

Ecohydrologisch onderzoek bronsystemen Lemeler- en Archemerberg

Afleiding van de mogelijkheden voor verbetering van het ecohydrologisch functioneren van de bronnen

Zwolle, juli 2011

Voortgangsrapportage



Bell Hullenaar

**Ecohydrologisch
Adviesbureau**

Schellerweg 112, 8017 AK Zwolle
tel 038-4774559 fax 038-4774574
E-mail hullenaar@wxs.nl

in opdracht van:

Landschap

Overijssel

Ecohydrologisch onderzoek bronsystemen Lemeler- en Archemerberg

Afleiding van de mogelijkheden voor verbetering van het ecohydrologisch functioneren van de bronnen

Zwolle, juli 2011

Voortgangsrapportage

J. Bell

J.W. van 't Hullenaar

Zwolle, juli 2011

Bell Hullenaar Ecohydrologisch Adviesbureau

Schellerweg 112

8017 AK Zwolle

Telefoon: 038-4774559

E-mail: hullenaar@wxs.nl / judybell@planet.nl

Projecttitel: Ecohydrologisch onderzoek bronsystemen Lemeler- en Archemerberg - Afleiding van de mogelijkheden voor verbetering van het ecohydrologisch functioneren van de bronnen

Opdrachtgever: Landschap Overijssel

Auteurs: J.S. Bell en J.W. van 't Hullenaar

Projectgroep: J. van der Weele en H. Dijkstra

Niets uit deze uitgave mag worden verminigvuldigd 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	Oriëntering	4
3	Ecohydrologische systeemanalyse	6
3.1	Geologie en geomorfologie	6
3.2	Geomorfologie	7
3.3	Oppervlaktewaterhuishouding	9
3.4	Grondwatersysteem	11
	3.4.1 Inleiding	11
	3.4.2 Relatie van de lokale systemen met het regionale systeem	14
	3.4.3 Zuidelijke bronsysteem	15
	3.4.4 Bron bij de Dikke Steen	25
	3.4.5 Noordelijke bronsysteem	27
3.4	Waterkwaliteit	33
3.6	Vegetatie	36
3.7	Fauna	44
4	Synthese en conclusies	45
4.1	Ecohydrologisch functioneren en knelpunten	45
4.2	Herstel mogelijkheden	48
5	Herstelplan (volgt later)	

Literatuur

1 Inleiding

Op de westhelling van de Lemeler- en Archemerberg ontspringen drie bronnen. Het betreft twee kleine bronnen op de helling van de Archemerberg (bron bij de Dikke Steen en noordelijke bron) en een grote bron op de helling van de Lemelerberg (zuidelijke bron). De ligging van de bronnen is aangegeven op de topografische overzichtskaart (figuur 1.1). Aangezien de freatische grondwaterspiegel zich ter plaatse van de bronnen ver beneden de oppervlakte bevindt gaat het hier om schijngrondwatersystemen. Deze schijngrondwatersystemen hebben hun bestaan te danken aan de aanwezigheid van slecht doorlatende lagen in de bodem.

Hoewel de bronnen nog altijd functioneren, en met name de zuidelijke bron ook nog altijd ecologisch waardevol is, is de huidige ecologische toestand ervan niet optimaal: er is in sommige delen bosopslag aanwezig, delen van de bronsystemen zijn begroeid met Pitrus of Pijpenstrootje en één van de bronnen is beplant met Rododendron en Moerascypres. Bij een deel van deze problemen speelt wellicht ook verdroging een rol.

Het is gewenst om tot een verbetering van de ecologische ontwikkeling van de bronsystemen te komen. Om de kansen optimaal te kunnen benutten is het van belang om eerst het ecohydrologisch functioneren ervan inzichtelijk te maken, zodat de oorzaken van de achteruitgang goed inzichtelijk gemaakt kunnen worden, en op basis hiervan de juiste herstelmaatregelen afgeleid kunnen worden. Om tot een goede uitvoering van de maatregelen te komen is het vervolgens ook wenselijk om de kansrijke maatregelen uit te werken in een concreet herstelplan.

Doelstelling

Afleiden van de mogelijkheden voor verbetering van het hydrologisch en daarmee ecologisch functioneren van de bronnen op de Lemeler- en Archemerberg op basis van analyse van het ecohydrologisch functioneren van de bronsystemen, en uitwerking van de kansrijke maatregelen in een herstelplan.

Aanpak

Het project is opgebouwd uit de volgende onderdelen:

- Oriëntering (hoofdstuk 2).
- Ecohydrologische systeemanalyse (hoofdstuk 3).
- Bodemchemisch onderzoek (uitgevoerd door B-ware, weergegeven in los rapport).
- Synthese en conclusies (hoofdstuk 4).
- Uitwerking van kansrijke maatregelen in een herstelplan (hoofdstuk 5, volgt later).

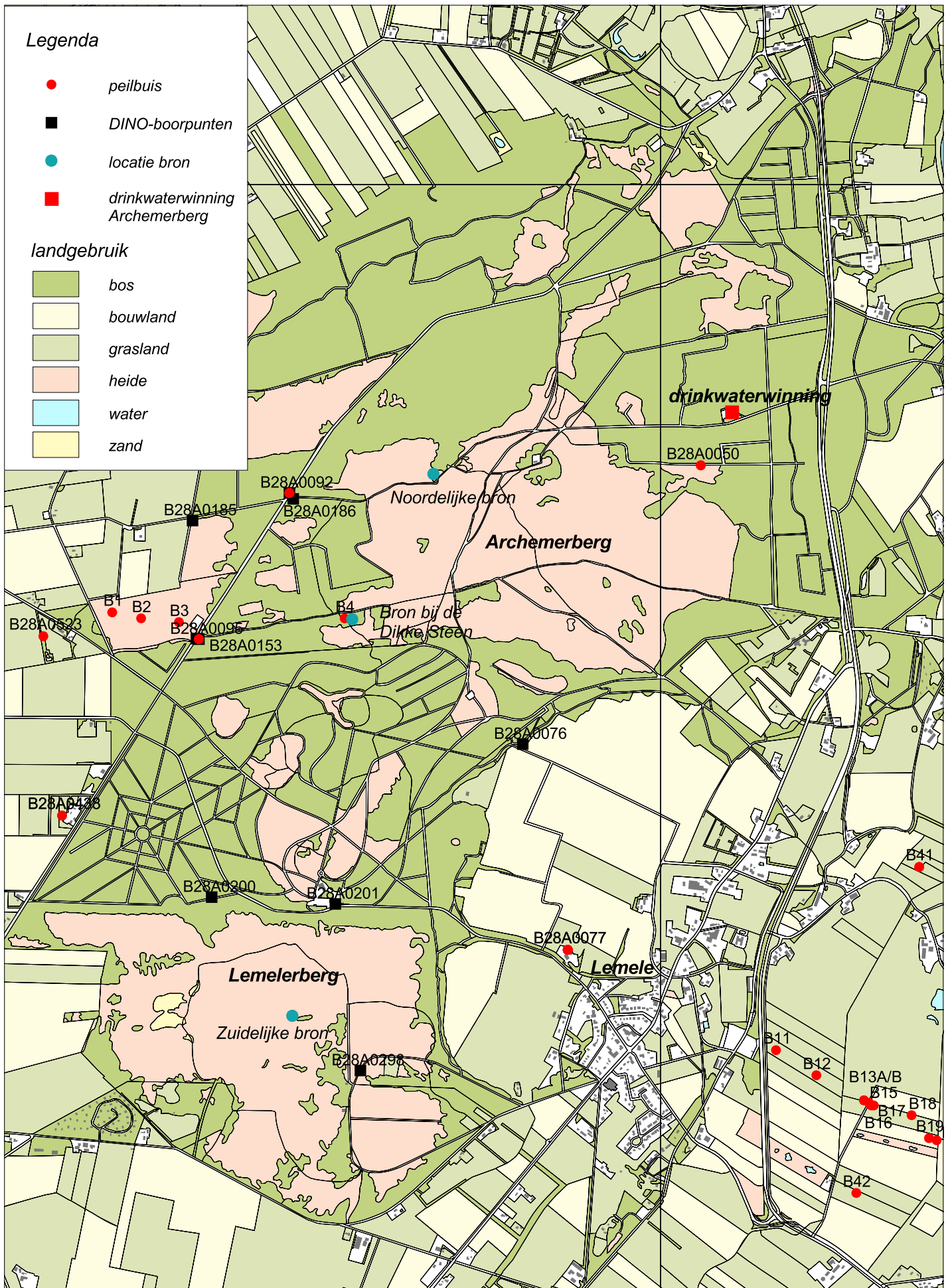
Voordat begonnen wordt met de systeemanalyse wordt in hoofdstuk 2 eerst aan de hand van topografische kaarten (van zowel de huidige als de historische situatie) wat meer algemene informatie gegeven van de deelgebieden en van de ontwikkelingen die zich hebben voorgedaan.

In hoofdstuk 3 volgt de ecohydrologische systeemanalyse. De systeemanalyse heeft een brede opzet, zodat door middel van benadering vanuit verschillende invalshoeken een goed gefundeerd totaalbeeld ontstaat van het ecohydrologisch functioneren van de bronsystemen, de knelpunten hierin en de herstelmogelijkheden. Daarbij worden behalve de puur hydrologische aspecten (oppervlaktewaterhuishouding en grondwatersituatie) ook de geologie, geomorfologie, waterkwaliteit, vegetatie en (watergebonden) fauna behandeld. De systeemanalyse is voor zover mogelijk gebaseerd op beschikbare gegevens (bureaustudie). Voor het verkrijgen van inzicht in de oppervlaktewater-

huishouding, de grondwaterituatie en de waterkwaliteit is uitgebreid veldonderzoek uitgevoerd. De hierbij gehanteerde onderzoeksmethoden worden in de inleidingen van de betreffende paragrafen behandeld.

Om af te kunnen leiden of de aanwezigheid van de Pitrusvegetatie in één van de brontakken van de zuidelijke bron samenhangt met de aanwezigheid van een voedselrijke toplaag van de bodem, en hoe diep er geplagd zou moeten worden om voedselarme omstandigheden te kunnen realiseren, is op beknopte wijze ook bodemchemisch onderzoek uitgevoerd. Dit onderzoek is uitgevoerd door B-ware, en wordt in een afzonderlijke rapportage behandeld. B-ware heeft daarnaast ook gezorgd voor analyse van de watermonsters die in het kader van het waterkwaliteitsonderzoek zijn genomen.

Op grond van de resultaten van de systeemanalyse worden in hoofdstuk 4 de synthese en conclusies van het vooronderzoek beschreven, en wordt aangegeven welke herstel mogelijkheden er zijn. Op basis hiervan wordt in de volgende fase van het project een concreet herstelplan opgesteld (hoofdstuk 5).



2 Oriëntering

De Lemeler- en Archemerberg maakt deel uit van het reservaat Lemelerberg, en is eigendom van Landschap Overijssel. Het reservaat vormt ook een onderdeel van het Natura 2000-gebied Vecht- en Beneden-Regge. Het gebied ligt ongeveer 5 kilometer ten zuidwesten van Ommen, en vormt een onderdeel van het stuwwallencomplex van de Sallandse Heuvelrug. Vanuit een relatief vlakke omgeving rijst de heuvel vrij plotseling op (zie hoogtekaart, figuur 3.2).

Rond het hoogste punt van de Archemerberg zijn uitgestrekte heidevelden aanwezig (zie figuur 1.1). Het betreft hierbij overwegend struikheidevegetaties. In grote delen van het heidecomplex groeien Jeneverbesstruiken. De centrale heide wordt omgeven door boscomplexen. Het betreft hierbij vooral dennenbossen (Grove den en Vliegden). Ook de Lemelerberg is grotendeels begroeid met heide met Jeneverbessen. Behalve langs de randen is ook in het centrale deel een strook met bos aanwezig. Ook hier betreft het veelal dennenbos (Vliegden), maar met name langs de randen is tevens Eikenbos aanwezig. Rond 1900 was het merendeel van de stuwwal begroeid met heide (zie figuur 2.2). Op de Lemelerberg was toen dus geen bos aanwezig op het hoge deel, en op de Archemerberg was er veel minder bos op de flanken.

De bronnen ontspringen op de westflank van de stuwwal. De noordelijke bron wordt ook wel aangeduid als de Fontein, de middelste bron als de Blikker Fontein en de zuidelijke bron als de Lemeler Springbron. Een springbron is een bron waarvan het water uit de grond springt, als een fontein. Aangezien bij geen van de bronnen het water als een fontein uit de grond komt (en dit gezien het karakter van de systemen ook in het verleden niet heeft gedaan) zijn dit in feite nogal overdreven en dus misleidende namen voor de betreffende bronnen. Daarom worden deze namen in dit project niet gebruikt en worden in plaats daarvan de volgende namen gehanteerd: de zuidelijke bron (voor de bron van de Lemelerberg), de bron bij de Dikke Steen (voor de zuidelijke bron van de Archemerberg) en de noordelijke bron (voor de noordelijke bron van de Archemerberg). De Dikke Steen is de benaming van een metersgrote zwerfkei die ten oosten van de middelste bron aanwezig is.

Het natuurgebied wordt begraaasd met schapen. De zuidelijke bron wordt sinds enkele jaren uitgerasterd, vanwege eventuele eutrofiëring van de bron door schapenpoep en vertrapping van de kwetsbare vegetatie. De noordelijke bron maakt nog wel deel uit van het begrazingsgebied. De schapen kunnen zodoende het plasje gebruiken om te drinken.

De met Moerascypressen en Rododendrons beplante bron bij de Dikke Steen ligt langs een populaire wandelroute. Tijdens de wandeling nemen veel mensen even een kijkje in de door Rododendrons omringde bron. Behalve door beschaduwing en uitscheiding van toxische stoffen door de Rododendrons en de aanwezigheid van een naaldendek op de bodem (afkomstig van de Moerascypressen) is zodoende ook vanwege de veelvuldige betreding ter plaatse van de bron en de omgeving hiervan een kruidlaag geheel afwezig.

Vanuit de Lemelerberg heeft in de negentiende eeuw winning van zand, grind en leem plaatsgevonden. In het oostelijke deel van het zuidelijke brongebied lijken hiervan nog sporen aanwezig in de vorm van onnatuurlijk ogende heuveltjes: wellicht betreft het hierbij opgeworpen hopen van grond die onbruikbaar was als delfstof (voormalige top laag van de bodem). De mogelijkheid bestaat dat de meest oostelijke bron van het zuidelijke bronsysteem zelfs zijn bestaan heeft te danken aan de delfstoffenwinning, vanwege ontgraving van grond tot op de schijngrondwaterspiegel.



Figuur 2.1 Historische topografische kaart van rond 1900

3 Ecohydrologische systeemanalyse

3.1 Geologie

De beschrijving is gebaseerd op de geologische beschrijving behorende bij de bodemkaart (Stiboka, 1983). Van het gebied is geen geologische kaart (met schaal 1 : 50.000) beschikbaar, maar wel een geomorfologische kaart met schaal 1 : 50.000 (zie figuur 3.1). De beschrijving beperkt zich tot de afzettingen die van belang zijn voor een goed begrip van het ecohydrologisch functioneren van de bronsystemen.

De Lemeler- en Archemerberg is een stuwwal die deel uitmaakt van het stuwwallencomplex van de Sallandse Heuvelrug. Dit stuwwallencomplex is gevormd tijdens het Saalien, een koude periode waarin het landijs van Scandinavië zich sterk uitbreidde en een deel van Nederland bedekte. Toen het ijs ons land bereikte, was de bodem tot op grote diepte (ongeveer 100 meter) bevroren. Op een aantal plaatsen werden delen van deze bevroren laag door het ijs weggedrukt en als grote platen dakpansgewijs op elkaar gestapeld. In dit gebied betrof het daarbij fluviaatiele afzettingen van het midden pleistoceen (van de Formaties van Harderwijk, Enschede en Urk). De zo ontstane ruggen worden stuwwallen genoemd. Onder het ijs werd een grondmorene afgezet, bestaande uit lemig zand met stenen, ofwel keileem. Deze bestaat deels uit materiaal dat door het landijs uit Scandinavië werd opgenomen en tijdens het transport gedeeltelijk werd fijngewreven, en deels uit zand en klei dat in Duitsland en Nederland werd opgenomen. Aangezien (uiteindelijk) ook de stuwwallen zelf door ijs bedekt werden, werd ook hier keileem afgezet. Door latere erosie (zowel bij het afsmelten van het landijs als door regen- en dooiwater in de laatste ijstijd) is de keileem grotendeels van de hogere stuwwallen verdwenen, en is hier alleen een bestrooiing van stenen overgebleven. Dit verklaart ook de aanwezigheid van de Dikke Steen hoog op de helling van de Archemerberg. Ook bij het afsmelten van het landijs werden door het smeltwater afzettingen gevormd. Deze zogenaamde fluvioglaciale afzettingen bestaan over het algemeen uit grindhoudende, grove zanden.

Na het Saalien volgde een warme periode (interglaciaal): het Eemien. Van deze periode komen in het onderzoeksgebied echter geen afzettingen voor. Na het Eemien volgde weer een ijstijd, het Weichselien. Het landijs bereikte Nederland deze keer niet maar er heerste wel periglaciale omstandigheden. In het Midden Weichselien was het zeer koud en was vegetatie grotendeels afwezig. De bodem raakte tot op grotere diepte permanent bevroren: er heersten permafrost-omstandigheden. Regen- en dooiwater konden niet in de permafrost doordringen en moesten over het oppervlak worden afgevoerd. In de stuwwallen werden zo diepe dalen uitgeslepen, en zo is ook de laag keileem over grote oppervlakten geheel of gedeeltelijk weggeërodeerd. Een deel van het afgevoerde materiaal werd voor de dalmond als een puinwaaier weer afgezet. Tussen de stuwwallen ontstond een uitgebreid stelsel van beken en riviertjes, waarin de zogenaamde fluvioperiglaciale afzettingen gevormd werden. Dit zijn fijne tot grove zanden met grind, leemlaagjes en dunne veenbandjes.

In het laatste deel van het Midden Weichselien viel er weinig neerslag. Dit, gecombineerd met het vrijwel ontbreken van vegetatie resulteerde in veel erosie en afzetting van (zowel lemig als leemarm) fijn zand door de wind (oud dekzand). Aan het einde van het Weichselien verdween de permafrost en kon het water in de ondergrond wegzaken. De bovengrond kon eerder uitdrogen en ondanks de aanwezige vegetatie kon de wind nog zand verstuiven. Door de aanwezigheid van een vegetatiedek werden deze zanden niet meer als een homogeen dek afgezet, maar als (lage) dekzandruggen. Het jonge dekzand van deze ruggen is vaak duidelijk grover dan dat van het oude dekzand, terwijl de gelaagdheid met lemige bandjes vrijwel altijd ontbreekt. Vanaf het Laat Weichselien en gedurende het Holoceen trad onder invloed van het nattere klimaat in laagten en op andere natte plekken veenvorming op.

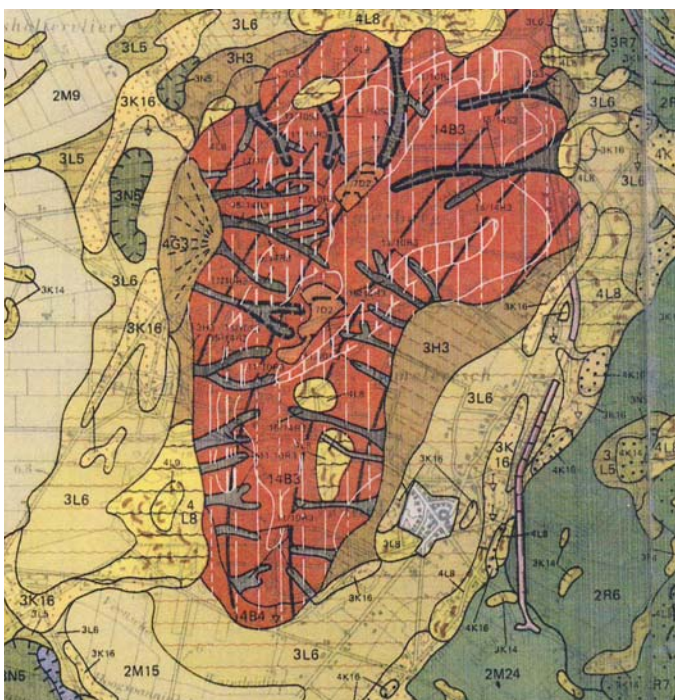
3.2 Geomorfologie

De geomorfologische gesteldheid wordt toegelicht aan de hand van de geomorfologische kaart (figuur 3.1) en de hoogtekaart (figuur 3.2). De hoogtekaart is vervaardigd op basis van een AHN-hoogtebestand (Algemeen Hoogtebestand Nederland). Figuur 3.2 betreft een overzichtskaart van de hoogteligging. Voor elk van de drie bronsystemen is ook een gedetailleerde hoogtekaart vervaardigd. Op de detailkaarten zijn ook de meetraaien en overige meetpunten van het veldonderzoek weergegeven. De detailkaarten zijn daarom ook pas verderop in het rapport opgenomen (in paragraaf 3.3, bij behandeling van de lokale hydrologische systemen).

De Lemeler- en Archemerberg betreft een hoge stuwwal (14B3), met op de hoogste delen van de Archemerberg twee stuwwalplateaus (7D2). De erosiedalen die in de flanken van de stuwwal zijn uitgesneden zijn op de geomorfologische kaart herkenbaar als droge dalen. Aan de voet van de stuwwal is vaak eerst een zone met hellingafzettingen (3H3) aanwezig, en aan de westkant is ook een puinwaaier aanwezig (4G3). Hieromheen ligt een zone met gordeldekzand-welvingen (3L6).

Op de hoogtekaart is te zien dat de Archemerberg het hoogst is. Het hoogste punt van de Archemerberg ligt op 76,5 mNAP. De twee hoogste toppen van de Lemelerberg liggen op een hoogte van circa 48 mNAP.

De drie bronnen ontspringen op de westflank van de stuwwal. De zuidelijke bron ontspringt op een niveau van circa 30 mNAP, en het bijbehorende drassige gebied loopt hellingafwaarts door tot circa 20 mNAP. De bron bij de Dikke Steen ontspringt op een hoogte van circa 37mNAP. De noordelijke bron ligt het hoogst, namelijk op circa 52 mNAP.



Legenda

- 3H3 = hellingafzettingen
- 3L6 = gordeldekzand-welvingen
- 7D2 = stuwwalplateau
- 14B3 = hoge stuwwal
- 10R3 = droogdal (al dan niet met dekzand)

Figuur 3.1 Geomorfologische kaart

3.3 Oppervlaktewaterhuishouding

Inleiding

Op 22 maart 2011 is door middel van een veldverkenning de oppervlakte-waterhuishouding van de bronsystemen in kaart gebracht. Met GPS is ingemeten waar de bronnen precies liggen, of er eventueel verschillende brontakken onderscheiden kunnen worden, of er natuurlijke dan wel gegraven loopjes aanwezig zijn en wat de begrenzing is van eventuele drassige gebieden nabij de bron. De resultaten van de kartering zijn weergegeven op de gedetailleerde topografische kaarten en hoogtekaarten van de drie systemen.

Zuidelijke bron (figuren 3.6 en 3.7)

Bij het bronsysteem van de Lemelerberg kunnen drie brontakken onderscheiden worden: een smalle noordelijke tak, een smalle zuidelijke tak en een wat bredere middentak. Het grondwater komt hier in slenken op diffuse wijze aan de oppervlakte. De slenk van de middentak begint aan de oostzijde met een drassige plek, dan volgt er echter een droog deel en vervolgens weer een drassig deel, dat samenstroomt met de zuidelijke en noordelijke brontak. Op het punt waar de drie brontakken samenstromen heeft het systeem nog steeds een slenkvormige structuur, maar al snel gaat de slenkstructuur over in een (hellende) drassige vlakte. Omdat het gehele systeem onder een behoorlijk sterke helling ligt, en er met name in de oostelijke helft sprake is van veenvormende vegetaties, wordt het gebied ook wel aangeduid als een hellingveen.

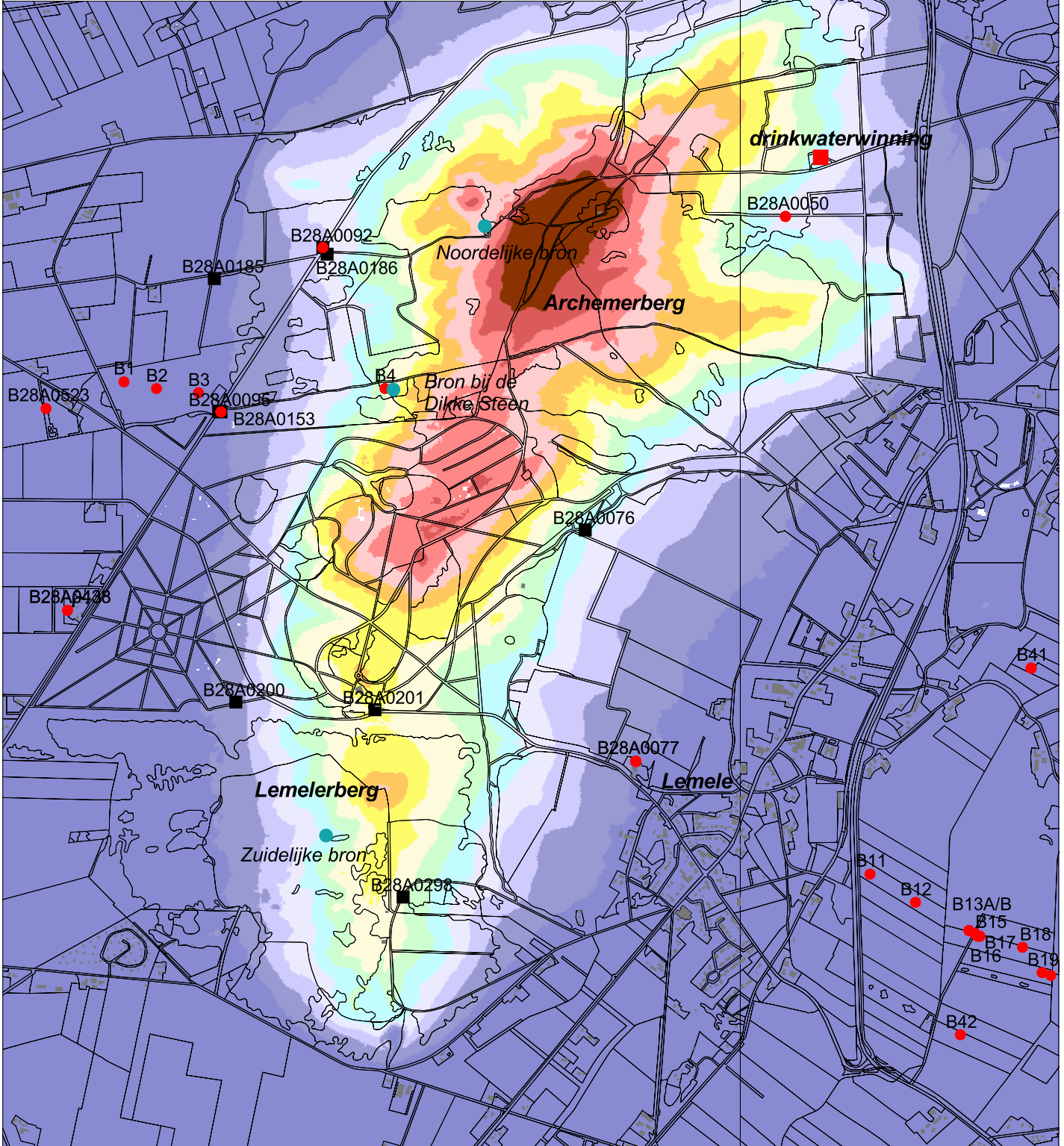
Ongeveer op de overgang naar de vlakte ligt over de gehele breedte van het drassige gebied een oud bielzenpad. Het bielzenpad zorgt voor een zekere opstuwing van het water. De mate van opstuwing is echter minimaal: in de vroege voorjaarssituatie is het waterpeil aan de benedenstroomse zijde hooguit enkele centimeters lager als aan de bovenstroomse zijde.

Benedenstrooms van het bielzenpad begint een klein, ondiep en licht kronkelend geultje. Via dit geultje vindt niet alleen in natte winterperioden (zoals tijdens het oriënterende veldbezoek met de projectgroep op 15-2-2011) maar ook in het vroege voorjaar (op 22-3-2011) afvoer van water plaatsvindt. Het is niet bekend of het hier een gegraven greppeltje betreft (voor ontwatering van het drassige gebied), of een loopje dat op natuurlijke wijze is ontstaan.

Daar waar het drassige gebied eindigt gaat het kleine, ondiepe geultje plotseling over in een brede, diepe geul, die de benedenstroomse rand van het drassige gebied aansnijdt. Op deze plek was zelfs in de situatie van 22 maart 2011 nog een aanzienlijke afvoer aanwezig, terwijl het toen al behoorlijk lang (3 weken) droog en warm was. Ten westen van dit punt waren tijdens de systeemverkenning geen drassige omstandigheden aanwezig. Wel ligt hier nog een zone met Pijpestrootje-vegetatie, wat een indicatie vormt voor periodiek vochtige omstandigheden.

Legenda

- peilbuis
 - DINO-boorpunten
 - locatie bron
 - drinkwaterwinning Archemerberg
- | maaiveldhoogte (m +NAP) | | | |
|-------------------------|-------------|--|-------------|
| | < 10,0 | | 40,0 - 45,0 |
| | 10,0 - 15,0 | | 45,0 - 50,0 |
| | 15,0 - 20,0 | | 50,0 - 55,0 |
| | 20,0 - 25,0 | | 55,0 - 60,0 |
| | 25,0 - 30,0 | | 60,0 - 65,0 |
| | 30,0 - 35,0 | | > 65,0 |
| | 35,0 - 40,0 | | |



Bron bij de Dikke Steen (figuren 3.10 en 3.11)

De bron bij de Dikke Steen betreft een kleine bron waar het grondwater geconcentreerd op één punt aan de oppervlakte komt (een zogenaamde puntbron). Aangezien er ter plaatse van de bron een gat in de helling aanwezig is, lijkt de bron te zijn uitgegraven. Het water stroomt af via een klein loopje dat al snel (op enkele tientallen meters van de bron) droogvalt. Hoewel het een kleine bron betreft is het een bron die wel permanent loopt, ook in droge zomerperioden, en zelfs in extreem droge zomers (mondelinge mededeling H. Dijkstra en M. Knigge, Landschap Overijssel).

Noordelijke bron (figuren 3.12 en 3.13)

De noordelijke bron is enkele jaren geleden opgeschoond. Zodoende is er hier nu een klein waterplasje met steile oevers aanwezig. Meestal treedt er geen oppervlakkige afvoer van water op vanuit dit plasje, ook niet in de vroege voorjaarssituatie van 22-3-2011: er kan hier dus nauwelijks gesproken worden van een echte bron. Wel benaderde het waterpeil op dat moment het niveau van de afvoerdrempel van het plasje, wat erop wijst dat in neerslagrijke (winter)perioden wel oppervlakkige afvoer optreedt. Deze drempel vormt het beginpunt van een geul, die in zuidwestelijke richting afbuigt.

3.4 Grondwatersituatie

3.4.1 Inleiding

Veldonderzoek

Om het functioneren van de bronsystemen inzichtelijk te maken zijn van elk systeem op basis van diverse veldmetingen ecohydrologische dwarsprofielen vervaardigd. Van het grote bronsysteem van de Lemelerberg (zuidelijke bron) zijn drie dwarsprofielen vervaardigd: twee profielen in de dwarsrichting en één profiel in de lengterichting (zie figuur 3.9: profielen 1A-1A', 1B-1B' en 1C-1C'). Van elk van de kleine bronsystemen zijn twee dwarsprofielen vervaardigd: één in de lengterichting en één in de dwarsrichting (profiel 2A-2A' en 2B-2B' voor de bron bij de Dikke Steen en 3A-3A' en 3B-3B' voor de noordelijke bron: zie figuur 3.14).

Voor de vervaardiging van de dwarsprofielen zijn diverse grondboringen uitgevoerd. Aan de hand hiervan is de bodemopbouw afgeleid en in de boorgaten zijn ook grondwaterstandsmetingen verricht om (in samenhang met de bodemopbouw) de stromingspatronen van het grondwater af te kunnen leiden. Voor het grote zuidelijke bronsysteem is hiertoe ook een isohypsenkaart vervaardigd. De metingen zijn verricht in het vroege voorjaar (op 30 en 31 maart 2011), omdat het systeem dan goed op druk is, en de stromingspatronen dus goed tot uiting komen. Om het wegzakken van de grondwaterstand in de loop van het voorjaar en de zomer vast te kunnen stellen en het grondwater te kunnen bemonsteren zijn in een aantal boorgaten tijdelijke peilbuizen geplaatst. In de peilbuizen zijn op 12 mei 2011 en op 5 juli 2011 de grondwaterstanden gemeten.

Daar waar een stagnerende laag is aangetroffen en is doorboord, is deze laag afgedicht met bentoniet: dit is een zwelklei die in de vorm van droge korrels op de gewenste diepte in het boorgat wordt gebracht, en vervolgens door opname van vocht opzwellt en voor een effectieve afdichting zorgt. Aangezien de bentoniet inert is, heeft deze klei geen invloed op de hydrochemische samenstelling van het grondwater.

Alle meetpunten zijn middels rondgaande waterpassingen ten opzichte van elkaar ingemeten, en met behulp van de AHN-hoogtekaart is ook de hoogteligging van de meetpunten ten opzichte van NAP bepaald. Dit betekent dat er ten aanzien van de NAP-waarden in absolute zin een zekere afwijking aanwezig kan zijn, maar dit is voor de meetpunten ten opzichte van elkaar dus niet het geval: alle meetpunten zijn ten opzichte van elkaar op 1 cm nauwkeurig ingemeten.

In de dwarsprofielen zijn ook de resultaten ten aanzien van de in het veld verrichte waterkwaliteitsmetingen aangegeven en zijn kenmerkende plantensoorten genoemd, die bij uitvoering van de veldwerkzaamheden werden aangetroffen. Daarnaast zijn hiervoor ook inventarisatiegegevens van Landschap Overijssel geraadpleegd. De resultaten van het waterkwaliteitsonderzoek worden echter pas behandeld in paragraaf 3.5 en in paragraaf 3.6 volgt de beschrijving van de vegetatie.

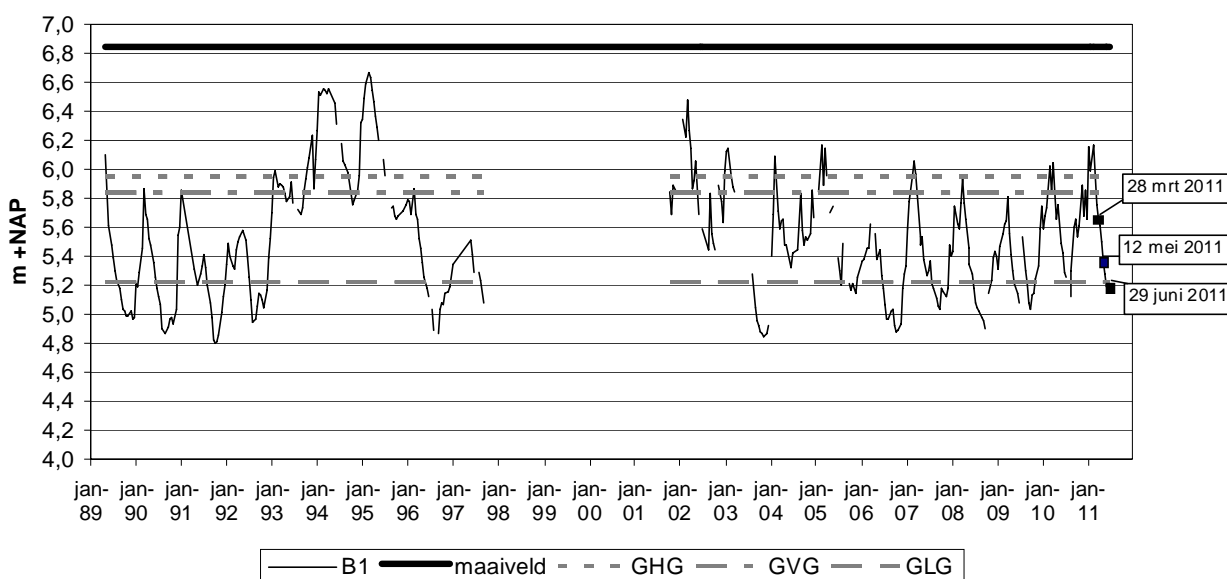
Meetnet Landschap Overijssel

Aan de voet van de Archemerberg zijn in twee deelgebieden kleine hydrologische meetnetjes van Landschap Overijssel aanwezig: één aan de oostzijde, nabij Archem, en één aan de westzijde, in deelgebied 't Loo-Venne. De meetreeksen van de peilbuizen zijn gebruikt om de metingen die in het kader van het veldonderzoek zijn verricht in de tijd te kunnen plaatsen. Omdat het meetnetje aan de westzijde (in deelgebied 't Loo-Venn) het

dichtst bij de bronnen staat zijn de meetreeksen hiervan gebruik, en die van het oostelijke deelgebied buiten beschouwing gelaten. Het meetnetje van 't Loo-Venne omvat een raai van drie peilbuizen, die al sinds 1989 worden opgenomen. Peilbuizen B2 en B3 zijn echter te ondiep in de bodem geplaatst om de wegzakkende grondwaterstand in droge zomerperioden goed te kunnen registreren: deze reeksen zijn daarom niet goed bruikbaar en verder buiten beschouwing gelaten.

De meetreeks van B1 is (ondanks een langdurige onderbreking in de opnamen vanaf 1998 tot in 2001) wel goed. Met behulp van het tijdreeksanalyseprogramma Menyanthes zijn voor de reeks de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG), de Gemiddelde Voorjaars Grondwaterstand (GVG) en de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) afgeleid en in de grafiek van B1 weergegeven (zie figuur 3.3). Uit de grafiek volgt dat in de winter van 2010 / 2011 de GHG-situatie ruimschoots bereikt is: het systeem is in de periode voorafgaand aan het onderzoek dus goed aangevuld. Ook de meetmomenten van het veldonderzoek zijn in de grafiek weergegeven. Op het moment van de uitvoering van de eerste metingen (vroeg voorjaarsituatie, eind maart 2011) bedroeg de grondwaterstand ter plaatse van B1 5,65 mNAP, en lag toen al onder het niveau van de GVG (die 5,84 mNAP bedraagt). Op het moment van de metingen in mei (in combinatie met het nemen van de watermonsters) werd de GLG-situatie ter plaatse van B1 al bijna bereikt. Op het moment van de derde meetronde, op 5 juli 2011, werd de GLG-situatie ter plaatse van B1 geheel bereikt.

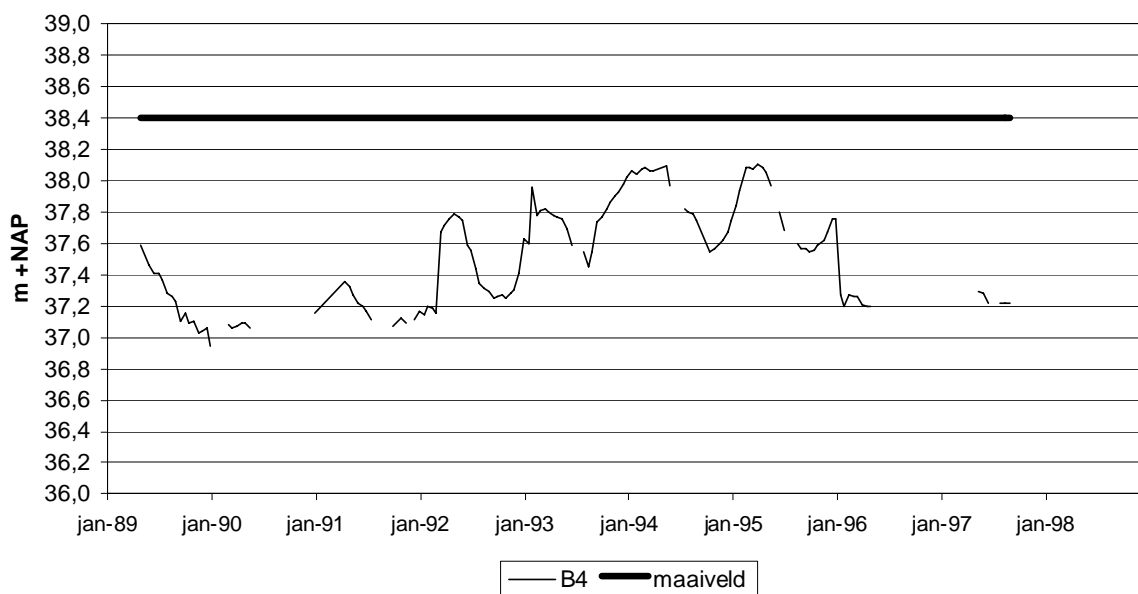
Dit wil overigens nog niet zeggen dat ter plaatse van de bronsystemen op dezelfde momenten GXG-omstandigheden aanwezig zijn: elk (deel)systeem heeft ook weer zijn eigen dynamiek. Zo betreft B1 een peilbuis waarmee de freatische grondwaterstand wordt geregistreerd, terwijl de bronsystemen alle drie schijngrondwatersystemen betreffen. Met name daar waar de stagnerende laag aan de basis van het schijngrondwatersysteem dicht nabij maaiveld ligt (en dus de dikte van de onverzadigde zone dun is), en er in geringe mate sprake is van continue voeding met bronwater, reageren de schijngrondwatersystemen sneller op veranderingen in neerslag en verdamping dan het freatische systeem. Daar waar de stagnerende laag diep ligt, en er wel een dikke onverzadigde zone aanwezig is, reageren de schijngrondwatersystemen op vergelijkbare wijze als het freatische systeem. Bij gebrek aan permanente peilbuizen in de brongebieden zelf kan op deze wijze echter toch een indicatie verkregen worden van de omstandigheden waarin gemeten is.



Figuur 3.3 Grondwaterstandsverloop peilbuis B1 (hydrologisch meetnet Landschap Overijssel, deelgebied 't Loo-Venne)

Voormalige peilbuis nabij bron Dikke Steen

In het verleden was ook nabij de bron bij de Dikke Steen een peilbuis aanwezig: peilbuis B4. Van deze peilbuis is vanaf 1989 tot begin 1996 een meetreeks beschikbaar. Daarna is de opname beëindigd en de buis is inmiddels ook (al lang) verdwenen. Gezien het karakter van de grafiek stond de peilbuis vermoedelijk niet in de bron zelf, maar net in de flank van het systeem. Daarom zegt de reeks niet zoveel over het functioneren van het systeem, behalve dat er ter plaatse van de flank een (fluctuerende) schijngrondwaterspiegel aanwezig is. De reeks is daarom verder ook buiten beschouwing gelaten.



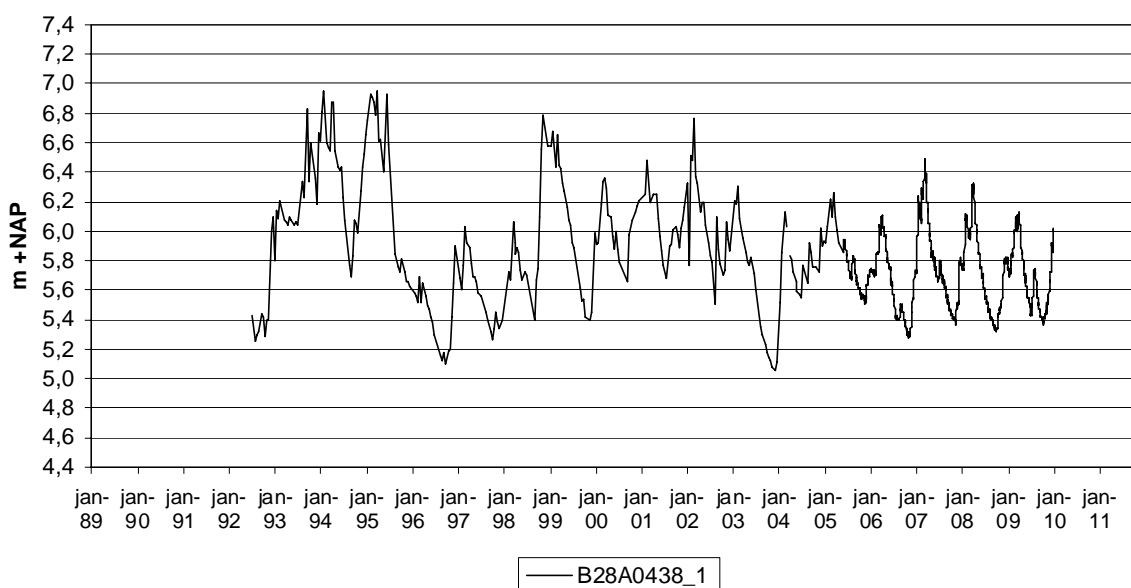
Figuur 3.4 Grondwaterstandsverloop peilbuis B4 (voormalige peilbuis van hydrologisch meetnet Landschap Overijssel, nabij bron bij Dikke Steen)

Meetnet Vitens

Vanwege de aanwezigheid van de drinkwaterwinning aan de noordoostzijde van de Archemerberg (voor ligging: zie topografische overzichtskaart, figuur 1.1 of hoogtekaart, figuur 3.2) is ook een hydrologisch meetnet van Vitens aanwezig. Het betreft peilbuizen waarmee het verloop van de freatische grondwaterstand in de ondergrond geregistreerd wordt. De reeksen van deze diepe peilbuizen zijn gebruikt om af te leiden of er al dan niet een relatie is tussen het functioneren van de bronsystemen en het regionale hydrologische systeem (zie paragraaf 3.4.2). De grafiek van één van deze peilbuizen (B28A0438) is weergegeven in figuur 3.4. Deze peilbuis is gekozen omdat hiervan een lange en goede reeks beschikbaar is.

3.4.2 Relatie van de drie lokale bronsystemen met het regionale systeem

De bronsystemen hebben hun bestaan te danken aan de aanwezigheid van stagnerende lagen in de bodem, waardoor schijngrondwaterspiegels aanwezig zijn (zie dwarsprofielen). Uit vergelijking van de dwarsprofielen met de grafieken van figuur 3.4 volgt dat de schijngrondwaterspiegels zeer ver (15 tot 45 meter) boven het niveau van de freatische grondwaterspiegel liggen. Omdat de freatische grondwaterspiegel ook ver (14 tot 44 meter) beneden het niveau van de stagnerende lagen ligt levert het freatische grondwater ook geen tegendruk voor (eventuele) wegzijging vanuit de schijngrondwatersystemen naar de ondergrond, en heeft dat gezien de grote onderlinge afstand ook in het verleden niet gedaan. Dit geldt ook voor de vroegere nog niet door de drinkwaterwinning beïnvloede situatie, aangezien de verlaging van de freatische grondwaterspiegel die door de winning veroorzaakt wordt ten opzichte hiervan relatief klein is. De verlaging van de winning bedraagt namelijk maximaal 1 meter ter plaatse van de winning zelf tot 0,1 meter in de ruimere omgeving hiervan (Landschap Overijssel, 2006). De schijngrondwatersystemen functioneren dus onafhankelijk van het regionale grondwatersysteem en ingrepen in de ondergrond en/of in de omgeving (zoals grondwateronttrekking en ontwatering van landbouwgronden) hebben dus geen effect op de systemen en hebben dat in het verleden ook niet gehad.



Figuur 3.4 Grondwaterstandsverloop van een peilbuis van het meetnet van Vitens (voor locaties: zie topografische kaart, figuur 1.1 of hoogtekaart, figuur 3.2)

3.4.3 Zuidelijke bronsysteem

Opbouw en functioneren van het bronsysteem in hoofdlijnen

Uit dwarsprofiel 1C-1C' (figuur 3.9) volgt dat de basis van het systeem aan de oostzijde gevormd wordt door een leemlaag en aan de westzijde door een ijzerconcretielaag. Deze ijzerconcretielaag is slechts één tot enkele centimeters dik, en is (bij goede ontwikkeling ervan) zeer hard en (praktisch) ondoorlatend: het onderliggende zand is zodoende ook droog. Als gevolg van de aanwezigheid van de stagnerende laag kan regenwater hier niet (of althans in veel mindere mate) naar de ondergrond infiltreren, waardoor er een zogenaamd schijngrondwatersysteem is ontstaan. Boven de stagnerende laag is een (doorgaans 1 tot 3 meter dikke) waterverzadigde zandlaag aanwezig is. Temeer gezien de aanzienlijke helling waaronder het systeem ligt vindt via deze zandlaag grondwaterstroming plaats. Daarbij kan (in grote lijnen) onderscheidt gemaakt worden in een intrekgebied, een kwelgebied en een verliesgebied.

Het intrekgebied wordt gevormd door de hooggelegen gronden aan de oostzijde: hier is boven de stagnerende laag een relatief dik zandpakket aanwezig (van tenminste 8 meter ter plaatse van Tpb16), met behalve een verzadigde zone hierboven ook een onverzadigde zone, waardoor de grondwaterstand hier (door middel van aanvulling met neerslagwater) tot ver (1,3 meter) boven het bronniveau kan oplopen. Zodoende is hier een grondwaterreservoir aanwezig, van waaruit de bronnen gevoed worden. De reservoirvorming wordt geholpen door de scheefgestelde ligging van de leemlaag aan de basis van het systeem.

Uit de isohypsenkaart (figuur 3.8) volgt dat de voeding vooral plaatsvindt vanuit het oosten, en slechts in beperkte mate ook vanuit het noordoosten en zuidoosten. Aan de noordoostzijde is ter plaatse van Bo194 wel een schijngrondwaterspiegel aangetroffen, en dat geldt ook voor Tpb24 aan de zuidoostzijde. De grondwaterstanden zijn hier echter te laag om een stroming richting de bronnen te kunnen generen. De relatief lage grondwaterstanden worden veroorzaakt door het benaderen van de grenzen van het systeem: het systeem verliest hier grondwater over de randen heen.

De kwelzones liggen op de plekken waar de watervoerende zandlaag te dun wordt om al het grondwater te kunnen transporteren en/of waar slenken de watervoerende zandlaag aansnijden (voor alle duidelijkheid: het betreft hierbij dus uitsluitend kwel uit het schijngrondwatersysteem). Omdat in de slenken geen (of althans nauwelijks) loopjes zijn uitgegraven komt het kwelwater er op diffuse wijze aan de oppervlakte. Als gevolg van de permanente toestroming van het grondwater zijn deze zones het gehele jaar door zeer nat en zakt zelfs in droge zomerperioden de grondwaterstand niet of nauwelijks beneden maaiveld weg. In combinatie met het atmocliene (ofwel regenwaterachtige), zure tot zeer zwak gebufferde karakter van het kwelwater (zie paragraaf 3.5: waterkwaliteit) levert dit ideale omstandigheden voor atmotrofe tot minerotrofe hoogveenvorming (zie paragraaf 3.6: vegetatie). In samenhang hiermee is in deze delen ook een dunne veenlaag tot ontwikkeling gekomen.

Vanwege de aanwezigheid van de ijzerconcretielaag loopt het systeem behoorlijk ver hellingafwaarts door. De slenkstructuur gaat hier echter over in een vlakke, en in plaats van voeding vanuit de omgeving vindt hier juist verlies van water plaats over de randen van het systeem heen, ondanks het oplopen van de ijzeconcretielaag langs de zijranden (zie figuur 3.8, isohypsenkaart en figuur 3.9, dwarsprofiel 1A-1A'). Dit verlies wordt gecompenseerd door laterale toevoer van grondwater via de waterverzadigde zandlaag vanuit het bovenstroomse deel van het systeem. Deze toevoer is echter onvoldoende om het wegzakken van de grondwaterstand in droge voorjaars- en zomerperioden te voorkomen, waardoor hellingafwaarts de grondwaterstand in droge perioden geleidelijk aan steeds verder beneden maaiveld wegzakt, als gevolg waarvan er in deze zone ook nauwelijks of geen veenvorming optreedt. In samenhang met de geleidelijk aan minder

natte omstandigheden is in deze zone een gradiënt van veenmosrijke natte heide naar gewone natte heide aanwezig.

Het ontstaan van de ijzerconcretielaag kan op de volgende wijze verklaard worden: neerslagwater dat in het oostelijk gelegen gebied viel kon vanwege de aanwezigheid van de leemlaag niet naar de ondergrond infiltreren, en werd zodoende gedwongen lateraal af te stromen. Tijdens de stroming door de zandgrond werd het water aangerijkt met ijzer. Bij het bereiken van de rand van de leemlaag infiltreerde dit grondwater naar de ondergrond, en kwam daarbij in aanraking met zuurstof, omdat de ondergrond hier (ook in het verre verleden al) droog was. Dit leidde tot het oxideren en dus neerslaan van het ijzer, waardoor een weliswaar dunne maar zeer harde, compacte, vrijwel ondoorlatende laag gevormd werd. Het ondiepe grondwater werd hierdoor gedwongen verder lateraal af te stromen via de ondiepe zandlaag over de reeds gevormde ijzerconcretielaag heen, waar het proces zich herhaalde, en de laag uiteindelijk ook lager op de helling gevormd werd. In de huidige situatie is het proces waarschijnlijk nog steeds gaande, wat zodoende ook leidt tot aangroei van het systeem aan de westzijde (zie subparagraaf 'nieuwe aangroei van het systeem').

Nadere analyse van het intrekgebied en de eerste bron van de middentak

Ter plaatse van Bo1 (bronkop van de middentak van het bronsysteem) is vanaf een diepte van 1,7 m -mv tot aan de einddiepte van de boring (5 m -mv) leem aangetroffen. Deze leemlaag is dus minstens 3,3 meter dik. De leem voelt zeer vet aan, wat erop duidt dat de leem (sterk) kleiig is. Vanaf 2,7 m -mv zijn zeer dunne tussenlaagjes aangetroffen met een fijnzandige fractie. De leem bevat geen grind of keien. De grotendeels homogene samenstelling, de aanwezigheid van de zandige laagjes en het ontbreken van grind en stenen duiden erop dat het hier een (gestuwde) sedimentaire afzetting betreft, en dus geen grondmorene in de vorm van keileem.

Verder naar het oosten, ter plaatse van Tpb16, is tot op 8 meter beneden maaiveld geboord, en is vanaf circa 32 mNAP over een diepte van bijna 4 meter een waterverzadigde zandlaag aangetroffen. Hoewel de basis van het systeem hier niet is bereikt, kan op grond van de aanwezigheid van de waterverzadigde zandlaag worden afgeleid dat ook hier een stagnerende laag aanwezig moet zijn. Waarschijnlijk betreft het hierbij dezelfde leemlaag als bij Bo1. Uit het feit dat de bovenzijde van de leemlaag bij Bo1 op een niveau van 29 mNAP ligt, en bij Tpb16 tot op 28 mNAP geen leem is aangeboord, volgt dat de leemlaag een scheefgestelde ligging heeft (wat ook goed verklaard kan worden vanuit de geologische ontstaansgeschiedenis van de stuwwal).

Vanaf de kop van de bron loopt de grondwaterstand in oostelijke richting behoorlijk sterk op: ter plaatse van Tpb16 is de grondwaterstand al 1,3 m hoger dan ter plaatse van Tpb2 (bronkop). Hieruit volgt ten eerste dat vanuit dit hooggelegen gebied dus een sterke voeding plaatsvindt van het bronsysteem. Het sterke verhang en ook het niet snel wegzakken van de grondwaterstand in de loop van het voorjaar en de zomer wijzen er bovendien op dat het intrekgebied waarschijnlijk behoorlijk omvangrijk is: ter plaatse van Tpb16 is de grens van het systeem nog lang niet bereikt.

Vanwege de (in westelijke richting) omhoog lopende basis van het systeem (in de vorm van de dikke leemlaag) en het dalende maaiveld wordt het grondwater ter plaatse van de slenk van Tpb2 gedwongen naar de oppervlakte te stromen. Toch treedt het grondwater hier niet duidelijk uit, maar is eerder sprake van een laterale grondwaterstroming die tot aan maaiveld reikt. Dit komt doordat ook hier boven de leem nog een grofzandige laag van circa 1 meter aanwezig is waarlangs het water getransporteerd kan worden naar de zone waar Tpb20 is geplaatst, en waar een relatief lage grondwaterspiegel aanwezig is. De relatief lage grondwaterstand ter plaatse van Tpb20 kan verklaard worden door een wat diepere ligging van de (bovenzijde van de) leemlaag, waardoor er hier een relatief dik zandpakket beschikbaar is voor de grondwaterstroming.

Het ecohydrologisch functioneren van deze bron wordt echter ook negatief beïnvloed door de aanwezigheid van bomen / bosopslag, zowel direct aangrenzend op de bron (waar inmiddels volwassen en behoorlijk omvangrijk loofbos aanwezig is) als in het hoger gelegen deel van het intrekgebied (waar een aantal enorme Dennen aanwezig zijn). Vanwege een versterkt verdampingsverlies leidt de aanwezigheid van de Dennen tot een vermindering van de grondwateraanvulling in het intrekgebied, en het loofbos onttrekt zodoende rechtstreeks grondwater aan het schijngrondwatersysteem in de kwelzone. Vanwege de geohydrologische opbouw is deze eerste bron van de middentak (en ook de zuidoostelijke brontak) daarbij ook extra gevoelig voor de verdrogende werking van de bomen: het grondwater kan hier immers maar net de oppervlakte raken, het is met andere woorden geen bron waar het water de grond uit spuit. Als gevolg van de verdroging valt vooral de dunne veenlaag ter plaatse van de iets hoger gelegen buitenrand van de drassige plek veelvuldig droog. Hierdoor treedt versterkte mineralisatie van de veenlaag op en is deze zone begroeid geraakt met Pitrus. Alleen in het lager gelegen centrum van de drassige plek heeft de veenmosrijke Veldrusbegroeiing (met hierin ook Moerasviooltje) zich kunnen handhaven.

Behalve de forse dennen nabij de eerste bron zou ook het aaneengesloten Dennenbos hogerop de helling tot verdroging geleid kunnen hebben. Terwijl hier rond 1900 nog een geheel open heidegebied aanwezig was is het nu begroeid met een volwassen dennenbos. Op grond van de beschikbare gegevens lijkt het Dennenbos echter (grotendeels) buiten het intrekgebied te liggen. De mogelijkheid bestaat echter dat rand van het grondwaterreservoir van het intrekgebied (in de vorm van de scheefgestelde dikke leemlaag die bij Bo1 is aangetroffen) meer zuidoost-noordwest georiënteerd is, waardoor Tpb24 zich net buiten het reservoir bevindt. Dit zou kunnen betekenen dat met name het noordelijke deel van het bos zich wel binnen het intrekgebied bevindt.

Een andere mogelijkheid is dat er een verminderde voeding optreedt als gevolg van een verandering van de heidevegetatie. Door een verhoogde depositie vanuit de lucht is de van oudsher zeer voedselarme bodem namelijk verrijkt met voedingsstoffen, waardoor de vegetatie productiever is geworden, en ook vergrassing heeft plaatsgevonden. Ook deze meer productieve vegetatie zou geleid kunnen hebben tot een groter verdampingsverlies, en dus verminderde grondwateraanvulling. Aangezien er in het intrekgebied ook nu nog altijd een behoorlijk schrale heidevegetatie aanwezig, lijkt het onwaarschijnlijk dat dit proces een grote rol heeft gespeeld.

Nadere analyse van de tweede bron van de middentak

Verder naar het westen, ter plaatse van Tpb19, zijn drie dunne leemlagen aangetroffen. Onder de dunne eerste leemlaag is nog steeds met water verzadigd zand aangetroffen, dus deze laag vormt niet de basis van het systeem. De twee dieper gelegen leemlagen, die kleiig ontwikkeld zijn, en waarvan met name de bovenste relatief dik is (15 cm) vormen hier de basis van het systeem: onder de onderste leemlaag is het zand droog. De dikte van de watervoerende zandlaag bedraagt hier circa 1,9 meter. Terwijl de laag hier dikker is en het verhang minstens net zo sterk is als in de oostelijke bron, komt in deze bron wel duidelijk kwelwater aan de oppervlakte. Dit komt ten eerste doordat de bron wat lager op de helling ligt, en ten tweede doordat de bron ook enigszins vanuit het noordoosten wordt gevoed (zie isohypsenkaart, figuur 3.8)).

Waarschijnlijk vormen de dunne leemlagen die ter plaatse van Tpb19 aanwezig zijn een aaneengesloten geheel met de dikke leemlaag die verder oostelijk is aangetroffen, anders zou het systeem immers in het tussenliggende gebied (ter plaatse van Tpb20) geheel droogvallen.

Vanwege de sterke toevoer van kwelwater zakt hier in de loop van de zomer de (grond)waterstands nauwelijks weg, waardoor permanent zeer natte omstandigheden aanwezig zijn, en in combinatie met de stromingsinvloed en het zwak gebufferde

karakter van het kwelwater in het grootste deel van het drassige gebied een goed ontwikkelde Veldrus-veenmosvegetatie met Moerasviooltje aanwezig is. Echter ook hier is langs de bovenrand een kleine zone met Pitrusvegetatie aanwezig.

Nadere analyse van de noordoostelijke brontak

De noordoostelijke brontak begint met een smalle, behoorlijk sterk hellende (hogerop) vochtige tot (verder naar beneden toe) natte slenk. Net bovenstrooms van het uiteinde van de slenk is een boring verricht en is Tpb18 geplaatst. Hier werd op 1,9 m -mv, ofwel vanaf een diepte van circa 28 mNAP een kleiïg ontwikkelde leemlaag aangetroffen: ook hier wordt de basis van het systeem dus gevormd door een leemlaag. In de zijslenk is een sterk verhang in grondwaterspiegel aanwezig: tussen Tpb18 en het bronplasje is op een afstand van 20 meter een verschil in waterstand aanwezig van 2 meter. Dit levert dus een gemiddeld verhang van 100 cm per 10 meter. Dit sterke verhang lijkt te wijzen op een sterke toevoer van grondwater vanuit het noordoosten.

Om dit te verifiëren is op 5-7-2011 een extra boring uitgevoerd op circa 30 meter ten noordoosten van Tpb18. Hier is echter een grondwaterstand aangetroffen die iets lager was dan ter plaatse van Tpb18 (verschil van 15 cm). Op grond van roestverschijnselen kon worden afgeleid dat in de GHG-situatie de grondwaterstand ter plaatse van Bo194 kan oplopen tot circa 29,7 mNAP, maar dit is niet (of nauwelijks) hoger dan het GHG-niveau ter plaatse van Tpb18: dus ook in natte wintersituaties is er geen sprake van toevoer vanuit de zone hogerop de helling. Ter plaatse van Bo194 werd de basis van het systeem ook al snel beneden de grondwaterspiegel bereikt (namelijk al op 15 cm onder de actuele grondwaterstand op 5-7-2011). De bovenzijde van de hier aangeboorde leemlaag vertoonde ook sterke roestverschijnselen, wat wijst op periodieke droogval ervan. Dit alles wijst erop dat ter plaatse van Bo194 de rand van het systeem benaderd wordt. Het systeem verliest hier (op natuurlijke wijze) grondwater over de rand heen. In samenhang hiermee is de grondwaterstand hier relatief laag, en vindt hiervandaan geen voeding van het bronsysteem plaats. Het sterke verhang vanaf Tpb18 naar de bronkop hangt dus vooral samen met een meer lokale voeding vanuit het noordoosten, in combinatie met de geringe dikte van de watervoerende zandlaag (namelijk van 1 à 1,5 meter), waardoor het doorlaatvermogen ervan beperkt is. Ondanks de beperkte omvang van het intrekgebied is er echter toch wel sprake van een (weliswaar lichte maar wel) continue grondwatervoeding van de brontak.

Het ecohydrologisch functioneren van deze brontak wordt wel negatief beïnvloed door de forse Vliegdenen die direct bovenstrooms en langs de brontak groeien. Deze bomen onttrekken rechtstreeks water aan het systeem. De geringe omvang van het intrekgebied maakt deze brontak ook extra gevoelig voor deze verdroging. Met name het sterk hellende bovenstroomse deel van de zijslenk heeft eronder te leiden. De veenmossen die hier nog groeien lijken verdrongen te worden door Pijpenstrootje. De aanwezigheid van Pijpenstrootje zorgt vanwege het relatief sterke verdampingsverlies op zijn beurt voor nog sterkere verdroging.

Verder benedenstrooms (in de omgeving van het plasje) neemt de helling van de zijslenk af, waardoor de afvoer in benedenstroomse richting hier geringer is dan de aanvoer vanaf bovenstroomse richting, en hier (ondanks de verdrogend werking van de Vliegdenen en de Pijpenstrootje-vegetatie) wel permanent natte omstandigheden aanwezig zijn (met een grondwaterstand die op 12-5-2011 slechts 2 cm lager was dan op 30-3-2011).

Nadere analyse van de zuidoostelijke brontak

Ter plaatse van Tpb21 is vanaf 1,9 meter beneden maaiveld, ofwel op 26,6 mNAP wederom kleiïg ontwikkelde leem aangetroffen. Dit niveau is relatief laag ten opzichte van de noordoostelijke brontak (ter plaatse van Tpb18), maar is ongeveer even laag als in de middentak (ter plaatse van Tpb19). Er is ook geboord in een lijn ten zuidoosten van de brontak (Bo22, Bo23 en Tpb 24), en in de boorgaten en de tijdelijke peilbuis zijn de grondwaterstanden gemeten. Hieruit volgt dat er in deze richting weliswaar wel sprake is van een oplopende grondwaterstand, maar ook dat de grondwaterstanden hier relatief laag zijn ten opzichte van het verder noordelijk gelegen deel van het systeem (zie isohypsenkaart). Op grond van boring Bo5 staat ook vast dat het schijngrondwatersysteem ten zuidwesten van de slenk al snel eindigt (zie dwarsprofiel 1B-1B'). Al deze bevindingen wijzen erop dat de zuidoostelijke brontak tegen de zuidgrens van het systeem aanligt: het systeem verliest hier in zuidwestelijke richting grondwater over de rand heen (zie isohypsenkaart). In samenhang hiermee wordt de zuidelijke brontak dus niet zozeer vanuit het zuidoosten maar meer vanuit het oosten gevoed.

Wel is het zo dat het grootschalige bos in het hooggelegen gebied aan de zuidoostzijde een verlagende werking op de grondwaterstand kan hebben, en zodoende dus ook het stromingspatroon van het grondwater enigszins kan beïnvloeden. Dit eventuele negatieve effect kan echter op zichzelf de relatief zeer lage grondwaterstand ter plaatse van Tpb24 niet goed verklaren, wat dus betekent dat aangenomen mag worden dat vooral de geohydrologische opbouw van de ondergrond hier debet aan is.

Het Berkenbos dat in en langs de brontak aanwezig is heeft in ieder geval wel (en ook een sterke) negatieve invloed op het ecohydrologisch functioneren van het systeem: de grondwatervoeding vanuit het oosten wordt in het zomerhalfjaar afgevangen door het deel van het Berkenbos dat de bronkop omzoomd, en ook het bos in de brontak zelf zorgt voor verdroging. Als gevolg van de verdrogende werking van het bos zakt de (grond)waterstand hier in de loop van het voorjaar en de zomer relatief snel en ver weg, en is ook de voeding van het samenstromingsgebied vanuit deze brontak verminderd.

Nadere analyse van het samenstromingsgebied van de drie brontakken

Ook op de plek waar de drie brontakken samenstromen is (net als ter plaatse van de brontakken zelf) een slenkvormige structuur aanwezig (zie dwarsprofiel 1B-1B'). Ten oosten van Tpb3, op de overgang naar de middelste brontak (waar tpb19 staat), is er een sprong in het systeem aanwezig (zie dwarsprofiel 1C-1C'). Het betreft hierbij niet alleen een sprong in het maaiveldsverloop maar ook een sprong in het niveau van de stagnerende laag. De stagnerende laag verandert hier bovendien ook van karakter: terwijl verder naar het oosten lemlagen de basis van het systeem vormen, betreft het vanaf dit punt een ijzerconcretielaag. Ter plaatse van Tpb3 en Tpb4 is in combinatie hiermee nog wel een dunne lemlaag aanwezig, maar bij Tpb7 en ook verder westelijk is dit niet het geval.

In de dwarsrichting ligt de ijzerconcretielaag zowel aan de noord- als aan de zuidzijde op een hoger niveau dan in het middendeel (zie dwarsprofiel 1B-1B'). Aan de zuidzijde eindigt het systeem echter al snel, en verliest het systeem ook grondwater over de rand heen. Aan de noordzijde loopt het systeem nog 20 à 30 meter door tot in de aangrenzende, wat hoger gelegen zandgronden. Aan deze zijde is een licht opgebolde grondwaterspiegel aanwezig, wat erop wijst dat vanaf deze zijde voeding van het systeem plaatsvindt. Op deze plek is echter een enorme Vliegden aanwezig, met hieromheen een zone met Pijpenstrootjevegetatie. Niet alleen de Vliegden maar ook de Pijpenstrootjevegetatie onttrekt hier grondwater aan het systeem, wat leidt tot een reductie van de opbolling van de grondwaterspiegel en dus een verminderde voeding van het systeem.

Vanwege de zeer lage ligging binnen het schijngrondwatersysteem wordt ook dit samenstromingsgebied in sterke mate gevoed met kwelwater. Bovendien vindt er vanuit de brontakken ook oppervlakkige toevoer van water plaats. In samenhang hiermee zijn ook in het samenstromingsgebied permanent zeer natte omstandigheden aanwezig, waardoor ook hier een goed ontwikkelde minerotrofe hoogveenvegetatie tot ontwikkeling is gekomen. Deze vegetatie strekt zich niet alleen uit over het middendeel, maar ook over het noordelijke deel van het samenstromingsgebied, vanwege de laterale toevoer vanaf de noordflank. Aangezien aan de zuidzijde weinig voeding optreedt, maar juist water verloren gaat over de rand van het systeem heen, is deze zone gevoeliger voor daling van de grondwaterstand in droge perioden. Deze zone is echter ook droger geworden door de verminderde toevoer vanuit de zuidoostelijke brontak (in samenhang met de opslag van het Brekenbos). Als gevolg hiervan, en geholpen door versterkte aanvoer van voedingsstoffen vanuit de lucht, heeft Pijpenstrootje ook in het wat lager gelegen deel verder van de rand van het systeem af de kans gekregen de vegetatie te gaan overheersen. Daarbij leidt ook hier de aanwezigheid van Pijpenstrootje op zijn beurt tot nog sterkere verdroging.

Nadere analyse van de drassige vlakte

De slenkstructuur gaat verder naar het westen over in een (hellende) vlakte. Al snel verliest het systeem in dit deel niet alleen water over de zuidrand maar ook over de noordrand heen (zie isohypsenkaart en dwarsprofiel 1A-1A'). Verder naar het westen verliest het systeem bovendien water over de benedenrand (van het goed ontwikkelde gedeelte van het systeem) heen (zie dwarsprofiel 1C-1C'). Uit aanvullende ondiepe boringen die ter plaatse van de zijranden zijn uitgevoerd volgt echter wel dat de ijzerconcretielaag langs de randen oploopt, waardoor er dus een soort van ondergrondse badkuip aanwezig is, en waaraan het te danken is dat er ook hier nog altijd behoorlijk natte omstandigheden aanwezig zijn. De bovenzijden van de randen liggen op 30 à 40 cm beneden maaiveld (zie dwarsprofiel 1A-1A'). Bovendien vindt er ook toevoer van grondwater plaats via de waterverzadigde zandlaag vanuit het bovenstroomse deel van het systeem. Deze toevoer is echter onvoldoende om het wegzakken van de grondwaterstand in droge voorjaars- en zomerperioden te voorkomen, waardoor hellingafwaarts de grondwaterstand in droge perioden geleidelijk aan steeds verder beneden maaiveld wegzakt, als gevolg waarvan er in deze zone ook nauwelijks of geen veenvorming optreedt.

Hoewel het systeem in westelijke richting zodoende van nature minder nat wordt, lijkt dit nu om een aantal redenen echter in versterkte mate te gebeuren. In de eerste plaats is de benedenrand van het systeem doorsneden door een diepe, brede geul: deze geul heeft een sterk drainerende werking op het westelijke uiteinde van het (drassige gedeelte van het) systeem. Daarnaast zorgt ook de versterkte oppervlakkige afvoer via het ondiepe geultje dat in het westelijke deel van het systeem aanwezig is voor een zekere verdroging. Het geultje is echter slechts zo'n 10 cm diep en heeft (in natte winterperioden, als er afvoer optreedt) een waterpeil dat slechts circa 5 cm onder het niveau van de schijngrondwaterspiegel ligt. Verder veroorzaken ook de bomen langs de randen verdroging: via de wortelstelsels onttrekken ze zijdelings grondwater aan het systeem.

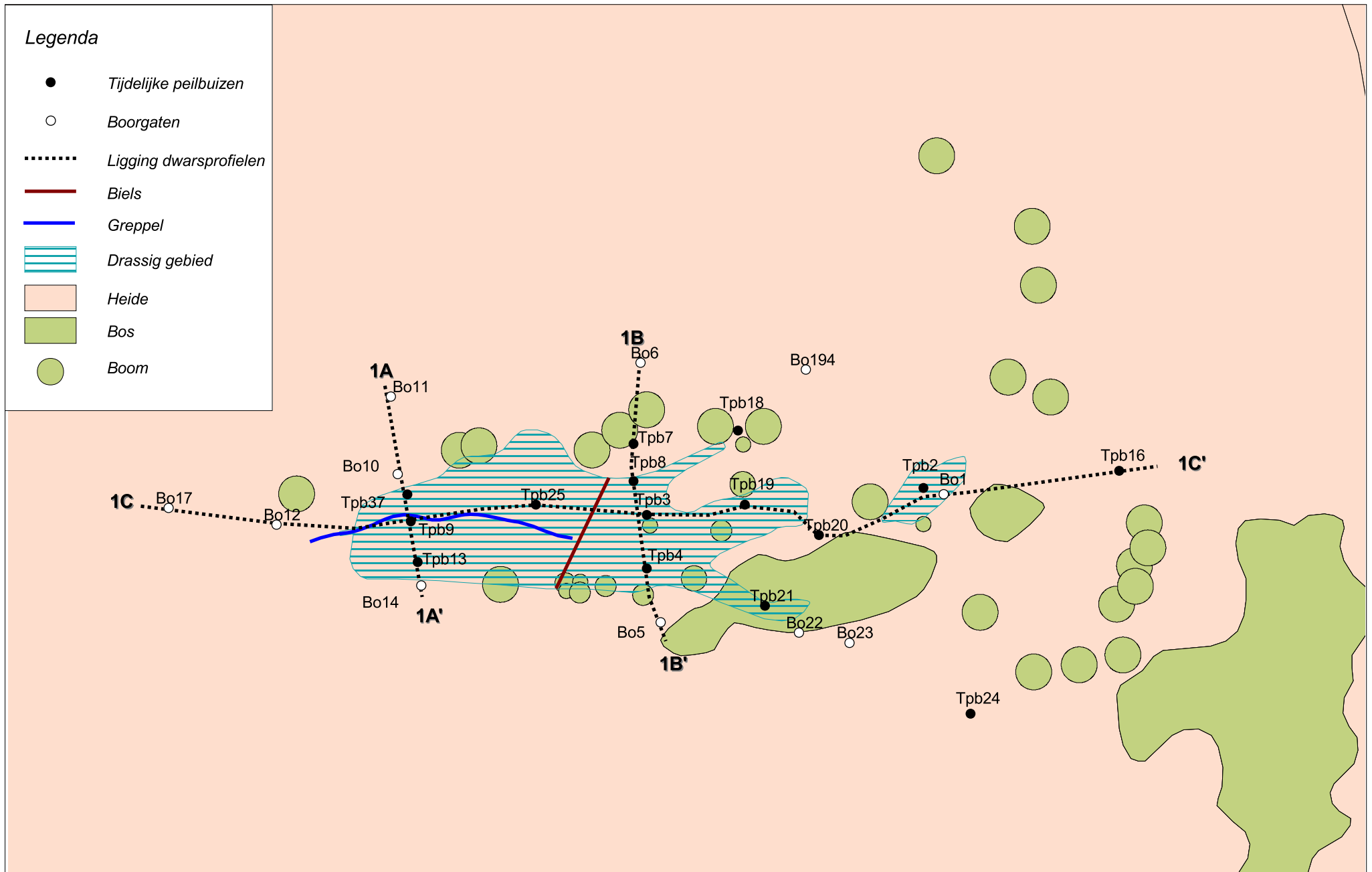
Ondanks deze verstoringen zijn in de huidige situatie zelfs ter plaatse van het westelijke deel van het systeem (ter plaatse van raai 1A-1A') in principe nog voldoende natte omstandigheden aanwezig voor een goed ontwikkelde natte heidevegetatie (met een GLG van circa 0,4 m -mv bij Tpb25 en van circa 0,7 m -mv bij Tpb9). Toch is het gehele heidegebied sterk aan het vergrassen met Pijpenstrootje, niet alleen het westelijke deel maar ook het oostelijke deel. Dit wijst erop dat niet alleen verdroging maar ook (en vooral) voedselverrijking vanuit de lucht een belangrijke rol speelt bij de vergrassing. Dit geldt dus ook in zijn algemeenheid voor het gehele systeem.

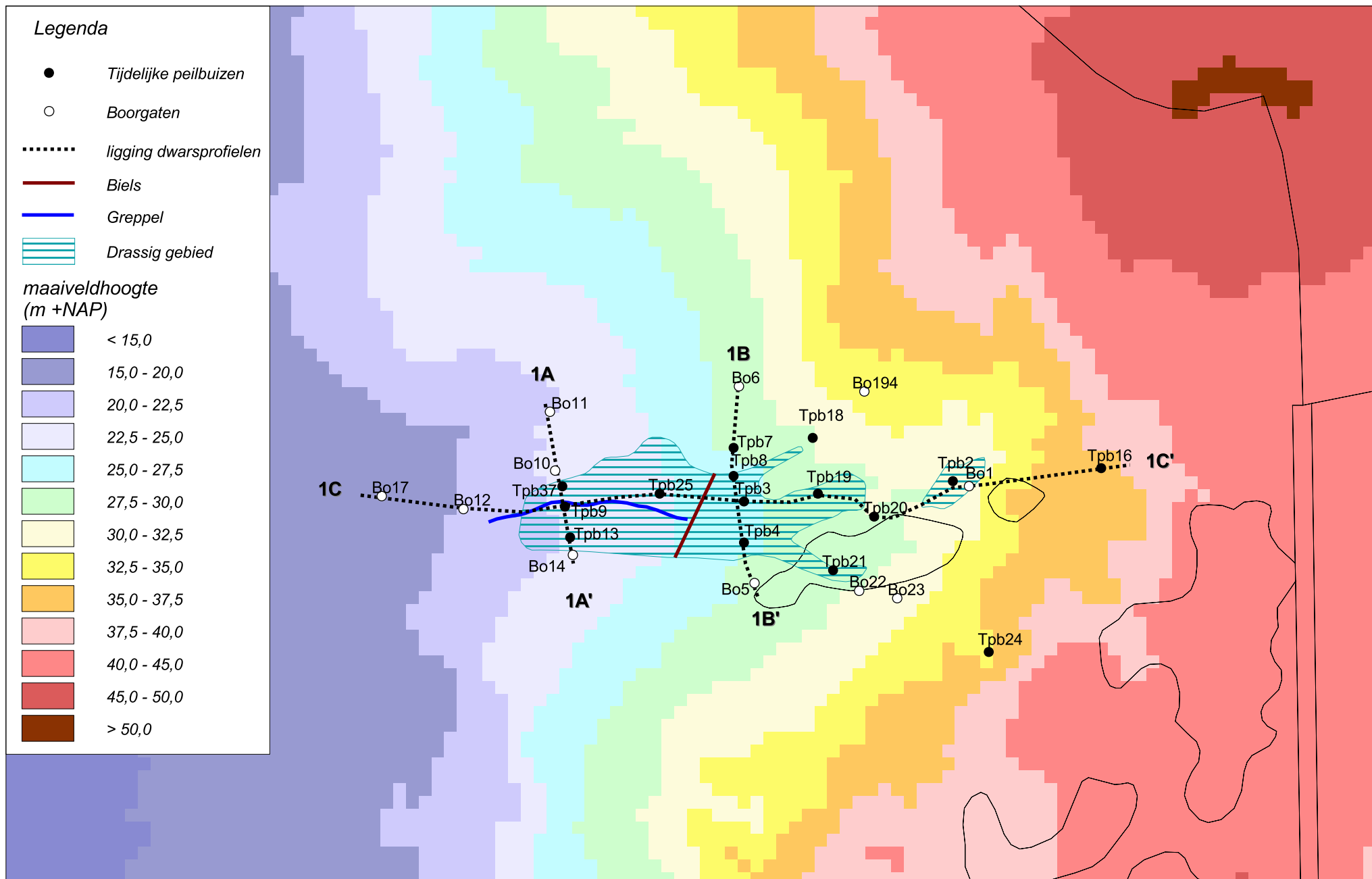
Nieuwe aangroei van het systeem

Nog verder naar het westen, ter plaatse van Bo12, is in de vroege voorjaarssituatie wel een schijngrondwaterspiegel waargenomen, maar kon vanwege de aanwezigheid van een ondoordringbare stenenrijke laag de basis van het systeem niet bereikt worden. Zelfs in de vroege voorjaarssituatie lag de grondwaterstand in dit deel van het systeem al behoorlijk ver beneden maaiveld (namelijk 71 cm), en op 12 mei 2011 was het 2,2 meter diepe boorgat al geheel drooggevallen.

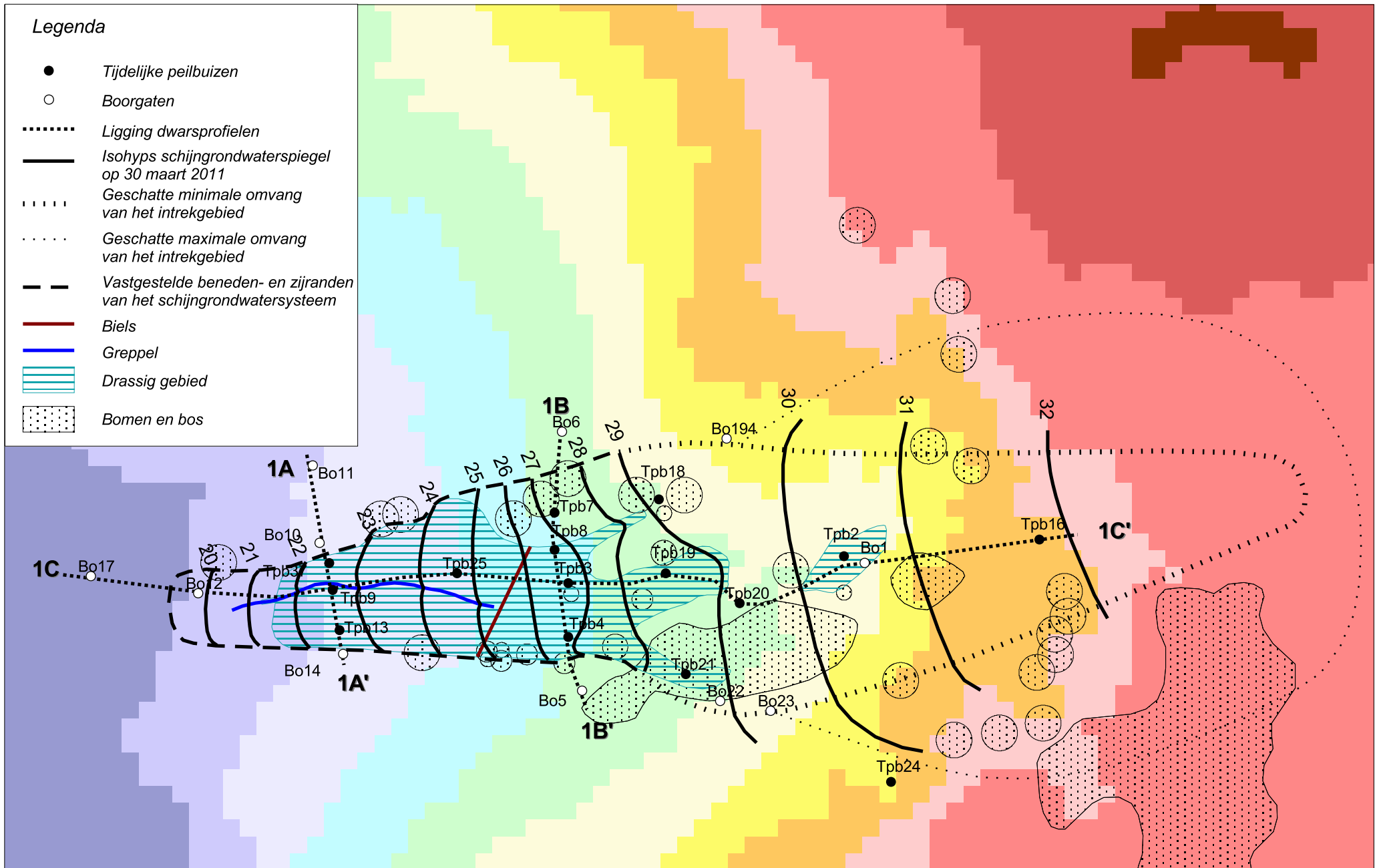
Dit wijst erop dat ook hier wel een stagnerende laag aanwezig is, maar dat deze laag verre van ondoorlatend is. Vermoedelijk is hier een initiële ijzerconcretielaag aanwezig: de laag is hier nog in ontwikkeling en hierdoor pas zeer dun en nog lang niet ondoorlatend. Een dergelijke initiële ijzerconcretielaag is wel aangeboord ter plaatse van Bo10 in dwarsprofiel 1A-1A': het grondwater dat hier over de rand van het schijngrondwatersysteem heen stroomt en infiltreert lijkt aan de bovenzijde van de hier aangetroffen leemlaag te leiden tot neerslag van ijzer. Verder is ook in de geul benedenstreams van de noordelijke bron een dergelijke initiële ijzerconcretielaag aangetroffen, ditmaal zonder combinatie met een leemlaag (zie dwarsprofiel 3A-3A' en begeleidende tekst).

In samenhang met de sterk wisselende grondwaterstanden is dit nog in ontwikkeling zijnde gedeelte van het systeem een Pijpenstrootjevegetatie tot ontwikkeling gekomen.



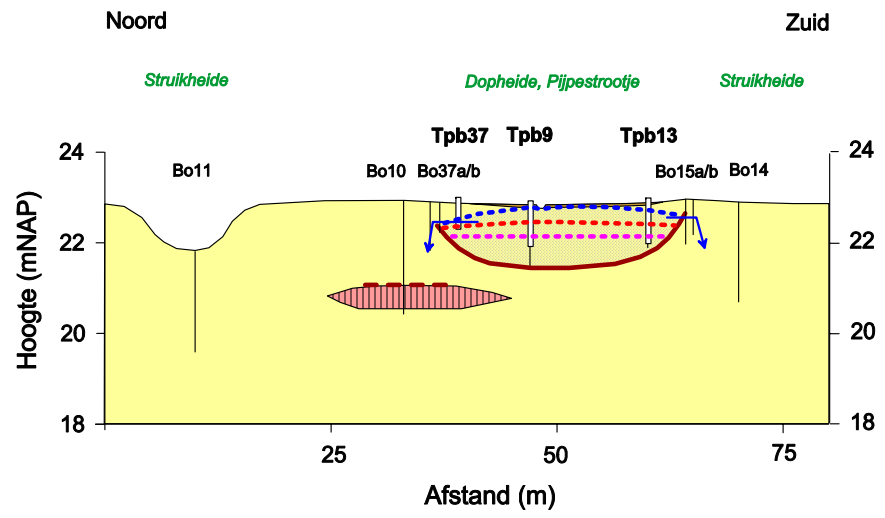


Figuur 3.7 Hoogtekaart van het zuidelijke bronsysteem



Figuur 3.8 Isohypskaart van het zuidelijke bronsysteem (30 maart 2011)
 (met maaiveldhoogte als ondergrond - voor legenda zie figuur 3.7)

Dwarsprofiel 1A-1A'



Legenda

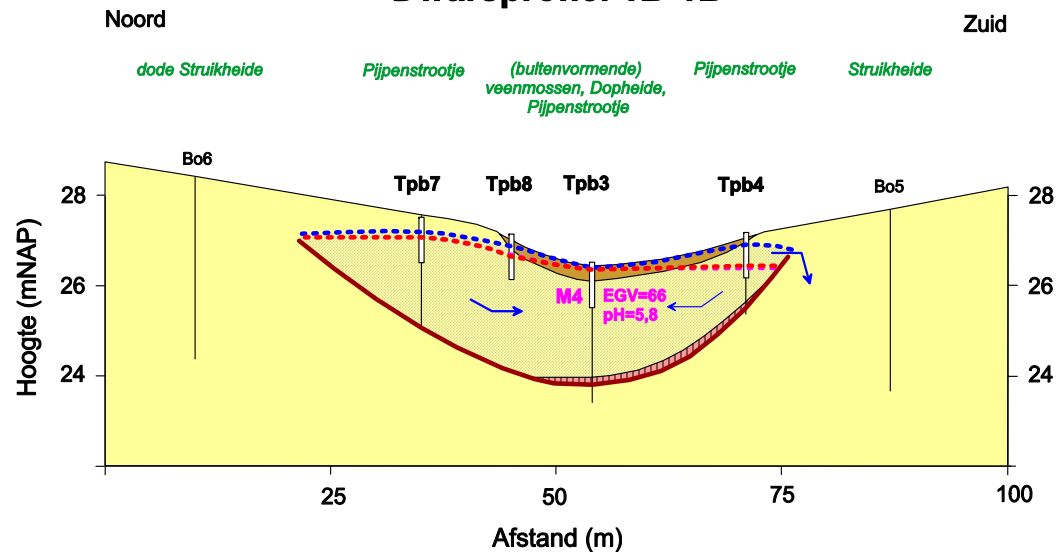
- = veen
- = zand, droog
- = zand, waterverzadigd (situatie 30 maart 2011)
- = leem
- = ijzerconcretielaag (zeer slecht doorlatend)
- = initiële ijzerconcretielaag (matig slecht doorlatend)
- = grondwaterspiegel op 30 maart 2011
- = grondwaterspiegel op 12 mei 2011
- = grondwaterspiegel op 5 juli 2011
- = stromingsrichting van grondwater in vroege voorjaar (dikte van pijl is indicatie voor stromingssterkte)
- M2 = code watermonster (monstername op 12 mei 2011)
- EGV=139 = Elektrisch Geleidings-Vermogen (= maat voor ionenrijkdom)
- pH=5,1 = zuurgraad

Figuur 3.9

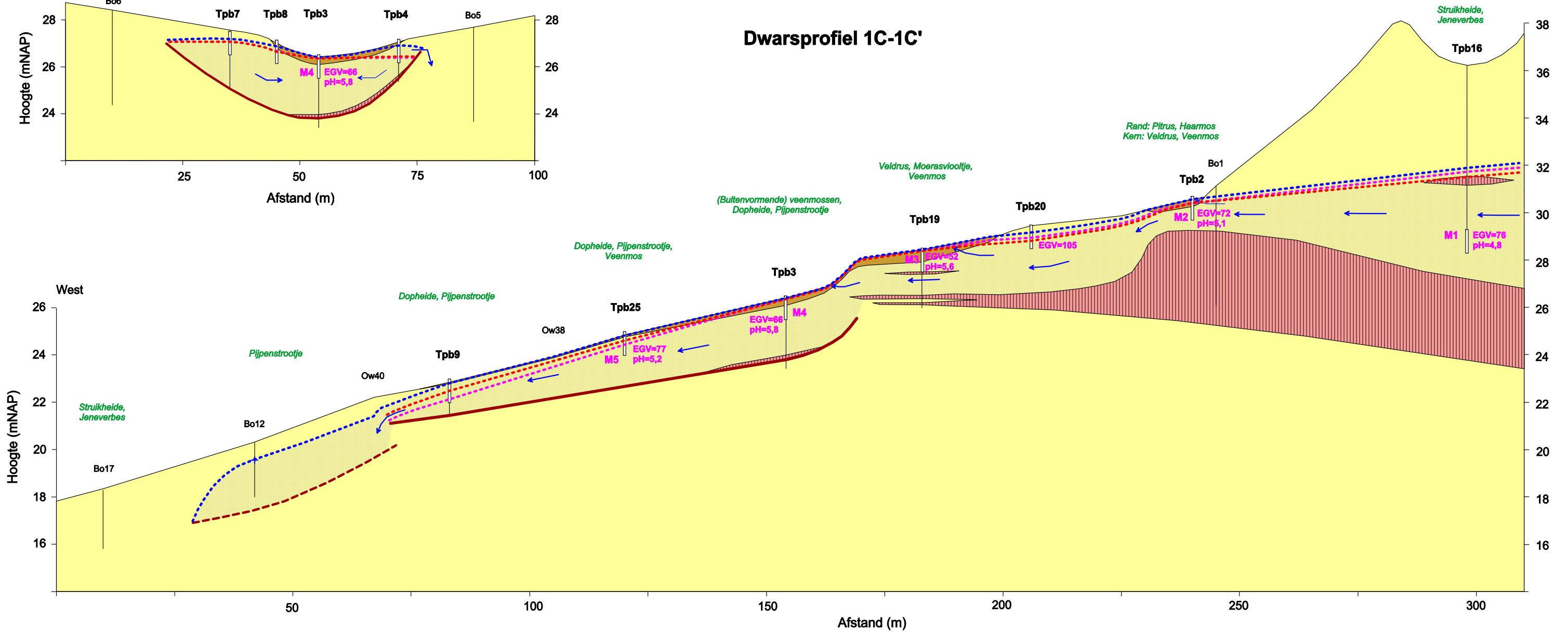
Ecohydrologische dwarsprofielen van het zuidelijke bronsysteem

Bell Hullenaar
Ecohydrologisch Adviesbureau

Dwarsprofiel 1B-1B'



Dwarsprofiel 1C-1C'



3.4.4 Bronsysteem bij de Dikke Steen

Bij de boring in de bronkop (Tpb43) is op een diepte van 1,4 tot 1,6 meter beneden maaiveld een laag door ijzer verkit sterk lemig zand aangetroffen: deze stagnerende laag vormt de basis van het bronsysteem dat hier aanwezig is. Onder deze laag werd een tweede watervoerende zandlaag aangetroffen. Dit wijst erop dat hier op grotere diepte dus nog een tweede systeem aanwezig is, wat betekent dat er dus ook een dieper gelegen stagnerende laag aanwezig moet zijn. Deze laag is echter niet aangeboord. Het diepere systeem heeft een geringere stijghoogte dan het ondiepe systeem, en er treedt lager op de helling ook geen water uit. Blijkbaar eindigt de stagnerende laag op een gegeven moment, en infiltreert het grondwater van het diepere systeem over de rand van de stagnerende laag heen ongemerkt naar de ondergrond.

In de dwarsrichting is de stagnerende laag zowel aan de noord- als aan de zuidzijde al snel (op 35 meter van de bron) niet meer aanwezig (zie dwarsprofiel 2B-2B': Bo44 en Bo47). Het is niet duidelijk hoe het systeem in de dwarsrichting precies begrensd wordt. Mogelijk zijn hier (net als bij het zuidelijke bronsysteem) ijzerconcretielagen aanwezig die lateraal waterverlies voorkomen. Dit zou achterhaald kunnen worden door in de dwarsrichting intensiever te boren. Dit is echter niet gedaan omdat dit geen meerwaarde heeft voor het in beeld brengen van de knelpunten ten aanzien van het ecohydrologisch functioneren, en ook omdat de bronkop aan weerszijden geflankeerd wordt door slecht doordringbaar Rododendronstruweel.

Om een indruk te krijgen van het intrekgebied van het eerste systeem is ook hogerop de helling (en zo hoog als mogelijk middels handmatige methode) een boring uitgevoerd en een tijdelijke peilbuis geplaatst (Tpb 46). Hoewel de afstand tot de bronkop slechts 35 meter bedraagt is de grondwaterstand ter plaatse van Tpb 46 77 cm hoger dan in de bronkop zelf. Er is dus een sterk verhang in grondwaterspiegel aanwezig. Het sterke verhang en het feit dat de bron permanent stroomt (dus ook in droge zomerperioden) wijzen erop dat het intrekgebied een aanzienlijke omvang moet hebben. Omdat het systeem gelegen is op een rug kan het niet heel breed zijn. In de lengterichting kan het systeem echter wel ver doorlopen. Er mag vanuit gegaan worden dat het systeem in ieder geval doorloopt tot aan de halfopen heidestreek hogerop de helling, wat betekent dat het dennenbos tussen de bronkop en deze heidestreek dus binnen het intrekgebied valt. Het is ook goed mogelijk dat het systeem nog verder doorloopt, tot aan de grens van het centrale heidegebied. Dit zou betekenen dat ook het vrij dichte dennenbos tussen de halfopen heidestreek en het centrale heidegebied binnen het intrekgebied valt.

Aangezien er ter plaatse van de bron een gat in de helling aanwezig is, lijkt de bron te zijn uitgegraven, als gevolg waarvan er hier geen sprake is van een diffuse voeding, maar voeding op één punt, en er nu een zogenaamde puntbron aanwezig is. Dit veroorzaakt in feite dus een verstrekte drainage van het systeem, maar blijkbaar is het systeem robuust genoeg om dit op te kunnen vangen, zonder dat de bron in de loop van de zomer droogvalt. Het betekent eveneens dat er hier geen geleidelijke overgang meer aanwezig is van nat naar droog, met (in potentie) een bijbehorende gradiënt van minerotroof hoogveen naar natte heide. Behalve door de uitgraving van de bron wordt de ontwikkeling van een ecologisch waardevolle begroeiing in de huidige situatie ook onmogelijk gemaakt door de aanwezigheid van de aangeplante Rododendrons direct rond de bron en de Moerascypressen hieromheen, niet alleen vanwege beschaduwing, maar ook vanwege uitscheiding van toxische stoffen door de Rododendrons en de aanwezigheid van een naaldendek van de Moerascypressen op de bodem rond de bron. In combinatie hiermee wordt ook door de veelvuldige betreding van zone rond de bron door wandelaars ontwikkeling van een kruidlaag onmogelijk gemaakt.

Aan de benedenstroomse zijde eindigt dit bronsysteem zeer snel. Anders dan bij de twee andere onderzochte bronsystemen is hier aan de benedenstroomse zijde geen ijzerconcretielaag aangetroffen. Daar waar de leemlaag eindigt infiltreert het bronwater zodoende (via het kleine loopje dat hier aanwezig is) snel naar de ondergrond.

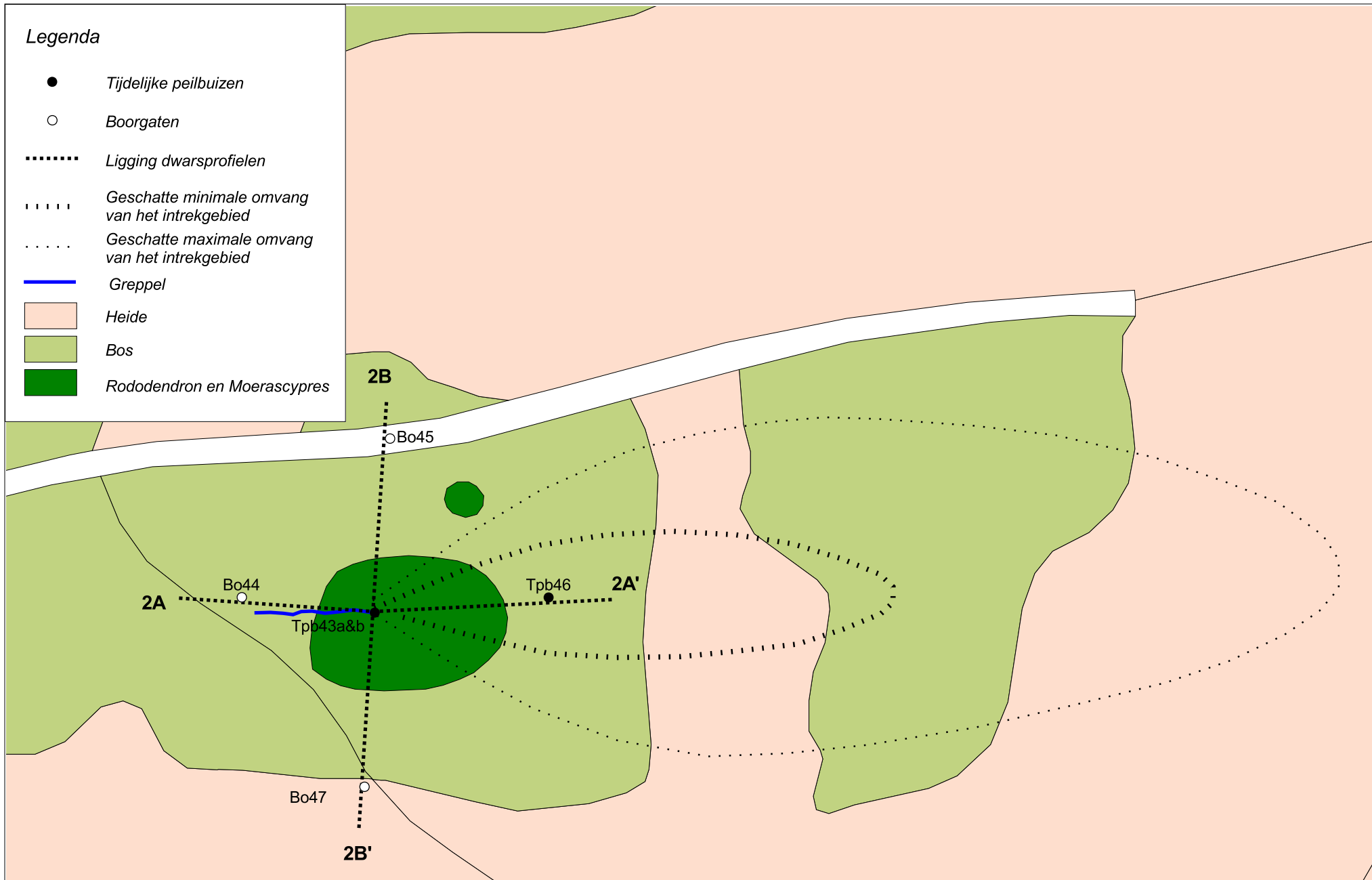
3.4.5 Noordelijke systeembron

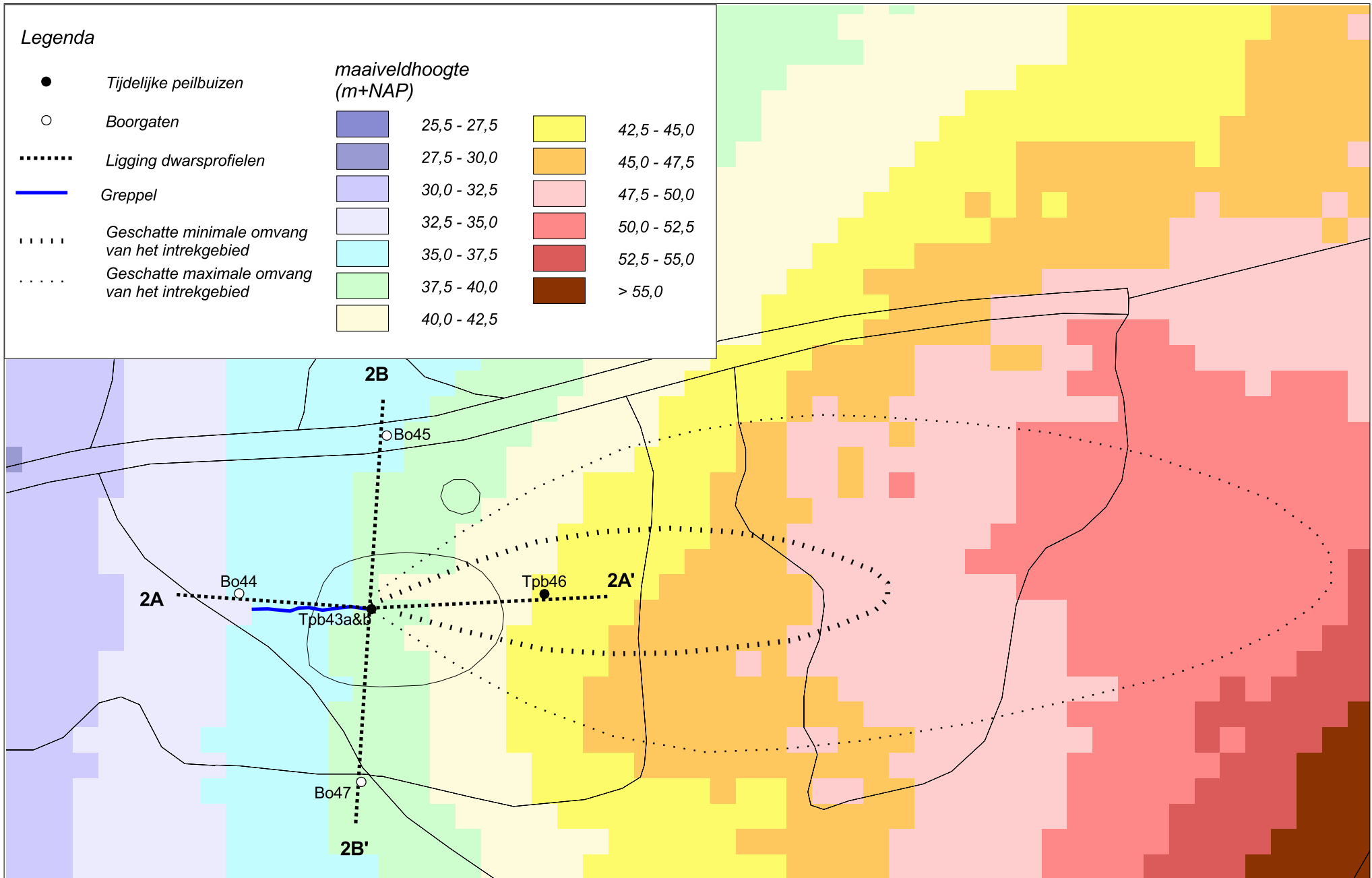
Bij de boring in de bronkop is al op 0,5 meter onder het niveau van de waterspiegel van het bronplasje (en 10 cm onder de bodem van het plasje) een 20 cm dikke leemlaag aangetroffen. Deze leemlaag werkt stagnerend en vormt de basis van het systeem. Hogerop de helling, ter plaatse van Tpb57, is de leemlaag ook aangeboord (zie dwarsprofiel 3A-3A'). De laag is hier 45 cm dik en ook zandig ontwikkeld. De dikte van de watervoerende zandlaag boven de leemlaag bedraagt zelfs in de vroege voorjaars situatie slechts 0,7 meter, en is er slechts een beperkt verhang in grondwaterspiegel aanwezig (gemiddeld circa 0,1 m per 10 m tussen Tpb57 en het bronplasje). Dit komt vooral doordat de dunne, zandige (en niet door ijzer verkitte) leemlaag niet ondoorlatend is, waardoor er waterverlies naar de ondergrond optreedt. Als gevolg hiervan heeft deze bron van nature een veel minder sterke voeding dan de overige twee bronnen.

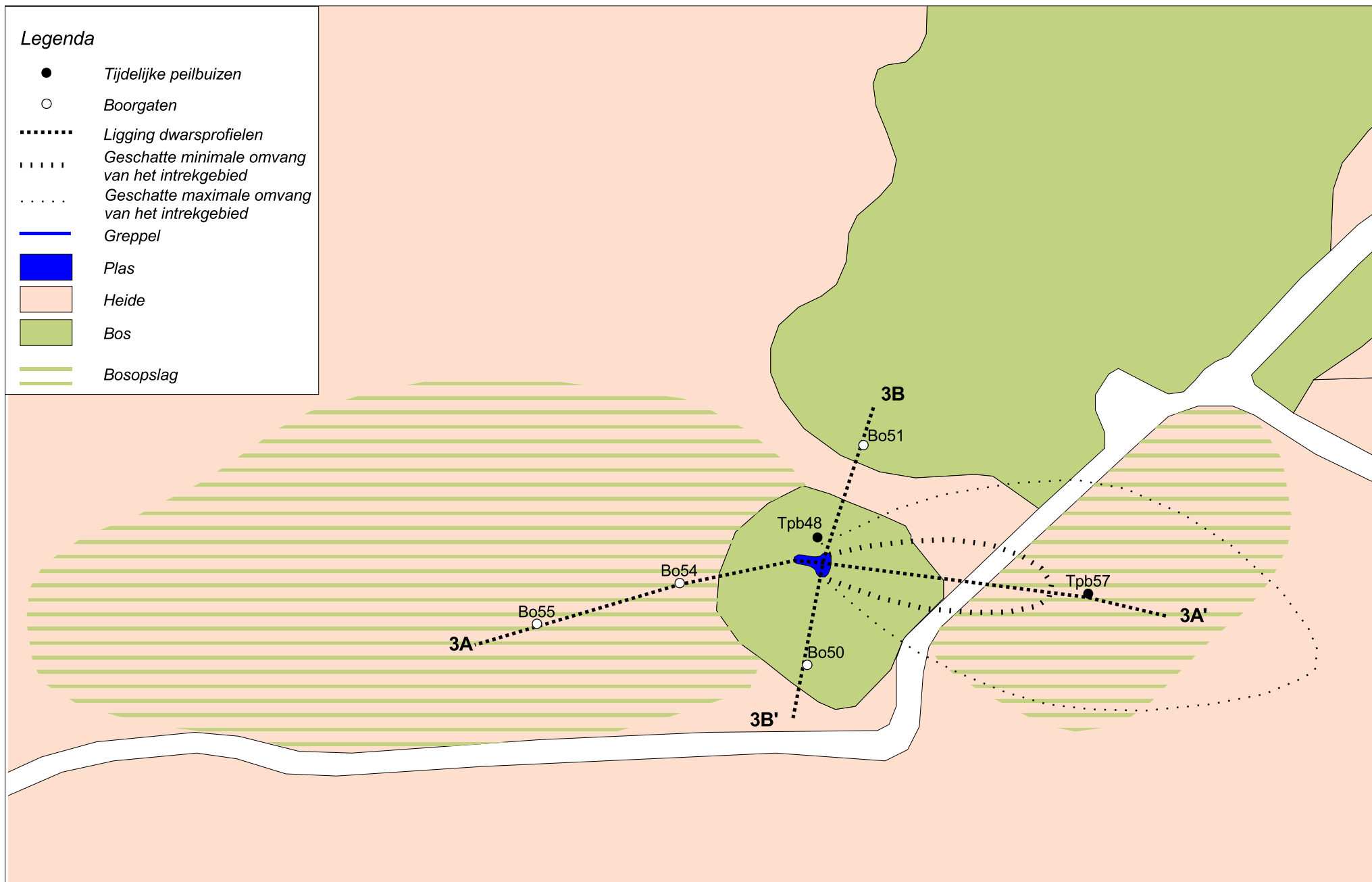
Daarnaast is in het intrekgebied ook veel opslag van grove den aanwezig. Vanwege het relatief sterke verdampingsverlies van bos ten opzichte van heide is hierdoor sprake van een verminderde grondwateraanvulling, en ook dit leidt tot een geringere opbolling van de grondwaterspiegel, en dus geringere voeding van de bron.

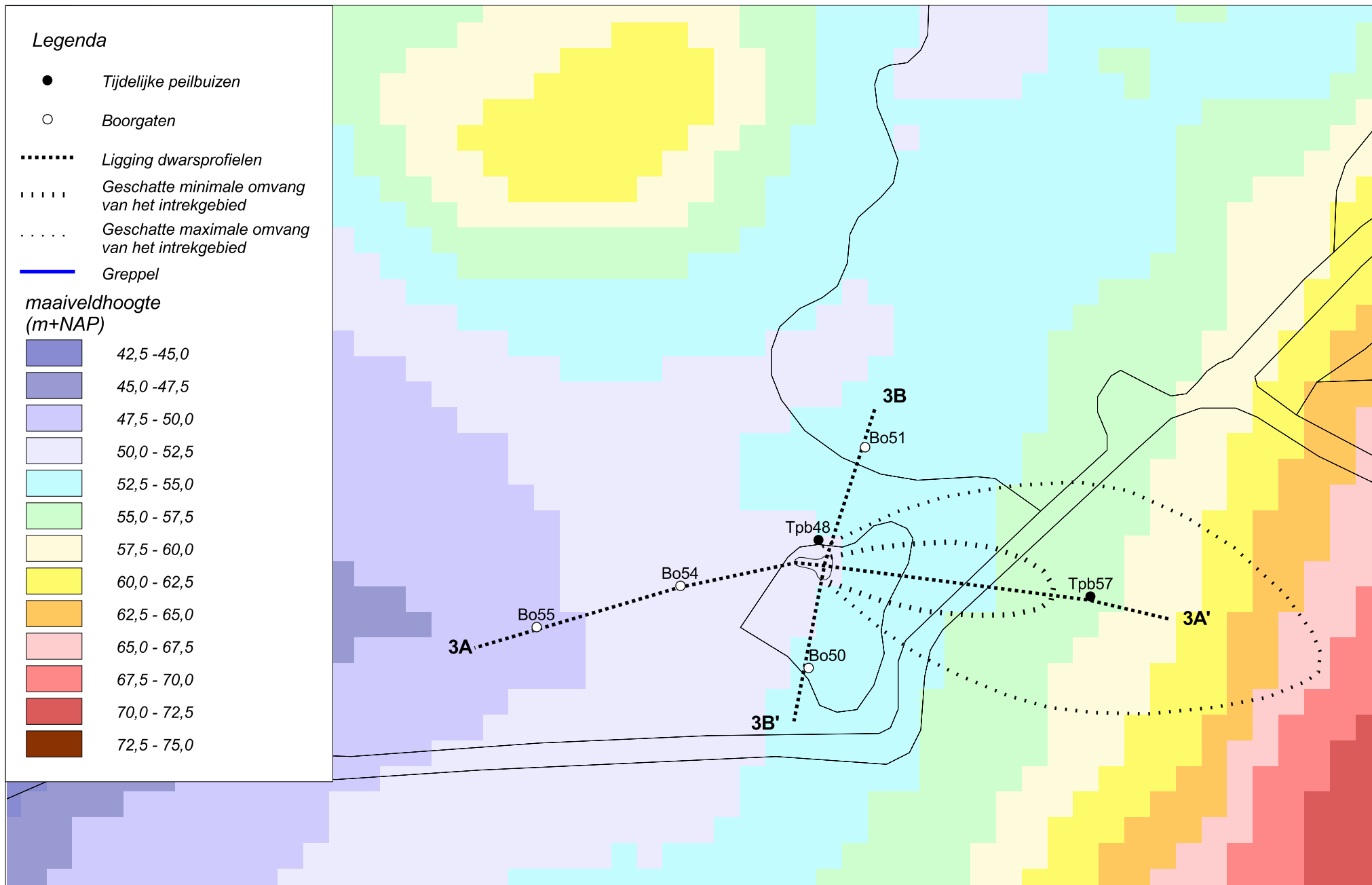
Bij de noordelijke bron is in de dwarsrichting (anders dan bij de bron bij de Dikke Steen) wel een voortzetting van de leemlaag aangetroffen (zie dwarsprofiel 3B-3B'). De leemlaag wordt echter zowel naar het zuiden als naar het noorden toe snel dunner (en is hier dus nog dunner dan ter plaatse van de bronkop zelf), waardoor hier nog meer water naar de ondergrond verloren gaat, en de zandlaag boven de leem al snel droogvalt. Op korte afstand van het bronplasje (Bo56) is echter nog wel een schijngrondwaterspiegel aangetroffen die tot nabij maaiveld reikt. In deze zone zijn volwassen dennen aanwezig die vanwege het relatief sterke verdampingsverlies een verdrogende werking hebben op het systeem.

In de geul die hellingafwaarts aansluit op het plasje is op een diepte van circa 0,7 m -mv een zeer dunne, matig ontwikkelde ijzerconcretielaag aangetroffen. De laag is hier nog in ontwikkeling, en kan zodoende als een initiële ijzerconcretielaag beschouwd worden. De laag werkt wel enigszins stagnerend maar is verre van ondoorlatend. Zodoende is in de vroege voorjaars situatie van 2011 boven de laag wel een schijngrondwaterspiegel aangetroffen, maar was het systeem hier halverwege mei 2011 al geheel drooggefallen. Voeding van dit deel van het systeem vindt grotendeels rechtstreeks plaats door neerslagwater en voor een klein deel door laterale toevoer van grondwater vanuit het intrekgebied via het bronplasje. Uit het feit dat het systeem hier in de loop van het (weliswaar zeer droge voorjaar) droogvalt kan worden afgeleid dat de laterale toevoer van grondwater hier onvoldoende is om de verdampings- en wegzijgingsverliezen op te kunnen vangen. Ook in dit deel van het systeem begint in lichte mate bosopslag op te komen, en ook hier leidt dit tot verdroging.

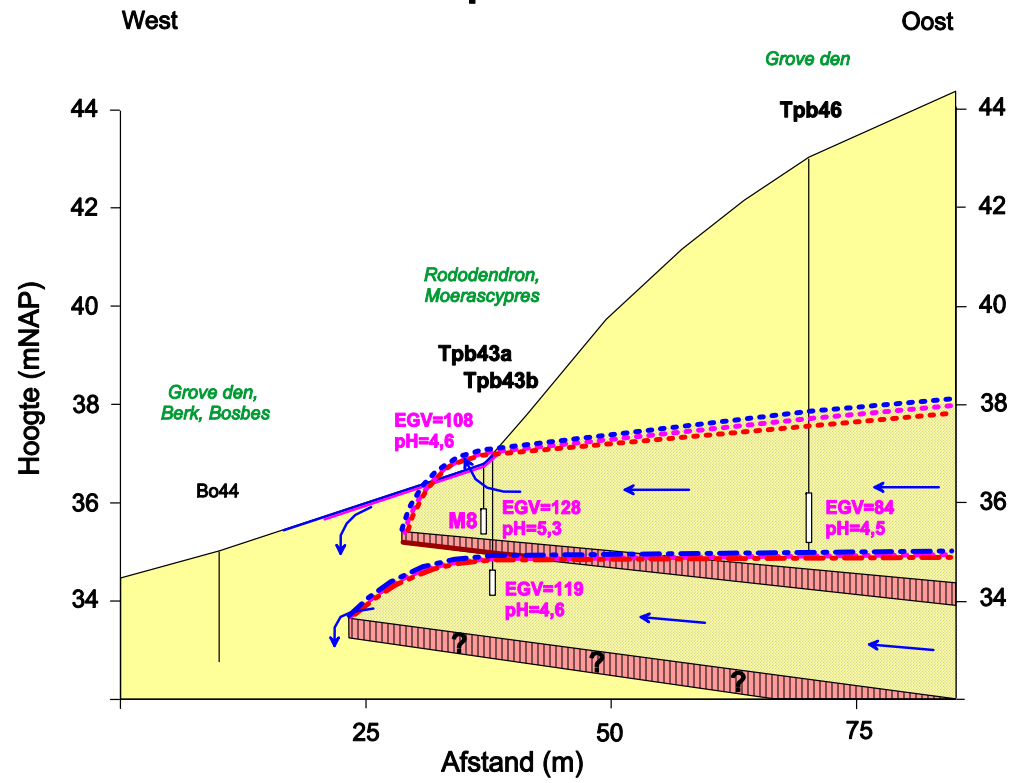




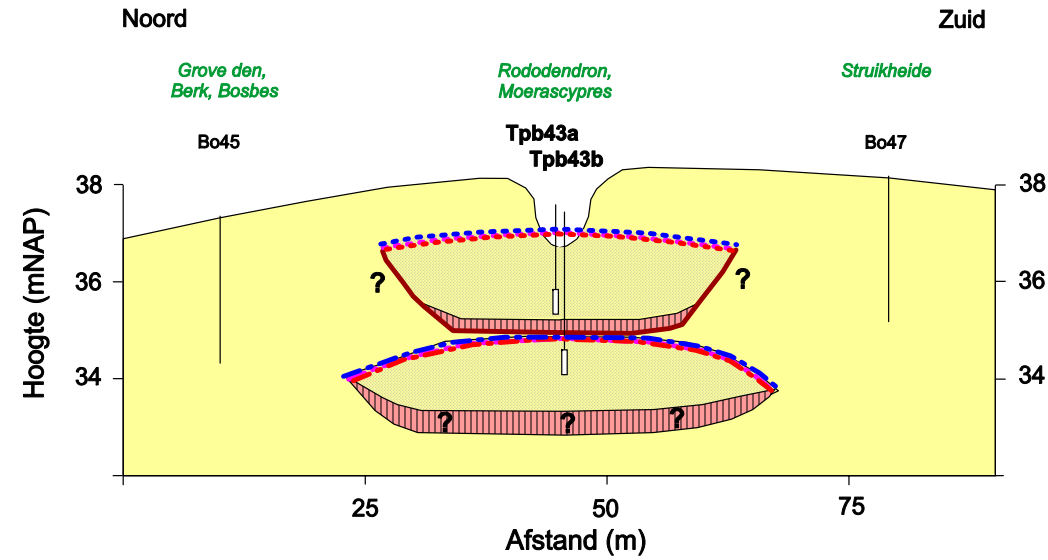




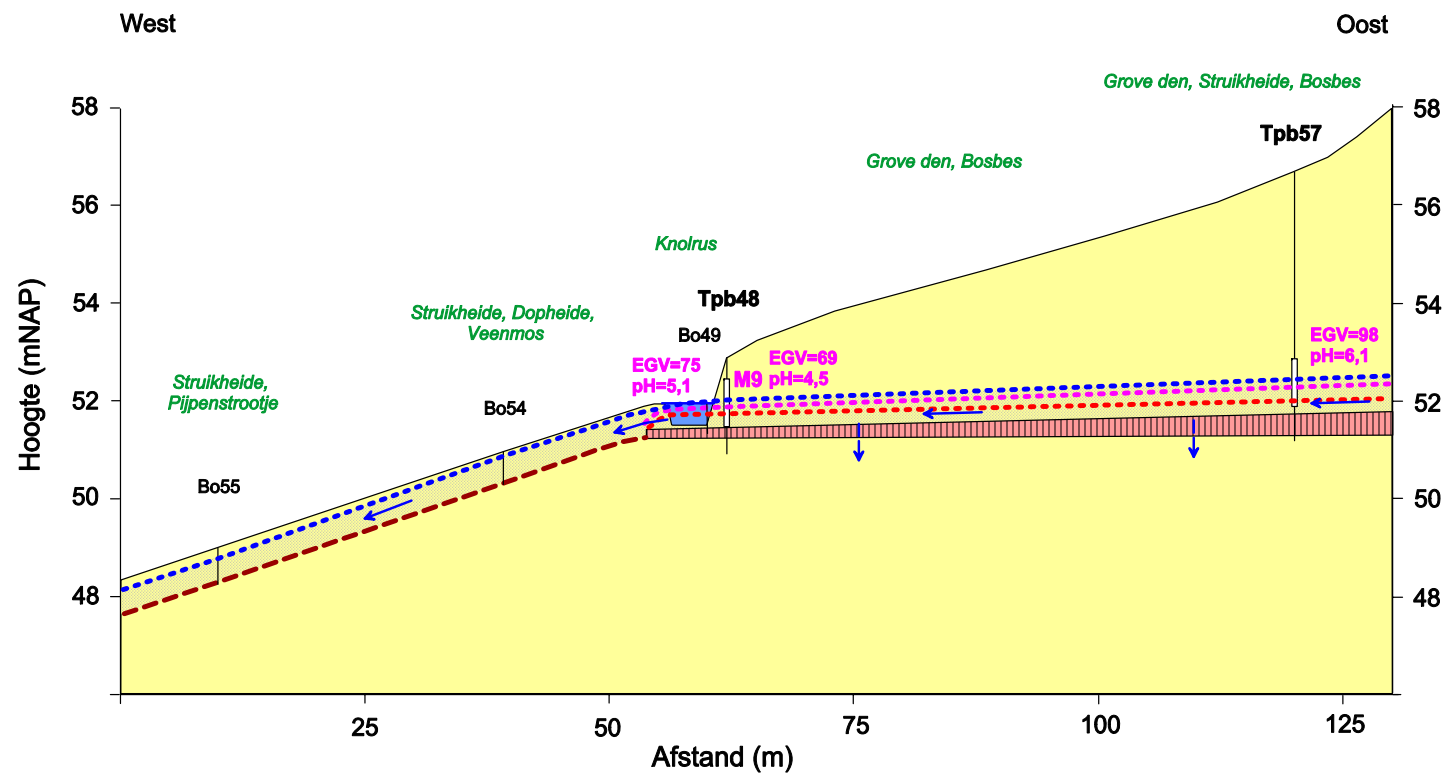
Dwarsprofiel 2A-2A'



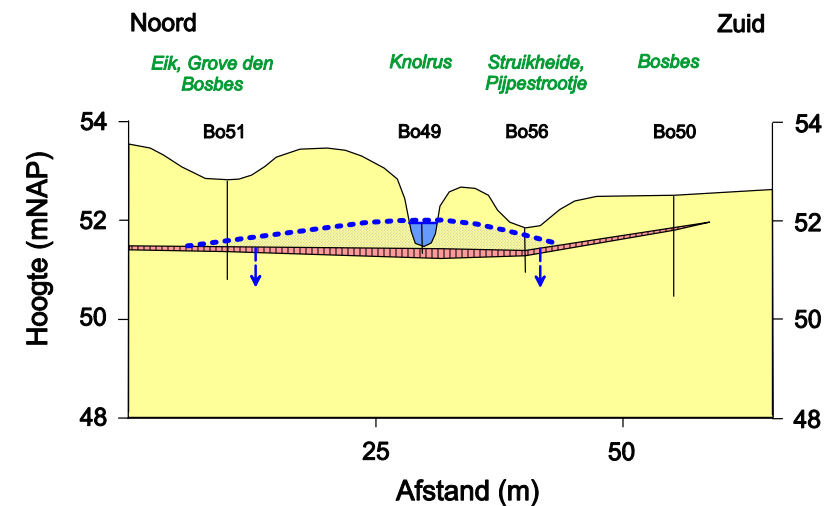
Dwarsprofiel 2B-2B'



Dwarsprofiel 3A-3A'



Dwarsprofiel 3B-3B'



Legenda

- = veen
- = zand, droog
- = zand, waterverzadigd (situatie 30 maart 2011)
- = leem / sterk lemig zand (slecht doorlatend)
- = ijzerconcretielaag (zeer slecht doorlatend)
- = initiële ijzerconcretielaag (matig slecht doorlatend)
- = grondwaterspiegel op 30 maart 2011
- = grondwaterspiegel op 12 mei 2011
- = grondwaterspiegel op 5 juli 2011
- = stromingsrichting van grondwater in vroege voorjaar (dikte van pijl is indicatie voor stromingssterkte)
- M2 = code watermonster (monstername op 12 mei 2011)
- EGV=139 = Elektrisch Geleidings-Vermogen (= maat voor ionenrijkdom)
- pH=5,1 = zuurgraad
- Bo10 Tpb2 = boorpunt / tijdelijke peilbuis

Figuur 3.14 Ecohydrologische dwarsprofielen van het bronsysteem bij de Dikke Steen en het noordelijke bronsysteem

Bell Hullenaar
Ecohydrologisch
Adviesbureau

3.5 Waterkwaliteit

Inleiding

Het waterkwaliteitsonderzoek omvat de volgende onderdelen:

- Uitvoering van oriënterende EGV- en pH-metingen in het oppervlaktewater (op 22 maart 2011), in het kader van de systeemverkenning. De resultaten hiervan zijn weergegeven in tabel 3.1.
- Bemonstering (op 12 mei 2011) en uitgebreide analyse van het grondwater van de meeste tijdelijke peilbuizen (in totaal 9 monsters). Deze watermonsters zijn geanalyseerd door B-ware. De resultaten hiervan zijn opgenomen in tabel 3.2. In de tabel is bij elk monster de code van de bijbehorende tijdelijke peilbuis aangegeven, en de locaties van de tijdelijke peilbuizen zijn weergegeven op de detailkaarten en in de dwarsprofielen.
- Uitvoering van EGV- en pH-metingen op 12 mei 2011 in het veld. De resultaten van deze metingen zijn weergegeven in tabel 3.3. Enerzijds betreft het hierbij meting van de EGV en pH van het grondwater van de bemonsterde tijdelijke peilbuizen. Anderzijds betreft het hierbij een aantal aanvullende metingen, namelijk:
 - Metingen in ondiepe boorgaten, om vast te stellen in hoeverre het bemonsterde grondwater van de tijdelijke peilbuizen ook representatief is voor de grondwaterkwaliteit in de wortelzone van de vegetatie.
 - Metingen van de niet bemonsterde tijdelijke peilbuizen.
 - (Enkele) metingen van het oppervlaktewater.

Totaalbeeld

Zowel in maart als in mei is overal ionenarm grond- en oppervlaktewater aangetroffen, met in de meeste gevallen een EGV uiteenlopend van circa 50 tot circa 150 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Met name bij de metingen in mei is daarbij wel een uiteenlopende mate van buffering geconstateerd en dus zuurgraad geconstateerd, uiteenlopend van sterk zuur (met gemeten pH-waarden van 4,3 à 4,5), via matig zuur (pH van 4,6 tot 5,4) tot zwak zuur (pH van 5,5 tot 5,8). Verder is op vier van de negen bemonsterde plekken nitraat in het grondwater aangetroffen, is op één (andere) plek een verhoogde sulfaatconcentratie gemeten en is op één (wederom andere plek) een vrij hoge chlorideconcentratie geconstateerd.

De pH- en EGV-waarden die in de ondiepe boorgaten in de wortelzone van de vegetatie zijn gemeten zijn over het algemeen gelijk aan de waarden die zijn gemeten in het grondwater van de ondiepe tijdelijke peilbuizen op de overeenkomstige plekken. Er mag daarom dus vanuit gegaan worden dat het ondiepe grondwater in de wortelzone een karakter heeft dat overeenkomt met dat van het bemonsterde grondwater.

Zuidelijke bron

Er is een zonerings in de mate van buffering, en dus zuurgraad van het (grond)water van de verschillende bronnen aanwezig:

- Het grondwater bovenstrooms van de noordoostelijke brontak (monster M6 van Tpb18) is ongebufferd (Alk = 0,0 meq/l) en zodoende sterk zuur (pH = 4,4), en dit geldt (dus) ook voor het bronplasje (pH = 4,4).
- In de eerste bron van de middentak (M2, Tpb2) is het grondwater zeer zwak gebufferd (Alk = 0,1 meq/l) en zodoende matig zuur (pH = 5,1).
- Het grondwater van zuidoostelijke brontak (M7, Tpb21) en de tweede bron van de middentak (M3, Tpb19) is zwak gebufferd (Alk van 0,2 à 0,3 meq/l) en zodoende slechts zwak zuur (pH = 5,6 voor Tpb19, pH = 5,3 voor boorgat Bo21 en pH = 6,2 voor Tpb19).

De oorzaak hiervan zou kunnen zijn dat de relatief laaggelegen tweede bron van de middentak en de eveneens laaggelegen zuidoostelijke brontak meer gevoed worden vanuit de basis van het schijngrondwatersysteem, waar als gevolg van een sterkere aanrijking vanuit de leemlaag het grondwater iets meer gebufferd is.

In het samenstromingsgebied van de brontakken (M4, Tpb3) is het grondwater ook zwak gebufferd (Alk = 0,2 meq/l) en zodoende slechts zwak zuur (pH=5,8), maar in verhouding hiermee is het ondiepe grondwater in het boorgat en het water aan maaiveld wel weer wat zuurder (pH boorgat = 5,1 en pH oppervlaktewater = 4,9). Dit is waarschijnlijk het gevolg van bijmenging met oppervlakkig toegestroomd sterk zuur bronwater vanuit de noordoostelijke brontak.

Het bemonsterde grondwater in het heidegebied (M5, Tpb25) heeft een karakter dat overeenkomt met dat van het oppervlaktewater ter plaatse van Tpb3 (EGV = 77 en pH = 5,2). Ook hier lijkt dus (in samenhang met de toevoer vanuit de verschillende brontakken en bijmenging met neerslagwater) sprake te zijn van een mixtype.

In het intrekgebied (Tpb1, M1) en direct bovenstrooms van de bronkop van de noordoostelijke brontak (Tpb18, M6) bevat het grondwater nitraat (M1: NO₃ = 21 mg/l en M6: NO₃ = 16 mg/l). Aangezien er in het intrekgebied geen specifieke activiteiten plaatsvinden die de waterkwaliteit (in deze mate) negatief zouden kunnen beïnvloeden moet de oorzaak hiervan gezocht worden in verhoogde depositie vanuit de lucht. De aanwezigheid van bomen (zoals bijvoorbeeld de Vliegden ter plaats van de noordoostelijke bronkop) kan daarbij voor een (sterke) extra stimulans zorgen van de depositie, vanwege de veel sterkere afvang van deeltjes vanuit de lucht. In het bemonsterde grondwater van de bronnen zelf is echter geheel geen nitraat aangetroffen, en ook de ammoniumconcentraties zijn laag. Enerzijds is dit wellicht te danken aan het optreden van denitrificatieprocessen tijdens de stroming van het grondwater door de ondergrond. Anderzijds bestaat de mogelijkheid dat het enigszins met stikstof verrijkte grondwater de bronnen nog niet bereikt heeft.

Het grondwater van de zuidoostelijke brontak (M7, Tpb2) heeft een opvallend hoge chlorideconcentratie (32 mg/l). Het grondwater is bovendien zeer ijzerrijk (Fe = 8,3 mg/l). De voedingsstoffenconcentraties en ook de sulfaatconcentratie zijn echter laag. Er lijkt zodoende geen sprake te zijn van negatieve antropogene beïnvloeding van het grondwater. Wellicht zijn de hoge ijzer- en chloride-concentraties het gevolg van sterke indamping van het kwelwater dat hier aan de oppervlakte komt, maar niet echt afstroomt.

Tabel 3.1 Resultaten oriënterende EGV- en pH-metingen (22-3-2011)

locatie	soort	EGV ($\mu\text{S/cm}$)	pH (-)
zuidelijke bron: 1e bron middentak	oppervlaktewater	120	4,5
zuidelijke bron: 2e bron middentak	oppervlaktewater	62	5,1
zuidelijke bron: noordoostelijke brontaktak	oppervlaktewater	123	4,3
zuidelijke bron: zuidoostelijke brontak	oppervlaktewater	152	4,6
zuidelijke bron: natte heide	oppervlaktewater	76	5,0
bron bij Dikke Steen	oppervlaktewater	117	4,4
noordelijke bron	oppervlaktewater	118	4,6

Tabel 3.2 Resultaten waterkwaliteitsonderzoek (monsternamen op 12-5-2011, analyse door B-ware)

Code	Peilbuis	pH-lab	pH-veld	Alk meq L ⁻¹	CO ₂ mg/l	HCO ₃ mg/l	Al mg/l	Ca mg/l	Fe mg/l	Mg mg/l	P mg/l	
M1	Tpb16	4,7	4,8	0,05	11	0	0	0	2	0,0	1	0,01
M2	Tpb2	4,8	5,1	0,08	41	1	1	1	1	1,7	1	0,03
M3	Tpb19	5,5	5,6	0,33	53	10	1	2	2	2,0	2	0,03
M4	Tpb3	5,5	5,8	0,17	25	4	1	2	2	2,1	1	0,01
M5	Tpb9	4,9	5,2	0,09	28	1	0	2	2	1,6	1	0,01
M6	Tpb18	4,3	4,4	0,02	9	0	2	3	3	0,1	2	0,00
M7	Tpb21	5,3	6,2	0,20	41	4	1	4	4	8,3	4	0,01
M8	Tpb43a	5,4	5,3	0,13	24	4	0	8	8	0,1	4	0,00
M9	Tpb48	4,3	4,5	0,03	22	0	2	0	0	0,0	0	0,00

Code	Peilbuis	S mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	NH ₄ ⁺ mg/l	PO ₄ ³⁻ mg/l	K ⁺ mg/l	Na ⁺ mg/l	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	EGV ber. $\mu\text{S/cm}$	EGV gem. $\mu\text{S/cm}$
M1	Tpb16	1,1	21	0,1	0,00	2,8	4	4	3	52	76
M2	Tpb2	2,8	0	0,1	0,02	1,4	8	10	8	63	72
M3	Tpb19	0,9	0	0,1	0,02	0,5	3	2	3	55	52
M4	Tpb3	1,5	0	0,1	0,01	0,3	5	6	5	52	66
M5	Tpb9	4,2	0	0,1	0,00	0,3	7	10	12	60	77
M6	Tpb18	4,5	16	0,0	0,00	0,5	8	14	13	90	131
M7	Tpb21	2,1	0	0,6	0,00	0,7	13	32	6	148	201
M8	Tpb43a	7,7	11	0,0	0,00	0,6	6	8	23	103	128
M9	Tpb48	2,3	13	0,2	0,00	0,5	3	3	7	44	69

Tabel 3.3 Resultaten veldmetingen EGV en pH (12-5-2011)

locatie	label	soort	EGV ($\mu\text{S/cm}$)	pH (-)
2	Tpb2	peilbuis	72	5,1
2	Bo2	boorgat	64	5,2
3	Tpb3	peilbuis	66	5,8
3	Bo3	boorgat	75	5,1
3	Ow3	oppervlaktewater	76	4,9
16	Tpb16	peilbuis	76	4,8
18	Tpb18	peilbuis	131	4,4
18	Ow18	oppervlaktewater	98	4,4
19	Tpb19	peilbuis	52	5,6
19	Bo19	boorgat	60	5,6
20	Tpb20	peilbuis	105	-
21	Tpb21	peilbuis	201	6,2
21	Bo21	boorgat	149	5,3
25	Tpb25	peilbuis	77	5,2
43	Tpb43a	peilbuis, ondiep	128	5,3
43	Tpb43b	peilbuis, diep	119	4,6
43	Ow43	oppervlaktewater	108	4,6
46	Tpb46	peilbuis	84	4,5
48	Tpb48	peilbuis	69	4,5
48	Ow48	oppervlaktewater	75	5,1
57	Tpb57	peilbuis	98	6,1

Bron bij de Dikke Steen

Het bemonsterde grondwater van Tpb43 (monster M8, peilbuis in de bronkop) is zwak gebufferd (Alk = 0,1 meq/l) en zodoende matig zuur (pH = 5,3). Het grondwater van tpb46 (peilbuis in het intrekgebied) is in vergelijking met dat van Tpb43 duidelijk zuurder (pH=4,5), en dat geldt ook voor het water dat uit de bron stroomt (pH=4,6). De relatief sterke buffering van het bemonsterde grondwater kan samenhangen met de nabijheid van de leemlaag: wellicht komen hier in lichte mate bufferende bestanddelen uit vrij.

Het grondwater van Tpb43 bevat nitraat (NO₃ = 11 mg/l) en ook de sulfaatconcentratie is vrij hoog (23 mg/l). Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door depositie vanuit de lucht, temeer vanwege de aanwezigheid van de vele struiken en bomen in het intrekgebied, waardoor de invang van stikstof / sulfaat extra groot is.

In 1989 is de voormalige peilbuis B4 van het meetnet van Landschap Overijssel bemonsterd, en ook toen werd hier (veel) nitraat in het grondwater aangetroffen (Garritsen, 1989). De sulfaatconcentratie is toen niet gemeten.

Noordelijke bron

Het bemonsterde grondwater van Tpb48 (M9) is ionenarm, ongebufferd (Alk=0,0 meq/l) en zodoende sterk zuur (pH=4,5). Het water in het plasje is in vergelijking hiermee iets minder zuur (pH=5,0). Ook hier bevat het grondwater nitraat (NO₃=13 mg/l, ofwel 2,9 mgN/l), en ook moet de depositie vanuit de lucht als oorzaak gezien worden, en ook hier speelt het punt van extra invang van vervuilende stoffen door de aanwezigheid van bomen / bosopslag.

Het grondwater van tpb57 is ook ionenarm (EGV=98 µS/cm) maar slechts zwak zuur (6,1), wat wijst op zwakke buffering. Dit zwak gebufferde grondwater is getuige de kwaliteit van het grondwater direct bovenstrooms van de bronkop (M9) niet in staat de bron te bereiken. Dit komt doordat dit grondwater dan inmiddels al lang via de enigszins doorlatende leemlaag naar de ondergrond is geïnfiltreerd.

3.6 Vegetatie

Inleiding

Voor de beschrijving van de vegetatie is in de eerste plaats informatie gebruikt die afkomstig is uit het verslag van een botanische excursie die in 2007 heeft plaatsgevonden, en waarbij onder meer het zuidelijke bronsysteem werd bezocht (Van Tweel-Groot, 2007). Daarbij zijn ook enkele vegetatieopnamen gemaakt. In de tweede plaats zijn de digitaal beschikbare floragegevens van Landschap Overijssel geraadpleegd (stippenkaarten van flora). In de derde plaats zijn de resultaten gebruikt van vegetatieopnamen die in 2004 en 2009 van een proefvlak in het zuidelijke brongebied zijn uitgevoerd door medewerkers van Waterschap Salland (in combinatie met onderzoek naar de hydrochemische samenstelling en de macrofauna van het bronwater). In combinatie met eigen waarnemingen is het beeld gecombineerd en nader gedetailleerd.

Omdat er geen vegetatiekaart van het (relatief grote) zuidelijke bronsysteem beschikbaar is, zijn bij de uitvoering van de veldmetingen op 5 juli 2011 ook de begrenzingen van de verschillende vegetaties van dit bronsysteem met behulp van GPS ingemeten. Op basis hiervan is de indicatieve vegetatiekaart van figuur 3.15 vervaardigd. Het betreft hierbij dus geen officiële vegetatiekaart, die gebaseerd is op opnamen van proefvlakken. De kaart moet meer gezien worden als een extra hulpmiddel voor de systeemanalyse en de uitwerking van het herstelplan.

Voor alle drie de bronsystemen zijn op 5 juli 2011 met GPS tevens de huidige begrenzingen van de bossen, de jonge bosopslag en de individuele bomen ingemeten en op de verschillende detailkaarten weergegeven. Dit is gedaan omdat er meer bos(opslag) aanwezig is dan uit de beschikbare topografische kaartbestanden blijkt, en omdat de individuele bomen helemaal niet op de beschikbare kaarten zijn aangegeven, terwijl er met name in en rond het zuidelijke bronsysteem behoorlijk veel en ook omvangrijke exemplaren aanwezig zijn.

Zuidelijke bronsysteem

In samenhang met de laterale grondwaterstroming en het zeer zwak gebufferde, matig zure karakter van het grondwater is in de kern van de eerste bron van de middentak en in de tweede bron van de middentak een Veldrus-veenmos vegetatie aanwezig met hierin onder andere Waternavel en Moerasvioolje (zie foto 6, aan het einde van deze paragraaf). Vanwege verdroging (voor mogelijke oorzaken: zie paragraaf 3.4), en hiermee gepaard gaande mineralisatie van de veelvuldig droogvallende oppervlakkige veenlaag, is een brede randzone van de eerste bron en een klein deel van de rand van de tweede bron echter begroeid geraakt met een soortenarme Pitrusvegetatie (zie foto 5).

In de noordoostelijke brontak en het noordelijke deel van het samenstromingsgebied van de brontakken is onder invloed van de permanente, diffuse toevoer van atmoclien, sterk zuur grondwater een goed ontwikkelde hoogveenvegetatie tot ontwikkeling gekomen (zie foto's 1, 2, 3), bestaande een afwisseling van slenk- en bultvegetaties (*Sphagno-Rhynchosporium* en *Erico-Sphagnetum* met hierin delen die zijn te rekenen tot het *Oxycocco-Ericion*). Hier groeien karakteristieke soorten als Hoogveenmos, Wrattig veenmos, Ronde zonnedauw en Witte snavelbies, en zijn ook bijzonderheden als Week veenmos en *Kuzia pauciflora* aanwezig. Uit de gegevens van het waterschap volgt dat hier in 2004 ook de (landelijk bedreigde) Armbloemige waterbies is aangetroffen.

De zuidoostelijke brontak is begroeid geraakt met Berkenbos. De forse Berken onttrekken rechtstreeks grondwater aan de brontak, als gevolg waarvan de (grond)waterstand in de loop van het voorjaar en de zomer hier versneld wegzakt. In de middenas van het benedenstroomse deel van de brontak is in samenhang met de toevoer van zwak gebufferd grondwater en (hier nog wel) voldoende natte omstandigheden toch nog Sterzegge aanwezig.

Daar waar de zuidoostelijke brontak uitmondt in het samenstromingsgebied is een soortenarme Pijpenstrootjevegetatie aanwezig. Enerzijds heeft dit te maken met het feit dat deze zone nabij de rand van het systeem ligt, en er hier door overstroming van de rand water verloren gaat naar de ondergrond. Toch wijst iets verder van de rand af de aanwezigheid van een (weliswaar dunne) veenlaag erop dat hier in het verleden wel nattere omstandigheden aanwezig geweest zijn. Ook hier is er dus sprake van verdroging, wat vooral het gevolg is van een verminderde grondwatertoevoer vanuit de zuidoostelijke brontak (vanwege het versterkte verdampingsverlies door de aanwezigheid van de Berken).

Verder naar het westen gaat vanwege de geleidelijk aan minder natte omstandigheden (in relatie tot de overgang naar het gedeelte waar het systeem water over de randen heen verliest) de vegetatie eerst over in een veenmosrijke natte heide (*Ericetum tetralicis sphagnetosum*) en vervolgens naar een normale natte heide (*Ericetum tetralicis typicum*). Vanwege de nog wel altijd aanwezige grondwaterinvloed groeien in het heidegebied behalve soorten als Dophei, Veenbies, Bruine snavelbies en Kleine zonnedaauw ook soorten als Blauwe zegge, Sterzegge, Zwarte zegge en Geelgroene zegge. Het heidegebied is echter wel sterk aan het vergrassen met Pijpenstrootje (zie foto 2). Aangezien het hydrologische systeem hier gewoon goed intact is, is het onwaarschijnlijk dat dit samenhangt met (uitsluitend) verdroging, en moet dit vooral geweten worden aan verhoogde (stikstof)depositie vanuit de lucht.

Ter plaatse van het westelijke uiteinde van het systeem is in samenhang met de aanwezigheid van een weliswaar stagnerende maar verre van ondoorlatende ijzerconcretielaag en hiermee gepaard gaande sterk wisselende grondwaterstanden een Pijpenstrootjevegetatie tot ontwikkeling gekomen.

Met name in het westelijke deel wordt de rand van het schijngrondwatersysteem gemarkeerd door een abrupte overgang naar struikheidevegetaties, vaak met Jeneverbes.

Bronstelsysteem bij de Dikke Steen

De bron bij de Dikke Steen is beplant met Rododendrons, met daaromheen Moerascypressen (zie foto 7). Op de bodem rondom de bron is een naaldenpakket aanwezig dat afkomstig is van de moerascypressen. Rondom de bron ontbreekt een kruidlaag geheel. In het verleden groeide Moerasviooltje bij de bron (mondelijke mededeling M. Knigge, Landschap Overijssel). Het intrekgebied is voor een groot deel begroeid geraakt met bos. Het betreft hierbij veelal Grove den.

Noordelijke bronstelsysteem

In het zure bronplasje groeit Knolrus. Het grootste deel van plasje heeft een steile oever, en daardoor een weinig interessante oeverbegroeiing van Pijpenstrootje, en een deel van de oever is (vanwege een combinatie van betreding, beschaduwing en aanwezigheid van een naaldendek op de bodem) onbegroeid (zie foto 8). Op één plek is een vlakke oever aanwezig, en hier groeit wat veenmos en een interessante zeggesoort (vermoedelijk Sterzegge). Hoewel er bij het opschonen van het bronnetje (enkele jaren geleden) ook enkele bomen zijn gekapt, is rondom de bron nog altijd een Dennenbos aanwezig. In de relatief laaggelegen, ('s-winters) vochtige zone aan de zuid-, noord- en westzijde van het bronplasje is in de ondergroei (vrijwel) alleen Pijpenstrootje aanwezig. In het hoger gelegen gebied hieromheen groeit veel Blauwe bosbes (zowel in de ondergroei van het Dennenbos, als in de open zone hieromheen). In de vochtige geul hellingafwaarts van het plasje groeien soorten als Dophei, Struikhei, Pilzegge en Trekrus. In het intrekgebied is veel opslag van (Grove) den aanwezig, met veel Struikhei en Blauwe bosbes in de ondergroei.

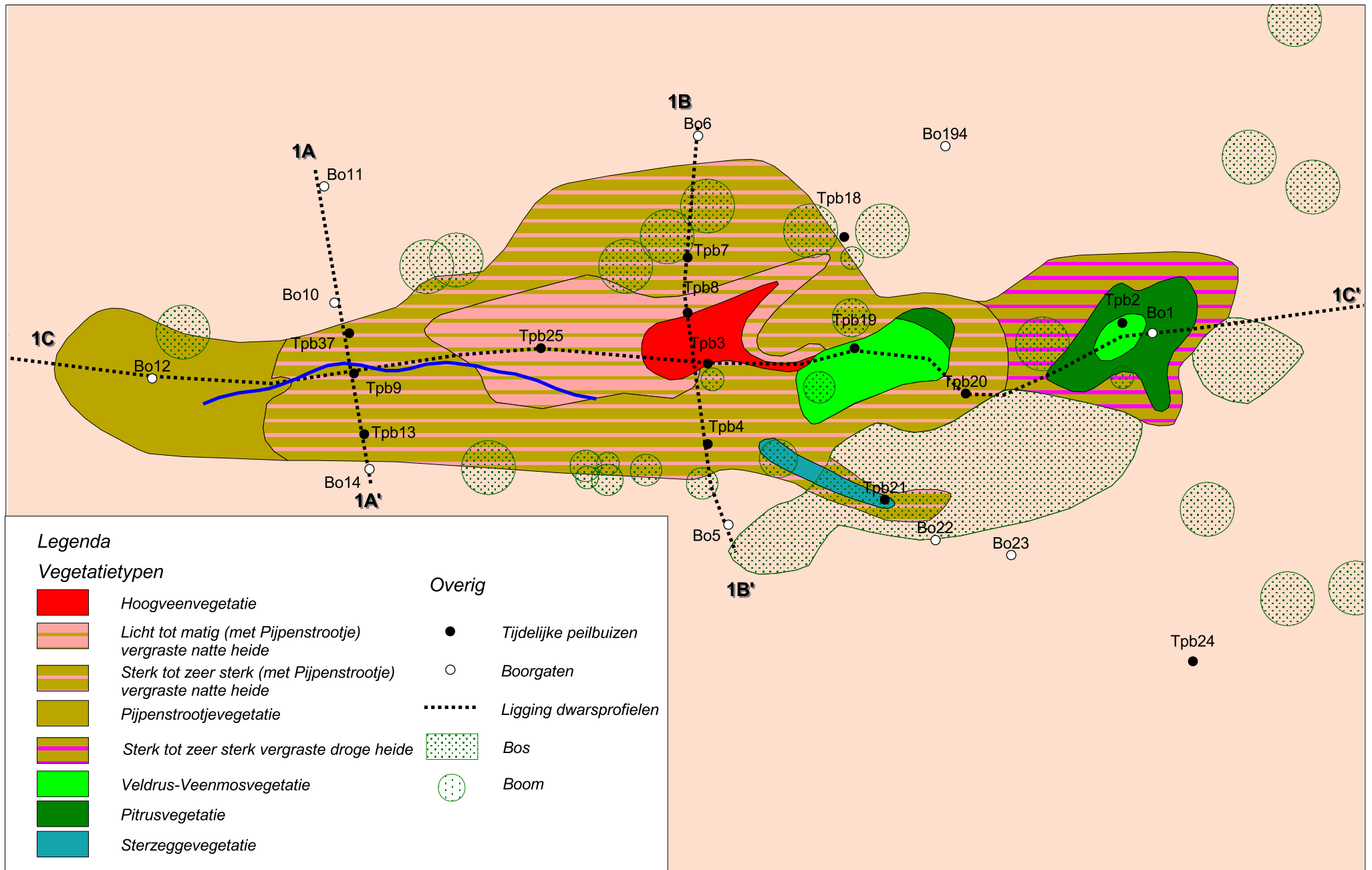




Foto 1 Hoogveenvegetatie en plasje op de overgang van de noordoostelijke brontak naar het samenstromingsgebied



Foto 2 Met Pijpenstrootje vergraste natte heidevegetatie in het westelijke deel



Foto 3 Bultenvormende veenmossen, Dopheide en Witte snavelbies



Foto 4 Ronde zonnedaauw



Foto 5 Pitrus- en Veldrusvegetatie in de eerste bron van de middentak, met op de achtergrond het (Berken)bos in en langs de zuidoostelijke brontak



Foto 6 Veldrus-Veenmos vegetatie met Moerasviooltje in de tweede bron van de middentak



Foto 7 Met Rododendrons en Moerascypressen beplante bron bij de Dikke Steen



Foto 8 Bronplasje van de noordelijke bron

3.7 Fauna

Libellen

Bij een faunaonderzoek in 2002 zijn in het zuidelijke brongebied 9 soorten libellen aangetroffen. Bijzondere soorten die toen zijn aangetroffen betreffen Tengere grasjuffer en Beekoeverlibel (Hazelhorst, 2003).

Dagvlinders

Uit de verspreidingskaartjes van het faunaonderzoek dat in 2002 is uitgevoerd volgt dat toen in / nabij het zuidelijke brongebied de volgende dagvlindersoorten zijn aangetroffen: Heideblauwtje, Groentje en Kleine vuurvlieder (Hazelhorst, 2003).

Herpetofauna

Uit de verspreidingskaartjes van het faunaonderzoek dat in 2002 is uitgevoerd volgt dat toen in / nabij het zuidelijke brongebied de volgende reptielen zijn aangetroffen: Zandhagedis en Levendbarende hagedis (Hazelhorst, 2003).

Macrofauna

In het voorjaar van 2009 is de zuidelijke bron door Waterschap Groot Salland op macrofauna geïnteriseerd. Hieruit volgt dat in de bron een bijzondere macrofauna levensgemeenschap aanwezig is. De gemeenschap is met circa 40 soorten niet heel soortenrijk, maar er komen wel een aantal bijzondere soorten voor. Kevers zijn de grootste groep op deze locatie, met enkele bijzondere soorten zoals *Laccobius atratus* en *Hydroporus nigrita*. Deze komen voor in kleine kwelgevoede, zure wateren, meestal met veenmos, in combinatie met aanwezigheid van een minerale ondergrond. Een andere bewoner van veenmosvegetatie is *Hydroporus obscures*. *Laccobius atratus* is landelijk zeer zeldzaam en veel van de gevonden *Hydroporus* soorten zijn vrij zeldzaam. Naast de kevers worden ook enkele bijzondere soorten muggenlarven aangetroffen. Dit zijn *Chaetocladius spec.* *Herkenbosch* en *Paratendipes nudisquama*. Beide zijn vrij zeldzame soorten van zurige verlandende situaties. Nieuw voor het beheersgebied van Waterschap Groot Salland is de steenvlieg *Nemoura dubitans*. Ook dit is een typische soort die kan voorkomen bij uittreden grondwater, vaak in combinatie met organisch (blad)afval.



Foto 9 Heideblauwtje in natte heide het van zuidelijke bronsysteem

4 Synthese en conclusies

4.1 Ecohydrologisch functioneren en knelpunten

Algemeen

De bronnen ontspringen op de westflank van de Lemeler- en Archemerberg: een stuwwal die deel uitmaakt van het stuwwallencomplex van de Sallandse Heuvelrug. De bronsystemen hebben hun bestaan te danken aan de aanwezigheid van stagnerende lagen in de bodem, waardoor schijngrondwaterspiegels aanwezig zijn, ver (15 tot 45 meter) boven het niveau van de freatische grondwaterspiegel. Omdat de freatische grondwaterspiegel ook ver (14 tot 44 meter) beneden het niveau van de stagnerende lagen ligt levert het freatische grondwater ook geen tegendruk voor (eventuele) wegzijging vanuit de schijngrondwatersystemen naar de ondergrond, en heeft dat gezien de grote onderlinge afstand ook in het verleden niet gedaan. Dit geldt ook voor de vroegere, nog niet door de drinkwaterwinning beïnvloede situatie, aangezien de verlaging van de freatische grondwaterspiegel die door de winning veroorzaakt wordt ten opzichte hiervan relatief klein is (namelijk maximaal 1 meter verlaging ter plaatse van de winning zelf tot 0,1 meter in de bredere omgeving hiervan). De schijngrondwatersystemen functioneren dus onafhankelijk van het regionale grondwatersysteem en ingrepen in de ondergrond en/of in de omgeving (zoals grondwateronttrekking en ontwatering van landbouwgronden) hebben dus geen effect op de systemen en hebben dat in het verleden ook niet gehad.

Zuidelijke bronsysteem

De basis van het zuidelijke bronsysteem wordt aan de oostzijde gevormd door een leemlaag en aan de westzijde door een ijzerconcretielaag. Deze laag is slechts één tot enkele centimeters dik, en is zeer hard en (praktisch) ondoorlatend: het onderliggende zand is zodoende ook droog. Boven de stagnerende laag is een waterverzadigde zandlaag aanwezig, waarlangs grondwaterstroming plaatsvindt. Daarbij kan (in grote lijnen) onderscheidt gemaakt worden in een intrekgebied, een kwelgebied en een verliesgebied (zie dwarsprofiel 1C-1C').

Het intrekgebied wordt gevormd door de hooggelegen gronden aan de oostzijde: hier is boven de stagnerende laag een relatief dik zandpakket aanwezig, met behalve een verzadigde zone hierboven ook een onverzadigde zone, waardoor de grondwaterstand hier (ver) kan oplopen tot boven het bronniveau. In combinatie met de scheefgestelde ligging van de leemlaag aan de basis van het systeem is hier een substantieel grondwaterreservoir ontstaan, van waaruit de bronnen gevoed worden. Uit de isohypsenkaart volgt dat deze voeding vooral plaatsvindt vanuit het oosten, en slechts in beperkte mate vanuit het noordoosten en het zuidoosten. Aan de zuidoost- en noordoostzijden is ook hogerop de helling wel een schijngrondwaterspiegel aangetroffen, maar de grondwaterstand is hier te laag om een stroming richting de bronnen te kunnen genereren. Waarschijnlijk heeft dit vooral te maken met de begrenzing van het systeem: de randen van het systeem worden hier benaderd, waardoor het systeem hier water over de randen heen verliest.

De kwelzones liggen op de plekken waar de watervoerende zandlaag te dun wordt om al het grondwater te kunnen transporteren en/of waar slenken de watervoerende zandlaag aansnijden. Als gevolg van de permanente toestroming van (uit het schijngrondwatersysteem afkomstig) grondwater zijn deze zones het gehele jaar door zeer nat en zakt zelfs in droge zomerperioden de grondwaterstand niet of nauwelijks beneden maaiveld weg. In samenhang met de zonering in de waterkwaliteit, de mate van grondwater-

voeding en de mate van verdroging worden in de brontakken verschillende vegetatietypen aangetroffen.

In samenhang met het (zeer) zwak gebufferde, matig zure karakter van het kwelwater is de kern van de eerste bron van de middentak en de tweede bron van de middentak begroeid met een Veldrus-Veenmos-vegetatie, met hierin veel Moerasviooltje. Vanwege verdroging en de hiermee gepaard gaande mineralisatie van de veelvuldig droogvallende oppervlakkige veenlaag, is een brede randzone van de eerste bron en een klein deel van de rand van de tweede bron begroeid geraakt met een soortenarme Pitrusvegetatie. De verdroging wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de aanwezigheid van bomen / bos, zowel in de directe nabijheid van de bron, als hogerop in het intrekgebied. De aanwezigheid van bos / bomen leidt bovendien tot een versterkte invang van depositie vanuit de lucht, en hiermee gepaard gaande voedselverrijking van het systeem.

Ook de zuidoostelijke brontak wordt gevoed met zwak gebufferd grondwater. Deze brontak wordt echter sterk negatief beïnvloed door het Berkenbos dat hier aanwezig is: de Berken onttrekken rechtstreeks grondwater aan het systeem, als gevolg waarvan de grondwaterstand hier in de loop van de zomer versneld wegzakt, en er met uitzondering van Sterzegge nu geen waardevolle grondwatergebonden soorten voorkomen. Vanuit deze brontak vindt zodoende ook minder voeding plaats naar het zuidelijke deel van het samenstromingsgebied, wat bijdraagt aan de sterke vergrassing van dit deel met Pijpenstrootje.

In de noordoostelijke brontak en het noordelijke deel van het samenstromingsgebied van de brontakken is onder invloed van de permanente, diffuse toevoer van atmoclien, sterk zuur grondwater een goed ontwikkelde hoogveenvegetatie tot ontwikkeling gekomen, met hierin voor hoogveen kenmerkende soorten als Hoogveenmos, Wrattig veenmos, Witte snavelbies en Ronde zonnedauw, en ook bijzonderheden als Armbloemige waterbies en Week veenmos. Hoewel de ontwikkeling in het laagst gelegen deel van de brontak en het hierop aansluitende samenstromingsgebied dus goed is, wordt de brontak met name hogerop wel negatief beïnvloed door de twee Dennen die hier veel potentieel voedingswater van de bron opslurpen. Verder veroorzaken de drie enorme Dennen die ten noordwesten van de brontak staan een verminderde voeding van het verder westelijk gelegen heidegebied, en is de omringende heide sterk vergrast met Pijpenstrootje.

Vanwege de aanwezigheid van de ijzerconcretielaag loopt het systeem behoorlijk ver hellingafwaarts door. De slenkstructuur gaat hier echter over in een vlakke, en in plaats van voeding vanuit de omgeving vindt hier juist verlies van water plaats over de randen van het systeem heen, ondanks het oplopen van de ijzeconcretielaag langs de zijranden (zie dwarsprofiel 1A-1A' en isohypsenkaart). Dit verlies wordt gecompenseerd door laterale toevoer van grondwater via de waterverzadigde zandlaag vanuit het bovenstroomse deel van het systeem. Deze toevoer is echter onvoldoende om het wegzakken van de grondwaterstand in droge voorjaars- en zomerperioden te voorkomen, waardoor hellingafwaarts de grondwaterstand in droge perioden geleidelijk aan steeds verder beneden maaiveld wegzakt, als gevolg waarvan er in deze zone ook nauwelijks of geen veenvorming optreedt. Hoewel het systeem in westelijke richting dus van nature minder nat wordt, lijkt dit nu om een aantal redenen echter in versterkte mate te gebeuren. In de eerste plaats is de benedenrand van het systeem doorsneden door een diepe, brede geul: deze geul heeft een sterk drainerende werking op het westelijke uiteinde van het (drassige gedeelte van het) systeem. Daarnaast zorgt ook de versterkte oppervlakkige afvoer via het ondiepe geultje dat in het westelijke deel van het systeem aanwezig is voor een zekere verdroging. Verder veroorzaken ook de bomen langs de randen verdroging: via de wortelstelsels onttrekken ze zijdelings grondwater aan het systeem. In samenhang met de geleidelijk aan minder natte omstandigheden is in deze zone van oorsprong een gradiënt van veenmosrijke natte heide naar gewone natte heide aanwezig. Ook dit heidegebied is echter sterk vergrast met Pijpenstrootje.

De vergrassing met Pijpenstrootje speelt in een groot deel van het gebied, en heeft enerzijds dus te maken met verdroging. Op zijn beurt leidt ook de aanwezigheid van Pijpenstrootje vanwege het relatief grote verdampingsverlies ten opzichte van heide weer tot verdere verdroging. Verdroging is echter niet de enige, en wellicht zelfs ook niet de belangrijkste oorzaak van de vergrassing. In relatie tot de eisen die een goed ontwikkelde natte heide vegetatie aan het grondwaterstandsverloop stelt, zijn namelijk (met uitzondering van de buitenranden) in het gebied ook in de huidige situatie nog (ruim) voldoende natte omstandigheden aanwezig. Dit wijst erop dat ook voedselverrijking via depositie vanuit de lucht een belangrijke rol speelt.

Bron bij de Dikke Steen

De basis van het bronsysteem bij de Dikke Steen wordt gevormd door een met ijzer verkitte leemlaag. Onder dit bronsysteem is nog een tweede systeem aanwezig, maar het grondwater hiervan komt niet aan de oppervlakte. Het hooggelegen gebied aan de oostzijde vormt het intrekgebied voor de bron. Het sterke verhang van de grondwaterspiegel in het intrekgebied en het feit dat de bron permanent (en dus ook in zeer droge zomerperioden) stroomt wijzen er niet alleen op dat de weerstand van de stagnerende laag hoog is, maar geven ook aan dat het intrekgebied een aanzienlijke omvang moet hebben. Aangezien het systeem gelegen is op een rug in de algemene terreinelling kan het intrekgebied niet heel breed zijn, wat dus betekent dat het ver in de lengterichting moet doorlopen. Dit betekent dat niet alleen het Dennenbos direct hellingopwaarts van de bronkop binnen het intrekgebied ligt, maar waarschijnlijk ook een tweede, verder hellingopwaarts gelegen dichte Dennenbos (dat tegen de centrale heide aanligt). De aanwezigheid van het bos zorgt vanwege een relatief hoog verdampingsverlies voor een verminderde grondwateraanvulling, en dus reductie van de voeding van de bron. Bovendien leidt het bos tot een versterkte invang van depositie vanuit de lucht, en hiermee gepaard gaande voedselverrijking en verzuring van het systeem.

Aangezien er ter plaatse van de bron een gat in de helling aanwezig is, lijkt de bron te zijn uitgegraven, als gevolg waarvan er hier geen sprake is van een diffuse voeding, maar voeding op één punt, en er nu een zogenaamde puntbron aanwezig is. Dit veroorzaakt in feite dus een versterkte drainage van het systeem, maar blijkbaar is het systeem robuust genoeg om dit op te kunnen vangen, zonder dat de bron in de loop van de zomer droogvalt. Het betekent eveneens dat er hier geen geleidelijke overgang meer aanwezig is van nat naar droog, met (in potentie) een bijbehorende gradiënt van minerotroof hoogveen naar natte heide. Behalve door de uitgraving van de bron wordt de ontwikkeling van een ecologisch waardevolle begroeiing in de huidige situatie ook onmogelijk gemaakt door de aanwezigheid van de aangeplante Rododendrons direct rond de bron en de Moerascypressen hieromheen, niet alleen vanwege beschaduwing, maar ook vanwege uitscheiding van toxische stoffen door de wortelstelsels van de Rododendrons en de aanwezigheid van een naaldendek van de Moerascypressen op de bodem rond de bron. In combinatie hiermee wordt ook door de veelvuldige betreding van de zone rond de bron door wandelaars de ontwikkeling van een kruidlaag onmogelijk gemaakt.

Noordelijke bronsysteem

De basis van het noordelijke bronsysteem wordt gevormd door een dunne, zandig ontwikkelde leemlaag. Deze laag werkt wel enigszins stagnerend maar de weerstand ervan is (door de geringe dikte ervan, in combinatie met de zandige ontwikkeling en het ontbreken van verkitting door ijzer) niet heel hoog, waardoor de laag verre van ondoorlatend is, en er dus waterverlies naar de ondergrond optreedt. Hierdoor is er in het intrekgebied slechts een gering verhang in grondwaterspiegel aanwezig, als gevolg waarvan deze bron van nature een veel minder sterke voeding heeft dan de overige twee

bronnen. Daarnaast is in het intrekgebied ook veel opslag van Grove den aanwezig, wat (ook hier) zorgt voor een geringere voeding en eutrofiëring van het grondwater als gevolg van versterkte invang van depositie vanuit de lucht.

In samenhang met het opschonen van de bron is hier een klein gat ontstaan, met hierin een klein waterplasje. Alleen in natte winterperioden bereikt het waterpeil in het plasje het niveau van de afvoerdrempel, en treedt oppervlakkige afvoer op. Het opschonen van de bron heeft hier zodoende niet geleid tot versterkte drainage van het grondwater. Omdat het plasje steile oevers heeft is echter ook hier geen geleidelijke gradiënt aanwezig van nat naar droog, met bijbehorende vegetatie. De aanwezigheid van de dunne leemlaag in de dwarsrichting biedt hier (op bescheiden schaal) extra mogelijkheden. In dit geval moet daarbij vooral gedacht worden aan een (veenmosrijke) natte heidevegetatie, aangezien de toevoer van grondwater te gering lijkt om ook hier een hoogveensituatie tot ontwikkeling te kunnen brengen. De ontwikkeling van natte heidevegetaties wordt echter bemoeilijkt door het altijd nog aanwezige bos rondom de bron, niet alleen vanwege de verdrogende werking ervan, maar ook vanwege beschaduwing en de aanwezigheid van een naaldendek op de bodem.

In de geul die hellingafwaarts aansluit op het plasje is een initiële ijzerconcretielaag tot ontwikkeling gekomen, die wel enigszins stagnerend werkt, maar verre van ondoorlatend is. Onder invloed van de periodiek natte omstandigheden groeien in de geul soorten als Dophei en Pijpenstrootje.

4.2 Herstelmogelijkheden

Ecologisch herstel van de bronsystemen is mogelijk door een combinatie van de volgende maatregelen:

- Verwijdering van bos / bomen, zowel in de intrekgebieden als in de nabijheid van de bronnen zelf en liefst ook in de benedenstroomse delen van de systemen.
- Afplaggen van gebiedsdelen met Pijpenstrootje- en Pitrusvegetatie.
- Geomorfologisch herstel van de bronnen.

Verwijdering van bomen / bos

Voor verbetering van de ecologische ontwikkeling / ecologisch herstel van de bronsystemen is het in de eerste plaats van belang om bomen en bos uit de intrekgebieden te verwijderen. Dit is niet alleen van belang voor verbetering van de grondwateraanvulling (in relatie tot het tegengaan van het versterkte verdampingsverlies van bos en bomen), en daarmee dus het herstel van een goede voeding van de bronnen, maar ook voor het tegengaan van de versterkte invang van voedingsstoffen vanuit de lucht. Bij het zuidelijke bronsysteem gaat het hierbij om het verwijderen van een aantal omvangrijke Dennen, bij de Bron bij de Dikke Steen betreft het twee Dennenbossen en bij de noordelijke bron betreft het jonge Dennenopslag. Het is niet met zekerheid te zeggen of het Dennenbos hogerop de helling bij het zuidelijke bronsysteem al dan niet binnen het intrekgebied valt. Om eventuele verdroging / eutrofiëring van het systeem vanuit deze hoek uit te sluiten, en in combinatie daarmee ook een bijdrage te kunnen leveren van aan de uitbreiding van het centrale heidegebied, zou overwogen kunnen worden om ook dit bos (deels) te verwijderen.

In combinatie hiermee is het van nog groter belang om ook de bosopslag uit de brongebieden zelf te verwijderen. Dit bos onttrekt namelijk rechtstreeks grondwater aan het systeem, en ook de beschaduwing en naald/bladinval bemoeilijkt een goede ontwikkeling van een waardevolle grondwaterafhankelijke vegetatie in de brongebieden. In het zuidelijke bronsysteem betreft het hierbij niet alleen het Berkenbos in de

zuidoostelijke brontak, maar ook de bomen/bos nabij de eerste bron van de middentak en de grote Dennen nabij de noordoostelijke brontak. Bij de noordelijke bron is het noodzakelijk het rond de bron nog aanwezige Dennenbos te verwijderen.

Voor herstel van de bron bij de Dikke Steen is het van belang om het Rododendronstruweel en de Moerascypressen te verwijderen. Punt van aandacht hierbij is dat de huidige begroeiing vanuit landschappelijk oogpunt door een deel van de vele wandelaars die de bron passeren waarschijnlijk als positief ervaren wordt. Dit neemt niet weg dat er hier duidelijk hoge potenties liggen voor herstel van een (weliswaar klein maar) natuurlijk en ecologisch waardevol bronsysteem, met een gradiënt van minerotroof hoogveen naar natte heide. Temeer omdat dergelijke systemen zeldzaam zijn, de bron gelegen is in een natura2000-gebied en het noordelijke systeem veel minder hoge potenties heeft, lijkt het de voorkeur te hebben om voor de bron bij de Dikke Steen uiteindelijk te kiezen voor een meer natuurlijke ontwikkeling. Indien hiervoor gekozen wordt, dan dient ook de verstekte drainage van het bronwater te worden tegengegaan (zie volgende subparagraaf).

Verder is het raadzaam om ook de bosopslag benedenstrooms van de bronnen te verwijderen. Bij de zuidelijke bron onttrekken immers ook de bomen op de randen een aanzienlijke hoeveelheid grondwater aan het systeem. Ook de jonge opslag in de geul van het benedenstroomse deel van het noordelijke bronsysteem onttrekt grondwater aan het systeem. Aangezien hier de basis van het systeem niet ondoorlatend is, en het hier lichte/jonge opslag betreft, zal de geul niet veel vochtiger worden als in de huidige situatie. Kleine boompjes worden echter groot, en ook vanuit het bredere perspectief van het behoud / herstel van een centraal open heidegebied op het hoge deel van de Archemerberg, is het goed om de opslag hier te verwijderen, en daarbij ook gelijk de opslag mee te nemen in de directe omgeving van de geul.

Hoewel het systeem van de bron bij de Dikke Steen niet ver hellingafwaarts doorloopt, is ook hier verwijdering van het bos wenselijk, zodat in samenhang met de verwijdering van het struweel / bos in het brongebied zelf en in het intrekgebied en de reeds aanwezige open heide delen aan de noord- en zuidzijde er weer een substantieel heidegebied ontstaat, wat niet gelijk weer dichtgroeit met nieuwe bosopslag, en waardoor ook in groter verband een logische begrenzing ontstaat van het heidegebied. In samenhang hiermee zou ook het wandelpad dat nu direct langs de bron loop wat verder naar het zuiden verplaatst kunnen worden, naar de nieuwe grens van heide en bos (eventueel met een insteek naar de bron, zodat wandelaars wel de bron in nieuwe vorm kunnen ervaren).

Afplaggen van gebiedsdelen met Pijpenstrootje- en Pitrusvegetatie

In combinatie met het verwijderen van bomen / bos is het voor een goed ecologisch herstel van de brongebieden essentieel om de delen die door de combinatie van verdroging en voedselverrijking vanuit de lucht verruigd / vergrast zijn te plaggen. In het zuidelijke bronsysteem betreft het hierbij ten eerste de met Pitrus begroeide zone van de eerste bron van de middentak. Door het afplaggen van de veraarde veenlaag ontstaat er weer een voedselarme uitgangssituatie, en komt ook het maaiveld een fractie lager te liggen. In combinatie met het terugdringen van de verdroging ontstaat zo een geschikte uitgangssituatie voor herstel van een gradiënt van een (veenmosrijke) Dopheidevegetatie naar Veldrus-Veenmosbegroeiing. Aangezien met name rond de eerste bron ook de hoger gelegen, droge zone sterk is vergrast, is het wenselijk om ook deze zone mee te plaggen, zodat hier herstel van droge heide kan optreden, en er ook weer een mooi aaneengesloten geheel ontstaat met het omliggende heidegebied.

Nog veel belangrijker voor het ecologisch herstel van het zuidelijke bronsysteem is het plaggen van Pijpenstrootjevegetaties. Het zuidelijke bronsysteem is hiermee inmiddels immers voor het grootste deel begroeid geraakt, en met het plaggen van de Pijpenstrootjevegetatie wordt niet alleen de betreffende plek zelf hersteld, maar ook een

bijdrage geleverd aan het systeemherstel, vanwege de reductie van het verdampingsverlies. Op deze wijze kan met uitzondering van de buitenranden van het systeem, die van nature wat droger zijn, in het gehele benedenstroomse deel van het systeem naar verwachting een goed ontwikkelde natte heidevegetatie tot stand komen, kan in de zuidoostelijke brontak de Sterzegge-vegetatie verder opbloeien en is waarschijnlijk ook een kleine uitbreiding mogelijk van de minerotrofe hoogveenvegetatie in zuidelijke richting.

Indien de Pijpenstrootjevegetaties daarentegen niet worden geplagd, dan zal (ook bij verwijdering van bomen / bos) naar verwachting verdere achteruitgang van het systeem blijven optreden, omdat ook de Pijpenstrootje zelf een knelpunt vormt, en dus niet alleen het gevolg is van de verdroging van het systeem als gevolg de bosopslag. Er kan zodoende dus niet volstaan worden met het alleen verwijderen van de bosopslag.

Complicerende factor bij het plaggen is het schokeffect dat door de ingreep teweeg wordt gebracht en de aanwezigheid van (weliswaar langzaam wegwijnende) doelsoorten in de vergraste / verruigde delen. Het betreft hierbij name Moerasviooltje. De plagwerkzaamheden kunnen daarom (vanuit ecologisch oogpunt gezien) het best gefaseerd uitgevoerd worden. Het voorkomen van doelsoorten in de vergraste / verruigde vormt in feite een minder groot probleem, omdat deze soorten (Moerasviooltje) in het gehele gebied voorkomen, en omdat door de maatregelen een nieuwe uitgangssituatie gecreëerd wordt waarin deze doelsoorten pas echt kunnen gaan floreren.

Aanpak van de versterkte drainage van de bronsystemen door middel van geomorfologisch herstel

Voor ecologisch herstel van de bron bij de Dikke Steen is het van belang om de versterkte drainage van bronwater als gevolg van de uitgraving tegen te gaan door het gat te dichten, zodat er ook hier weer een meer diffuse grondwatervoeding, die vanwege een betere conservering van het grondwater in het voedingsgebied ook gedurende de zomer op substantiële wijze blijft optreden. In relatie hiermee kan (ook) hier een miniatuur minerotroof hoogveentje ontstaan met een overgang naar (veenmosrijke) natte heide.

In het zuidelijke bronsysteem is demping van de kleine greppel en van de diepe, brede geul die de benedenrand van het systeem aansnijdt wenselijk. Het dempen van de kleine greppel moet echter gezien worden als aanvullende maatregel voor het beoogde systeemherstel: de eerder genoemde maatregelen (bos / bomen verwijderen en plaggen) zijn belangrijker.

Indien bij de noordelijke bron de natuurlijke geomorfologie geheel hersteld wordt, dan resteert hier niet meer dan een vochtige plek. In relatie met de kleine uitgraving die bij de opschoning van de bron is toegepast is er hier een waterplasje ontstaan, waardoor de variatie in milieuomstandigheden is vergroot, en er (zij het op bescheiden schaal) ook al meer (grond)water gebonden soorten kunnen groeien. Vanwege de handhaving van de afvoerdrempel leidt de uitgraving hier ook niet tot een versterkte drainage van het systeem. De ecologische ontwikkeling van de bron kan nog verder verbeterd worden door de oevers van het plasje af te vlakken en (in combinatie met de verwijdering van het Dennenbos) de Pijpenstrootjevegetatie van de relatief laaggelegen zone aan weerszijden van de bron af te plaggen: op deze wijze kan hier naar verwachting (op bescheiden schaal) een gradiënt van gewone natte heide naar veenmosrijke natte heide (met in het centrum hiervan het plasje) gerealiseerd worden.

Literatuur

GARRITSEN, 1989. Grondwaterkwaliteit Lemelerberg (analyseresultaten en korte notitie).

GRONTMIJ, 1977. Beheersrichtlijnen voor het natuurgebied Lemelerberg. In opdracht van Stichting Het Overijsselsch Landschap.

HAMMINGA, N.A.R. & K.G. LUURSEMA, 1995. Het gebied Statum als stapsteen. Een onderzoek naar de mogelijkheden. WMO, Zwolle.

HAZELHORST, H., 2003. Lemeler- en Archemerberg, Vossenbelt, Regge-West. Broedvogels, dagvlinders & libellen, sprinkhanen & krekels, Herpetofauna (inventarisatie in 2002). In opdracht van Landschap Overijssel.

LANDSCHAP OVERIJSEL, 2006. De Lemelerberg. Evaluatie en beheervisie 2006.

STIBOKA, 1983. Geomorfologische kaart van Nederland, schaal 1 : 50.000, kaartblad 28. Stiboka, Wageningen.

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

STICHTING HET Overijssels Landschap, 1993. Beheerplan voor de periode 1994-2003 voor het natuurreservaat Lemelerberg.

VAN TWEEL-GROOT, L., 2007. Verslag botanische excursie Lemelerberg en Vossenbelt. Landschap Overijssel, Dalfsen.

WATERSCHAP GROOT SALLAND, 2004 EN 2009. Vegetatieopnamen van de bron op de Lemelerberg (meetpuntcode VAC01).

WATERSCHAP GROOT SALLAND, 2009. Beschrijving macrofaunabemonstering 2009, bron Lemelerberg (meetpuntcode VAC01).

WMO, 1981. Winplaatsonderzoek Archemerberg.

Bijlage 1

Boorbeschrijvingen ecohydrologisch onderzoek bronsystemen Lemelerberg

Uitgevoerd op: 28 & 29-3-2011 (bron zuid), 31-3-2011 (bron midden) en 1-4-2011 (bron noord)
Door: J.W. van 't Hullenaar & R. Buijs

Bron Zuid

w1 (boorgat, ofwel Bo)

Vegetatie: pitrus, veenmos, haarmos

Boormethode: eerst edelman, dan puls, dan edelman in mantelbuis

Afdichting: leem teruggestort

0-10	veen, nauwelijks gehumificeerd, veenmosveen, nauwelijks gehumificeerd
10-12	veen, sterk gehumificeerd
12-60	zand, (zeer) grof, zwak lemig, roest
60-70	fijn zand, lemig, humeus/organisch, slap
70-75	veen, sterk gehumificeerd
75-190	zand, (zeer) grof met grindjes, bijmenging van lemig zand, af en toe veenbrokjes (vrij bont, zou verstoord profiel kunnen zijn)
190-500	leem, kleiïg, zeer vet, donkergrijs, soms iets humeus, vanaf 270 tussenlaagjes met fijnzandige fractie (echter ook hier betreft het kleiïge leem). Lijkt vanwege de gelaagdheid een sediment (bekkenklei), en geen grondmorene. Er zitten ook geen grindjes, steentjes of keien in

w2 (tijdelijke peilbuis, ofwel Tpb)

Boormethode: edelman

0-15	veen, nauwelijks gehumificeerd, veenmosveen, bruin
15-30	veen, sterk gehumificeerd, zwartbruin
30-90	zand, (matig) grof met grond en steentjes, slecht gesorteerd, aflopen van beige naar lichtgrijs

w3 (Bo, Tpb op 1 meter hiernaast, in midden)

Vegetatie: op overgang van Pijpestrootje naar Pijpestrootje met hoogveenveenmossen

Boormethode: eerst edelman, dan puls, dan edelman in mantelbuis

Afdichting: ruimschoots met bentoniet

0-15	veen, nauwelijks gehumificeerd
15-30	veen, sterk gehumificeerd
30-60	zand, mg met grindjes, humusarm
60-100	afwisseling sterk humeus, moerig zand en humusarm zand, mg met grind
100-245	zand, humusarm, mg
245-260	zand, zeer fijn, sterk lemig
260-262	verkitte laag, ijzerconcretie, keihard, lemig en zeer fijn zand (= stagnerende laag)
262-300	zand, matig grof, lichtbeige, vrij goed gesorteerd, iets roest (onverzadigd)

w4 (Bo, Tpb op 1 m hiernaast, aan rand)

Vegetatie: Pijpenstrootje

Boormethode: eerst edelman, dan zuiger, dan edelman

0-10	veen, sterk veraard
10-30	zand, sterk humeus/moerig
30-100	zand, humusarm, mg met grond en steentjes
100-150	zand, fijn, zwak lemig
150-160	fijn zand, sterk lemig, op 158 tot 160 ijzerconcretie (= stagnerende laag)
160-170	zand, mg, beige, droog

w5 (Bo)

Vegetatie: struikheide
Boormethode: edelman

0-20 Uitspoeling/inspoeling (podzol)
20-300 zand, mg, beige

w6 (Bo)

Vegetatie: dode struikheide
Boormethode: edelman

0-70 uitspoeling/inspoeling (podzol)
70-270 zand, mg, lichtbeige
270-295 zand, fijn, zwak lemig vochtig
295-400 zand, (m)g, iets roest, droog

w7 (Bo en tpb, aan rand)

Vegetatie: Pijpenstrootje
Boormethode: edelman

0-70 moerig zand (afwisselend humeus zand / venig zand)
70-250 zand, (m)g, humusarm
250 harde laag, niet te boorboren, waarschijnlijk ijzerconcretie

w8 (Tpb)

Vegetatie: dophei, hoogveenveenmossen
Boormethode: edelman

0-10 veen, veenmosveen, nauwelijks veraard
10-20 veen, sterk veraard
20-70 zand, (m)g, moerig, afwisseling met weinig moerig
70-100 zand, humusarm, (zeer) grof

w9 (Bo en op 1 m tpb in midden)

Vegetatie: Dophei, Pijpenstrootje
Boormethode: edelman,puls, edelman

0-5 veen sterk veraard/ venig zand
5-110 zand, zeer grof met grind en stenen, veelal humusarm, soms humeus
110-140 zand, humusarm, zeer grof met grond en stenen, lichtgrijs
140 zeer harde laag, sterk lemig, met stenen, verkit (ijzer), beigebruin (dus niet roodbruin).
= waarschijnlijk de stagnerende laag

w10 (Bo)

Vegetatie: struikheide
Boormethode: edelman

0-100 zwak humeus zand
100-110 sterk humeus zand, mg (insspoeling)
110-190 zand, humusarm, mg, droog
190-240 stugge, droge leem, op 190 enkele mmm ijzerconcretie, tot 215 roestkleur, vanaf 215 grijs.
240-250 zand, beige, mg, droog

w11 (Bo)

Vegetatie ?
Boormethode: edelman

0-50 Uitspoeling / inspoeling
50-100 zand, zwak humeus
100-220 zand, humusarm, mg

w12 (Bo)

Vegetatie: Pijpenstrootje

Boormethode: eerst edelman, daarna zuiger

0-5	veen, sterk veraard
5-80	zand, grof, op 40-42 weinig laagje en op 70 tot 80 ook
80-230	zand, grof, met grind en stenen, humusarm

w13 (tpb)

Vegetatie: dophei, pijpenstrootje

Boormethode: edelman

0-5	weinig zand
5-100	afwisseling humusarm / humeus grof zand

w14 (Bo buiten zuidrand)

Boormethode: edelman

0-50	zand, zwak humeus
50-70	zand met stenen, sterk humeus (inspoeling)
70-220	zand., mg, humusarm, droog

w15 (extra Bo tussen w13 en w15, precies op rand)

Boormethode: edelman

0-5	zand, weinig
5-50	zand, grijs, grof
50-51	ijzerrijke laag, enigszins verkit, maar niet ondoorlatend
51-100	zand, bruin, droog, bovenin nog wel enkele kleine ijzerbrokjes

w16 (tpb)

vegetatie: struikhei, jeneverbes, mos, gras

boormethode: eerst edelman daarna puls

0-40	zand, humeus
40-60	zand, humusarm
60-120	zand, humeus (overstoven profiel)
120-340	zand, grof, humusarm met grondjes en steentjes
340-470	zand, uiterst grof, grindrijk, met stenen
470-510	zand, sterk lemig, met stenen (keileem), roestbruin
510-700	zand, grof, lichtbeige
700-800	zand, matig fijn, lichtbeige

w17 (Bo buiten benedenrand)

vegetatie: struikhei, jeneverbes

Boormethode: edelman

0-70	zand, mg, afwisselend sterk humeus / zwak humeus, droog
70-75	zand, zeer grof, humusarm, zeer ijzerrijk
75-130	zand, zeer grof, afwisselend zwak humeus / sterk humeus, droog
130-230	zand, grof met enkele steentjes, humusarm tot zwak humeus, droog
230-250	zand, humusarm, lichtbeige, droog

w18 (tpb)

vegetatie: pijpenstrootje, twee omvangrijke grove dennen, jeneverbes

0-5	veen, sterk gehumificeerd
5-60	zand, grof, humeus
60-170	zand, (zeer) grof met grindjes, slecht gesorteerd, humusarm, onderin lichtgrijs
170-180	leem, kleiig, zwak zandig, met roest

w19 (tpb)

vegetatie: veldrus, moerasviooltje, veenmossen
boormethode: eerst edelman, daarna zuiger

0-10	water / veenmos
10-50	veen, slap en met wortselresten, nauwelijks gehumificeerd
50-95	zand, humeus
95-100	leem, grijs
100-190	zand, (zeer) grof, met grind, lichtgrijs
190-205	leem, stug, kleiïg, zandig, grijs
205-225	zand, (zeer)grof, met grind, roestig
225-230	leem, kleiïg
230-240	scherpe overgang naar droog, grof zand, lichtbeige met roest

w20 (tpb)

vegetatie: pitrus en gras (droog)

0-5	zand, sterk humeus
5-100	zand, grof met grindjes, slecht gesorteerd, zwak humeus

w21 (tpb)

Vegetatie: berk en zegge
Boormethode: eerst edelman, daarna zuiger

0-40	veen, weinig tot matig veraard.
40-190	zand, matig grof
190-210	leem, kleiïg, donkergrijs, met dunne zandige laagjes (zelfde als bij w1)

w22 (Bo)

Boormethode: edelman

0-50	zand, humeus, ijzerrijk
50-70	leem, zandig, grijs, zwakke roest
70-220	zand, matig grof, af en toe lemig
220-225	leem, kleiïg, stug, hard, grijs

w23 (Bo)

Vegetatie: struikhei, jeneverbes
Boormethode: edelman

0-250	zand, matig fijn tot matig grof
-------	---------------------------------

w24 (tpb)

Vegetatie: struikheide, jeneverbes
Boormethode: edelman

0-180	zand, (matig) grof, op 30 cm dun leemlaagje (enkele cm)
180-200	leem, stug, half grijs en half roestig
200-530	zand, uiterst grof met grind, op 400 een leemlaagje van 5 cm
530-550	leem, stug (vermoedelijk nog niet de echte stagnerende laag).

w25 (Bo)

Vegetatie: dophei, pijpenstrootje, veenmos
Boormethode: edelman

0-5	veen, sterk veraard
5-90	zand

Bron Midden

w43 (Tpb)

Vegetatie: rododendron, moerascypres

Boormethode: eerst edelman, daarna puls

Afdichting: ruimschoots met bentoniet

0-50	zand, zeer grof met grond en stenen, humeus
50-80	idem, humusarm
80-140	zand, matig grof met ook grove fractie en grondjes, humsuarm
140-160	zand, matig grof met roest
160-185	zand, sterk lemig / zandige leem, verkit door ijzer (= stagnerende laag)
185-200	zand, hooguit zwak lemig, roest
200-270	zand, zeer grof met grond, lichtgrijs

w44 (Bo)

Vegetatie: bosbes, grove den, berk

Boormethode: edelman

0-95	zand, humeus
95-150	zand, grof, humusarm, boring op 150 cm beëindigd wegens stenen

w45 (Bo)

Vegetatie: bosbes, grove den, berk

Boormethode: edelman

0-50	zand, matig grof, uitspoeling/inspoeling
50-150	zand, matig grof met grond en steentjes, beigebruin, op 50 tot 70 ijzerrijk
150-300	zand, (zeer) grof met grindjes en steentjes, droog, lichtbeige

w46 (tpb)

vegetatie: grove den, enkele berk

Boormethode: eerst edelman, daarna puls

0-70	zand, uitspoeling / inspoeling
70-230	zand, zeer grof met grond en stenen, humusarm, roest, op 190 leemlaagje van 0,5 cm
230-400	zand, matig grof witbeige, beetje roest, enkele grindjes en steentjes
400-800	zand, (zeer) grof, witbeige, redelijk gesorteerd, vanaf 480 roest, vanaf 500 gereduceerd

w47 (Bo)

vegetatie: struikheide

Boormethode: edelman

0-40	zand, uitspoeling / inspoeling
40-60	zand, grof, ijzerrijk
60-135	zand, grof, beige, humusarm
135-160	zand, fijn, lemig, beige, hooguit vochtig
160-300	zand, (zeer) grof, lichtbeige, droog

Bron noord

w48 (tpb)

Vegetatie: bosbes, gras, grove den

Boormethode: eerst edelman, daarna puls

Afdichting: ruimschoots met bentoniet

0-40	zand, zwak humeus
40-50	zand, moerig (overstoven)
50-60	zand, humeus
60-95	scherpe overgang naar zand, humusarm, matig fijn. Vanaf 80 cm roest
95-145	zand, matig grof
145-165	leem, sterk zandig (rolletje 5 mm lukt net niet)
165-195	zand, fijn, zwak lemig, beige, droog

w49 (Bo)

Vegetatie: plas met knolrus?

Boormethode: edelman

0-45	water
45-50	zand
50-55	leem, sterk zandig

w50 (Bo)

vegetatie: bosbes, enkele eik

Boormethode: edelman

0-65	zand, matig fijn tot matig grof
65-68	leem, sterk zandig
68-130	zand, fijn, zwak lemig
130-200	zand, matig fijn, leemarm, op 150-160 wat roest

w51 (Bo)

vegetatie: bosbes, eik, grove den

Boormethode: edelman

0-95	zand, matig fijn tot matig grof, uitspoeling / inspoeling
95-135	zand, grof, onderin nat en roest
135-145	leem, sterk zandig, roest
145-180	zand, zwak lemig
180-200	zand, leemarm

w52 (Bo)

Vegetatie: struikhei, pijpenstrootje

Boormethode: edelman

0-30	zand, humeus
30-145	zand, matig grof, zwak humeus, onderin nat
145-146	ijzerconcretie: harde laag
146-160	zand, droog

w53 (Bo)

Vegetatie: struikheide

Boormethode: edelman

0-80	zand, afwisselend sterk / zwak humeus
80-85	zand, ijzerrijk, echter geen concretie
80-140	leem, sterk zandig, roest, niet nat
140-150	zand, droog

w54 (Bo)

Vegetatie: struikhei, dophei, veenmos
Boormethode: edelman

0-20 zand, weinig
20-50 zand, sterk humeus
50-65 zand, ijzerrijk
65- ijzerconcretie: harde laag

w55 (Bo)

Vegetatie: struikhei en pijpenstrootje
Boormethode: edelman

0-10 zand, weinig
10-70 zand, humeus
70- ijzerconcretie: harde laag

w56 (Bo)

Vegetatie: pijpenstrootje, grove den
Boormethode: edelman

0-30 zand, humeus
30-65 zand, humusarm
65-75 zand, (sterk) lemig, roest

w57 (tpb)

Vegetatie: grove den, struikhei, bosbes
Boormethode: edelman

0-60 zand, uitspoeling / inspoeling
60-90 zand, matig fijn, matig ijzerrijk
90-300 zand, (zeer) grof, redelijk gesorteerd, iets roest van 90 tot 110, lichtbeige
300-330 zand, matig grof, vochtig
330-495 zand, zeer grof, vanaf 410 opnieuw roest
495-540 leem, zandig, lichtgrijs, zwakke roest
540-550 zand

Extra boring bron zuid

(Uitgevoerd op 5-7-2011, door J.W. van 't Hullenaar)

w194 (Bo)

Boormethode: Edelman

0-150 zand, mf
150-250 zand, grof met grindjes / steentjes, bruinbeige
250-450 zand, grof met grindjes / steentjes, witbeige, sterke roest vanaf 360
450-505 leem, stug, kleiïg, zandig, lichtgrijs met roest
505-510 leem, stug, kleiïg, zandig, donkergrijs