dankzij de vroegere grondwaterinvloed is de toplaag nog wel ijzerrijk maar door het wegvallen hiervan is de buffering van de toplaag weg sterk verminderd.

Dwarsprofiel A-A'



Dwarsprofiel B-B'



Legenda

- = leemarm / zwak lemig zand
- = (zeer) sterk lemig zand
- = (zeer) sterk humeus, verkit zand
- = open water (situatie 31-3-2016)
- = slib
- = schijngrondwaterspiegel op 26-2-2016 (natter dan GHG-situatie)
- = schijngrondwaterspiegel op 31-3-2016 (bij benadering GHG-situatie)
- ... = freatische grondwaterspiegel op 26-2-2016 (natter dan GHG-situatie)
- ... = freatische grondwaterspiegel op 31-3-2016 (bij benadering GHG-situatie)
- ... = freatische grondwaterspiegel op 31-5-2016 (droger dan GVG-situatie)
- = freatische grondwaterspiegel op 20-9-2016 (bij benadering GLG-situatie)
- EGV=246 = Elektrisch Geleidings Vermogen ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
- pH=5,7 = zuurgraad (-)
- Alk=0,3 = alkaliniteit (meq/l)
- BW1 = locatie bodemonmonster B-WARE
- = peilbuis

Bell Hullenaar

Ecohydrologisch
Adviesbureau

Figuur 3.1 Ecohydrologische dwarsprofielen

4 Synthese en conclusies

Ecohydrologisch functioneren en knelpunten

Onder De Brakel en de omgeving hiervan is vanaf een diepte van circa 10 m -mv een circa 5 meter dikke kleilaag aanwezig. Dit Laagpakket van Zutphen vormt (regionaal gezien) de eerste scheidende laag. Vanwege de aanwezigheid hiervan is de interactie van het freatische grondwatersysteem met het regionale grondwatersysteem beperkt en is voor De Brakel en omgeving dus vooral de grondwaterstroming via het circa 10 meter dikke eerste watervoerende pakket bepalend.

In De Brakel en het aangrenzende Eerder Achterbroek is een afwisseling van dekzandruggen en slenken aanwezig. Via deze slenken vond de natuurlijke afwatering van het gebied in zuidwestelijke richting plaats. De slenken van De Brakel vormen de bovenstroomse uiteinden van dit slenkenstelsel. Junnervlier ligt in een omvangrijke laagte direct ten oosten van De Brakel.

De dekzandruggen functioneren als infiltratiegebiedjes en vanuit deze ruggen worden de slenken en de laagte gevoed met kwelwater. Vanwege het ondiep voorkomen van kalkrijke afzettingen is het kwelwater behalve ijzerrijk ook basenrijk (ofwel gebufferd). Voordat ontginning plaatsvond zijn onder invloed van de langdurige toestroming van het basen- en ijzerrijke grondwater in de slenken en de laagte beeekeerdgronden tot ontwikkeling gekomen. De beeekeerdgronden hebben in dit gebied vaak (maar dus niet altijd) een (sterk) lemige toplaag van enkele decimeters.

Ook in het zuidelijke deel van De Brakel is een dergelijk kwelsysteem werkzaam: onder invloed van 's-winters opbollende grondwaterspiegels in twee dekzandruggen wordt de hier aanwezige slenk met nat schraalgrasland periodiek gevoed met gebufferd kwelwater. Uit de resultaten van het veldonderzoek volgt echter dat als gevolg van de sterk drainerende werking van het slotenstelsel van Junnervlier deze opbollingen in de huidige situatie in onvoldoende mate / onvoldoende lang optreden om voor een goede voeding van de slenk met kwelwater te zorgen. Het grondwatersysteem van de dekzandrug van dwarsprofiel B-B' is het sterkst aangetast: hier is nu zelfs in de GHG-situatie geen sprake meer van opbolling van de grondwaterspiegel (maar alleen in situaties die nog natter zijn dan de GHG-situatie). Vanwege de aanwezigheid van een semi-weerstandsbiedende lemige laag werkt de drainerende werking van het slotenstelsel van Junnervlier minder sterk door in de (bovengrond van de) dekzandrug van dwarsprofiel A-A'. Echter ook hier is een negatief effect aanwezig. Vanwege de (sterk) verminderde opbolling van de grondwaterspiegel in de dekzandruggen is het gebufferde grondwater minder goed / minder vaak in staat de wortelzone van de vegetatie van het nat schraalgrasland te bereiken, waardoor de mate van buffering van de toplaag van de bodem te laag is, en dus de toplaag van de bodem te zuur is, waardoor meer kritische soorten momenteel in de vegetatie ontbreken. Ook ontbreekt als gevolg hiervan een grondwaterafhankelijke heischrale vegetatie aan de voet van de dekzandrug van dwarsprofiel B-B'.

Dankzij de aanwezigheid van de semi-weerstandsbiedende laag onder de dekzandrug van dwarsprofiel A-A' kan hier in de huidige situatie (ondanks de drainerende werking van het slotenstelsel van Junnervlier) toch enige laterale aanvoer van zeer zwak gebufferd grondwater plaatsvinden vanuit het zuidwestelijke deel van de dekzandrug naar de schraalgraslandslenk en aan de voet van de dekzandrug in lichte mate tot nabij de oppervlakte doordringen. In samenhang hiermee is hier aan de voet van deze dekzandrug wel een zone aanwezig met soorten van een grondwaterafhankelijke Associatie van Klokjesgentiaan en Borstelgras, met hierin ook een aantal exemplaren Heidekartelblad. Vanwege de geringe kweldruk is echter ook hier de grondwaterinvloed in de toplaag van de bodem minimaal, waardoor deze waardevolle heischrale vegetatie kwetsbaar is.

Ook is geconstateerd dat sommige slootrestanten in De Brakel en in het aangrenzende Eerder Achterbroek nog een licht drainerende werking op het kwelwater hebben, maar dat is alleen in lichte mate nadelig voor de betreffende slenkgedeelten zelf. Ook zijn enkele slootrestanten aangetroffen in de flanken van de dekzandruggen. Deze slootrestanten hebben nu (praktisch) geen effect op van het grondwatersysteem, maar zouden dat wel in lichte mate kunnen gaan hebben bij herstel hiervan (middels aanpak van de sterk drainerende werking van het slotenstelsel van Junnervlier: zie volgende subparagraaf).

Uit de resultaten van het veldonderzoek volgt ook dat de grondwaterstand in de zomer te ver beneden maaiveld wegzakt en er in het noordwestelijke gebied met vochtige heide tevens een te lage grondwaterstand in het voorjaar is:

- In het nat schraalgrasland ligt de GLG nu bij benadering op 1,0 m -mv, terwijl de GLG voor soortenrijk nat schraalland met hierin kritische soorten niet verder dan 0,8 (of nog beter 0,6) m -mv mag liggen.
- In het grootste deel van het noordwestelijke gebied met vochtige heide ligt de GLG bij benadering op 1,3 tot 1,7 m -mv, terwijl alleen al voor de soortenarme basisvariant de GLG niet verder dan 1,15 m -mv mag liggen, en ook voor soortenrijke natte heide met hierin kritische soorten de GLG niet verder dan 0,8 (of nog beter 0,6) m -mv mag liggen.
- In het grootste deel van het noordwestelijke gebied met vochtige heide ligt bovendien de GVG te ver beneden maaiveld, namelijk (bij benadering) 0,4 tot 0,8 m -mv, terwijl alleen al voor de soortenarme basisvariant de GVG niet verder dan 0,35 m -mv mag liggen.

Waarschijnlijk zijn ook de te lage GVG en GLG met name het gevolg van de sterk drainerende werking van het slotenstelsel van Junnervlier. In combinatie hiermee kan de lage GLG ook deels samenhangen met de aanwezigheid van bos, als gevolg van het relatief hoog verdampingsverlies van bos ten opzichte van heide.

Uit de resultaten van het veldonderzoek volgt ook dat er in dwarsprofiel A-A' ter plaatse van de dekzandrug vanwege de weerstandsbiedende werking van een verkitte B-horizont boven het freatische systeem een zeer lokaal systeempje aanwezig is. Hoewel de verkitte B-horizont een aanzienlijke weerstandsbiedende werking kan hebben, wil dit niet zeggen dat de laag ondoorlatend is. Dit betekent dat het lokale systeempje wel water kan verliezen middels wegzijging naar de ondergrond. De mate waarin dit gebeurt is (behalve van de weerstand van de verkitte B-horizont) afhankelijk van de tegendruk die wordt geleverd vanuit het freatische grondwater. Dus de afname van de mate / duur van de opbolling van de freatische grondwaterspiegel in de dekzandrug als gevolg van het sterk drainerende slotenstelsel van Junnervlier kan ook negatieve gevolgen hebben voor het ecohydrologisch functioneren van dit zeer lokale systeempje en dus de hier aanwezige grondwaterafhankelijke vegetaties (hoogveenslenkvegetatie en natte heide / pioniervegetaties met snavelbiezen).

Herstelmogelijkheden

Voor hydrologisch herstel van De Brakel is dus aanpassing van de waterhuishouding van Junnervlier nodig. Bij aanpassing van de waterhuishouding van Junnervlier moet gedacht worden aan demping van de sloten in een brede bufferzone tegen De Brakel aan. De breedte van de bufferzone zal moeten worden vastgesteld op basis van modelberekeningen. Nu dat op grond van het veldonderzoek de opbouw en de werking van het systeem goed inzichtelijk is gemaakt kunnen de berekeningen op de juiste wijze worden uitgevoerd. Het is daarbij wel zaak om eerst aan de hand van de verzamelde informatie de modelinvoer te toetsen en zo nodig aan te passen. Om ook goede uitspraken te kunnen doen voor de GLG-situatie zal bovendien niet-stationair gerekend moeten worden. Voor de berekeningen kan wellicht gebruik gemaakt worden van het reeds beschikbare grondwatermodel van Waterschap Vechtstromen.

Literatuur

ALTERRA, 2002. Programma Waternood - Hydrologische randvoorwaarden natuur.

ARCADIS, 2011. Achtergronddocument water Natura 2000-gebied Vecht en Beneden Regge. Versie november 2011. Arcadis, in opdracht van waterschappen Velt en Vecht, Regge en Dinkel en Groot Salland.

BELL, J.S. & J.W. VAN 'T HULLENAAR, 2013. Ecohydrologisch herstel natuurgebied Eerde - Resultaten ecohydrologisch, bodemkundig en bodemchemisch onderzoek & uitwerking ambitiekaart. Bell Hullenaar, in opdracht van Natuurmonumenten.

BELL, J.S. & J.W. VAN 'T HULLENAAR, 2005. Evaluatie van het hydrologisch meetnet Eerde. Bell Hullenaar, in opdracht van Natuurmonumenten.

BELLE, F. VAN, 1987. Beheersplan Eerde 1988 t/m 1997. Natuurmonumenten, 's-Graveland.

EVERTS, F.H., M. JONGMAN & N.P.J. DE VRIES, 2012. Vegetatie- en plantensoortenkartering Ommen 2011. EGG-consult in opdracht van Staatsbosbeheer (Regio Oost).

KWR, WITTEVEEN + BOS & Royal Haskoning DHV, 2015. Natura 2000 Gebiedsanalyse voor de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS) Vecht- en Beneden-Reggegebied. In opdracht van de Provincie Overijssel.

MANHOUDT, A.G.E. & W.I. FRENTZ, 1999. Beheerplan Eerde, beheervisie. Natuurmonumenten, 's-Graveland.

PROVINCIE OVERIJSEL, 2015. Natura 2000 ontwerp-beheerplan Vecht- en Beneden Reggegebied.

STIBOKA, 1983. Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50.000, blad 28 West Almelo. Stiboka, Wageningen.

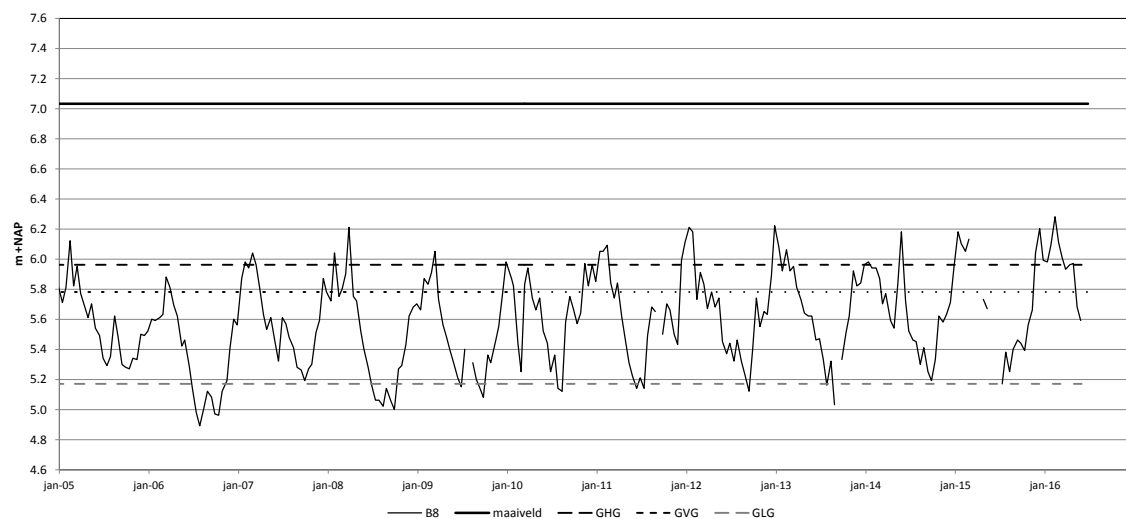
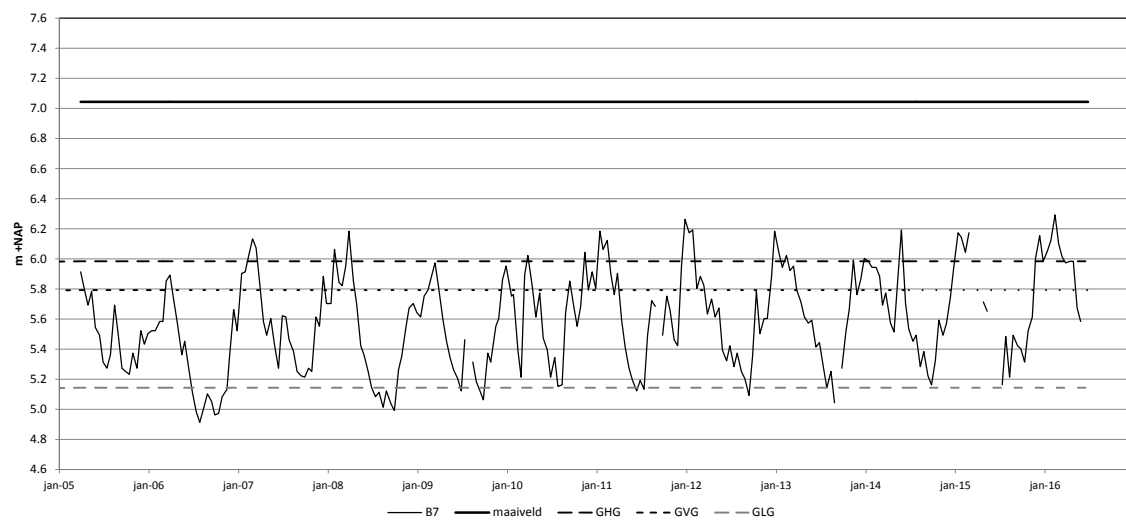
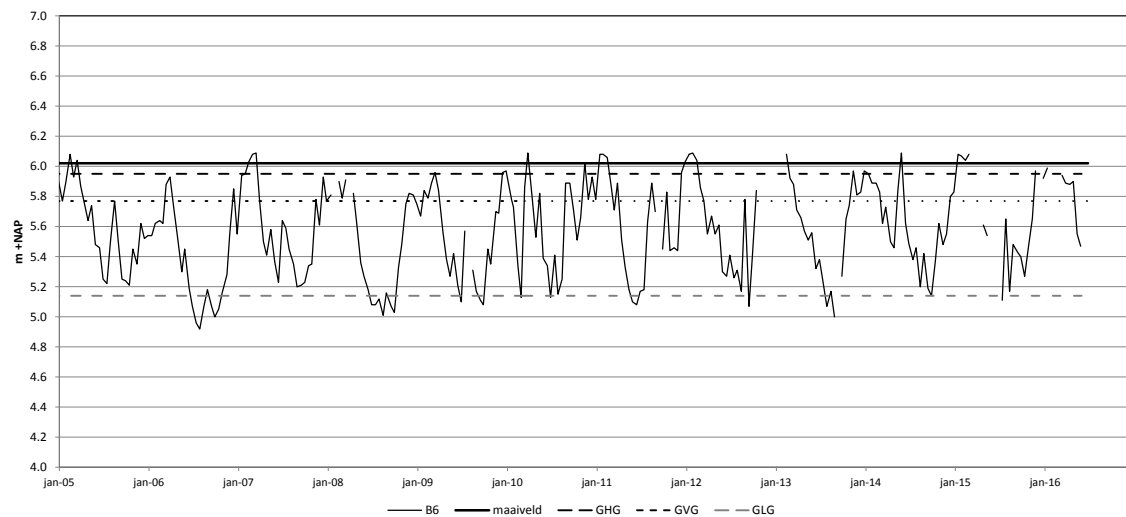
STIBOKA, 1989. Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50.000, blad 22 West Coevorden & 22 Oost Coevorden. Stiboka, Wageningen.

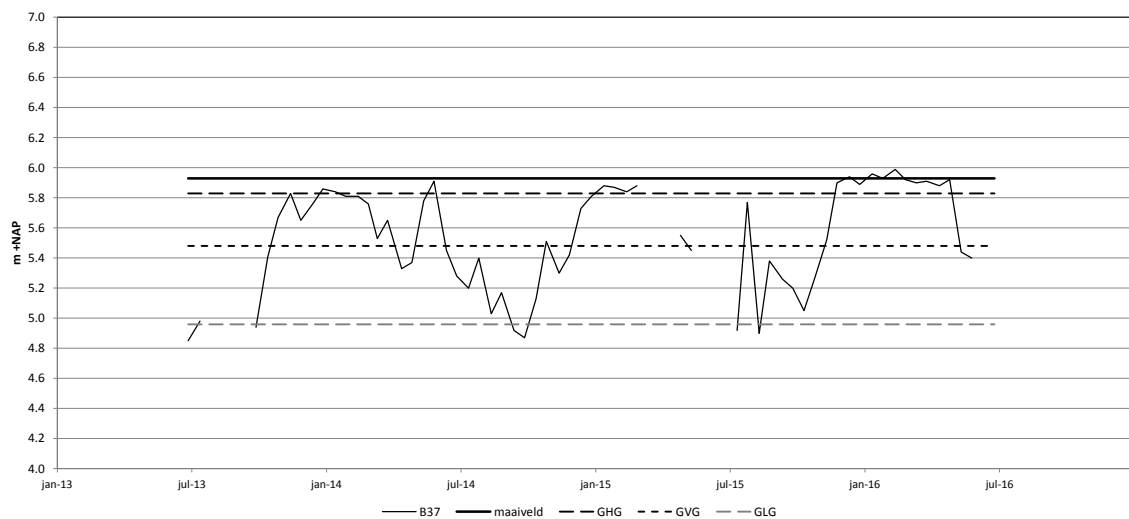
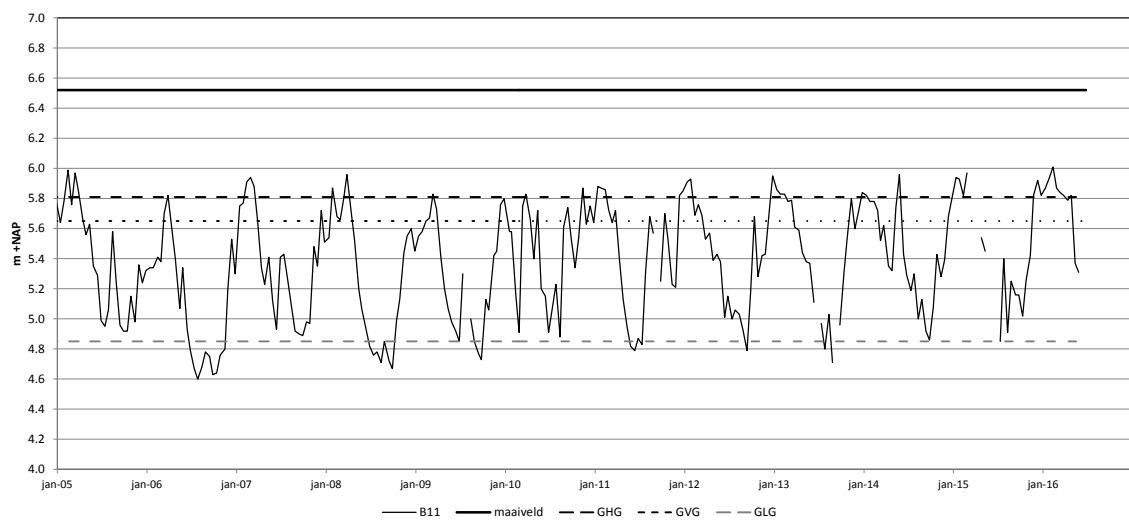
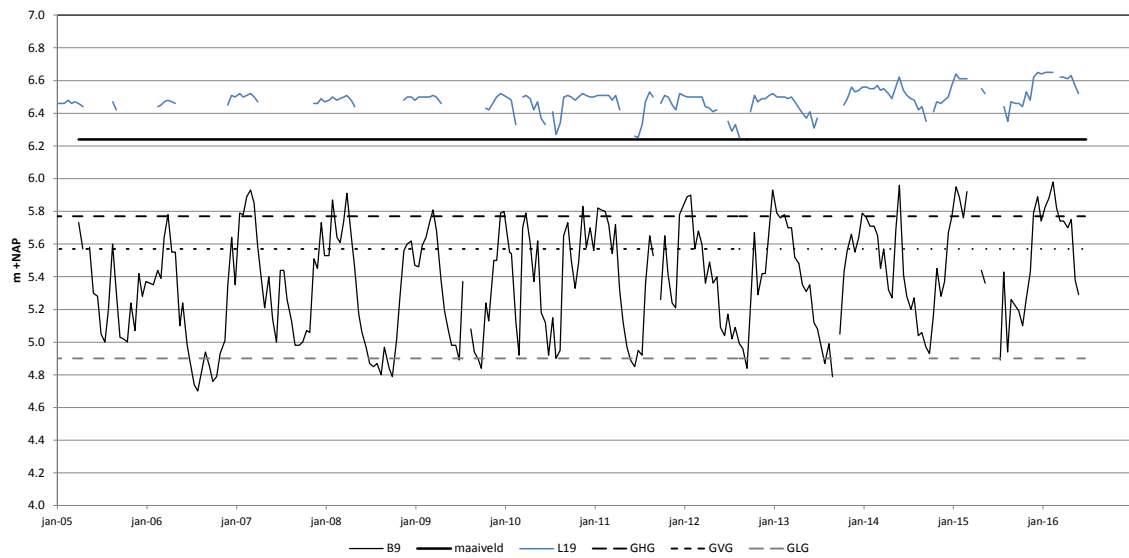
WATERSCHAP REGGE EN DINKEL, 2011. Reggeherstelproject Klimaatbuffer Regge - Projectplan. Waterschap Regge en Dinkel, Almelo.

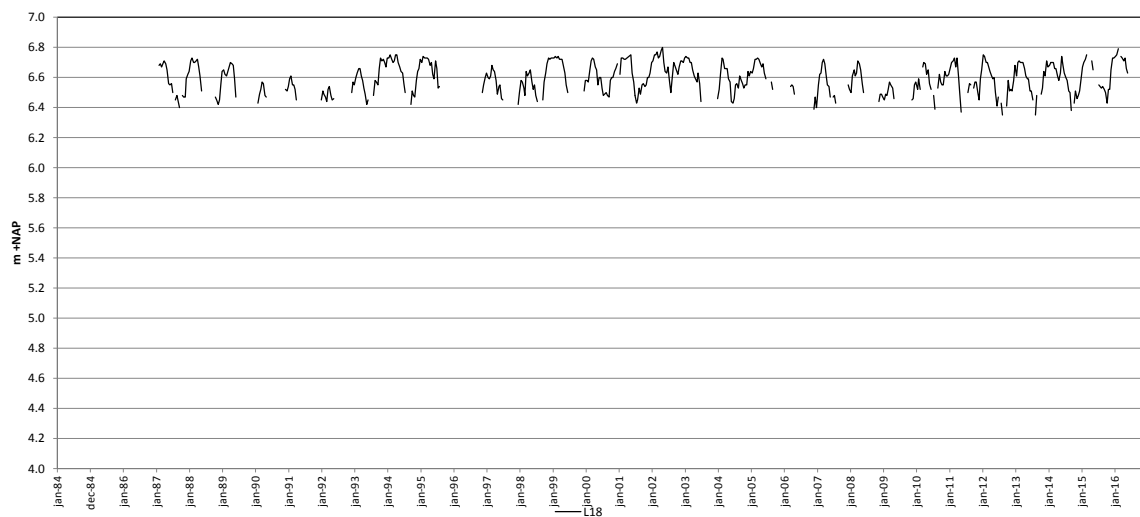
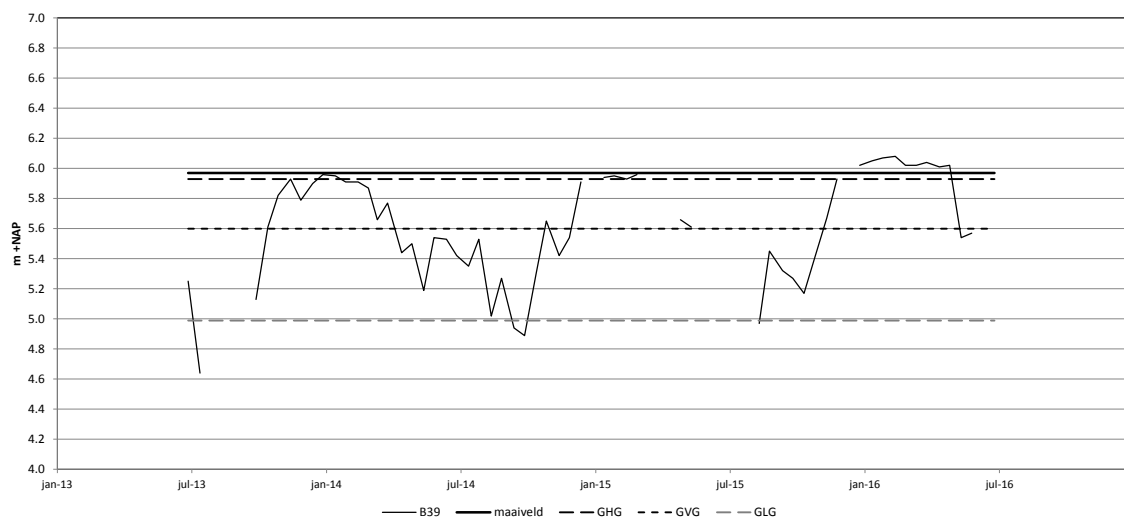
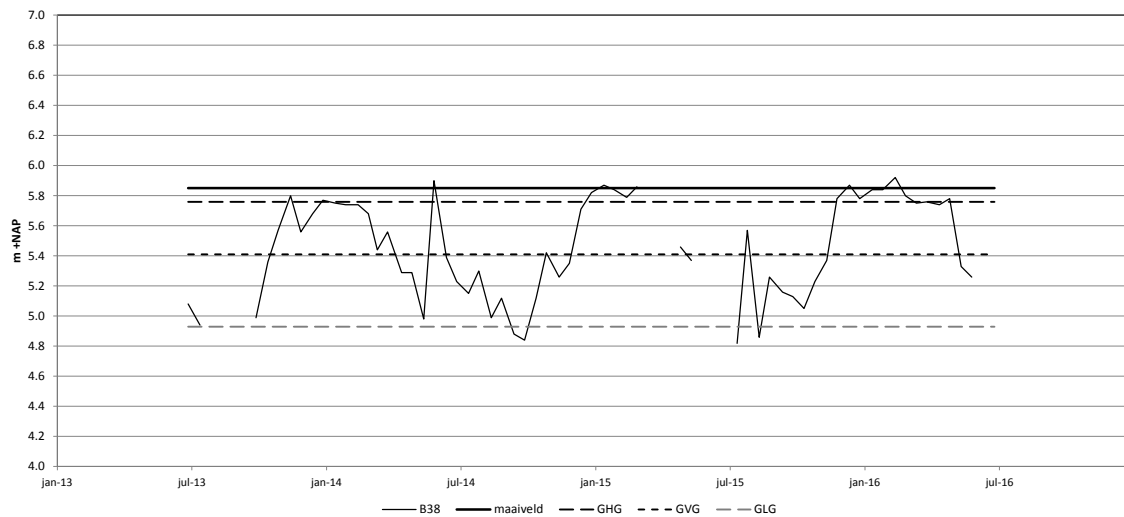
Bijlagen

- 1 Grafieken (grond)waterstandsverloop permanente meetpunten
- 2 Boorbeschrijvingen tijdelijke peilbuizen en aanvullende boorpunten
- 3 Grafieken (grond)waterstandsverloop tijdelijke meetpunten
- 4 Resultaten van de hydrochemische metingen
- 5 Rapportage van B-WARE betreffende het bodemchemisch onderzoek

Bijlage 1: Grafieken (grond)waterstandsverloop permanente meetpunten







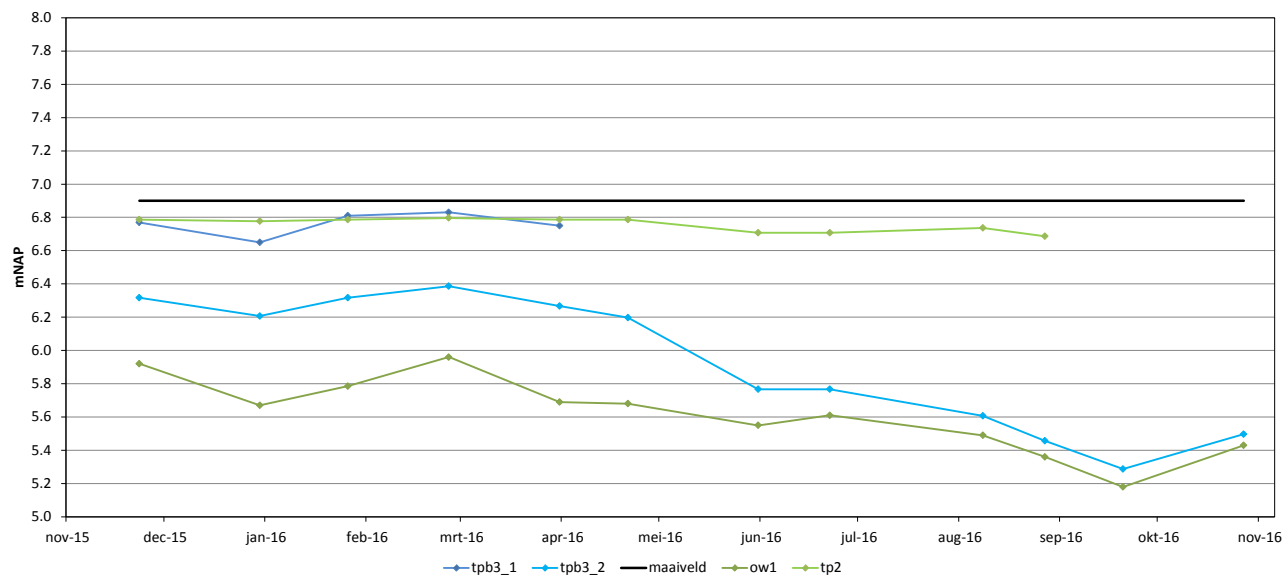
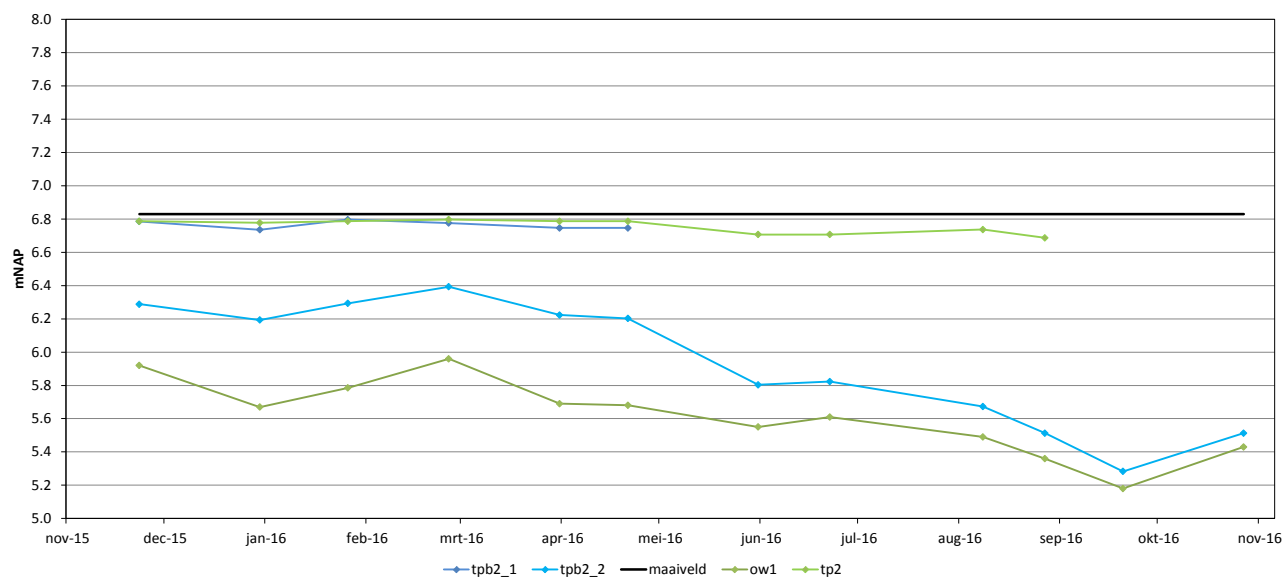
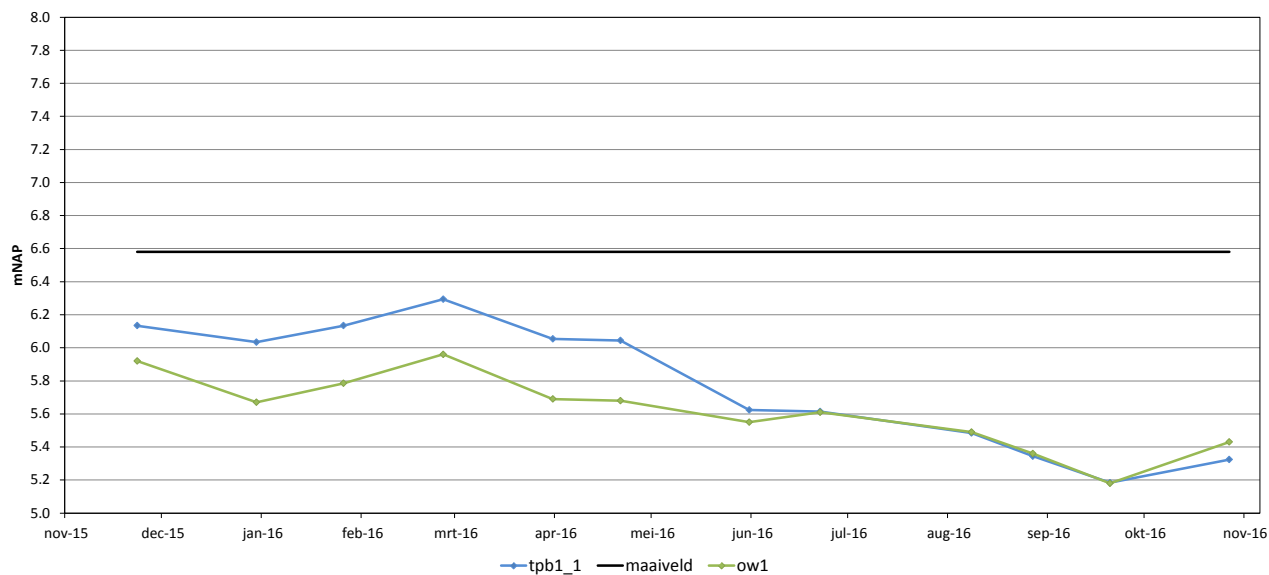
Bijlage 2: Boorbeschrijvingen tijdelijke peilbuizen en aanvullende boorpunten

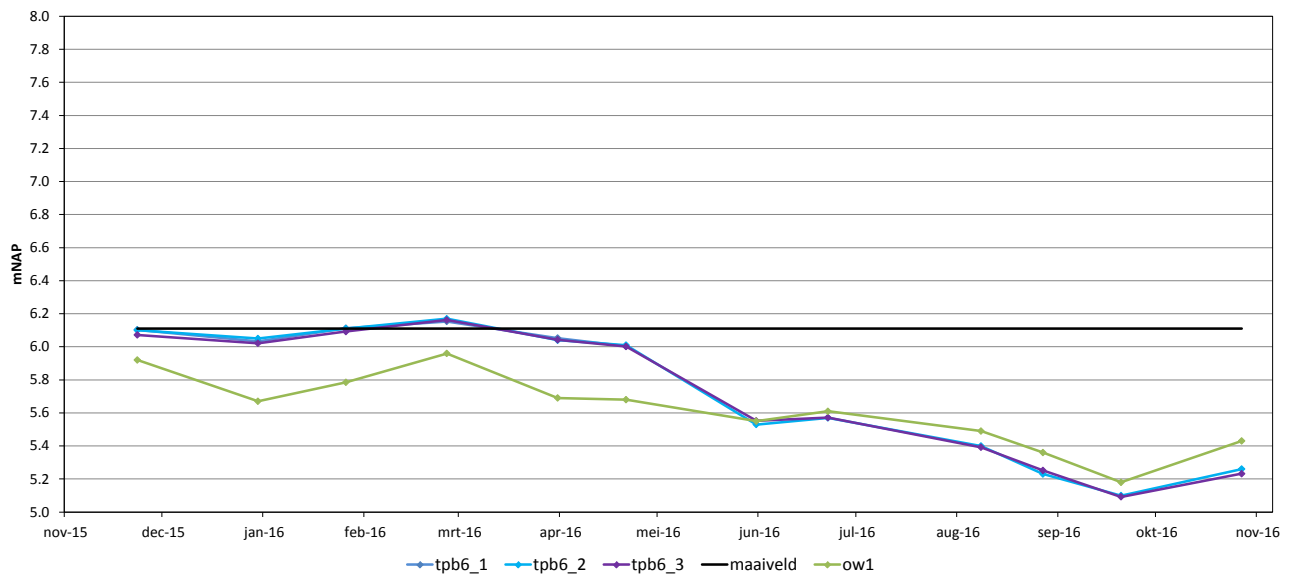
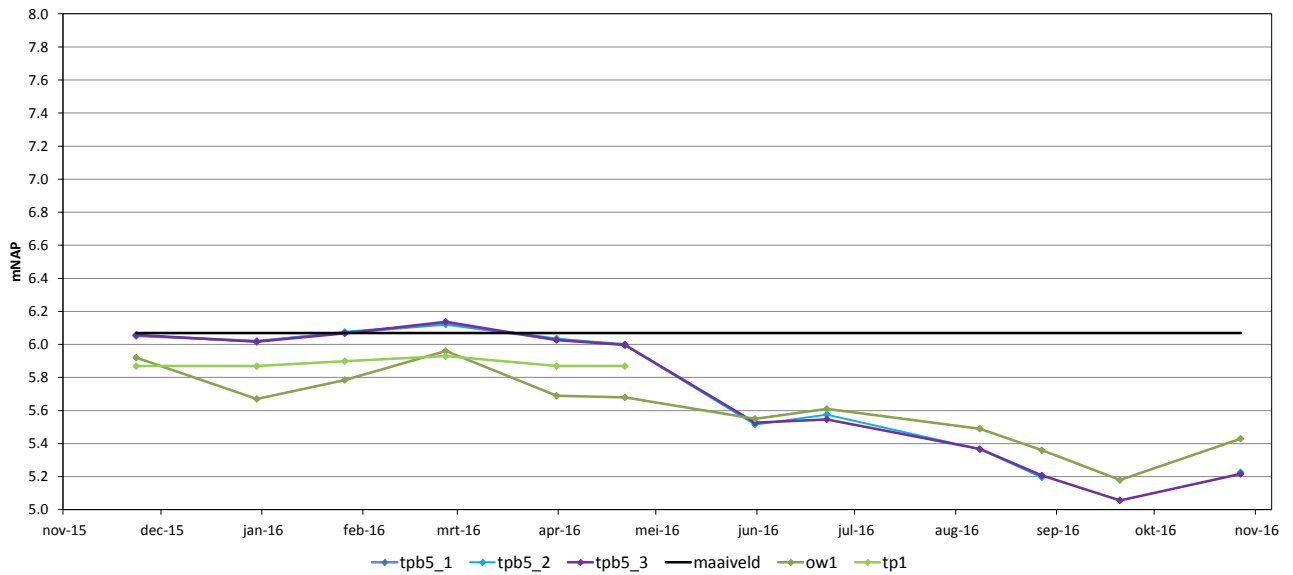
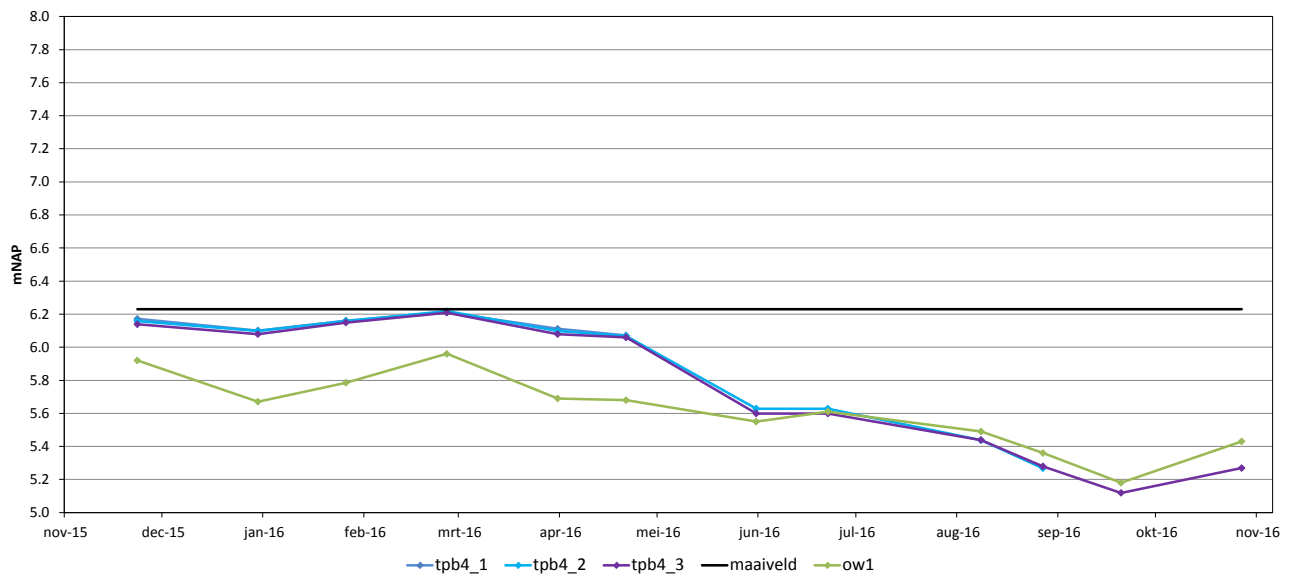
Boringen uitgevoerd op 16 en 17 november 2015 (plaatsing tijdelijke peilbuizen) en 23 november 2015 (landmeting)

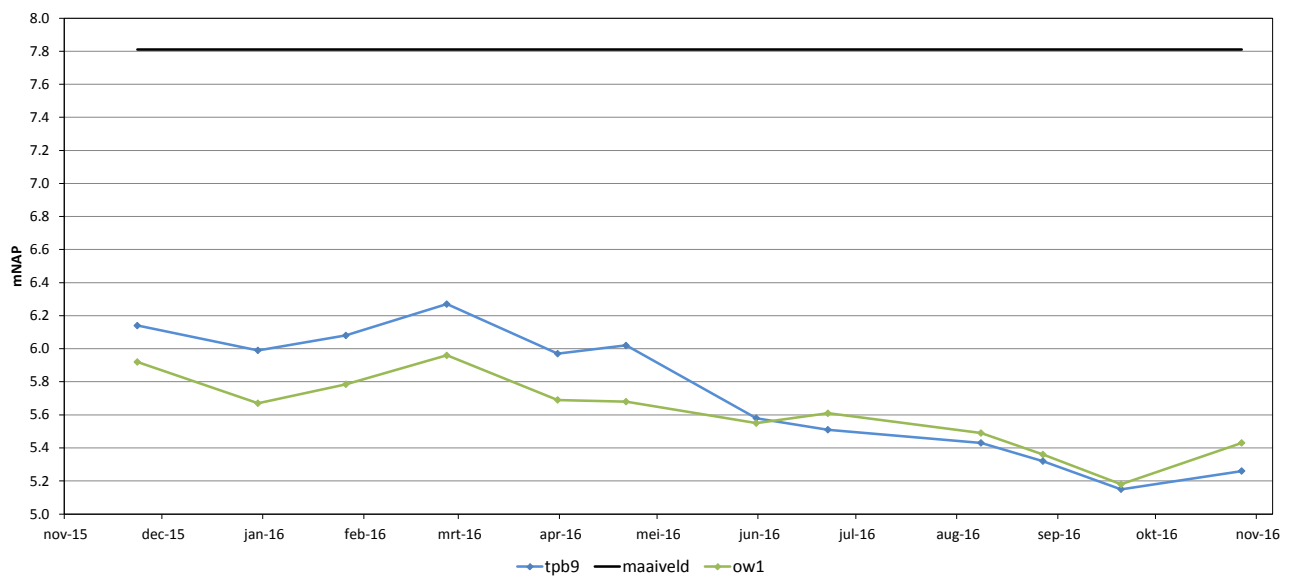
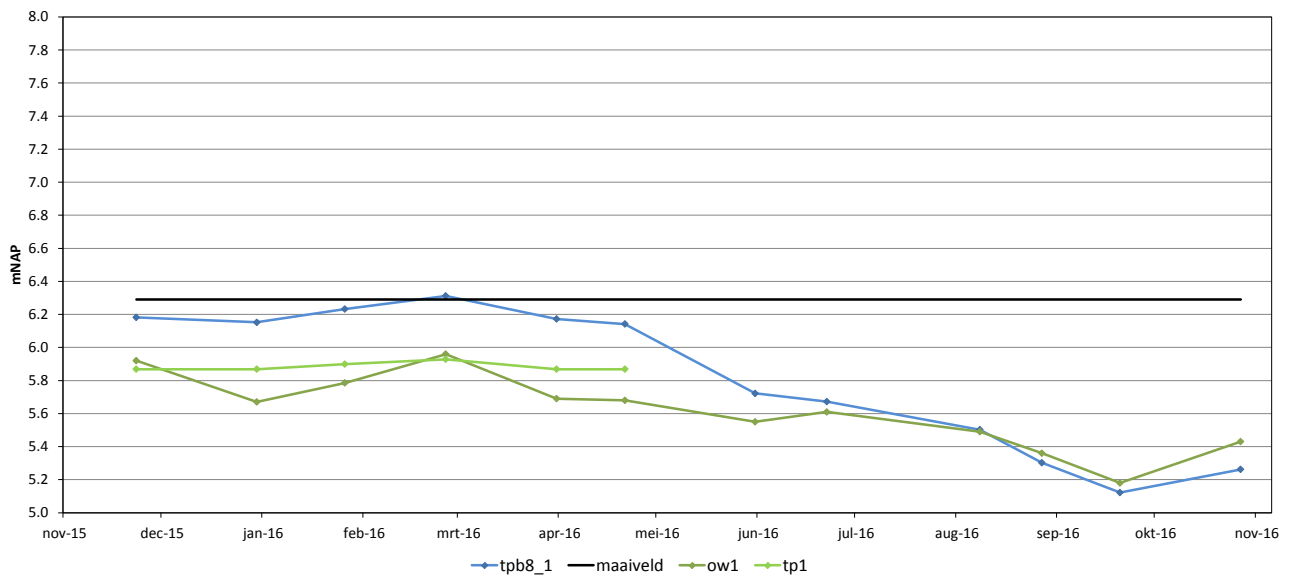
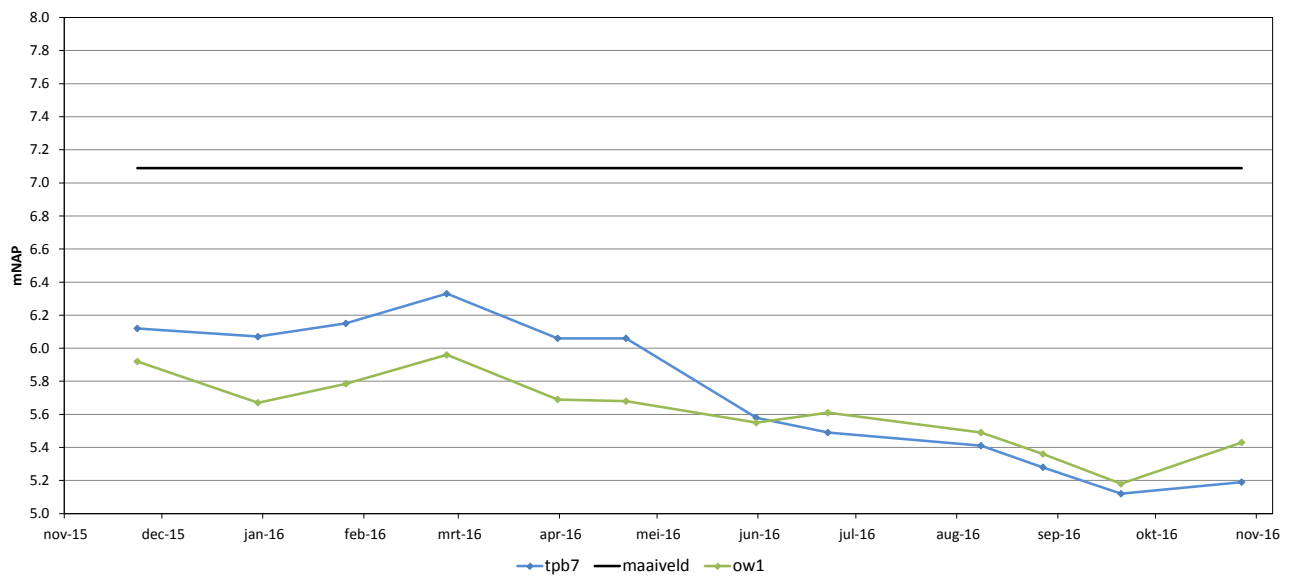
Tpb1	bos					
wp73						
	0	20	zand	sterk humeus, leemarm		
	20	30	zand	zwak humeus, leemarm		
	30	120	zand	matig fijn, humusarm, leemarm, roest vanaf 30cm		beige bruin tot beige grijs
	120	150	zand	matig fijn / matig grof, enkele houtresten	pH 4,0	lichtgrijs
	150	160	leem	zandig	pH 5,0	grijs
	160	170	zand	matig fijn / matig grof	pH 6,0	grijs
	170	180	zand	matig fijn / matig grof		grijs
	180	190	zand	matig fijn / matig grof	pH 6,5	grijs
	190	200	zand	matig fijn / matig grof		grijs
Tpb2	heide					
wp75						
	0	30	zand	matig fijn, humusarm		
	30	40	zand	zeer sterk humeus, enigszins verkit		
	40	100	zand	sterk humeus zand		
	100	120	zand	zeer sterk humeus, stagnerende laag		
	120	170	zand	matig fijn, enkele grindjes		beige grijs
	170	190	zand	matig fijn, enkele grindjes	ph 5,0	grijs
	190	210	zand	zeer fijn, sterk lemig	ph 5,0	grijs
Tpb3	heide					
wp77	kalkloos tot 200					
	0	25	zand	matig fijn, humusarm, uitgelogd		wit / beige
	25	40	zand	fijn, sterk humeus, verkit		
	40	50	zand	fijn, zwak humeus, ijzer-rijk		
	50	170	zand	fijn, zwak humeus		beige
	170	180	zand	uiterst fijn, zwak lemig		groen-grijs
	180	200	zand	zeer fijn met enkele grove korrels	pH 4-4,5	groen-grijs
Tpb4	schraalgrasland					
wp76	kalkloos tot 200					
	0	20	zand	zeer fijn, humeus		
	20	40	zand	zeer fijn, humusarm		licht beige
	40	50	zand	zeer fijn, humusarm, humeus inspoeling	pH 4,0	licht beige
	50	75	zand	zeer fijn, humusarm, roest vanaf 50 cm, humeus inspoeling		licht beige
	75	125	zand	matig fijn, humusarm	pH 4,5	licht grijs
	125	160	zand	zeer fijn, sterk lemig, enkele houtresten	pH 4,5	grijs
	160	200	zand	matig grof met enkele grove korrels	pH 4,5	grijs
Tpb5	schraalgrasland					
wp79	kalkloos tot 200					
	0	25	zand	zeer fijn, humusarm, zeer sterk lemig, ijzerrijk		rood-bruin
	25	80	zand	fijn met grove korrels, zeer zwak lemig		bruin/beige
	80	90	zand	fijn met grove korrels, zeer zwak lemig		licht grijs
	90	170	zand	uiterst fijn, sterk lemig met houtresten	pH 6,5	groen-grijs
	170	200	zand	matig fijn tot matig grof, leemarm	pH 6,5	groen-grijs
Tpb6	schraalgrasland					
wp71	kalkrijk vanaf 170					
	0	15	zand	fijn, humeus, sterk lemig, ijzerrijk	pH 5,0	
	15	25	zand	fijn, humusarm, zwak lemig, roest, zeer ijzerrijk		
	25	50	zand	matig fijn, roest	pH 5,0	
	50	90	zand	matig fijn / matig grof		bruin beige tot grijs beige
	90	110	zand	matig grof		licht grijs
	110	200	zand	matig fijn / matig grof met grove korrels en grindjes	pH 7,0	grijs
Tpb7	bos					
wp70	kalkloos tot 270					
	0	40	zand	zwak humeus		
	40	50	zand	sterk humeus (inspoeling)		
	50	200	zand	matig fijn, humusarm, roest		beige bruin, licht vanaf 90
	200	220	zand	zeer fijn	pH 4,0	licht grijs
	220	230	zand	uiterst fijn, zwak lemig	pH 4,5	grijs
	230	270	zand		pH 4,0	grijs
Tpb8	bos					
wp72	kalkloos tot 180					
	0	5	zand	sterk humeus		
	5	10	zand	humusarm		
	10	30	zand	humeus		
	30	120	zand	matig fijn, humusarm	pH 4,0	beige bruin tot beige grijs
	120	150	zand	matig grof met grove korrels, enkele grindjes	pH 4,0	licht grijs
	150	180	leem	zandig	pH 4,5	grijs

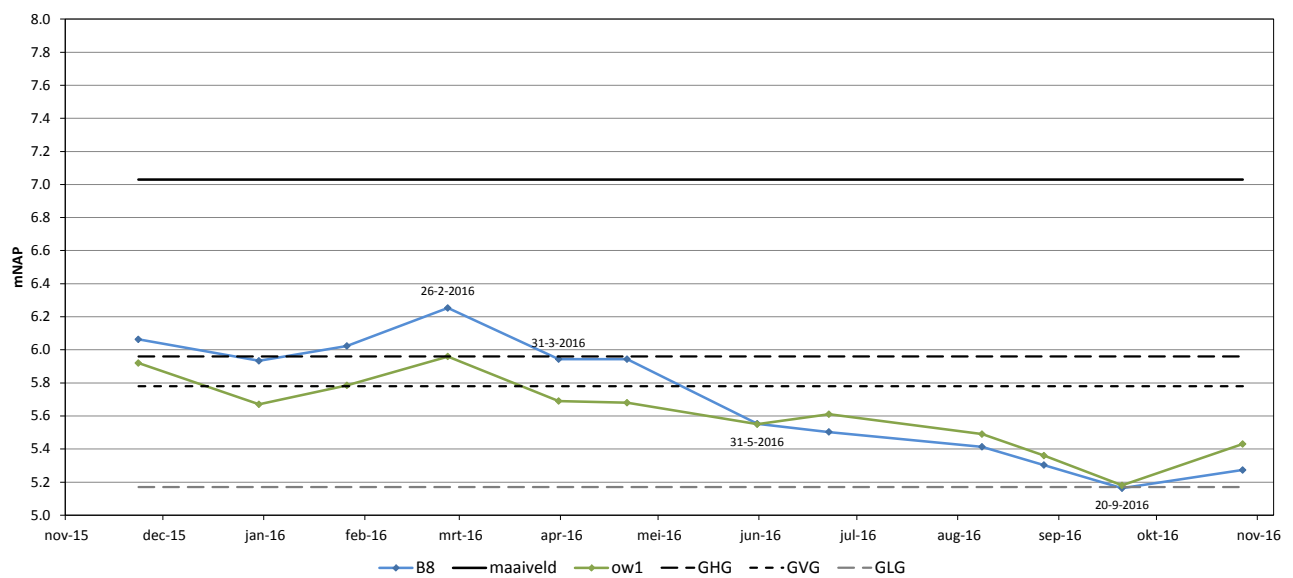
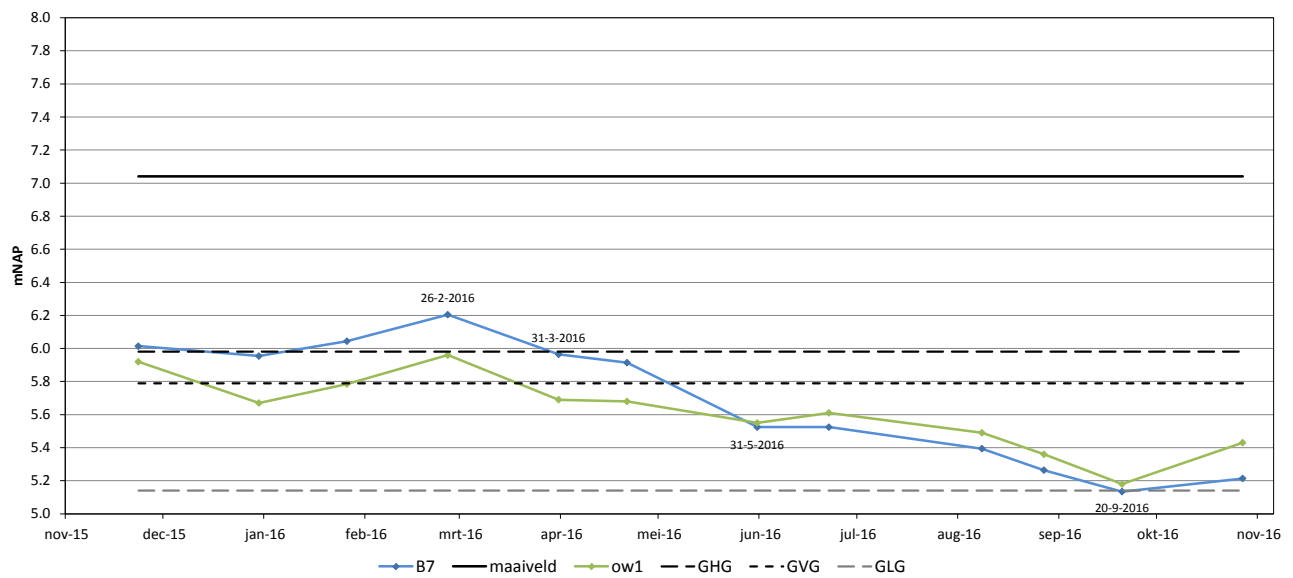
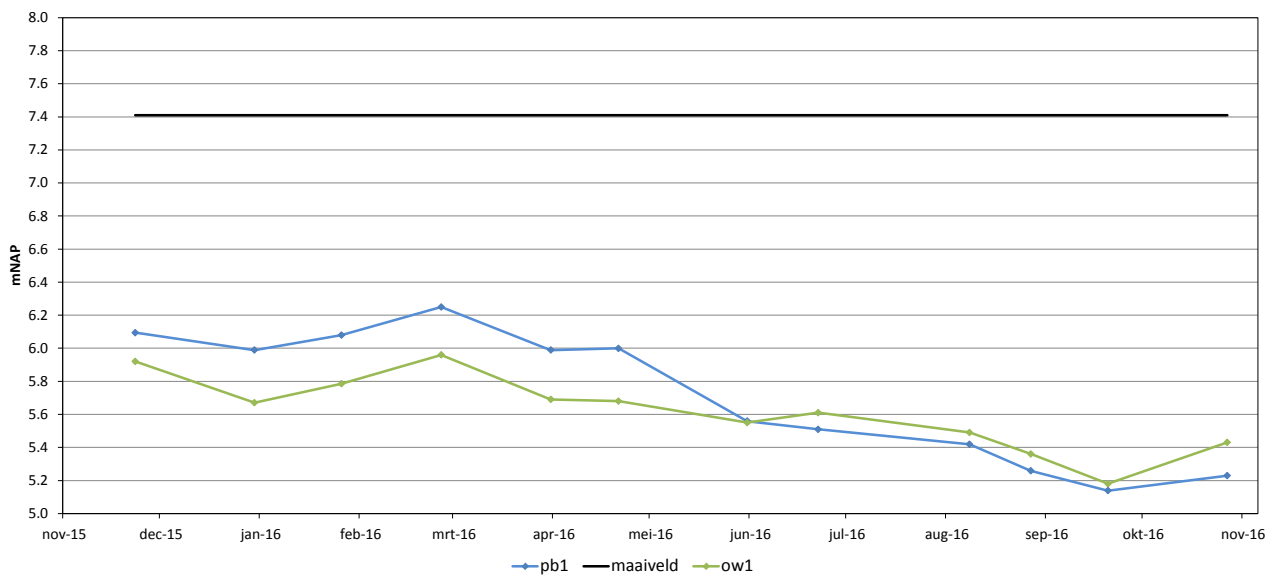
Tpb9	bos					
wp69	kalkloos tot 300					
	0	15	zand	humeus		
	15	35	zand	fijn, zwak humeus		
	35	250	zand	fijn, humusarm, vanaf 75cm roest	pH 4,5	donker beige tot wit beige
	250	300	zand	zeer fijn, humusarm, laagjes zwak lemig zand	pH 4,0	beige grijs
bo1	grasland, Junnervlier					
wp81						
	0	10	zand	sterk humeus, zwak lemig		
	10	30	zand	matig fijn, mix sterk humeus (90%) en humusarm (10%), zwak lemig		
	30	40	zand	matig fijn, mix sterk humeus (50%) en humusarm (50%), zwak lemig		
	40	70	zand	matig fijn, humusarm, leemarm		beige
	70	105	zand	zeer fijn, sterk lemig		beige grijs
	105	115	zand	matig fijn, leemarm		beige grijs
bo2	grasland, Junnervlier					
w82						
	0	30	zand	matig fijn, humeus		
	30	100	zand	matig fijn, humusarm, leemarm, op 40 cm inspoelingslaagje van 3cm, sterk humeus		beige
	100	120	zand	zeer fijn, zwak lemig		beige
bo3	schraalgrasland					
w86						
	0	20	zand	fijn, zeer sterk lemig		roestbruin
	20	50	zand	matig fijn, leemarm		

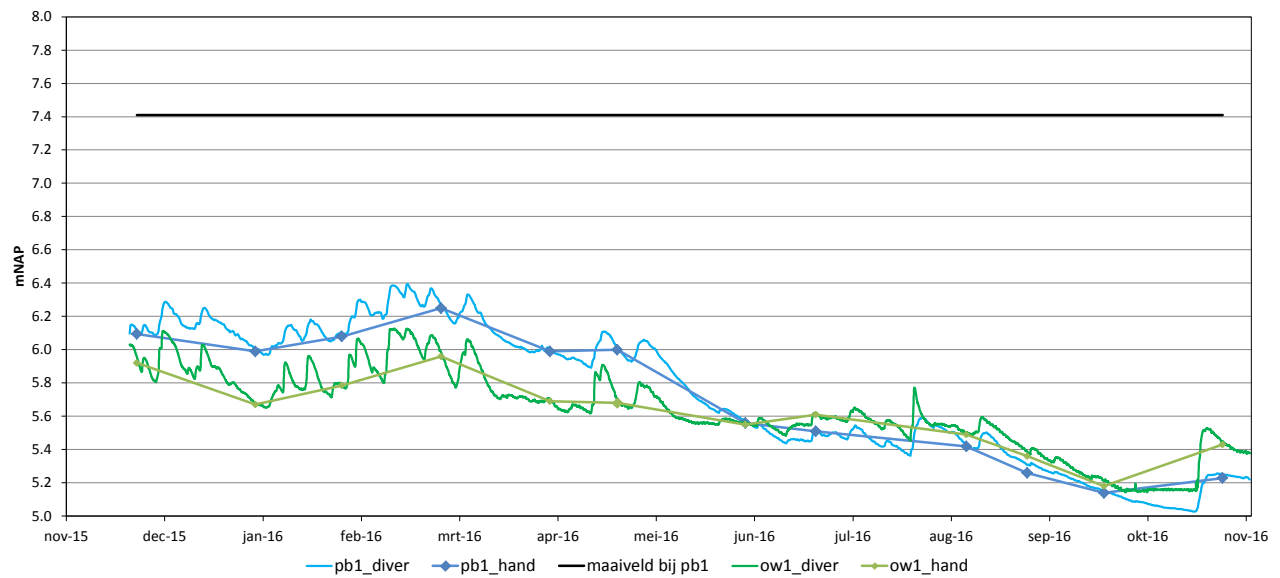
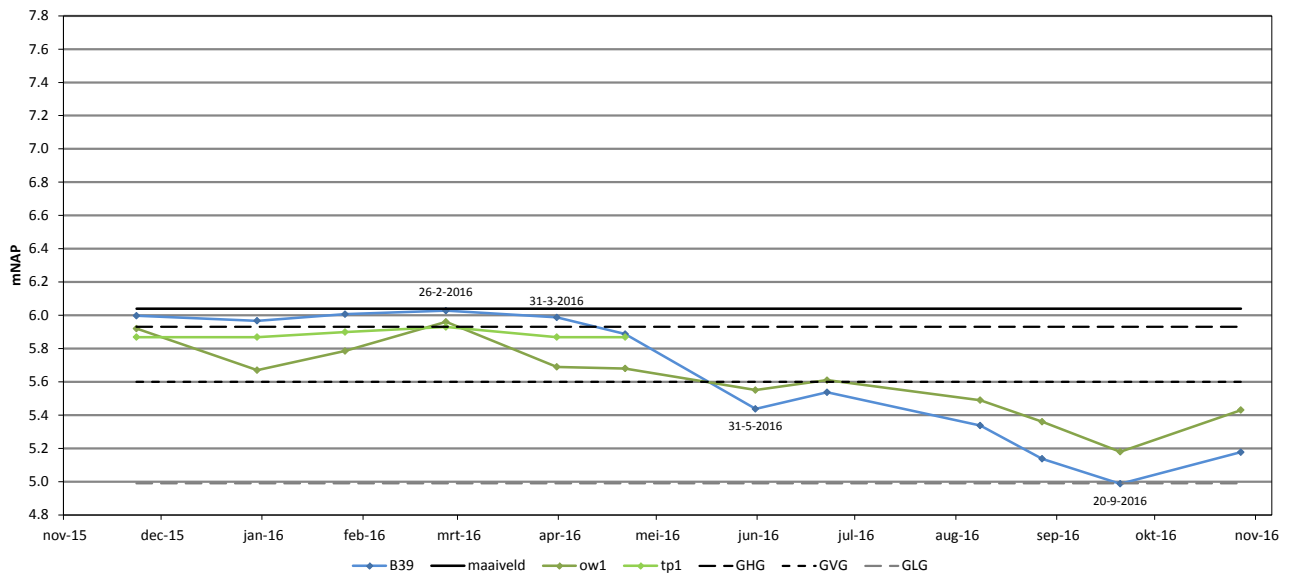
Bijlage 3: Grafieken (grond)waterstandsverloop tijdelijke meetpunten











Bijlage 4: Waterkwaliteitsmetingen

Datum metingen: 31 maart 2016

meetpunt	EGV	alkaliniteit	pH
ow1	218.0	2.20	6.72
tpb7	59.3	0.10	4.86
bodemvocht 6		0.20	
tpb6_1	123.0	1.00	6.21
tpb6_2	49.2	0.70	5.77
tpb6_3	279.0	4.00	6.79
kwelplek oude sloot	69.4	0.80	6.05
tpb5_1	63.2	0.80	5.99
tpb5_2	110.9	1.60	6.40
tpb5_3	179.5	2.60	6.33
verland afvoersloot	89.2	0.60	6.12
tp1	90.5	1.00	6.37
bodemvocht 4	56.4	0.10	5.20
tpb4_1	18.0	0.10	5.18
tpb4_2	30.3	0.30	5.33
tpb4_3	33.5	0.20	5.51
oppwater	29.4	0.00	4.46
tpb3_1	25.9	0.20	5.86
tpb3_2	35.6	0.10	4.86
tp2	28.1	0.00	4.55
tpb2_mv	25.7	0.00	4.29
tpb2_2	34.2	0.10	4.91
tl1	337.0	2.20	6.59

Bijlage 5

Rapportage van B-WARE betreffende het bodemchemisch onderzoek



BODEMCHEMISCH ONDERZOEK DE BRAKEL

- DEFINITIEF -

Opdrachtgever: Ecohydrologisch Adviesbureau Bell Hullenaar • Projectnummer: PR-16.036
Auteurs: Mark van Mullekom & Fons Smolders • Rapportnummer: 2016.32 • Datum: 14.11.2016

BODEMCHEMISCH ONDERZOEK DE BRAKEL

Conceptnotitie

*Mark van Mullekom
Fons Smolders*



Titel rapport:
Bodemchemisch onderzoek De Brakel

Auteurs:
Mark van Mullekom & Fons Smolders

Opdrachtgever:
Ecohydrologisch Adviesbureau Bell Hullenaar

Bell Hullenaar
Ecohydrologisch
Adviesbureau

Rapportnummer: 2016.61

Contactgegevens:

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

Contactpersoon:

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

© Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen, 2016.

INHOUDSOPGAVE

1. Aanleiding en doel van het onderzoek	1
1.1 Aanleiding en gebiedsbeschrijving	1
1.2 Doel van het onderzoek	2
2. Veldwerkzaamheden en analyses	3
2.1 Veldwerkzaamheden	3
2.2 Analyses	4
3. Bodemchemie	6
4. Literatuur	11

1. AANLEIDING EN DOEL VAN HET ONDERZOEK

1.1 Aanleiding en gebiedsbeschrijving

(bron: Bell Hullenaar)

De Brakel is eigendom van Staatsbosbeheer en maakt deel uit van het Natura 2000-gebied Vecht- en Beneden Reggegebied. De Brakel behoort tot de Boswachterij Ommen en ligt tussen het Eerder Achterbroek (Natuurmonumenten) en het landbouwgebied Junnervlier (figuur 1.1). In De Brakel zijn waardevolle grondwaterafhankelijke vegetaties aanwezig, namelijk nat schraalgrasland, (een smalle zone) vochtig heischraal grasland, vochtige heide, een pioniervegetatie met snavelbiezen en een hoogveenslenkvegetatie. De vochtige heide en de pioniervegetatie met snavelbiezen gelden als kwalificerende habitattypen in het kader van de Natura 2000-regeling.



Figuur 1.1. Overzicht van de globale ligging van het onderzoeksgebied.

Het slotenstelsel van het aangrenzende landbouwgebied Junnervlier heeft mogelijk een negatief effect op het hydrologisch functioneren van De Brakel, en daarmee mogelijk dus ook op de grondwaterafhankelijke natuurtypen / habitattypen. Om af te leiden of dit het geval is, en zo ja, welke aanpassing van de waterhuishouding nodig is, heeft de Provincie Overijssel aan Ecohydrologisch Adviesbureau Bell Hullenaar gevraagd het ecohydrologisch functioneren van het gebied inzichtelijk te maken, en in combinatie hiermee gelijk ook eventuele andere knelpunten en in het ecohydrologisch functioneren inzichtelijk te maken.

Onderzoekcentrum B-WARE heeft in het kader hiervan een bodemchemisch onderzoek uitgevoerd naar de bodemeigenschappen op vier locaties in natuurgebied De Brakel. Op basis van de bodemchemische standplaatscondities (o.a. de mate van buffering en de fosfaattoestand) wordt beoordeeld of de huidige condities geschikt zijn voor blauwgrasland of heischraal grasland.

Naast de bodemchemische omstandigheden en het bodemtype zijn ook de grondwaterkwaliteit en (variatie in) grondwaterstanden van invloed op de kwaliteit van de aanwezige natuurtypen. In deze notitie wordt de grondwaterkwaliteit op één locatie beoordeeld in relatie tot de beoogde ontwikkeling. De overige (geo)hydrologische aspecten maken echter geen onderdeel uit van deze rapportage.

1.2 Doel van het onderzoek

Door middel van het bodemchemisch onderzoek zijn de standplaatscondities in kaart gebracht. De volgende vragen worden beantwoord:

- 1) Zijn de huidige bodemchemische omstandigheden geschikt voor blauwgrasland of heischraal grasland?
- 2) Wat zijn de knelpunten en eventuele oplossingen?
- 3) Biedt de grondwaterkwaliteit kansen voor de beoogde ontwikkeling of vormt deze een knelpunt?

2. VELDWERKZAAMHEDEN EN ANALYSES

2.1 Veldwerkzaamheden

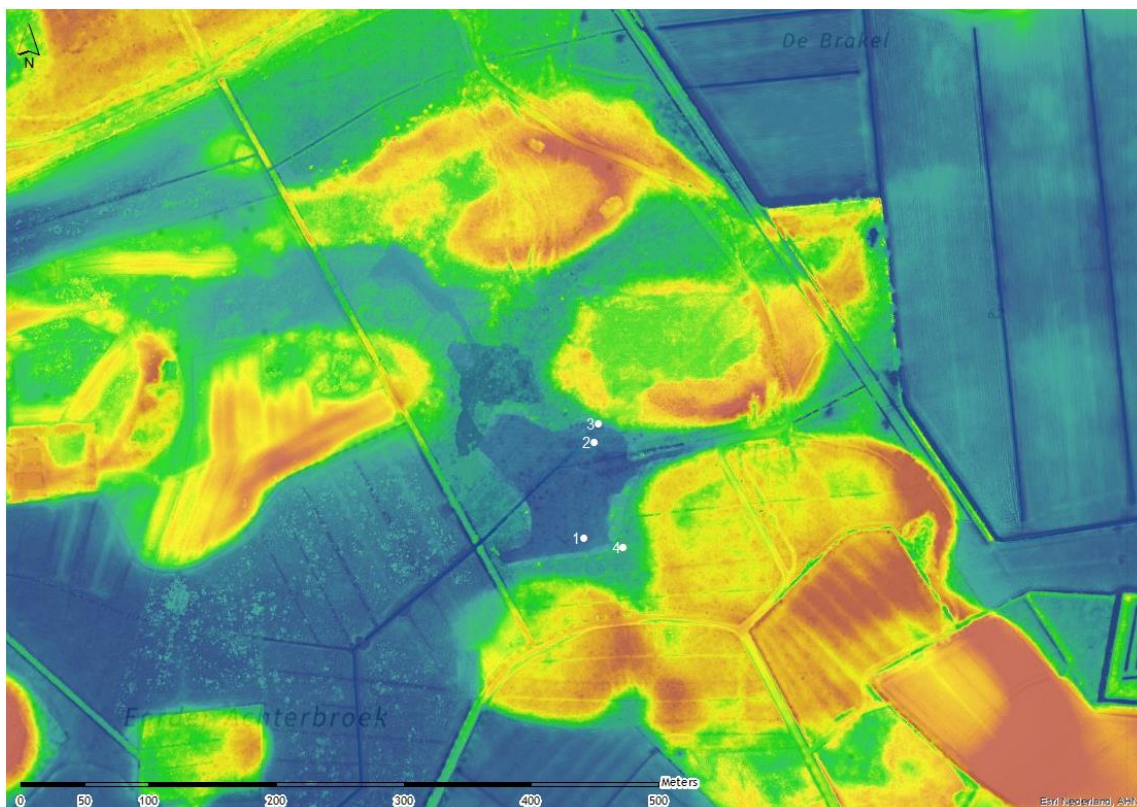
Door Ecohydrologisch Adviesbureau Bell Hullenaar werden op 26 april 2016 op 4 locaties bodemonsters verzameld op drie dieptes:

- 0-15 cm-mv;
- 20-30 cm-mv;
- 30-40 cm-mv;

De 4 monsterlocaties worden gegeven in Figuur 2.1 en Figuur 2.2 (op de hoogtekaart).



Figuur 2.1. Overzicht van de 4 monsterlocaties in De Brakel.



Figuur 2.2. Overzicht van de 4 monsterlocaties in De Brakel op een hoogtekaart.

2.2 Analyses

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

Vochtpercentage, organische stofconcentratie en bodemdichtheid

Het vochtpercentage van het verse bodemonmonster werd via het vochtverlies bepaald. Dit gebeurde door in duplo bodemmateriaal te drogen gedurende 24 uur bij 105°C. Omdat de bakjes precies tot aan de rand werden afgevuld (volume = 45 ml) konden later ook de concentraties worden omgerekend naar mmol per liter bodemvolume. De fractie organisch stof in de bodem werd berekend door het gloeiverlies te bepalen. Hiertoe werd het bodemonmonster, na drogen, gedurende 4 uur verast in een oven bij 550°C. Het gloeiverlies komt bij benadering overeen met de fractie organisch materiaal in de bodem.

Olsen-extractie

Plantenbeschikbaar fosfaat werd met behulp van een Olsen-extractie (Olsen e.a., 1954) bepaald. Het principe van deze extractiemethode is dat natriumbicarbonaat (NaHCO_3) zorgt voor een daling van de concentratie opgeloste calciumionen via de vorming van onoplosbaar calciumcarbonaat (CaCO_3). Hierdoor stijgt de concentratie opgelost fosfaat. Natriumbicarbonaat brengt ook de labiele, voor planten snel beschikbare, proportie van de organische fractie in oplossing en wordt fosfaat dat geadsorbeerd is aan ijzer(hydr)oxides verdrongen. Voor de Olsen-extractie werd aan 3 gram droge bodem 60 ml 0,5 mol l⁻¹ natriumbicarbonaat (NaHCO_3) toegevoegd. De pH van het extractiemedium werd op pH 8,5 gesteld met behulp van NaOH. Gedurende 30 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (105 r.p.m.)

waarna het supernatant onder vacuüm werd verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars. Het extract werd bij 4°C bewaard tot verdere analyse. De Olsen-P concentraties werden berekend in μmol per liter bodem.

Zoutextractie

In de zoutextracten (alleen uitgevoerd op een selectie van bodems) werd de eerst pH van de bodem bepaald. Hiervoor werd 17,5 gram verse bodem met 50 ml zoutextract (0,2M NaCl) gedurende 2 uur geschud op een schudmachine bij 105 rpm. De pH werd gemeten met een HQD pH electrode. De extracten werden gefilterd met behulp van rhizons en het filtraat dat gemeten werd op de ICP word aangezuurd en opgeslagen voor analyse. Vervolgens werd de hoeveelheid NO_3^- , NH_4^+ , Al en Ca bepaald, alsmede de hoeveelheid P en kationen, gemeten in het extract op de ICP en Autoanalyser. Bij een zoutextractie worden aan het bodemadsorptiecomplex gebonden ionen verdrongen door natrium en chloride. De aluminium/calcium-ratio geeft een goede indicatie van de buffercapaciteit van de bodem. De P-z concentratie is een goede maat voor de concentratie labiel gebonden fosfaat.

Bodemdestructie

Door de bodem te destrueren (ontsluiten) is het mogelijk de totale concentratie van bepaalde elementen/nutriënten in het bodemmateriaal te bepalen. Hiervoor werd 200 mg fijngemalen gedroogde bodem afgewogen in teflon destructievaatjes. Aan het bodemmonster werd 5 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO_3 , 65%) en 2 ml waterstofperoxide (H_2O_2 , 30%) toegevoegd en geplaatst in een destructiemagnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega). De monsters werden vervolgens gedestruëerd in gesloten teflon vaatjes en na afkoelen werden het destruaat nauwkeurig overgebracht en aangevuld tot 100 ml met milli Q water. De monsters werden in polyethyleenpotjes bij 4°C bewaard voor verdere analyse. Concentraties van elementen werden berekend in mmol per liter bodem.

Analyse

De pH van het zoutextract werd gemeten met een standaard Ag/AgCl₂ elektrode verbonden met een radiometer (Copenhagen, type TIM840). De concentraties natrium (Na^+) en kalium (K^+) werden vlamfotometrisch bepaald en de ammonium (NH_4^+), nitraat (NO_3^-), fosfaat (PO_4^{3-}) en chloride (Cl^-) concentraties aan de hand van kleurreacties met autoanalyser-technieken (zie ook <http://www.ru.nl/fnwi/gi>). De concentraties calcium (Ca), magnesium (Mg), zwavel (S), fosfor (P), ijzer (Fe), mangaan (Mn) en silicium (Si) werden gemeten met behulp van een ICP-OES (zie ook <http://www.ru.nl/fnwi/gi>).

3. BODEMCHEMIE

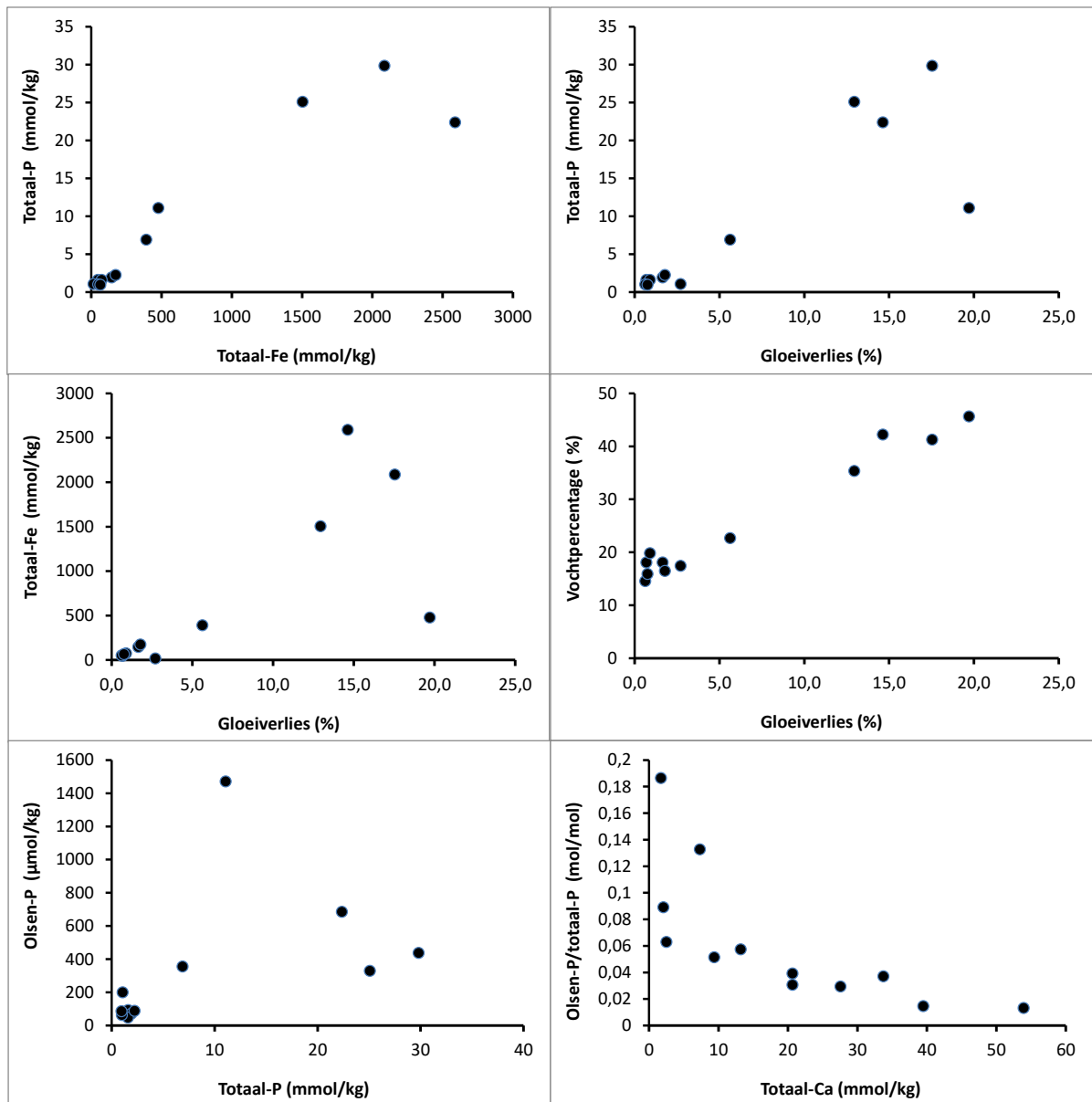
In Tabel 3.1 worden de resultaten van de bodemchemische analyses weergegeven. Met verschillende kleuren is aangegeven tot welke klasse de bodems behoren. Hierbij zijn de volgende kleuren en klasseindelingen gebruikt:

OS	Al-t	Ca-t	Fe-t	M3/5	
%	mmol/l	mmol/l	mmol/l	jaren	
<5	<150	<10	<20	0	voldoende P-arm
6-10	151-250	11-20	21-50	<10	kansrijk voor vershraling door middel van maaien en afvoeren
11-25	251-400	21-30	51-100	11-40	matig kansrijk voor vershraling door middel van maaien en afvoeren
26-50	401-750	31-50	101-150	41-80	kansrijk voor vershraling door middel van uitmijnen
>50	>750	51-80	151-300	81-200	matig tot beperkt kansrijk voor vershraling door middel van uitmijnen
		>80	>300	201-400	ongeschikt voor vershraling I
				>400	ongeschikt voor vershraling II

Tabel 3.1. Overzicht van het bodemtype en de bodemchemie van de monsterlocaties in De Brakel. OS = percentage organische stof (gloeiverlies); MV = massa/volumeverhouding van de bodem in kg/l; V = vochtpercentage; Ols-P = plantenbeschikbaar fosfaat (Olsen-P) in μmol per liter bodem; -t = totaalconcentratie in mmol per liter bodem en Pbs = fractie van de totale P-voorraad dat voor planten beschikbaar is (Olsen-P/totaal-P). -z = concentratie ($\mu\text{mol/l}$) en pH in een zoutextractie (NaCl). BV = indicatieve basenverzadiging. M3 = indicatieve vershralingsduur (in jaren) per bodemlaag door middel van jaarlijks maaien en afvoeren bij een P-afvoer van 10 kg/ha/jaar op basis van een Olsen-P streefconcentratie van 300 $\mu\text{mol/l}$ (totaal-P ondergrens 3 mmol/l). M5: idem, echter op basis van een Olsen-P streefconcentratie van 500 $\mu\text{mol/l}$.

Nr	diepte bodem	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Pbs	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	Al-z	Ca-z	Al/Ca	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO3	NH4	MA3	MA5
1	0-15 zand, fijn, zeer sterk lemig	18	41	0,9	372	25,4	0,01	178	34	1775	1	4	13	143	13340	0,01	164	189	4,6	64	2,5	4	553	23	0
	20-30 zand, fijn, zeer sterk lemig	13	35	1,0	330	25,2	0,01	219	54	1511	1	5	15	36	24643	0,00	27	234	4,6	95	0,9	19	131	7	0
	40-50 zand, leemarm	1	18	1,6	145	2,5	0,06	81	21	73	7	10	1	13	12438	0,00	121	292	5,4	99	0,8	6	2	0	0
2	0-15 zand, fijn, zeer sterk lemig	15	42	0,8	577	18,8	0,03	152	17	2178	3	5	14	335	12578	0,03	48	363	4,3	80	1,1	3	7	42	12
	20-30 zand, fijn, zwak lemig	2	18	1,5	110	3,0	0,04	215	52	224	5	17	2	101	24998	0,00	63	1612	4,4	98	0,8	8	3	0	0
	40-50 zand, fijn, zwak lemig	1	20	1,5	71	2,4	0,03	134	42	112	5	15	1	4	19236	0,00	76	1478	5,3	99	0,2	5	4	0	0
3	0-15 zand, fijn, leemarm	3	17	1,3	269	1,4	0,19	69	2	22	3	3	3	1550	266	5,83	386	120	3,8	17	1,2	2	4	0	0
	20-30 zand, fijn, leemarm	1	15	1,5	97	1,5	0,06	137	4	77	4	9	1	1580	388	4,07	240	101	4,3	19	0,7	3	3	0	0
	40-50 zand, fijn, leemarm	1	16	1,5	130	1,5	0,09	163	3	99	7	11	1	3249	425	7,65	175	118	4,1	11	1,7	4	4	0	0
4	0-15 zand, matig fijn, zwak lemig	20	46	0,7	993	7,5	0,13	143	5	323	3	5	16	4228	1917	2,21	1111	584	3,3	28	2,9	836	242	21	17
	20-30 zand, matig fijn, zwak lemig	6	23	1,1	408	7,9	0,05	497	11	449	5	17	8	4745	1479	3,21	578	250	3,8	21	1,7	101	122	7	0
	40-50 zand, matig fijn, zwak lemig	2	16	1,5	132	3,4	0,04	219	31	260	5	17	2	750	17047	0,04	123	2439	4,3	94	0,5	22	14	0	0

In de tabel zijn onder andere de fosfaatconcentraties opgenomen (Olsen-P en totaal-P). Voor de ontwikkeling van heide, heischraal grasland en/of blauwgrasland kan een Olsen-P streefconcentratie worden gehanteerd van 300-500 $\mu\text{mol/l}$ bodem. Voor beide streefconcentraties is per bemonsterde laag een vershralingsduur berekend bij traditioneel beheer van maaien en afvoeren (P-afvoer: 10 kg/ha/jaar). Behalve de nutriëntenbeschikbaarheid is echter ook de zuurgraad van de bodem in belangrijke mate sturend voor de vegetatieontwikkeling.



Figuur 3.1. Correlaties tussen enkele karakteristieke parameters van de bodems uit De Brakel.

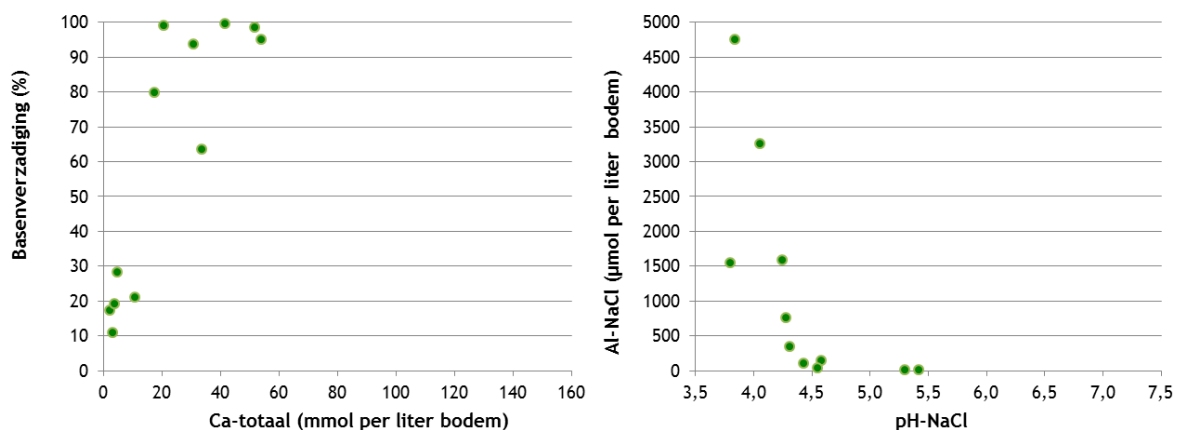
De totaal-fosforconcentratie van de bodem laat een sterke correlatie zien met de het ijzergehalte (figuur 3.1, linksboven) en het gloeiverlies van de bodem (figuur 3.1, rechtsboven). De ijzerrijkdom hangt vooral samen met de lemigheid (tot-Al) van de bodems (tabel 3.1). Het gloeiverlies van de bodems correleert met het vochtgehalte (figuur 3.1, rechtsmidden) en het ijzergehalte (figuur 3.1, linksmidden). In de lemige toplaag van locatie 4 is het gloeiverlies hoog (20 %) maar is de totaal-ijzer en totaal-fosfor concentratie van de bodem lager.

Het lijkt er op dat in de ijzerrijke bodems veel aan ijzergebonden fosfor aanwezig is. De ijzerrijke bodems zijn ook erg rijk aan totaal-fosfor (figuur 3.1, linksboven) maar de voor planten beschikbare Olsen-P concentratie is voor deze bodems toch relatief laag (figuur 3.1, linksonder). Overigens blijkt dat de Olsen-P/totaal-P ratio voor de bodems toeneemt bij een afname van de totaal-Ca concentratie van de bodems (figuur 3.1, rechtsonder). In slecht gebufferde bodems is de relatieve beschikbaarheid van fosfor dus hoger.

De buffercapaciteit geeft de mate aan waarin een bodem in staat is te compenseren voor veranderingen in zuurconcentraties. Bij bodem-pH waarden hoger dan pH 6,2 hebben we te maken met (bi)carbonaatbuffering. Wanneer in de bodems geen carbonaat meer aanwezig is, komt de bodem in het kation-uitwisselings-buffertraject terecht. Dit buffertraject bevindt zich globaal tussen een pH van 4,5 en 6,5. Een zoutextract geeft een beeld van de hoeveelheid uitwisselbare kationen. De aluminium- en calciumconcentraties in het zoutextract geven dan ook een indicatie van de buffercapaciteit van de bodem.

Uit figuur 3.2 (rechts) blijkt dat de aluminiumconcentratie in het zoutextract toeneemt naarmate de pH lager wordt. Dit komt overeen met de theorie dat aluminiumhydroxiden in oplossing gaan bij een lage bodem pH. Als de basische kationen (Ca^{2+} , Mg^{2+}) zijn vervangen door zuurionen of aluminium (H^+ en Al^{3+}), neemt de concentratie zuurionen in het bodemvocht toe en daalt de pH.

Bij grondwatergevoede systemen speelt daarnaast de grondwaterinvloed (aanlevering bufferstoffen) en de grondwaterkwaliteit (o.a. de mate van buffering) een belangrijke rol. De buffering van de bodem daalt over het algemeen sterk bij totaal-calciumconcentraties lager dan 20 mmol/l verse bodem (figuur 3.1, links). Een andere indicator voor de buffercapaciteit van de bodem is de Al/Ca-ratio van het zoutextract. Verzuring van de bodem leidt namelijk tot een stijging van de aluminiumconcentratie en de Al/Ca-ratio in het bodemvocht/zoutextract. Een lage Al/Ca-ratio ($< 0,1$) komt over het algemeen overeen met een basenverzadiging van meer dan 90%.



Figuur 3.2. Correlatie tussen de concentratie totaal-calcium en de indicatieve basenverzadiging en de correlatie tussen de pH-z en concentratie uitwisselbaar aluminium in de bodems uit De Brakel.

In combinatie met het bodemtype, de grondwaterinvloed en ijzerconcentratie van de bodem zijn de concentraties totaal en uitwisselbaar zeer indicatief voor de natuurpotenties. Bodems met een totaal-Ca concentratie van >20 mmol/l en een Ca-z concentratie van meer dan 4000-5000 µmol/l zijn over het algemeen voldoende gebufferd. Op calciumarme bodems ligt de ontwikkeling van heide (of hoogveen) voor de hand (zeer indicatief: Ca-t < 10 mmol/l en Ca-z $< 3000/4000$ µmol/l). Op matig calciumhoudende bodems (Ca-tot >10 mmol/l en Ca-z 3000/4000-8000 µmol/l) ligt de ontwikkeling van een heischraal grasland (of kleine zeggenvegetaties) voor de hand, mits er voldoende aanrijking met basen plaatsvindt via capillaire opstijging. Op de meer gebufferde bodems (Ca-z: 8000-25000 µmol/l) kan onder de juiste hydrologische omstandigheden (essentieel!) een blauwgrasland of veldruuschraalland tot ontwikkeling komen. Op sterk

gebufferde bodems (Ca-z: > 20000-50000 $\mu\text{mol/l}$) kan onder vochtige tot natte omstandigheden een dotterbloemhooiland tot ontwikkeling komen (onder droge omstandigheden een kamgrasweide/glanshaverhooiland).

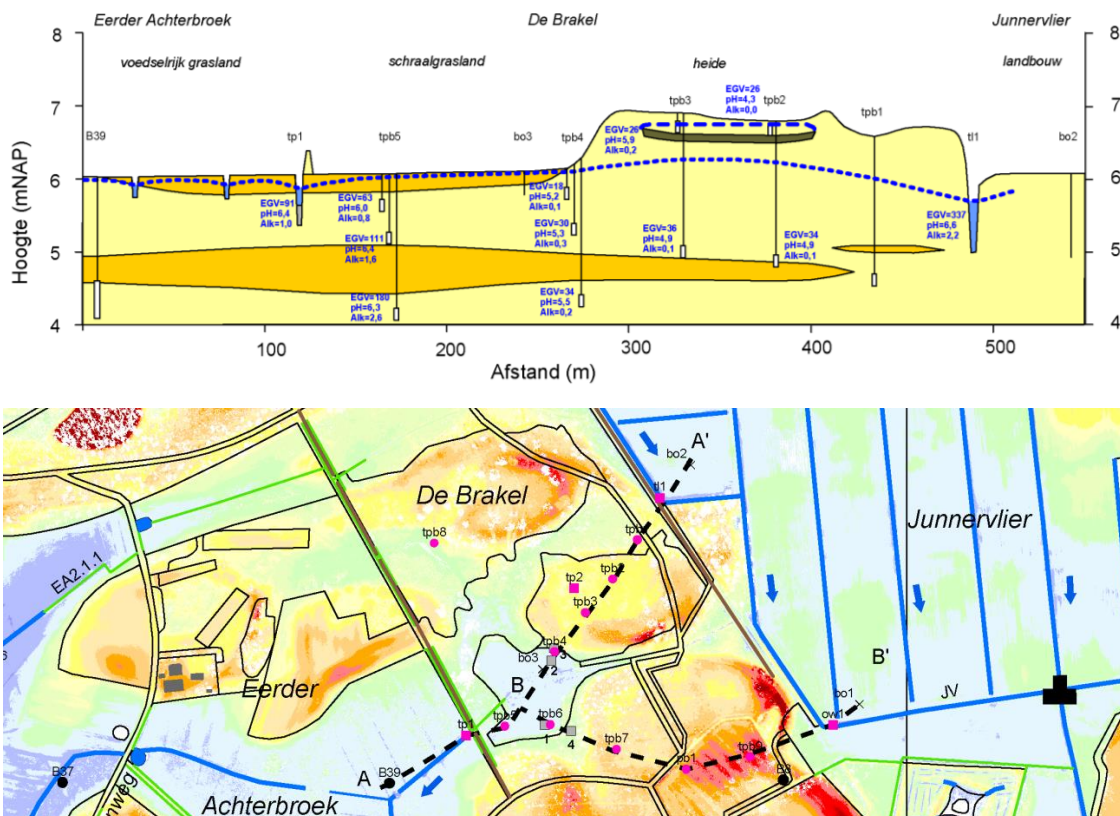
Toelichting per locatie:

Locatie 1 ligt relatief laag in de hoogtetradiënt waar het nat schraalland begint en sprake is van een sterk lemige toplaag. De toplaag is zeer ijzerrijk (1511-1775 mmol/l). Dit kan te maken hebben met de eigenschappen van de leemlaag. Mogelijk is deze van nature rijk aan ijzer en fosfor. Het kan echter ook duiden op de invloed van ijzerrijk grondwater (in het verleden). Hiermee is ook fosfor aangevoerd. De totaal-P concentratie in de toplaag is circa 25 mmol/l . Door de enorme overmaat aan ijzer (zeer gunstige Fe/P ratio) is de P-beschikbaarheid echter laag (Olsen-P 372 $\mu\text{mol/l}$) wat de bodem qua P-concentratie geschikt maakt voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde, soortenrijke natuur. Wanneer we kijken naar de mate van buffering van de bodem zien we dat de bovenkant van de lemige toplaag minder gebufferd is (Ca-t 34 mmol/l , Ca-z 13340 $\mu\text{mol/l}$ en BV 64%) in vergelijking met de onderkant van de lemige toplaag (Ca-t 54 mmol/l , Ca-z 24643 $\mu\text{mol/l}$ en BV 95%). Dit kan het gevolg zijn van een verminderde grondwaterinvloed, en daarmee een verminderde aanrijking met bufferstoffen, in de toplaag. In combinatie met zuurvormende oxidatieprocessen neemt de calciumconcentratie hierdoor af. Qua bodemchemie is de toplaag geschikt voor de ontwikkeling van blauwgrasland. Voor blauwgraslandontwikkeling is echter voldoende invloed van gebufferd grondwater vereist.

Locatie 2 ligt eveneens relatief laag in de hoogtetradiënt waar het nat schraalland begint en er is tevens sprake van een sterk lemige toplaag. Ook hier is de toplaag zeer ijzerrijk (224-2178 mmol/l) (zie locatie 1). De totaal-P concentratie in de toplaag is circa 19 mmol/l . Door de enorme overmaat aan ijzer (zeer gunstige Fe/P ratio) is de P-beschikbaarheid echter relatief laag (Olsen-P 577 $\mu\text{mol/l}$) wat de bodem qua P-concentratie geschikt maakt voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde, soortenrijke natuur (beperkt verschrallingsbeheer lijkt gewenst). Wanneer we kijken naar de mate van buffering van de bodem zien we dat de bovenkant van de lemige toplaag minder gebufferd is (Ca-t 17 mmol/l , Ca-z 12578 $\mu\text{mol/l}$ en BV 80%) in vergelijking met de onderkant van de lemige toplaag (Ca-t 52 mmol/l , Ca-z 24998 $\mu\text{mol/l}$ en BV 98%). Dit kan het gevolg zijn van een verminderde grondwaterinvloed, en daarmee een verminderde aanrijking met bufferstoffen, in de toplaag. In combinatie met zuurvormende oxidatieprocessen neemt de calciumconcentratie hierdoor af. Qua bodemchemie is de toplaag geschikt voor de ontwikkeling van een heischraal grasland/blauwgrasland. Voor blauwgraslandontwikkeling is echter voldoende invloed van zwak-matig gebufferd grondwater vereist.

Locatie 3 betreft een leemarme plek in een (zeer smalle) zone op de overgang van de heide naar het nat schraalland met klokjesgentiaan, borstelgras en heidekartelblad. De bodem is leemarm en het (ondiepe) grondwater is hier sterk atmoclien maar toch wel (zeer) zwak gebufferd en er is hier dus ook wel opbolling van de grondwaterspiegel in de dekzandrug (wat de lichte toevoer van grondwater naar de heischrale zone / het nat schraalland genereert), ondanks de drainerende werking van het slotenstelsel van landbouwgebied Junnervlier. Het feit dat heidekartelblad is aangetroffen op deze locatie is opvallend. Qua P-concentraties is de bodem voldoende arm: P-totaal 1,4 mmol/l en Olsen-P 269 $\mu\text{mol/l}$. Er is echter sprake van een zeer zure zandbodem (Ca-t 2 mmol/l , Ca-z 266 $\mu\text{mol/l}$ en BV 17%) met een pH-z van 3,8 welke vooral geschikt is voor de ontwikkeling van een soortenarme heide. Ook op deze locatie is sprake van een (nog) zuurdere toplaag in vergelijking met de (eveneens zure) bodem eronder. De ijzer- en aluminiumconcentratie nemen af richting het maaiveld. Dit duidt erop dat er in het verleden weinig grondwaterinvloed in het maaiveld is geweest en dat de toplaag ontkalkt is. De

aanwezigheid van heidekartelblad past niet bij de zure bodem die hier aanwezig is (mogelijk is hier in het verleden geplagd en is er maaisel aangebracht in combinatie met een bekalking; het kan ook gaan om een relictpopulatie). In ieder geval zal zonder aanvullende maatregelen deze soort hier in de toekomst verdwijnen. Een eenmalige bekalking (4000 kg Dolokal per hectare) kan dienen als maatregel om heidekartelblad te laten overleven. Voor een duurzame instandhouding is echter systeemherstel nodig waardoor de toplaag weer gevoed wordt met het zwak gebufferde grondwater (Tpb 4: pH 5,2 en alkaliniteit 0,1 meq/l; de buffering neemt toe richting de laagte; figuur 3.3) kunnen de omstandigheden worden verbeterd waardoor de heischrale soorten zich hier kunnen handhaven en zelfs uitbreiden.



Figuur 3.3. Overzicht van de grondwaterkwaliteit (boven) ter hoogte van bodemonmonsterlocatie 3 (ligt ter hoogte van tpb4) in raai A-A' (onder). Bron: Bureau Bell Hullenaar.

Locatie 4 ligt op dezelfde plek in de gradiënt als locatie 3, maar hier is bos aanwezig (met kamperfoelie). De grondwateraanvoer lijkt onvoldoende, vanwege de afwezigheid van opbolling van de grondwaterspiegel en de drainerende werking van het slotenstelsel van Junnervlier. De toplaag is matig P-houdend (totaal-P 7,5 mmol/l en Olsen-P 993 $\mu\text{mol/l}$) en ijzerrijk (323-449 mmol/l) wat kan duiden op grondwaterinvloed (in het verleden) of op een van nature ijzerrijkere bodem. Opvallend is de zure toplaag (Ca-t 5 mmol/l, Ca-z 1917 $\mu\text{mol/l}$ en BV 28%) met een pH-z van 3.3. De pH en calciumconcentraties nemen toe in de diepte. Dit kan het gevolg zijn van een verminderde grondwaterinvloed, en daarmee een verminderde aanrijking met bufferstoffen, in de toplaag. In combinatie met zuurvormende oxidatieprocessen neemt de calciumconcentratie hierdoor af. Dit kan de uitbreiding van een heischraal grasland, na afzetten van het bos, beperken. Herstel van het hydrologische systeem is noodzakelijk zodat de toplaag van de bodem weer wordt aangerijkt met basenrijk grondwater. Dieper is de bodem goed gebufferd en, met name op 40 cm diepte (mogelijk ook al op 30 cm diepte, deze bodemlaag is niet onderzocht), zijn de bodemeigenschappen zeer geschikt voor de ontwikkeling van heischraal grasland. Een alternatieve inrichting bestaat uit 20 cm plaggen in combinatie met een bekalking.

4. LITERATUUR

- Graaf, M.C.C. de, R. Bobbink, N.A.C. Smits, R. van Diggelen & J.G.M. Roelofs (2009). Biodiversity, vegetation gradients and key geochemical processes in the heathland landscape. *Biological Conservation* **142**: 2191-2201.
- Mullekom, M. van, E.C.H.E.T. Lucassen, M.J. Weijters, R. Bobbink, H. Tomassen & A.J.P. Smolders (2013). Van landbouw naar natuur: gericht op zoek naar kansen! *De Levende Natuur* **114**: 120-126.
- Olsen S.R., Cole C.W., Watanabe R. & Dean L.A. (1954). Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *US Department of Agriculture* circular No. 939.
- Roelofs, J.G.M. (1993). De fragiele balans tussen verzuring en verbasing in blauwgraslanden. In: E.J. Weeda (red.), *Blauwgraslanden in Twente*; Schatkamers van het natuurbehoud: 32-38. Wet. Med. nr. 209, KNNV, Utrecht.
- Smolders, A., J.G.M. Roelofs & E.C.E.T. Lucassen (2011). Goede grond voor natuur - Abiotische bodemcondities sturen vegetatieontwikkeling in natuurgebieden. *Bodem* **2**: 11-13.

B-ware

www.b-ware.eu