De overgangszone tussen de Stuwwal van Ootmarsum en de Slenk van Reutum

Provincie Overijssel

december 2016

De overgangszone tussen de Stuwwal van Ootmarsum en de Slenk van Reutum

dossier : B7227
registratienummer : BD7227_R20161222
versie : 2
classificatie : Openbaar

Provincie Overijssel

december 2016

© HaskoningDHV Nederland B.V. Niets uit dit bestek/drukwerk mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt d.m.v. drukwerk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van HaskoningDHV Nederland B.V., noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd. Het kwaliteitssysteem van HaskoningDHV Nederland B.V. is gecertificeerd volgens ISO 9001.

INHOUD BLAD

1	INLEIDING EN DOELSTELLING	8
2	GEBRUIKTE METHODEN EN UITGANGSPUNTEN	10
2.1	Methoden met betrekking tot kwantitatieve hydrologie	10
2.2	Uitgangspunten voor interpretatie van geologische gegevens	16
2.3	Interne structuur van de stuwwal	20
2.4	Hydraulische eigenschappen van het materiaal van de stuwwal	24
3	EERSTE BEGRENZING VAN HET OVERGANGSGEBIED OP BASIS VAN OVERZICHTSKAARTEN	27
3.1	Bronnen, beken en waterlopen	27
3.2	Beschrijving van de geologische kaarten bij dit rapport (Bijlagen 1.1 - 1.10)	31
3.3	Synthese: eerste begrenzing van het overgangsgebied tussen slenk en stuwwal	36
4	ECOLOGISCH WAARDEVOLLE BRONNEN EN GRONDWATERAFHANKELIJKE VEGETATIE	38
4.1	Gebruikte gegevens en selectiecriteria	38
4.2	Kaarten met ecologisch waardevolle bronnen en grondwaterafhankelijke habitattypen en vegetatietypen	42
4.3	Ecologisch waardevolle bronnen en grondwaterafhankelijke natuur in het overgangsgebied	42
5	NADERE BEGRENZING VAN DE OVERGANGSZONE PER LOCATIE MET WAARDEVOLLE GRONDWATERAFHANKELIJKE NATUUR	43
5.1	Inleiding	43
5.2	Eendenbeek en Manderstreu	43
5.3	Holtsüze	51
5.4	Bronweide van de Bels	59
5.5	Bronzone Braamberg – Tutenbergerbeek	65
5.6	Hazelbekke	71
5.7	Roezebeek	78
5.8	Synthese	84
6	LITERATUUR	87
7	COLOFON	90

Bijlagen

Bijlage 1: Overzichtskaarten

1.0 Bronnen, waterlopen, afvoermeetpunten en toponiemen
1.1 Maaiveldhoogte en helling
1.2 Geologische kaart
1.3 Breuk oostzijde Slenk van Reutum
1.4 Gestuwde afzettingen aan maaiveld
1.5 Detailkaart gestuwde afzettingen
1.6 Dikte keileem
1.7 Dikte zand aan maaiveld
1.8 Overzichtskaart habitattypen en vegetatietypen
1.9 Overzichtskaart dwarsprofielen en boringen
1.10 Gecombineerde Duitse en Nederlandse geologische kaarten

Bijlage 2: Detailkaarten natuurwaarden

Eendenbeek en Holtsüze
Mosbeek
Braamberg Tutenbergerbeek
Hazelbekke
Roezebeek

Bijlage 3: Geohydrologische dwarsdoorsneden

3.1 Geohydrologische dwarsdoorsnede A-A' Manderheide - Eendenbeek
3.2 Geohydrologische dwarsdoorsnede B-B' Manderheide - Oerbekke
3.3 Geohydrologische dwarsdoorsnede C-C' Holtsüze
3.4 Geohydrologische dwarsdoorsnede D-D' Mosbeek
3.5 Geohydrologische dwarsdoorsnede E-E' Schraalland van de Bels (N-Z)
3.6 Geohydrologische dwarsdoorsnede F-F' Vasse - Tutenberg - Paardenslenkte
3.7 Geohydrologische dwarsdoorsnede G-G' Tutenberg (N-Z)
3.8 Geohydrologische dwarsdoorsnede H-H' Vasser Esch - Tutenbergerbeek
3.9 Geohydrologische dwarsdoorsnede I-I' Onderbeek – Hazelbekke
3.10 Geohydrologische dwarsdoorsnede J-J' Hazelbekke west (N-Z)
3.11 Geohydrologische dwarsdoorsnede J-J' Hazelbekke midden (N-Z)
3.12 Geohydrologische dwarsdoorsnede K-K' Roezebeek - Roezeberg
3.13 Geohydrologische dwarsdoorsnede Duitsland

SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Doelstelling

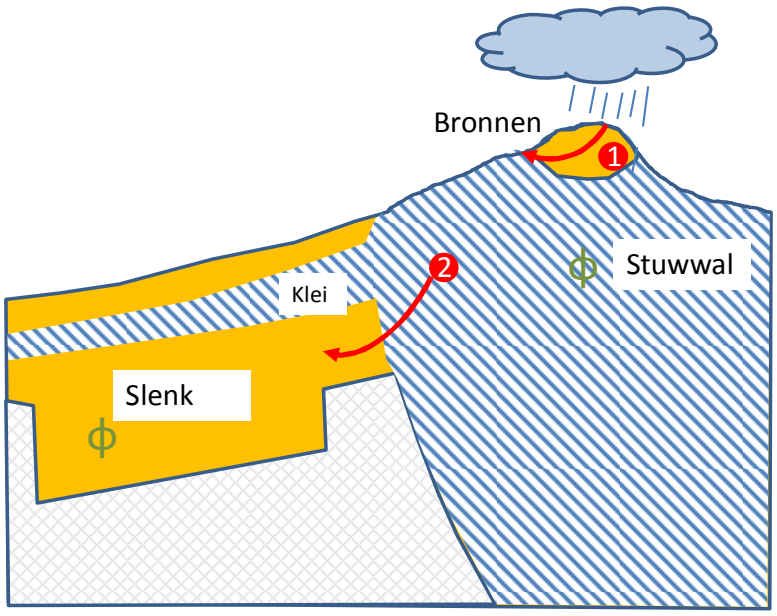
De stuwwal van Ootmarsum staat bekend om het voorkomen van bronnen met permanent natte en zwak zure tot basenrijke omstandigheden, waardoor vegetaties voorkomen die zijn aangewezen voor Natura 2000. Bijzonder is dat de bronnen hoog op de stuwwal ontspringen. Dit is het gevolg van het feit dat de stuwwal voor een deel is opgebouwd uit slecht doorlatende klei. Ten westen van de stuwwal ligt de Slenk van Reutum. Hier ligt een watervoerend pakket, waaruit door Vitens bij pompstation Manderveen grondwater wordt gewonnen.

De effecten van die grondwaterwinning zijn in diverse rapporten beschreven, waaronder het MER Drinkwatervoorziening Noordoost Twente (DHV&Kiwa 2004). Daarin werd geconcludeerd dat de winning effect heeft op grondwaterstanden in de Slenk van Reutum, maar vrijwel geen effecten op het grondwaterregime op de Stuwwal. Daarbij werd een voorbehoud gemaakt voor een overgangszone tussen slenk en stuwwal, waar mogelijk wel effecten zouden kunnen optreden. In het kader van het project "Zoektocht waterwinning Twente" is nu de vraag hoe groot die overgangszone precies is, en welke effecten daar zouden kunnen optreden.

Dit rapport moet die vraag beantwoorden. Het rapport heeft de volgende doelen:

- het overgangsgebied van de stuwwal en de slenk nauwkeurig in kaart te brengen;
- vervolgens vaststellen welke bronsystemen en gebieden met ondiepe grondwaterstanden in deze overgangszone voorkomen;
- en tenslotte vaststellen welke van die gebieden gevoelig zijn voor een stijghoogteverlaging in de Slenk van Reutum.

Conceptueel model en denklijn in het rapport (hoofdstuk 2)



Nevenstaande figuur geeft een versimpeld beeld van het hydrologisch systeem van de stuwwal van Ootmarsum. De grondwateraanvulling op de stuwwal kan ten goede komen aan de bronnen van de beken of diep wegstromen richting slenk. De afvoer naar de beken (1) wordt sterk bepaald door het verschil tussen de grondwaterstand op de stuwwal en de hoogte van de bronnen. De ondergrondse afvoer naar de slenk (2) wordt sterk bepaald door het stijghoogteverschil tussen stuwwal en de slenk. Aangezien er al een groot verschil is tussen stijghoogte van de slenk en de hoogte van de bronnen, heeft een verlaging in stijghoogte een relatief klein effect. Hoeveel dit is kan benaderd worden door uit te rekenen hoe de totale grondwateraanvulling zich verdeeld richting beken en slenk. In dit rapport wordt uitgegaan van standaard 1 meter verlaging in de slenk. Wanneer de verlaging kleiner is zal het effect op de bronnen ook kleiner zijn.

Onzekerheden
De geologische opbouw van de stuwwal is zeer heterogeen, als gevolg van de wijze waarop de stuwwal is ontstaan. De heterogeniteit leidt tot onzekerheden over de geohydrologische relatie tussen slenk en stuwwal. Ook de berekeningen die in dit rapport worden uitgevoerd hebben onzekerheden: bronafvoer is niet gemeten en de precieze grootte van het intrekgebied is onbekend. De bronsterkte is daarom vastgesteld op basis van expert kennis (veldbezoek) en peilbuis (tijdreeks)analyse. Met de onzekerheden is rekening gehouden en dit wordt in dit rapport weergegeven met een bandbreedte. Zo is het mogelijk om een kwantitatieve uitspraak te doen, rekening houdend met onzekerheden.

Ondanks alle onzekerheden komen we voor een aantal bronzones op de stuwwal tot de stellige conclusie dat ze ongevoelig zijn voor een stijghoogteverlaging in de slenk van 1 m. Zo'n verlaging heeft geen tot vrijwel geen effect op de grondwaterstanden en de kwel in bronzones (minder dan 5 cm verlaging en minder dan 5% reductie op de afvoer). Die stelligheid is gebaseerd op het feit dat de bronzones überhaupt bestaan. Als ze wel gevoelig zouden zijn voor een stijghoogteverlaging van 1 m, dan zou er geen krachtige bron met een permanente afvoer op een niveau van orde van grootte 20 m boven de stijghoogte in de slenk kunnen bestaan.

Het overgangsgebied van slenk naar stuwwal
De begrenzing van het overgangsgebied tussen slenk en stuwwal wordt in hoofdstuk 3 vastgesteld op basis van geologische overzichtskaarten. Hoofdstuk 4 geeft een overzicht van de brongebieden op de stuwwal, en van de waardevolle grondwaterafhankelijke natuur die daar voorkomt.

Het overgangsgebied (zie Afbeelding 14 op pagina 39) wordt begrensd door:
- Westgrens: de rand van de gestuwde afzettingen.
- Oostgrens: de locatie van de breuk aan de oostrand van de Slenk van Reutum.
- Uiterste ligging van de oostgrens. Omdat de ligging van de breuk onzeker is houden we er rekening mee dat het overgangsgebied breder is.
- Grens noordflank: omdat daar de gestuwde afzettingen hoofdzakelijk bestaan uit goed doorlatend zand ligt de grens van het overgangsgebied hier verder oostelijk van de breuk.

Analyse van de geohydrologische relaties tussen slenk en stuwwal
In hoofdstuk 5 is per deelgebied de geohydrologische relatie tussen slenk en stuwwal in detail beschouwd en geanalyseerd. Daarbij zijn zowel gegevens over bodemopbouw, grondwaterstanden, stijghoogten en kwel betrokken. Uit deze analyses zijn de volgende conclusies getrokken:

Conclusie voor Eendenbeek en Manderstreu
Het is niet uit te sluiten dat een stijghoogteverlaging in de Slenk van Reutum enig effect heeft op de afvoer van de Eendenbeek. Hoe groot dat effect is, kan op basis van de beschikbare gegevens niet kwantitatief worden vastgesteld. Het maximaal mogelijke effect is een reductie van de afvoer met orde 3 tot 7% bij een stijghoogteverlaging in de Slenk van 1 m. Mogelijk is het effect veel kleiner. Een stijghoogteverlaging in de slenk heeft geen directe invloed op het grondwaterregime in de Manderstreu. Een vermindering van de afvoer van de Eendenbeek zou wel een verkleining van het areaal met vochtige omstandigheden kunnen veroorzaken, maar die reductie is dus beperkt.

Conclusie voor Holtsüze
Holtsüze is een klein (0,3 ha) nat gebiedje, te midden van een verder droge omgeving. In het gebiedje kwelt water op, dat over een afstand van circa 50 m oppervlakkig afstroomt en daar weer in de ondergrond infiltreert. De afvoer van kwelwater naar de bronzone van Holtsüze is gering. Over de grondwaterstroming in het voedingsgebied van Holtsüze kan alleen een hypothetisch en onzeker beeld worden gegeven. Op

grond van de beschikbare informatie kan daarom niet worden uitgesloten dat een stijghoogteverlaging in de slenk effect heeft op de afvoer van grondwater naar het brongebied van Holtsüze.

Conclusie voor bronweide van de Bels en de Mosbeek
De bronweide van de Bels is een zeer natte locatie, met een permanente aanvoer van kwel. Uit berekening volgt dat het effect van een stijghoogteverlaging in de slenk van 1 m een vermindering van de afvoer naar de bronweide kan veroorzaken van orde van grootte 0 tot 5 %. Omdat het hier om een krachtige bron gaat, en omdat tussen de bronweide en de Slenk van Reutum aantoonbaar de zeer slecht doorlatende Rupel klei ligt is een zeer gering effect (0-1%) waarschijnlijker dan een effect van 5%. Er zijn echter geen waarnemingen beschikbaar om dit zekerder te onderbouwen.

Conclusie voor de bronzones van de Tutenbergerbeek
In de bronzones van de Tutenbergerbeek treedt permanente aanvoer van kwel op. Gedurende het grootste deel van het jaar is er afvoer. Volgens veldwaarnemingen droogt deze bronzone vrijwel jaarlijks aan het eind van de zomer op. Dan is er nog steeds sprake van kwel, de bronzone droogt op doordat de verdamping groter wordt dan de kwel. De bronzones liggen in een gebied met gestuwde klei. De gestuwde afzettingen liggen op het watervoerende pakket van de Slenk van Reutum, en vormen als het ware een “balkon” over het pakket. Een stijghoogteverlaging in de slenk van 1 m kan een vermindering van de afvoer naar de bronweide kan veroorzaken van orde van grootte 0 tot 3 %. Een zeer gering effect (0-1%) is waarschijnlijker dan een effect van orde 5%. Er zijn echter geen waarnemingen beschikbaar om dit zekerder te onderbouwen.

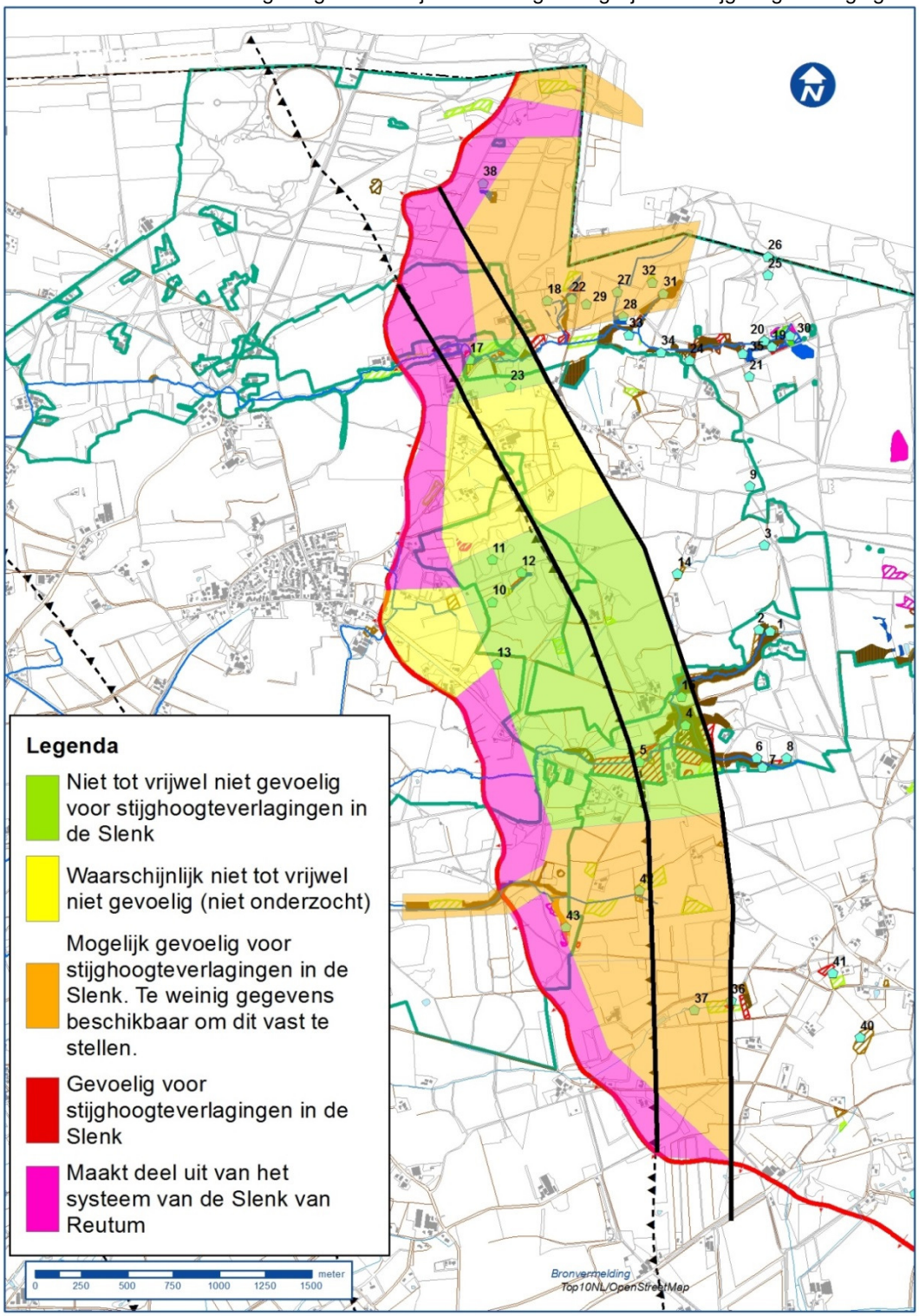
Conclusie voor natuurgebied Hazelbekke
Bij natuurgebied Hazelbekke is niet duidelijk of het watervoerende pakket van de Slenk van Reutum zich uitstrekt tot onder het natuurgebied. Op basis van de beschikbare boringen is het zeer wel mogelijk dat het pakket al westelijk van molen de Mast wordt afgesloten door gestuwde tertiaire kleien. Als dat het geval is zijn effecten van een stijghoogteverlaging in de Slenk van Reutum op het natuurgebied Hazelbekke nihil.

Als het watervoerende pakket zich wel tot onder natuurgebied Hazelbekke uitstrekt beperkt zich dat tot het westelijke deel (maximaal 800 m oostelijk van molen de Mast). In dat gebied leidt een stijghoogteverlaging in de slenk van 1 m tot een reductie van de kwel van maximaal circa 5%. De maximale grondwaterstandsverlaging (op afstand van de beek) is met zekerheid kleiner dan 5 cm. Het is zeer waarschijnlijk dat de effecten kleiner zijn, maar er zijn geen waarnemingen beschikbaar om dat te onderbouwen.

Conclusie Roezebeek
Een stijghoogteverandering in de slenk van 1 m kan bij de Roezebeek een significante afname van de bronafvoer veroorzaken van orde 10 tot 20%. Het kan ook bijdragen aan het eerder droogvallen van de bronnen. Mogelijk is dit effect kleiner, maar er zijn geen gegevens beschikbaar om dat te onderbouwen.

Benedenstrooms van de bronzones ligt de Roezebeek in een gebied met keileem. Daar infiltreert er water uit de beek. Hij valt elke zomer droog. Langs een deel van de beek is sprake van schijnspiegelsituaties. Daar heeft een stijghoogteverlaging in de slenk geen effect. Langs andere delen van de beek is dat niet het geval. Daar kan op basis van de beschikbare gegevens niet worden uitgesloten dat een stijghoogteverlaging in de slenk van 1 m kan leiden tot verlaging van de grondwaterstand en het eerder droogvallen van de beek.

De conclusies zijn samengevat in onderstaande kaart met de gevoeligheid van bronnen en het grondwaterregime bij grondwaterafhankelijke natuurwaarden in het overgangsgebied van de slenk naar de stuwwal. Conclusie is dat er geen gebieden zijn die zeker gevoelig zijn voor stijghoogteverlaging.



Afbeelding 1: Overgangszone tussen slenk en stuwwal, en gevoeligheid voor stijghoogteverlaging in de slenk

Aanbevelingen

- Holtsüze en bronnen ten noorden van de Mosbeek (Reuterij-Oerbekke). Om over een mogelijk effect meer zekerheid te krijgen, moeten bodemopbouw, bodemparameters (doorlaatvermogen, horizontale en verticale anisotropie), grondwaterstanden en diepe stijghoogten in het gebied ten oosten van Holtsüze nader worden onderzocht. Daarbij is ook aanvullende informatie over het Duitse deel van het intrekgebied nodig. Als die gegevens beschikbaar zijn kan dan nader worden onderzocht of een stijghoogteverlaging in de slenk invloed kan uitoefenen op het voedingsgebied van Holtsüze, en op de afvoer naar Holtsüze.
- Bij de bronweide van de Bels weet de auteur van dit rapport geen methode om het voorspelde effect nauwkeuriger te bepalen of hard aan te tonen dat het nihil is.
- Bij de Tutenbergerbeek kunnen afvoermetingen meer zekerheid bieden over de grootte van het effect van een stijghoogteverlaging, maar het is niet mogelijk aan te tonen dat dit effect nul is.
- Bij Hazelbekke kan op basis van aanvullende diepe boringen en metingen van grondwaterstanden en stijghoogten de breedte van het overgangsgebied beter worden vastgesteld. Het is mogelijk dat Hazelbekke geheel oostelijk van het overgangsgebied blijkt te liggen.
- bij de Roezebeek kunnen peilbuizen in de bronzones meer inzicht opleveren in de kwelflux en de permanentie van de bronnen. Metingen van de afvoer op de overgang van het gebied met kwel naar het gebied met wegzijging kan inzicht geven in de infiltratieflux vanuit de beek naar het grondwater in de middenloop. In combinatie met meer stijghoogtemetingen langs de beek, kan dan betrouwbaarder worden aangegeven in hoeverre een stijghoogteverlaging in de slenk doorwerkt op grondwaterstanden en infiltratiefluxen.

1 INLEIDING EN DOELSTELLING

De stuwwal van Ootmarsum staat bekend om het voorkomen van bronnen met permanent natte en zwak zure tot basenrijke omstandigheden, waardoor vegetaties voorkomen die op Europees niveau bijzonder zijn. Opvallend is dat deze bronnen ook hoog op de stuwwal voorkomen, anders dan bijvoorbeeld de bronnen en sprengen op de stuwwal van de Veluwe, die lager op de flanken ontspringen. Dit is het gevolg van het feit dat de stuwwal voor een belangrijk deel is opgebouwd uit klei die in de voorlaatste ijstijd door landijs is gestuwd. Een andere bijzonderheid is het feit dat direct ten westen van de stuwwal de Slenk van Reutum ligt, een gebied waar de aardkorst als gevolg van tektonische bewegingen is verzakt ten opzichte van de omgeving. De verzakking is in de bovenste 50 tot 100 m opgevuld met rivierzanden, die een goed doorlatend watervoerend pakket vormen.

In 1961 werd begonnen met het onttrekken van grondwater ten behoeve van de openbare drinkwatervoorziening, uit het watervoerende pakket van de Slenk van Reutum. Daarnaast zijn in de loop der jaren vele ingrepen uitgevoerd om de waterhuishouding voor de landbouw te verbeteren, ook op de stuwwal zelf. Vegetatieontwikkelingen in bronnen en grondwaterafhankelijke systemen op de stuwwal geven aan dat op verschillende locaties verdroging is opgetreden.

Er is veel onderzoek gedaan naar de invloed van ingrepen in de waterhuishouding op de bronnen en grondwaterafhankelijke vegetaties op de stuwwal. Met name de mogelijke invloed van de grondwaterwinning bij Mander is uitgebreid onderzocht (Broks, 1991; 1992; Stroet & Grube, 2004).

De vraag of de winning invloed heeft op de bronnen en grondwaterafhankelijke vegetaties is opnieuw actueel geworden in het kader van het project “Zoektocht waterwinning Twente”. Op woensdag 17 december 2014 is een deskundigenbijeenkomst gehouden om de beschikbare kennis van de geologie, de hydrogeologie en de ecohydrologie van de stuwwal van Ootmarsum bij elkaar te brengen. Conclusie van deze bijeenkomst was dat de afvoeren van bronnen en de (grond)waterstanden in de brongebieden en beekdalen op de stuwwal vrijwel onafhankelijk zijn van de grondwaterstanden en stijghoogten in de slenk [de Meij et al. 2015]. In de overgangszone van stuwwal naar de slenk is niet uit te sluiten dat een verandering van de stijghoogte in de slenk kan doorwerken op de freatische grondwaterstand en op de afvoer van beken, waardoor er effecten kunnen zijn bij bronvegetaties en bij grondwaterafhankelijke vegetaties.

Daarom wordt in [de Meij et al 2015] aanbevolen de ligging van het overgangsgebied nauwkeurig in kaart te brengen. Wanneer de ligging van mogelijk gevoelige bronnen in kaart is gebracht dienen ecohydrologische systeemanalyses opgesteld te worden van deze bronsystemen.

Doelstelling

Dit rapport heeft de volgende doelen:

- Het overgangsgebied van de stuwwal en de slenk nauwkeurig in kaart te brengen.
- Vervolgens vaststellen welke bronsystemen en gebieden met ondiepe grondwaterstanden in deze overgangszone voorkomen.
- En vervolgens vaststellen welke van die gebieden gevoelig zijn voor een stijghoogteverlaging in de Slenk van Reutum.

In dit rapport worden de feiten over de geologie en kwantitatieve hydrologie van de stuwwal van Ootmarsum nader toegelicht. Het rapport bevat geen ecohydrologische analyse van de werking van het

systeem en de effecten van grondwaterstandsveranderingen op het functioneren van de ecologie. Er wordt dus ook niet ingegaan op effecten op habitatsoorten in N-2000 gebieden.

Het rapport gaat over effecten van stijghoogteveranderingen in de Slenk van Reutum op de grondwaterstanden en afvoeren van de bronzones op de stuwwal. het rapport richt zich dus op het hydrologisch functioneren en het begrip van het systeem, met nadruk op de relatie tussen de slenk en de stuwwal. Het rapport gaat niet over concrete maatregelen. Daarom is een standaard eenheid van 1 meter stijghoogteverlaging in de slenk gehanteerd om effecten op de bronnen op de stuwwal te kunnen duiden en kwantificeren. De kennis uit dit rapport kan later gebruikt worden voor vervolgstudies, scenariostudies of beleidsmatige afwegingen.

Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt een toelichting gegeven op de gebruikte geohydrologische methoden, wordt toegelicht hoe is omgegaan met de beschikbare geologische gegevens en wordt een beeld gegeven van de geologische structuur van de stuwwal. In dit hoofdstuk worden de methoden met betrekking tot kwantitatieve hydrologie (paragraaf 2.1) beschreven, en worden feiten over de geologie (paragraaf 2.2), de interne structuur van de stuwwal van Ootmarsum (paragraaf 2.3) en de hydraulische eigenschappen van de ondergrond van de stuwwal (paragraaf 2.4) nader toegelicht.

Voor het project zijn op basis van de beschikbare geologische gegevens overzichtskaarten gemaakt, die worden toegelicht in hoofdstuk 3. Op basis van die gegevens wordt een eerste begrenzing van de overgangszone van slenk naar stuwwal vastgesteld. Verder wordt vastgesteld welke brongebieden en gebieden met waardevolle grondwaterafhankelijke vegetaties in dat overgangsgebied voorkomen.

Hoofdstuk 4 geeft een overzicht van de brongebieden op de stuwwal, en van de waardevolle grondwaterafhankelijke natuur die daar voorkomt. Voor het selecteren van relevante bronnen is gebruik gemaakt van beschikbare informatie over de ecologische waarde van de bronnen (hoofdstuk 4).

In hoofdstuk 5 wordt per deelgebied de geohydrologische relatie tussen slenk en stuwwal in detail beschouwd. Op basis van de beschikbare gegevens en eenvoudige geohydrologische stromings- en balansberekeningen vastgesteld hoe een stijghoogteverlaging in de slenk zou kunnen doorwerken in dit overgangsgebied. De volgende deelgebieden komen aan de orde:

- Eendenbeek en Manderstreu
- Holtsüze
- Mosbeek
- Braamberg Tutenbergerbeek
- Hazelbekke
- Roezebeek

Het beeld dat uit de resultaten naar voren komt wordt in een synthese in paragraaf 5.8 samengevat.

2 GEBRUIKTE METHODEN EN UITGANGSPUNTEN

2.1 Methoden met betrekking tot kwantitatieve hydrologie

Het feit dat midden op de Stuwwal van Itterbeck-Uelsen-Ootmarsum grondwaterstanden voorkomen die bijna tot aan maaiveld reiken, en dat er op een niveau van NAP+64,5 m, zo'n 30 m boven de grondwaterstanden in de Slenk van Reutum een beek als de Mosbeek ontspringt is op zichzelf opmerkelijk. Deze fenomenen zijn alleen verklaarbaar uit de lage doorlatendheid van het materiaal waaruit de Stuwwal is opgebouwd.

Om een mogelijk effect van een stijghoogteverlaging in de slenk op grondwaterstanden en afvoeren op de stuwwal te onderzoeken zijn in [Stroet&Grube 2004] beschreven. De essentie van deze methoden is het volgende: de grondwateraanvulling in het stroomgebied op de stuwwal wordt deels afgevoerd naar bronnen en beken op de stuwwal, en deels ondergronds naar de slenk. Als het aandeel van afvoer naar bronnen en beken groot is, dan is de kwetsbaarheid van dat gebied voor stijghoogteveranderingen in de slenk klein. Er zijn twee methoden aangegeven, namelijk:

1. Een globaal-kwantitatieve methode op de schaal van het stroomgebied van een beek, zoals de Mosbeek en het Hazelbekke. Deze methode is in het kader op de volgende pagina's overgenomen.
2. Een kwantitatieve methode met een numeriek systeemmodel, waarin de bovengrens van de doorlatendheid van de stuwwal wordt bepaald door kalibratie aan gemeten afvoeren en gemeten grondwaterstanden. Daarbij is voor de Mosbeek aangetoond dat de gemeten grondwaterstanden bovenop de stuwwal, en de gemeten afvoeren alleen kunnen bestaan bij extreem lage doorlatendheden van de ondergrond in de stuwwal. Bij die lage doorlatendheden is er geen significante invloed van een stijghoogteverandering in de slenk op het grondwaterregime op de stuwwal. Alleen in een smalle overgangszone kan die invloed niet worden uitgesloten. Hoe breed die overgangszone is, is onderwerp van dit rapport.

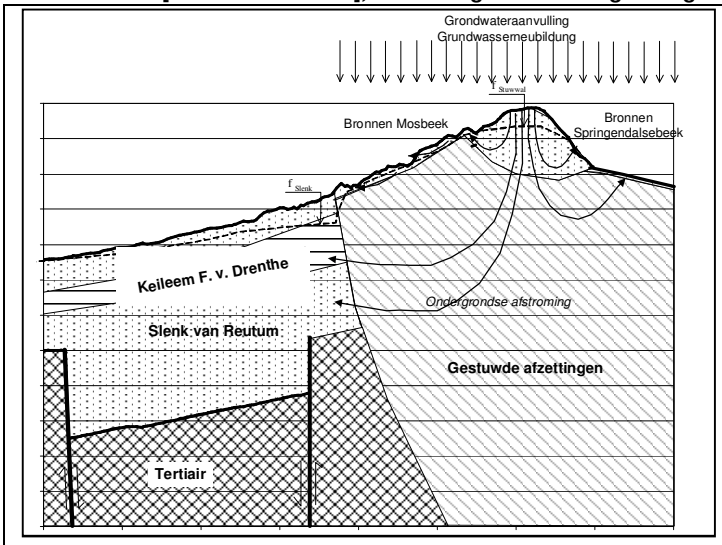
De eerste methode zou ook voor deelstroomgebiedjes in het overgangsgebied van stuwwal naar slenk kunnen worden toegepast. Daarvoor moeten voor zo'n deelstroomgebiedje de volgende gegevens beschikbaar zijn:

– Tijdreeksen van gemeten afvoeren van oppervlaktewater uit het deelstroomgebied.
– Duidelijkheid over het oppervlak van het stroomgebied, dus het gebied waarvan de grondwateraanvulling via de betreffende bron of beek wordt afgevoerd.
– Tijdreeksen van gemeten grondwaterstanden en stijghoogten.

In het overgangsgebied van slenk naar stuwwal zijn veel metingen van de grondwaterstand beschikbaar en in een aantal gevallen ook van de diepe stijghoogte. Afvoermetingen ontbreken echter (zie Bijlage 1.0: er zijn alleen afvoermeetpunten in de Mosbeek en het Hazelbekke stroomafwaarts van de stuwwal). Verder kan van geen enkel deelstroomgebied in de overgangszone tussen slenk en stuwwal precies worden vastgesteld wat de grenzen er van zijn. Daarom hebben we andere methoden toegepast:

– Gedetailleerde inventarisatie van beschikbare geologische gegevens. Op basis daarvan zijn kaarten en dwarsdoorsneden gemaakt.
– Analyse van tijdreeksen van gemeten grondwaterstanden en stijghoogten.
– Daaruit afleiden of er sprake is van permanente kwel naar bronzones, en permanente afvoer.
– Op basis van eenvoudige berekeningen en gevoeligheidsanalyses volgens methode 1 (zie volgende pagina's) schatten van de orde van grootte van het effect van een stijghoogteverlaging in de slenk op de afvoer van bronzones in de overgangszone tussen slenk en stuwwal. Deze methode heeft beperkingen, die ook worden toegelicht.

Methode 1 uit [Stoet&Grube 2004], verder uitgewerkt voor gevoeligheidsanalyses in dit rapport



Neerslag dat op de Stuwwal infiltreert, kan ondergronds afstromen naar de bronzones en beken op de Stuwwal, of ondergronds naar de Slenk van Reutum. Deze stromen kunnen (in globale zin) als volgt worden beschreven:

Q_{totaal} = GWA * $A_{Voedingsgebied\ beek/bron}$ = $Q_{Mosbeek}$ + $Q_{ondergronds}$

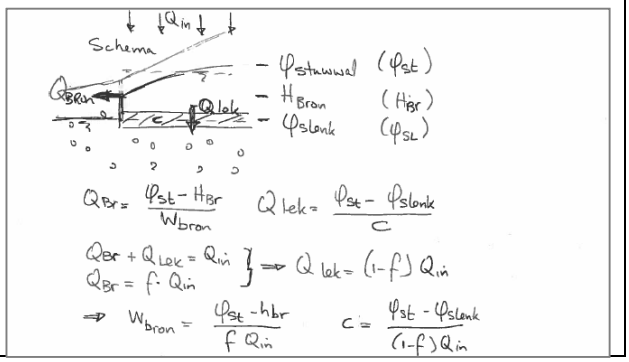
$Q_{Beek/bron}$ = ($\varphi_{Stuwwal}$ - $H_{Bronnen}$) / $W_{Bronnen}$

Q_{Lek} = ($\varphi_{Stuwwal}$ - φ_{Slenk}) / C

Met:

Q_{totaal} = Totale hoeveelheid af te voeren water in stroomgebied van de beek/bron [m^3/dag]
GWA = Grondwateraanvulling [m/dag]
$A_{Stroomgebied\ Beek/bron}$ = Oppervlak stroomgebied Mosbeek (op de Stuwwal) [m2]
$Q_{Bron/beek}$ = afvoer van een bron of beek [m^3/dag]
$\varphi_{Stuwwal}$ = grondwaterstand op de stuwwal [m tov NAP]
$H_{Bronnen}$ = plaatshoogte bronnen [m tov NAP]
$W_{Bronnen}$ = stromingsweerstand naar de bronnen [dagen/m^2]
Q_{lek} = ondergrondse afstroming naar de Slenk, op de rand van de Stuwwal
φ_{Slenk} = grondwaterstand/stijghoogte in de Slenk [m tov NAP]
C = ondergrondse stromingsweerstand [dagen/m^2]
f = fractie van Q_{totaal} dat door bron wordt afgevoerd

Als H_{bron}, φ_{Slenk} en $\varphi_{Stuwwal}$ en f bekend zijn, kunnen alle overige termen worden berekend, op basis van de vergelijkingen die hiernaast zijn afgeleid:



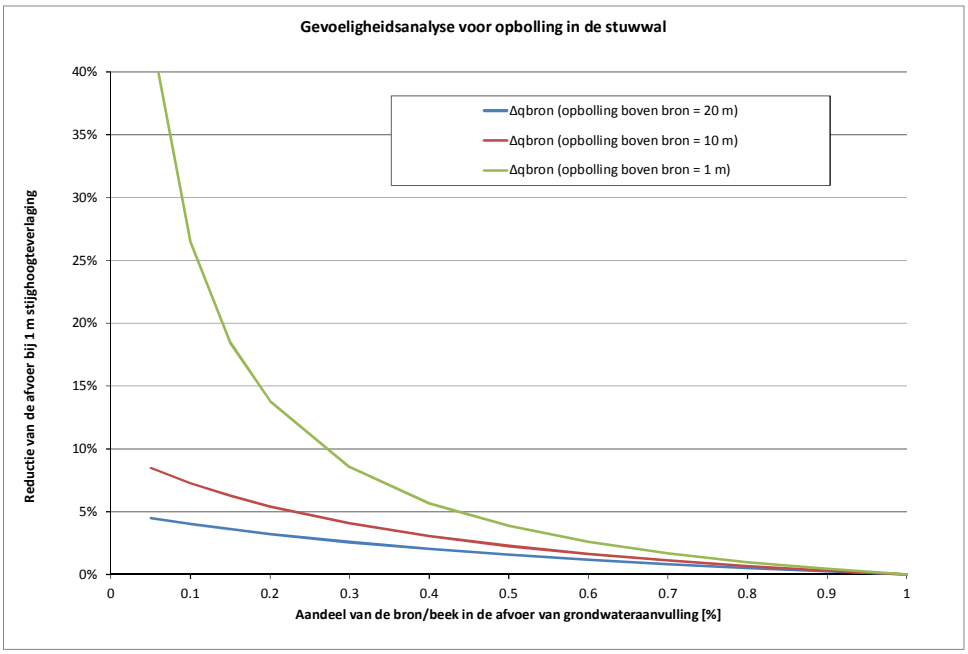
De methode is goed toepasbaar als de situatie vergelijkbaar is met bovenstaand schema, dus:

– Lek naar het watervoerende pakket vindt plaats daar waar ook grondwateraanvulling optreedt.
– Lek naar het watervoerende pakket is ruimtelijk weinig variabel en vindt in het hele voedingsgebied plaats.

Een voorbeeld waar de methode goed toepasbaar is: de bronzones bij de Tutenbergerbeek, gelegen op het zogenaamde “balkon” (waarover later meer). De methode is minder goed toepasbaar als de lekkage naar het watervoerende pakket op een andere locatie plaatsvindt dan waar de bron zich bevindt en waar de voeding optreedt. Dat is bijvoorbeeld het geval bij Holtsüze.

De methode is gevoelig voor de opbolling van de grondwaterspiegel in het voedingsgebied, boven het bronniveau. Dat blijkt uit onderstaand voorbeeld. Dit is een gevoeligheidsanalyse voor het effect van een stijghoogteverlaging in de slenk, bij een bron die 14 m boven de stijghoogte ligt. Dat is representatief voor bronnen/bronzones in het overgangsgebied van slenk naar stuwwal.

Op de Y-as staat het effect van een stijghoogteverlaging op de bronafvoer, uitgedrukt als percentage van de huidige bronafvoer. Er zijn berekeningen uitgevoerd voor drie verschillende opbollingen binnen het voedingsgebied. Bij grote opbollingen in het voedingsgebied (orde 10 m) zijn de effecten kleiner dan bij kleine opbollingen (orde 1 m). Als het aandeel van een bron in de afvoer van het neerslagoverschot groter is dan 50%, dan is het effect van een stijghoogteverlaging op de bronafvoer gering (minder dan 5%). En het effect is dan ook verder weinig gevoelig voor de opbolling boven de bron. Als het aandeel van een bron in de afvoer van het neerslagoverschot in het brongebied kleiner is dan 30%, dan is het effect van een stijghoogteverlaging op de bronafvoer groter (10% tot maximaal 100%), en erg gevoelig voor de opbolling in het voedingsgebied.



Permanentie van de afvoer van bronnen als indicator voor de kwetsbaarheid van bronsystemen voor stijghoogteveranderingen in de slenk

Bronnen voeren het grondwater af dat afkomstig is uit hun intrekgebied. De hoeveelheid water die ze afvoeren is gerelateerd aan de grondwateraanvulling in het intrekgebied. Dat is de neerslag minus de verdamping. De grondwateraanvulling varieert in de tijd, en als gevolg daarvan ook de afvoer van de bronnen. Een intrekgebied van een bron op de stuwwal kan water verliezen door grondwaterstroming naar de slenk. Het verschil tussen de grondwaterstand in het intrekgebied en de stijghoogte in de slenk is groot (veelal 10 m of meer), en relatief constant. De lekkage naar de slenk is dus ook relatief constant in de tijd, en gaat zomer en winter door. Als dat verlies significant is zal een groot deel van de basisafvoer weglekken naar de slenk, en zal de bron dus elke zomer droogvallen. Als het verlies relatief klein is zal de basisafvoer in de zomer in stand blijven, en zal er permanent kwel in de bronzone optreden. De permanentie van de afvoer van een bron is dus een indicator voor de kwetsbaarheid voor stijghoogteveranderingen in de slenk. Een permanente bron is minder kwetsbaar dan een niet permanente bron.

Afbeelding 2 toont het verloop in de tijd van de grondwateraanvulling in het onderzoeksgebied. Dit is berekend op basis van de volgende gegevens en uitgangspunten:

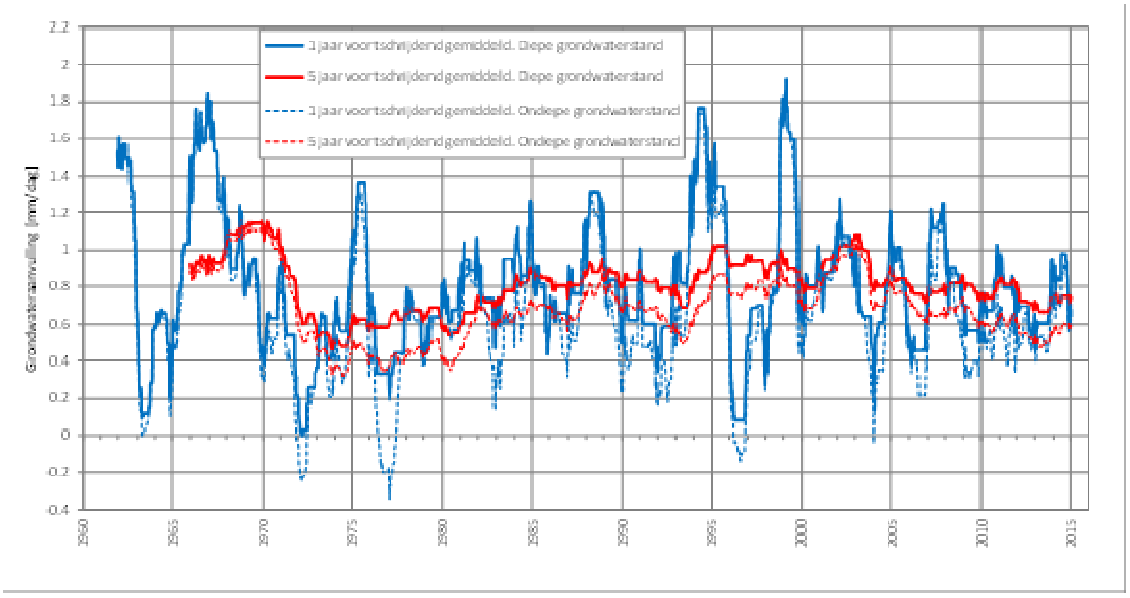
– dagreeksen neerslagstation Tubbergen (1971-2015) en Twente (1961-1971);
– dagreeksen referentiegewasverdamping vliegveld Twente (1987-2015) en de Bilt (1961-1987);
– grondgebruik: grasland, bodemtype: zwaklemig fijn zand.

De berekening is uitgevoerd met een model voor de onverzadigde zone. In dat model wordt op dagbasis het vochtgehalte in de wortelzone en de ondergrond berekend op basis van neerslag, referentiegewasverdamping (grasland), reductie van de actuele verdamping als functie van het bodemvochtgehalte conform [Feddes 1978] en de waterretentiekarakteristiek van zwaklemig fijn zand [Wösten 1991]. Het model is vergelijkbaar met het onverzadigde deel van SWAP.

De dikke doorgetrokken lijnen betreffen locaties met een diepe grondwaterstand, waar geen capillaire opstijging naar de wortelzone kan plaatsvinden, en waar in geval van vochttekorten reductie van de verdamping optreedt. Dit is het geval in grote delen van de Slenk van Reutum, en op de hoge zandige koppen op de stuwwal. De dunne streeplijnen betreffen locaties met een ondiepe grondwaterstand, waar vochttekorten onder alle omstandigheden volledig door capillaire opstijging en kwel kunnen worden aangevuld.

Uit deze grafiek kan worden geconcludeerd dat de grondwateraanvulling in de loop van de tijd varieert. In het 1 jarig voortschrijdend varieert tussen 0,2 tot 1,6 mm/dag. Ook in het 5 jaar voortschrijdende gemiddelde kunnen aanzienlijke trends voorkomen. De late jaren ’60 en de periode 1995-2002 waren nat (orde 1 mm/dag), de jaren ‘70 waren droog (0,6 mm/dag), en de jaren ’80 en de periode 2005-heden zijn gemiddeld (0,8 mm/dag). Deze fluctuaties en trends bepalen in hoge mate het verloop van grondwaterstanden.

De grondwateraanvulling kan op tijdschalen van een jaar tot 5 jaar dus met een factor 2 kan variëren. Dat betekent ook dat de basisafvoer van bronsystemen in de tijd zal variëren. Als van de gemiddelde grondwateraanvulling in een intrekgebied van een bron (0,8 mm/dag) de helft via grondwaterstroming weglekt naar de slenk (0,4 mm/dag), dan betekent dat dat in droge perioden de basisafvoer van zo’n bron volledig kan wegvallen. Immers: het verschil tussen de hoogte van de bron en de stijghoogte in de slenk is vrijwel constant in de tijd, en de hoeveelheid die via grondwaterstroming weglekt is dus ook vrijwel constant in de tijd.



Afbeelding 2: langjarige trends in de grondwateraanvulling Slenk van Reutum

Als bronnen niet permanent water afvoeren en de afvoer in droge perioden wegvalt, lekt er dus een aanzienlijk deel van de grondwateraanvulling via grondwaterstroming weg naar elders. Die grondwaterstroming kan plaatsvinden naar een lager gelegen bronsysteem op de stuwwal, of naar de Slenk van Reutum. In het laatste geval kan zo'n bron relatief kwetsbaar zijn voor een stijghoogteverlaging in de slenk.

Waarnemingen over de permanentie van de afvoer van een bron worden in dit rapport gebruikt als indicator voor het aandeel dat ze hebben in de afvoer vanuit hun intrekgebied.

Dynamiek van de grondwaterstand als indicator voor de kwelflux in een bronsysteem

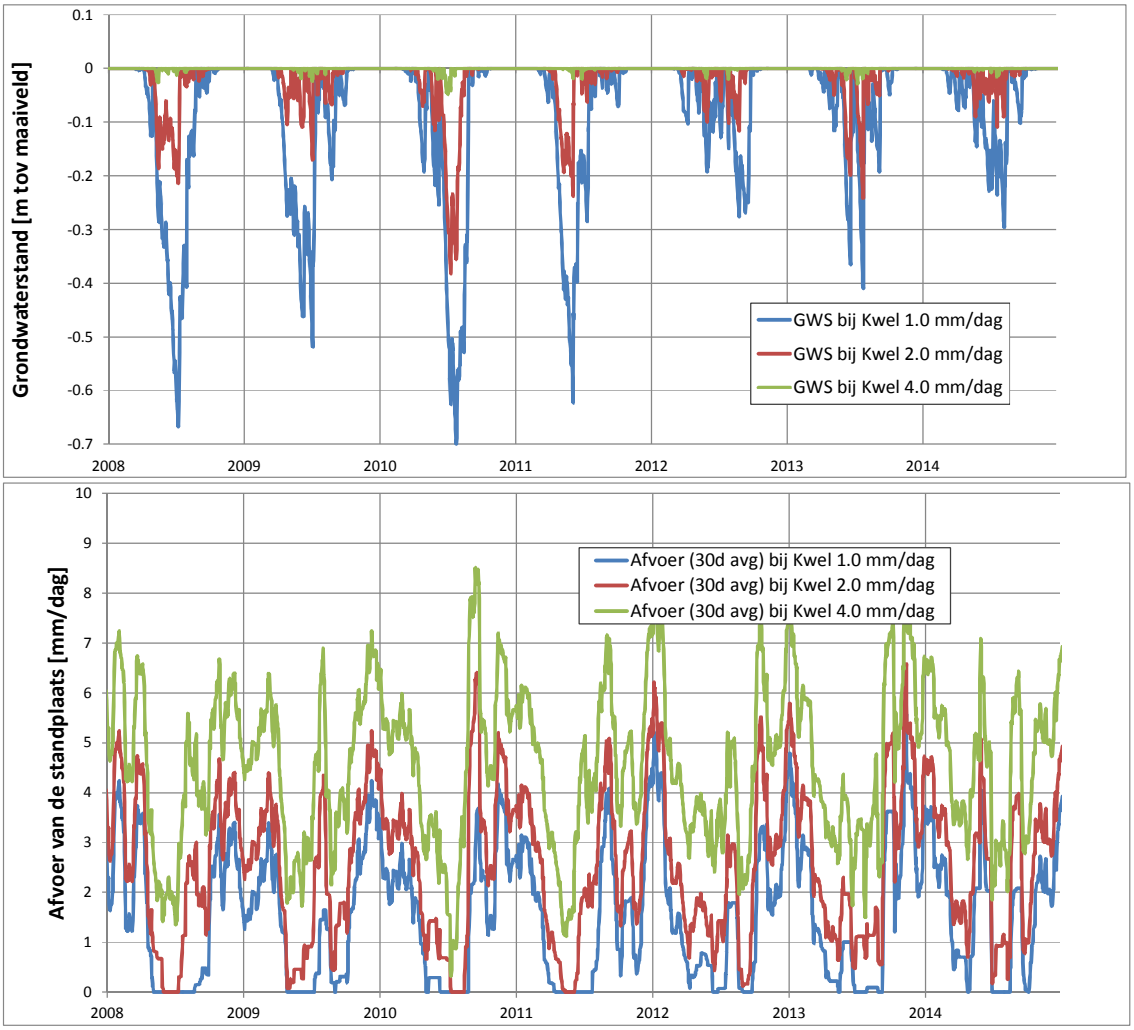
In dit rapport wordt verder voor een aantal locaties de sterkte van de kwelflux geschat uit de dynamiek van de grondwaterstand. Die dynamiek wordt bepaald door het verloop in de tijd van neerslag en gewas-verdamping, de verticale grondwaterstroming op de standplaats (kwel of wegzijging) en eigenschappen van de bodem (porositeit, vochtretentie en capillaire opstijging). Op plaatsen zonder kwel daalt de grondwaterstand in de zomer door het verdampingsoverschot en capillaire opstijging. Als er kwel optreedt is deze daling minder sterk, omdat het vochttekort van onderaf wordt aangevuld. De grootte van de daling van de grondwaterstand in zomerperioden is dus een indicatie voor de kwelflux.

De dynamiek van de grondwaterstand is berekend voor een natte standplaats met een ondiepe grondwaterstand en volledige aanvulling van het vochttekort met capillaire opstijging. Dit is kenmerkend voor de te beschouwen locaties natte natuurwaarden en bronnen. We zijn uitgegaan van referentiegewasverdamping (gras-achtige vegetatie) en bodemtype zwaklemig fijn zand en bergingscoëfficiënt 0,15. Bij de berekening gaan we ervan uit dat als de grondwaterstand tot maaiveld reikt, het overschot van neerslag en kwel oppervlakkig wordt afgevoerd naar een afvoerende beek. Verder gaan we ervan uit dat de kwelflux constant is in de tijd. De berekening is gemaakt met een eenvoudig tijdreeksmodel op dagbasis. Dit model berekent de waterbalans van het freatische grondwater op een standplaats, met als uitgangspunt dat er geen horizontale grondwaterstroming plaatsvindt, maar uitsluitend

verticale stroming door kwel, wegzijging van neerslag, capillaire opstijging en oppervlakkige afstroming als de grondwaterstand aan maaiveld staat. Het resultaat is weergegeven in Afbeelding 3.

Een kwelflux van 1 mm/dag is onvoldoende om de grondwaterstand op peil te houden. De grondwaterstand daalt 40 tot 60 cm. Alleen in de natte zomers van 2012 en 2014 blijft de daling beperkt tot 20 cm. Op dit soort standplaatsen valt de afvoer elke zomer gedurende enkele maanden weg. Bij een kwelflux van 4 mm/dag is er ook in droge zomers voldoende water beschikbaar om de grondwaterstand nabij maaiveld te houden. De afvoer valt vrijwel nooit weg.

Bij interpretatie van gemeten grondwaterstanden moet rekening worden gehouden met het bodemtype. Bij lemige en kleiige bodems is de bergingscoefficiënt lager, en de daling bij dezelfde kwelflux dus groter. Bij veenbodems is de bergingscoëfficiënt groter en de daling van de grondwaterstand dus kleiner.



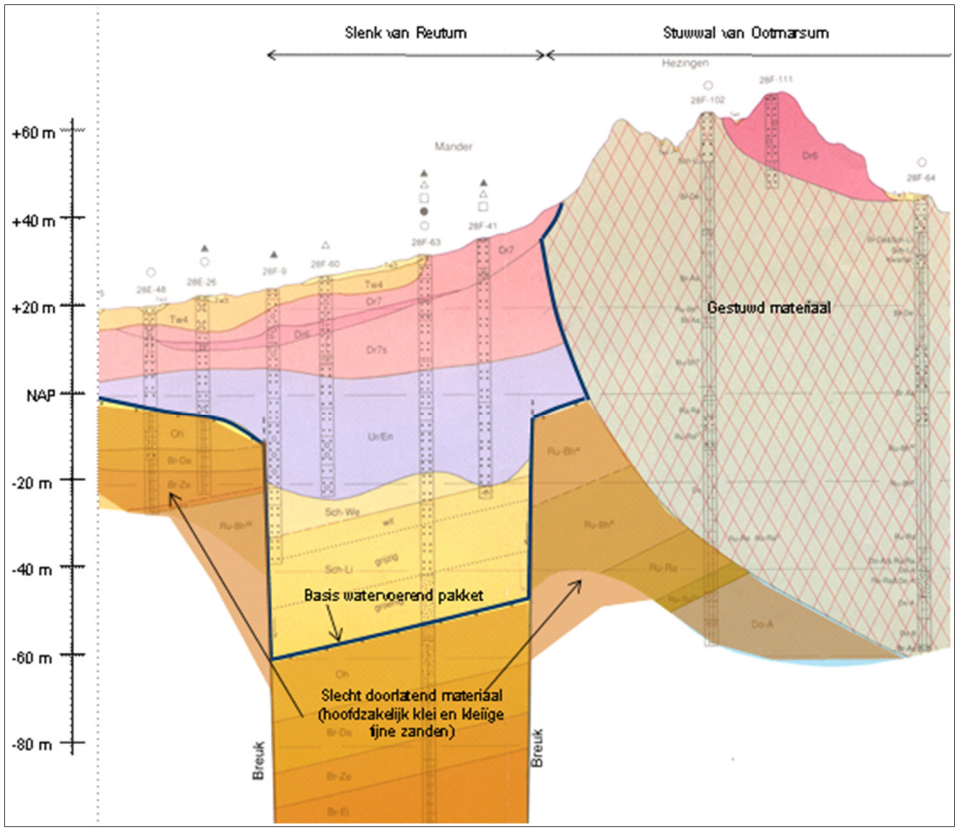
Afbeelding 3: Berekende dynamiek van de grondwaterstand en afvoer op basis van gemeten neerslag en verdamping, voor drie verschillende kwelfluxen.

2.2 Uitgangspunten voor interpretatie van geologische gegevens

Er is veel informatie over de geologie van de stuwwal, maar vanwege de complexiteit ervan en het relatief beperkte aantal diepe boringen is het bepalen van de grenzen van de overgangszone niet eenvoudig.

Alle literatuur, de geologische kaart, de geologische modellen DGM v2.2 en REGIS v2.1 bevatten interpretaties van min of meer dezelfde basisgegevens (boringen, seismisch onderzoek en geoelectrisch onderzoek). Die interpretaties verschillen soms van elkaar. In deze paragraaf worden enkele verschillen getoond, en wordt aangegeven hoe we daar mee zijn omgegaan. Voor een goed begrip beginnen we met een korte beschrijving van de geologie.

Korte beschrijving van de geologie van de stuwwal van Ootmarsum en de Slenk van Reutum
De stuwwal van Ootmarsum is ontstaan door opstuwing door landijs in de voorlaatste ijstijd. Vanuit het oosten zijn zowel tertiair materiaal (hoofdzakelijk kleien en fijne zanden) als pleistoceen materiaal (hoofdzakelijk matig grof tot zeer grof zand en grind) opgestuwd. Door de stuwing is de grond sterk vervormd, waardoor schubben en dakpansgewijze overschuivingen zijn ontstaan. Aan de westelijke zijde van de stuwwal is de grond geplooid. Een beschrijving van de interne structuur van de stuwwal staat in paragraaf 2.3. Nadat de stuwwal was gevormd heeft het landijs de hele stuwwal overreden. In die fase is keileem (grondmorene) afgezet, zowel op de stuwwal, als ten westen ervan (keileem en zand). Aan de voet van de stuwwal zijn grofzandige smeltwaterafzettingen neergelegd. In de laatste ijstijd is het gebied overdekt door fijnzandig dekzand.

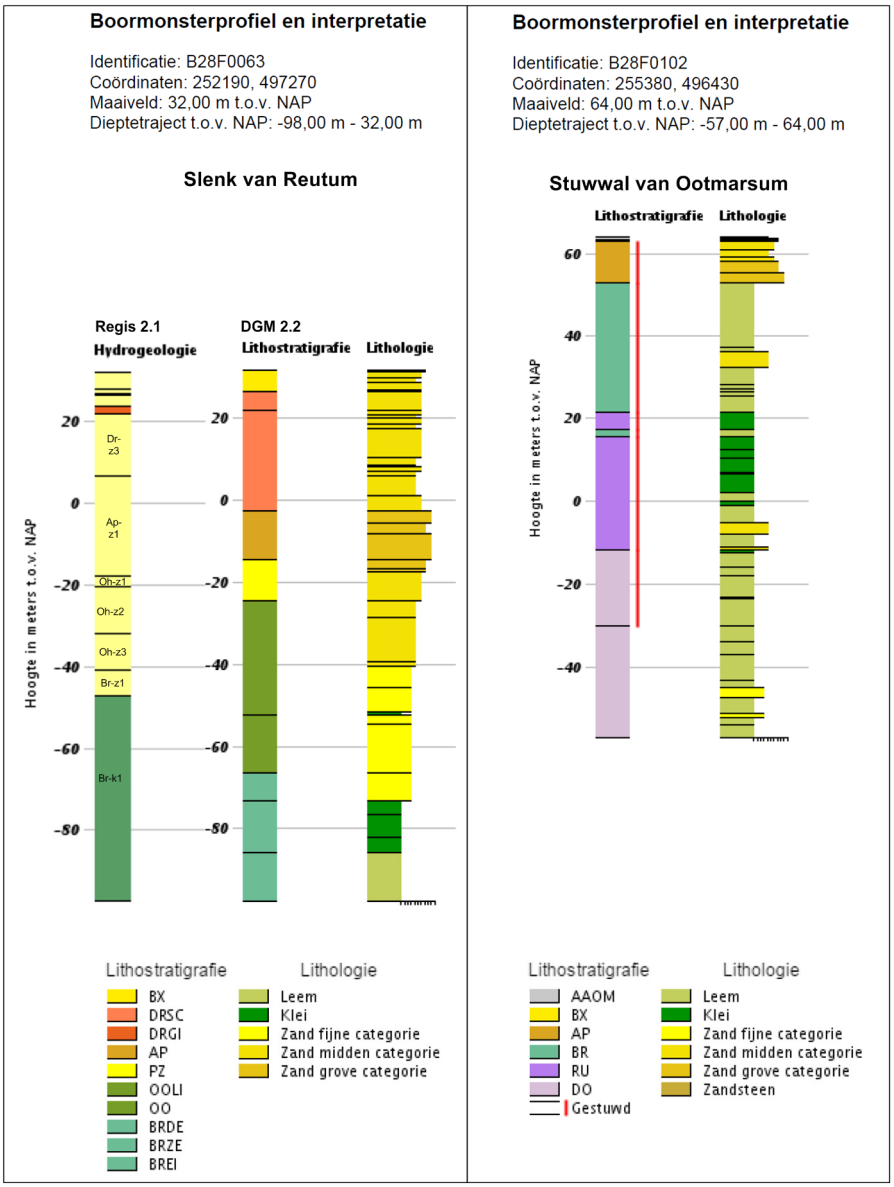


Afbeelding 4: Geologische dwarsdoorsnede (west-oost) van de Slenk van Reutum en Stuwwal van Ootmarsum, juist ten zuiden van de Duitse grens. Overgenomen uit [van den Berg 1992]

Ten westen van de stuwwal ligt de Slenk van Reutum, die veel eerder is ontstaan dan de stuwwal. Als gevolg van tektonische bewegingen diep in de aardkorst is de ondergrond tussen twee breuken verzakt ten opzichte van de omgeving. Daardoor zijn de grofzandige rivierafzettingen binnen de slenk dikker dan daarbuiten. De slenk is zuid-noord georiënteerd. De afstand tussen de breuken is circa 1,5 km bij Reutum, tot circa 3,3 km aan de Duitse grens.

Uitgangspunten voor vaststellen van de diepte van de basis van het watervoerende pakket in de Slenk van Reutum.

Afbeelding 5 toont de diepste boringen in de Slenk van Reutum (B28F0063, locatie Manderheide) en op de Stuwwal van Ootmarsum (B28F0102, locatie: bovenop de stuwwal nabij Mosbeek). De lithologische kolom geeft aan welk materiaal is opgeboord, en de stratigrafische kolom de geologische indeling.



Afbeelding 5: Stratigrafie en lithologie van twee boringen (bron: Dinoloket)

De moderne lithostratigrafische indeling staat in Tabel 1. Het watervoerende pakket in de Slenk van Reutum bestaat uit de matig grof tot uiterst grof zand van de Formaties van Appelscha (voorheen Enschede) en Peize (voorheen Scheemda). Daaronder wordt het zand fijner (het laagpakket van Lievelde binnen de Formatie van Oosterhout). Op nog grotere diepte ligt uiterst fijn zand met kleilaagjes (Formatie van Oosterhout en Formatie van Breda), daaronder klei (Formatie van Breda) en vervolgens zware oligocene klei (Rupel formatie).

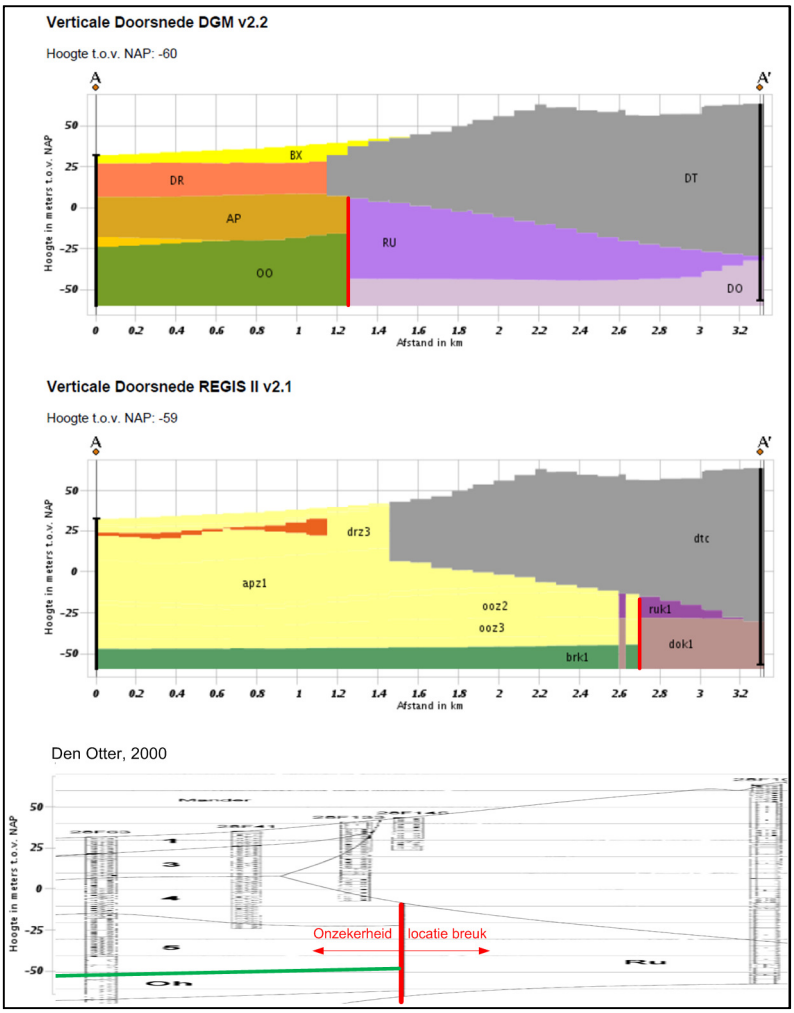
Tabel 1: Litho- en chronostratigrafie van de Slenk van Reutum en de stuwwal van Ootmarsum (naar [Kluiving&van Balen 2014] en [van den Berg 1994]. Afzettingen die het watervoerende pakket vormen zijn geel aangegeven.

Ouderdom (MY BP)	Ouderdom		Lithologie	Lithostratigrafie	Afzettings-milieu
0,15-0,2	Kwartair	Laat Pleistoceen: Saalien	Keileem, zand en grind, leem en klei	Formatie van Drente	Glaciaal, fluvioglaciaal
0,4-0,8		Midden Pleistoceen	Zand en grind	Formaties van Appelscha	Fluviatiel
		Vroeg pleistoceen	Fijn zand	Formatie van Peize	Fluviatiel
3,0-5,0	Tertiair	Plioceen	Fijn zand	Formatie van Oosterhout Laagpakket van Lievelde	Marien, kustnabij
			Uiterst fijn zand met kleilaagjes	Formatie van Oosterhout	Marien, kustnabij
15-20		Mioceen	Lemig fijn zand en klei	Formatie van Breda	Marien
25-30		Oligoceen	Klei	Rupel Formatie	Marien
		Eoceen	Zandige klei en fijn zand	Formatie van Dongen	Marien

Bij diverse onderzoeken is de geohydrologische basis vastgesteld aan de onderzijde van het laagpakket van Lievelde [van den Berg 1993], [Broks 1986], [den Otter 2000]. Dit niveau blijkt goed overeen te komen met het volgende grensvlak in Regis v2.1: de overgang tussen Oosterhout 3 (zand) en Breda (klei). Voor de geohydrologische interpretatie is dat niveau daarom gebruikt.

Uitgangspunt voor de ligging van de oostrand van de Slenk van Reutum

Het watervoerende pakket in de slenk wordt begrensd door een breuk. De ligging van die breuk is in [den Otter 2000] onderzocht. Die ligging is niet exact bekend, omdat deze aan het maaiveld niet zichtbaar is. Hij moet worden vastgesteld op basis van diepe boringen, en die liggen honderden meters tot een kilometer uit elkaar. Daarom heeft den Otter een bandbreedte op kaart gezet.



Afbeelding 6 toont drie interpretaties van de opbouw van de ondergrond in dezelfde doorsnede tussen de boringen uit Afbeelding 5. In het hydrogeologische datamodel Regis (TNO) ligt de breuk circa 500 m ten oosten van de bandbreedte die den Otter heeft aangegeven. Daarom hebben we Regis voor de interpretaties niet gebruikt.

Het geologische model DGM v2.2 (TNO) komt goed overeen, dat model is bij het opstellen van de geohydrologische dwarsdoorsneden in dit rapport daarom wel gebruikt.

Afbeelding 6: drie interpretaties van de opbouw van de ondergrond over de doorsnede 28BF063 en 28BF0102 (Manderheide – Mosbeek)

Uitgangspunt voor de onderkant van de gestuwde afzettingen

De onderkant van het gestuwde materiaal van de stuwwal van Ootmarsum ligt ten oosten van de breuk op tertiaire klei (Formaties Breda, Rupel en Dongen). De stuwingsdiepte is daar moeilijk vast te stellen, doordat duidelijk gestuwde klei met verschubbing waarschijnlijk geleidelijk overgaat in steeds zwakker wordende plooiing [van de Berg 1993].

De onderkant zoals die bijvoorbeeld is weergegeven in de rechterkolom in Afbeelding 5 is dus onzeker. Daar waar het gaat om gestuwde klei op niet gestuwde klei, is dat voor dit rapport niet van belang: die zones zijn zo slecht doorlatend voor grondwater dat ze zeker buiten het invloedsgebied van de slenk liggen.

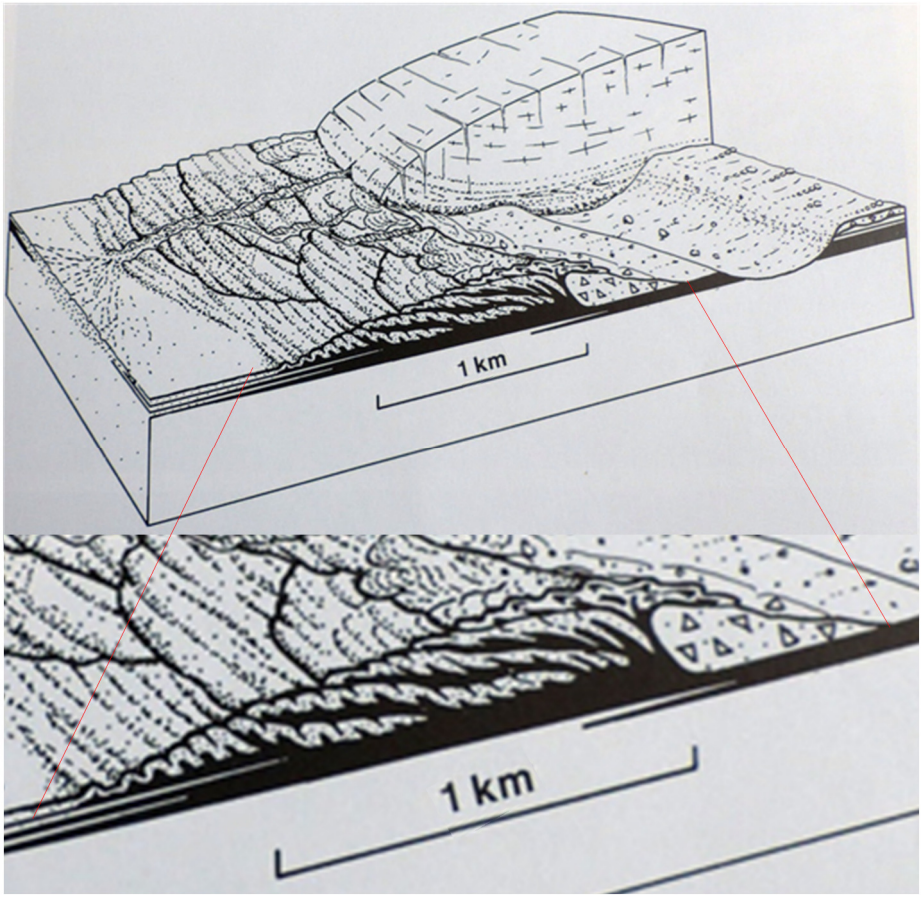
Ten westen van de breuk liggen gestuwde afzettingen op de zanden van het watervoerende pakket, het zogenaamde “balkon” (zie bv. paragraaf 5.5). Dat is voor dit rapport wel van belang. Er zijn weinig boringen waarin het balkon volledig is doorboord. In het geologische model DGM zijn die boringen allemaal meegenomen. Het niveau van de onderkant van de gestuwde afzettingen blijft een interpretatie op basis van een beperkt aantal boringen, maar het is het beste wat thans beschikbaar is. Daarom is de onderkant van de gestuwde afzettingen in de geohydrologische dwarsdoorsneden gebaseerd op DGM.

2.3 Interne structuur van de stuwwal

De interne structuur van de stuwwal is van belang voor de mogelijke doorwerking van een stijghoogteverlaging vanuit de Slenk van Reutum. Er komt zeer slecht doorlatende tertiaire klei voor in de stuwwal, maar die is sterk vervormd en verplaatst. Het is de vraag hoe ze er nu bij liggen. Zijn het pakketten die over grote oppervlakken een aaneengesloten waterafsluitende laag vormen? Zijn het verticale schotten? Komen er lekken en gaten voor, gevuld zand, waardoor toch grondwaterstroming kan optreden?

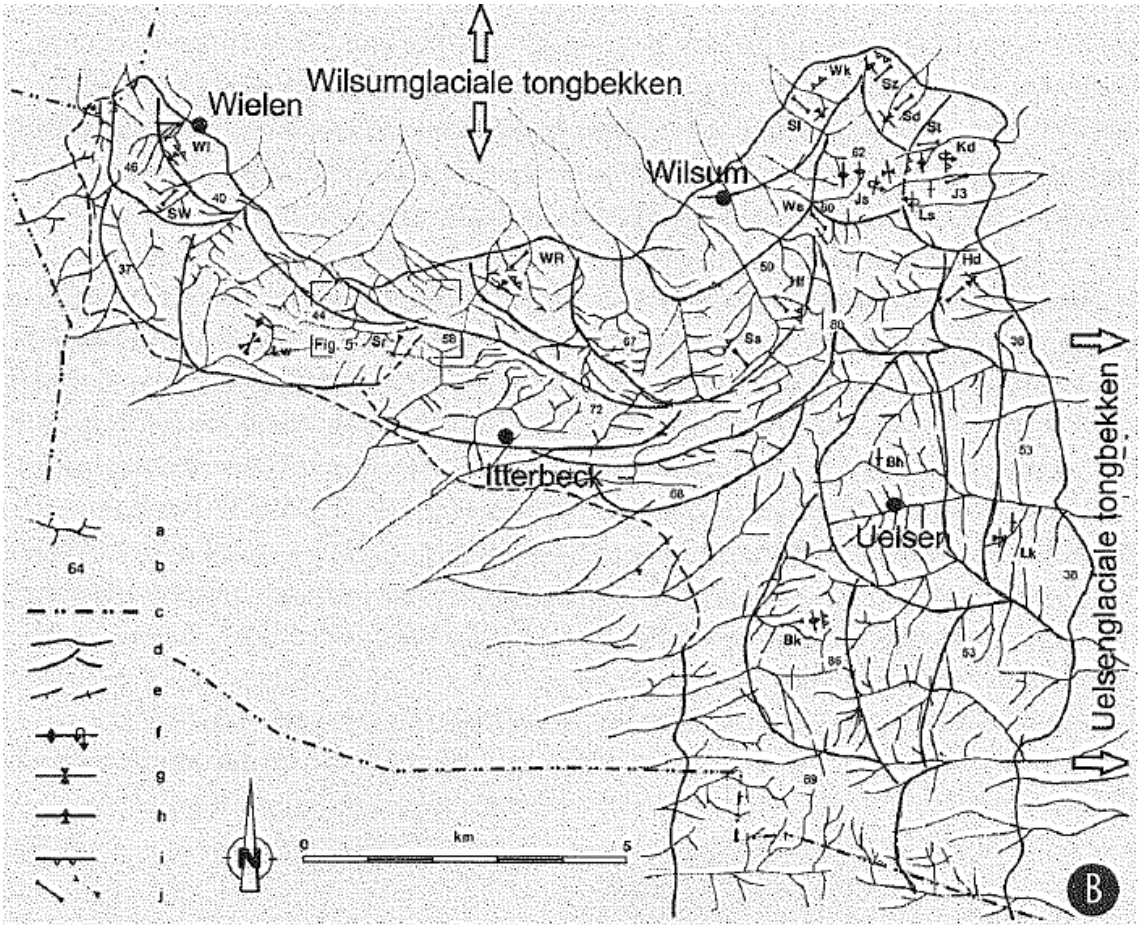
Structuur van stuwwallen in Nederland in het algemeen

Afbeelding 7, die ook al was opgenomen in het rapport over de deskundigenbijeenkomst [de Meij 2015], geeft een indruk van hoe de structuur zou kunnen zijn. Het is de stuwwal voor de Holmströmbreen gletsjer op Spitsbergen, die min of meer als model kan dienen voor Nederlandse stuwwallen, omdat deze ook is ontstaan in zachte sedimenten.



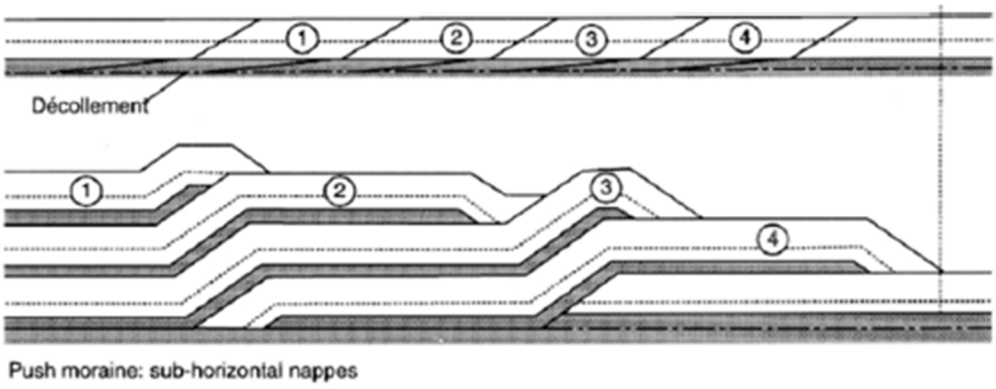
Afbeelding 7: Blokdiagram van de Holströmbreen (Spitsbergen), een actieve aangroeiende gletsjer in zachte sedimenten (overgenomen uit van der Wateren, 1992). Om dezelfde oriëntatie weer te geven als die in de doorsneden van Bijlage 3 is de originele afbeelding gespiegeld weergegeven.

Dichtbij de ijstong bestaat de stuwwal uit of dakpansgewijs gestapelde dekbladen (schubben). Deze liggen in de stuwwal van Ootmarsum vrijwel horizontaal op elkaar. In het Duitse deel van de stuwwal (stuwwal van Uelsen) is onderzoek gedaan naar deze dekbladen [Kluiving&vanBalen 2014], met name in groeven. Dekbladen hebben dikten van orde van tientallen meters, waarbij er verscheidene op elkaar gestapeld zijn. In de stuwwal van Uelsen hebben de dekbladen dikten van 40 tot 50 m, en afmetingen van honderden meters tot meer dan een kilometer (zie Afbeelding 8). Omdat veel dekbladen zijn overschoven met een ander dekblad zijn de afmetingen ondergronds nog groter.



B. *Structurele kaart van de stuwwallen van Itterbeck-Uelsen met tektonische metingen en ligging van ontsluitingen. Legenda: a, drainage, voornamelijk droge dalen; b, hoogte (in meters boven zeeniveau); c, staatsgrens Nederland-Duitsland; d, begrenzingen van glaciotektonische dekbladen en stuwwallen; e, helling en strekking van sedimentaire gelaagdheid; f, anticlinale plooi, overkiepte plooi; g, synclinale plooi; h, monoclinale plooi; i, overschuiving; j, richting van maximale verkorting (compressie); zand- en grindgroeves en ontsluitingen (situatie 1986-1989): Bk, Brünninkhuis, Bh, Bauernhausen; Hd, Hinderink; Hf, Hopfenberg; J3, Jansen 3; Js, Jansen 1 en 2; Kd, Kwade; Ls, Liesen; Lw, Langs de weg 2; Sd, Schröder; Sl, Scholten; Sz, Sietzen; Sr, Stort; Ss, Schaensken; St, Straaten (Wilsum); SW, Straaten (Wielen); W1, Wielen 1; W4, Wielen 4.Wk, Warrink (Wilsum); Ws, Wilsum; WR, Warrink (Ratzel); naar: Kluiving, 1994.*

Afbeelding 8: Structurele kaart van de stuwwallen van Uelsen-Itterbeck met tektonische metingen en ontsluitingen (overgenomen uit [Kluiving&van Balen 2014]



Afbeelding 9: Schematische weergave van de structuur van een stuwwal met semi-horizontale dekbladen. Stuwing vindt plaats van links naar rechts. Bovenste schema: de structuur vóór stuwing, onderste schema: structuur na stuwing (overgenomen uit [Beerten 2014])

Afbeelding 9 toont schematisch de opbouw van een stuwwal met min of meer horizontale dekbladen. De glijvlakken ontstaan vooral in kleien.

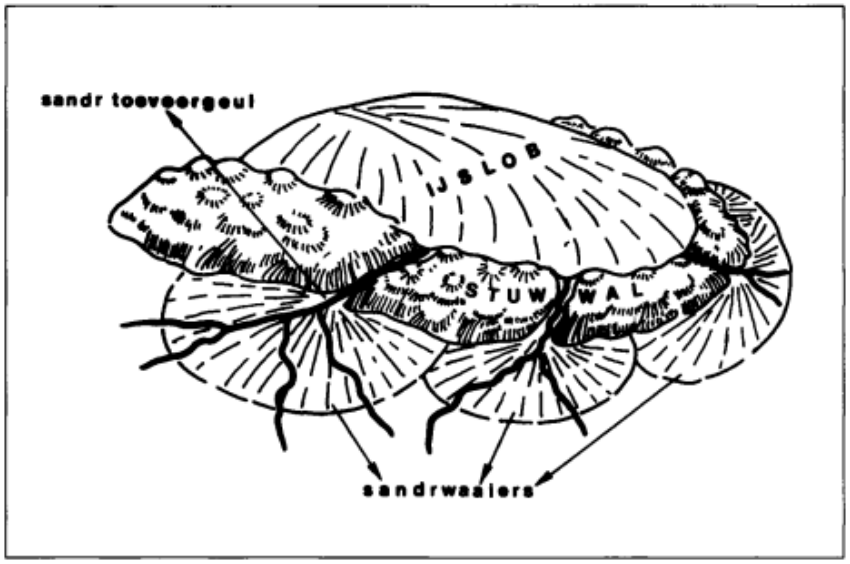
De overschuivingen hebben een lichte helling. In literatuur worden hellingshoeken van 2 tot 8 graden genoemd. De helling van de overschuivingen is het steilst aan de kant van de ijstong. Aan de andere zijde van de stuwwal zijn de overschuivingen vlakker en worden plooien gevormd, die geleidelijk afnemen in grootte ([van Huissteden, 1988], die weer verwijst naar [van Gijsel 1987] en [van der Wateren 1987]).

Goed doorlatende insluitingen in de stuwwal

Kluiving en van Balen maken melding van drie typen zandige insluitingen die zijn waargenomen in de stuwwal van Uelsen:

- Dekbladen met daarin pleistocene grove zanden, die zijn overschoven met een dekblad bestaande uit slechter doorlatend materiaal. Dit soort insluitingen kunnen grote afmetingen hebben (honderden meters in het horizontale vlak en tientallen meters dik).
- Tunnelafzettingen: in één groeve in Duitsland zijn tunnelafzettingen van grof zand aangetroffen, ontstaan in de bevroren ondergrond, en geheel omringd door fijnkorrelige afzettingen. Deze tunnel heeft een doorsnede van orde 10 x 5 m.
- “Clastic dikes”. Een opmerkelijk fenomeen: spleetopvullingen, met een hellingshoek van gemiddeld 45 graden, die dwars door alle afzettingen heen lopen, dus ook door de gestuwde tertiaire lagen. Deze spleten zijn van onderaf ontstaan. De verklaring die wordt gegeven is dat door de druk van het ijs het grondwater in zeer diepe pakketten de afdekkende lagen hebben opengespleten en gevuld met zowel materiaal afkomstig van grote diepte (Bontzandsteen uit het Trias) als jonger materiaal. De spleten hebben dikten van decimeters. Deze “clastic dikes” zijn alleen gevonden in het uiterste noordoosten van de stuwwal van Uelsen.

Daarnaast kunnen aan de van de ijstong af gerichte zijde van de stuwwal fluvioglaciale (sandr) afzettingen zijn ingeschakeld, die zijn ontstaan voor of tijdens de vorming van de stuwwal. Een beeld van die sandr-afzettingen wordt gegeven in Afbeelding 10. Deze sandr-afzettingen worden ook aangetroffen aan de westkant van de stuwwal van Ootmarsum. De zandgroeve juist ten noorden van de Eendenbeek is een sandr [van den Berg 1993].

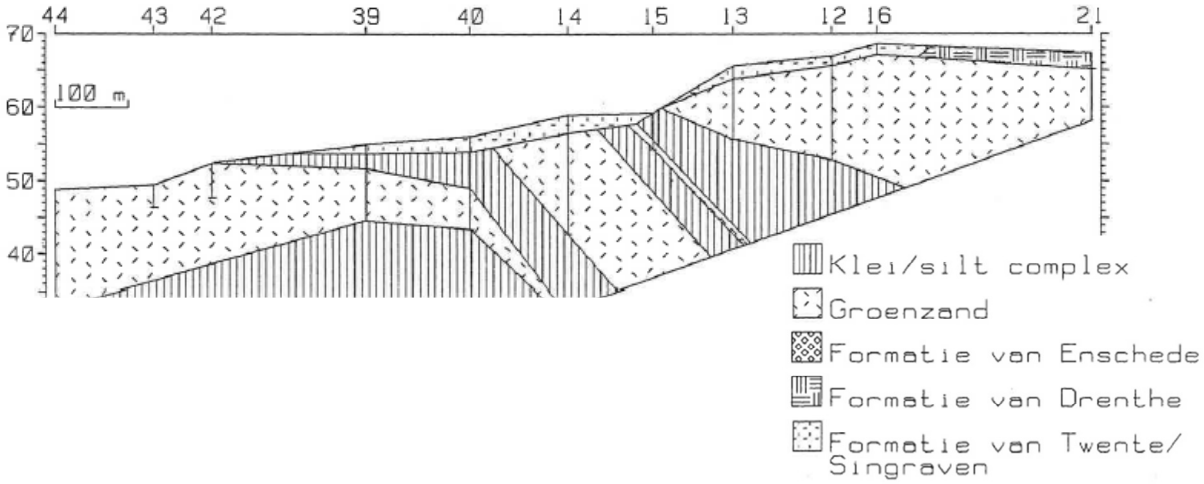


Afbeelding 10. Schematische weergave van de ijslob ter plaatse van de Eemvallei, met stuwwalgordel en sandrgeulen en –waaiers (overgenomen uit Ruegg 1995)

Structuur van de stuwwal van Ootmarsum

Er is één rapport beschikbaar waarin een poging wordt gedaan om op basis van veldonderzoek de interne structuur van de stuwwal van Ootmarsum in beeld wordt gebracht, namelijk het onderzoek van van Huissteden over het Hazelbekke uit 1988. Het veldonderzoek bestond uit geo-electrisch onderzoek en ondiepe handboringen. Een voorbeeld van het resultaat staat in Afbeelding 11. In de doorsnede die we van het Hazelbekke (Bijlage 3.9) hebben gemaakt is de stratigrafie van van Huissteden overgenomen.

Sinds van 1988 zijn er meer boringen uitgevoerd. Uit vergelijking daarmee blijkt dat er in het Hazelbekke meer klei voorkomt dan is weergegeven in de doorsneden van van Huissteden.



Afbeelding 11. West-oost georiënteerde dwarsdoorsnede van de ondergrond in het Hazelbekke. Overgenomen uit van Huissteden 1988. De lengte van deze doorsnede is circa 1500 m.

Conclusie en uitgangspunten voor dit rapport

Uit de literatuur kan worden opgemaakt dat de stuwwal van Ootmarsum is opgebouwd uit overschuivingen (dekbladen), die min of meer horizontaal liggen, of hellingshoeken hebben van 2 tot 8 graden, en afmetingen hebben van honderden meters tot meer dan een kilometer. Daarom is geen sprake van anisotropie met een duidelijk verschil in horizontale en verticale doorlatendheid, wat bijvoorbeeld wel optreedt in de stuwallen Veluwe waar de kleischotten soms bijna verticaal staan. Op kleinere schaal kunnen plooiingen en vervormingen voorkomen met veel steilere hellingen. De basis van de overschuivingen ligt waarschijnlijk in klei, omdat klei eerder bezwijkt dan zand. In het Duitse deel van de stuwwal (stuwwal van Uelsen) ligt het hoofdschuifvlak in de fijnzandige of kleiige formaties van Oosterhout en Breda. Voor het Nederlandse deel van de stuwwal is in de literatuur geen hoofdschuifvlak genoemd. In het Nederlandse deel van de stuwwal zijn veel meer dan in Duitsland de oudere kleien van de Rupel Formatie en de Formatie van Dongen gestuwd, omdat ze ondieper lagen dan in Duitsland.

In slecht doorlatend materiaal kan goed doorlatend materiaal zijn ingesloten. Er zijn grote voorkomens, namelijk gestuwde pakketten met pleistoceen zand. Als die aan maaiveld liggen zijn ze op de geologische kaarten goed gekarteerd. Als ze zijn afgedekt zijn ze in de boorbeschrijvingen te ontdekken, maar er zijn er ongetwijfeld meer. Kleine voorkomens zoals tunneldalen en “clastic dikes” zijn in het Nederlandse deel van de stuwwal niet bekend, maar het is niet uitgesloten dat ze voorkomen. Kleine voorkomens spelen een ondergeschikte rol in de grondwaterstroming.

In de dwarsdoorsneden die voor dit rapport zijn opgesteld (Bijlage 3) is geen poging gedaan om de interne structuur van de stuwwal in beeld te brengen, omdat deze te complex is in relatie tot de bekende ondergrondgegevens. Om een indruk te geven van de mogelijke oriëntatie van de overschuivingen zijn in Bijlage 3 in de dwarsdoorsneden de hellingshoeken van 2 en 8 graden weergegeven.

2.4 Hydraulische eigenschappen van het materiaal van de stuwwal

De stuwwal van Ootmarsum is opgebouwd uit materiaal met zeer uiteenlopende eigenschappen en van verschillende ouderdommen. Onderstaande samenvatting is ontleend aan de toelichting bij de geologische kaart [van den Berg 1993], aan [den Otter 2000] en de beschrijving van de geologie van het Hazelbekke [van Huissteden 1988]. De volgende lithostratigrafische eenheden worden onderscheiden:

Gestuwd tertiair (geologische kaart: GT), dat onderverdeeld kan worden in de volgende eenheden:

- Klei/silt complex, mariene afzettingen van Tertiaire ouderdom, waarbinnen worden onderscheiden:
  - siltig materiaal dat kan correleren met de Formatie van Breda (Mioceen) en de Pliocene Formatie van Scheemda (thans Formatie van Oosterhout);
  - zeer zware klei uit de Rupel Formatie (klei van Boom of "Septariënklei");
  - zwak siltige klei, met overgangen naar leem. Deze siltige klei die overeen komt met kleien uit de Dongen Formatie.
- Zand. Dit is fijn tot matig fijn zand, met veel donkere glauconiet-korrels en sedimentaire kleilaagjes, gevormd door verwering van glauconiet. Binnen weer wordt onderscheiden:
  - fijn leemhoudend zand uit de Breda formatie;
  - sterk kleiig fijn groenzand met een zeer opvallende blauwgroene kleur. Dit materiaal kan correleren met zanden uit de Rupel Formatie
  - oliifgroen groenzand, in het algemeen wat grover zand met kleilaagjes. In het Hazelbekke is deze variant van groenzand het meest algemeen. Het komt waarschijnlijk overeen met de Brussel zand member uit de Dongen Formatie.

Gestuwd midden en onder pleistoceen (Geologische kaart: GMO):

- Grove witte zanden met veel grind, behorende tot de Formatie van Enschede (thans Appelscha).

Grondmorene of keileem (Formatie van Drenthe, geologische kaart: Dr 6). Materiaal dat is ontstaan op het contactvlak tussen het voortschuivende landijs en de onderliggende starre ondergrond. De samenstelling van de grondmorene in het onderzoeksgebied is zeer wisselend:

– Keileem in de klassieke betekenis van het woord: stugge leem, met een grote spreiding in de korrelverdeling, met zowel een silt-, zand- als grindfractie. Volgens [Den Otter 2000] komt keileem in die betekenis in het onderzoeksgebied maar weinig voor en heeft het in het onderzoeksgebied over het algemeen een zeer zandige samenstelling. Bij nadere bestudering van de boorbeschrijvingen blijkt dat de grondmorene in de Slenk van Reutum, ten zuiden van Vasse en ten oosten van Mander wel degelijk voor een belangrijk deel uit leem bestaat, zoals bijvoorbeeld blijkt uit boring B28F0131 (zie profiel I-I' in Bijlage 3). Dit bevestigt het beeld uit [Broks 1986] (kaart 12) en [Stroet&Grube 2004] (Bijlage 6.2). Daaruit blijkt dat er in dit gebied aanzienlijke verschillen bestaan tussen de freatische grondwaterstand en de stijghoogte in het watervoerende pakket. Die verschillen zijn enkele meters. Dat kan alleen zo zijn als er pakketten leem of klei met een aanzienlijke stromingsweerstand in de ondergrond aanwezig zijn.
– Zand. Bovenop de stuwwal ligt een pakket dat wordt gedefinieerd als keileem (Dr6) en uit zand bestaat, en plaatselijk ook een grote dikte kan hebben.

Tabel 2: Lutumgehalten, doorlatendheden en hydraulische weerstanden van klei, leem en groenzand

	Locatie en lithologie	Diepte (m-mv)	Lutum-gehalte	Verticale doorlatendheid [m/dag]		Hydraulische weerstand bij laag 1 m dik [dagen]		Bron
				Min	Max	Max	Min	
Keileem, Formatie van Drenthe Dr6	**Lemige afzettingen in de Slenk van Reutum**							Ebbers 1992
	Bodemkaart, beschrijving		8-25%					
	Bodemkaart, profielschets 57, C-horizont		20%					
	Hydraulische weerstand afgeleid uit modelonderzoek			0.001	0.01	1000	100	Stroet& Grube 2004
F v Breda en Oosterhout, zandige lagen	Groenzand. Doorlatendheidsmetingen Hazelbekke			0.2	0.3	5	3	Bell Hullenaar 2004
Formatie van Oosterhout (onderste deel)	Siltige klei. Landelijke informatie			9.E-05	9.E-03	1.2E+04	116	RGD 1996
Boomse klei, Rupel Formatie	**Landelijke gegevens**							
	Mol, België, zandige klei (top Boomse klei)	190-260	20-45%					RGD 1996
	Mol, België, klei	190-260	44-60%	9.E-08	3.E-07	1.2E+07	3.9E+06	T&A 2010
	Westerschelde, klei	circa 40	20-70%	9.E-07	5.E-04	1.2E+06	1.9E+03	
	Westerschelde, zandige lagen in Rupel Formatie	circa 40		9.E-04	3.E-03	1.2E+03	2.9E+02	
	Achterhoek, siltige kleiige en klei		circa 60%					RGD 1996
	Stuwwal van Ootmarsum:							
	Bodemkaart, profielschets 58, C-horizont		42%					Ebbers 1992
	Bodemkaart, beschrijving		40 tot soms 60%					
	Boring 28BF0102 (Stuwwal, Mosbeek, zie profiel D-D'): Groen grijze klei, zwak siltig	43-62	45 tot 60%					Dino
	Boring 28BF0150 ("Balkon", tussen Tutenberg en Hazelbekke, zie profiel G-G'): Grijze klei, matig siltig	2-40(einde boring)	40%					
	Boring 28BF0960 ("Balkon" Hazelbekke ZW, zie profiel J-J) Grijze klei, zwak siltig	1-3 (einde boring)	50 tot 75%					
Dongen Formatie	Boring 28BF0102 (Stuwwal, Mosbeek, zie profiel D-D'): Groengrijze tot lichtgrijze sterk siltige klei en leem	62-121 (einde boring)	10 tot 25%					Dino
Gehele stuwwal	Stroomgebied Mosbeek (Horizontale doorlatendheid, systeemmodel)			kh < 0.1				Stroet& Grube 2004
	Stroomgebied Hazelbekke (Horizontale doorlatendheid, systeemmodel)			kh < 0.3				

Tabel 2 toont de gegevens die we hebben kunnen vinden die relevant zijn om de doorlatendheid van klei, leem, keileem en zand in de Stuwwal van Ootmarsum te kunnen schatten. Alleen van groenzand in het Hazelbekke zijn doorlatendheidsmetingen bekend [Bell Hullenaar 2004].

In Dinoloket hebben we drie boringen kunnen vinden waarin van klei- en leemlagen de lutumgehalten zijn bepaald. Verder bevat de bodemkaart lutumgehalten van onder anderen keileem en tertiaire klei in de ondergrond (orde 1 m onder maaiveld, zie Tabel 3). In literatuur zijn doorlatendheden van tertiaire kleien te vinden, die zijn bepaald voor de Westerscheldetunnel, en voor onderzoek naar ondergrondse opslag van afval (Mol, België). Daarbij zijn ook lutumgehalten bepaald. Deze kleien zijn in ongeveer dezelfde omstandigheden afgezet als die bij Ootmarsum, namelijk een ondiep mariene tot kustnabij milieu [T&A 2010]. Van kleien met dezelfde lutumgehalten en hetzelfde afzettingsmilieu mag worden aangenomen dat ze vergelijkbare doorlatendheden hebben.

Uit het overzicht in Tabel 2 kan het volgende worden afgeleid over hydraulische eigenschappen van het materiaal in de stuwwal:

- Zware zwaksiltige klei met lutumgehalten van 40 tot 60% (geclassificeerd als gestuwde klei van de Rupel Formatie). Deze klei komt in dikke pakketten in de stuwwal van Ootmarsum voor (boring 28BF102, zie profiel D-D' in bijlage 3.4). Klei met dezelfde lutumgehalten heeft elders een verticale doorlatendheid van 10^{-6} tot 10^{-7} m/dag. Een 1 m dikke laag van die klei heeft een hydraulische weerstand van 1 tot 10 miljoen dagen. Bij de potentiaalverschillen die in het onderzoeksgebied worden aangetroffen (orde tientallen meters) kan zo'n kleilaag van 1 m dik orde 0,1% tot 0,01% van de grondwateraanvulling (neerslagoverschot) doorlaten. Het materiaal komt in grotere dikten voor. Deze klei kan daarom als ondoorlatend worden beschouwd.
- Sterk siltige kleien, zoals de klei van Dongen hebben een weerstand van orde 1000 tot 10.000 dagen per meter. Een laag van 1 m dik kan bij een potentiaalverschil van 10 m orde van grootte 1 tot 10% van de grondwateraanvulling doorlaten. Als de laag 10 m dik is gaat het om 0,1 tot 1% van de grondwateraanvulling. Ook dit is slecht doorlatend.
- Lemige keileem, zoals die wordt aangetroffen in de Slenk (en weinig op de stuwwal) heeft een weerstand van 100 tot 1000 dagen per meter. Een laag van 1 m dik kan bij een potentiaalverschil van 10 m orde van grootte 10 tot 100% van de grondwateraanvulling doorlaten. Dit is matig doorlatend.
- Tertiaire fijne zanden, ook aangeduid als groenzand, hebben in het Hazelbekke een doorlatendheid van orde van grootte 0,2-0,3 m/dag. Dat is weinig doorlatend zand, maar het levert toch weinig weerstand op om grote potentiaalverschillen te veroorzaken. Een laag van 10 m dik kan de grondwateraanvulling doorlaten bij een potentiaalverschil van slechts 5 cm. Dus in vergelijking met het andere materiaal levert dat geen significante weerstand tegen verticale grondwaterstroming. het zand levert over grote afstanden (honderden meters, kilometers) wel een significante weerstand tegen horizontale grondwaterstroming op. Als de hele stuwwal uit dit soort zand zou bestaan, zouden er midden op de stuwwal bronnen bestaan (zie de systeemmodellen in [Stroet&Grube 2004]), maar aan de randen, in het overgangsgebied niet.
- Pleistocene zanden en grond hebben hogere doorlatendheden, van orde 10 tot 100 m/dag. Die leveren geen weerstand op tegen verticale grondwaterstroming, en weinig weerstand tegen horizontale grondwaterstroming.

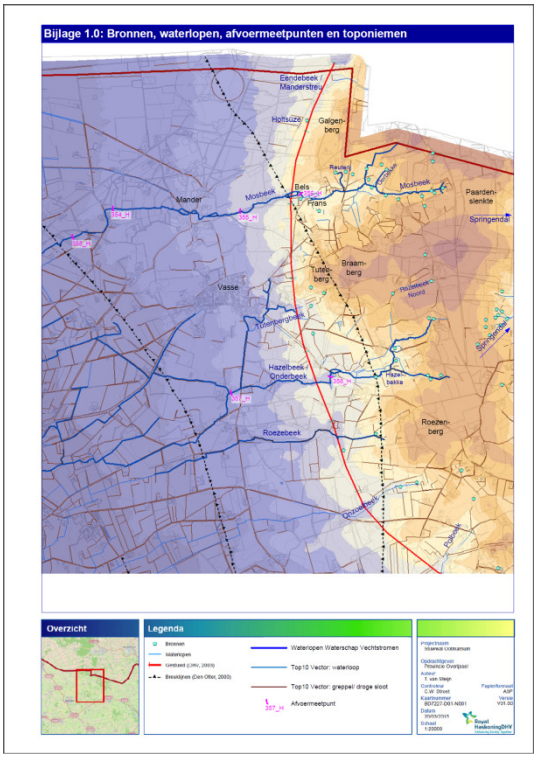
Tabel 3: Profielschets bodemtype KT (Tertiaire klei). Uit: [Ebbers 1992]

Profielschets nr. 58, kaarteenheid KT-V						Analyse, zie aanhangsel 2, nr. 58
Hor.	cm - mv.	% humus	% lutum	% leem	M50	Omschrijving
A1gp	0- 16	5,3 (1-6)	20 (10-40)	47	175	donker grijsbruine matig humeuze kalkloze zware zavel met matig veel roest; tertiaire klei
C11g	16- 36	0,5	22 (10-60)	50	140	bruine kalkloze zware zavel met matig veel roest; tertiaire klei
C12g	36-120	0,1	42	70	80	licht bruingrijze kalkloze zware klei met veel roest; tertiaire klei
C13g	120-240	0,1	42	70	80	licht bruingrijze kalkloze zware klei met veel roest; tertiaire klei.

3 EERSTE BEGRENZING VAN HET OVERGANGSGEBIED OP BASIS VAN OVERZICHTSKAARTEN

3.1 Bronnen, beken en waterlopen

Bijlage 1.0 toont de ligging van bronnen, beken en waterlopen.



Bijlage 1.0 toont de ligging van bronnen, beken en waterlopen.

Waterlopen

De volgende gegevens over waterlopen zijn gebruikt:

- Waterschap Vechtstromen: Vechtstromen_waterlopen.shp
- Top10-vector. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen waterlopen met het attribute Typewater= ”Waterloop” en het attribute ”Greppel, droge sloot”.

De waterlopen in het bestand van het waterschap betreffen alleen de leggerwaterlopen. Deze komen ook voor in het Top10-vector bestand, met kleine verschillen in actualiteit en nauwkeurigheid. Op een aantal plaatsen zijn waterlopen verlegd, hetgeen nog niet altijd is verwerkt in de Top10-vector. Beide bestanden zijn weergegeven.

Op de kaart zijn verder afvoermeetpunten van het waterschap weergegeven.

Bronnen

De bronnen die op de kaart zijn weergegeven zijn ontleend aan een bestand aangeleverd door Waterschap Vechtstromen (bronnen_prov+wrd.shp). Voor dit project is een nieuwe nummering gemaakt, die op vrijwel alle kaarten staat. Alle bronnen met nummer staan in Tabel 5 op pagina 29.

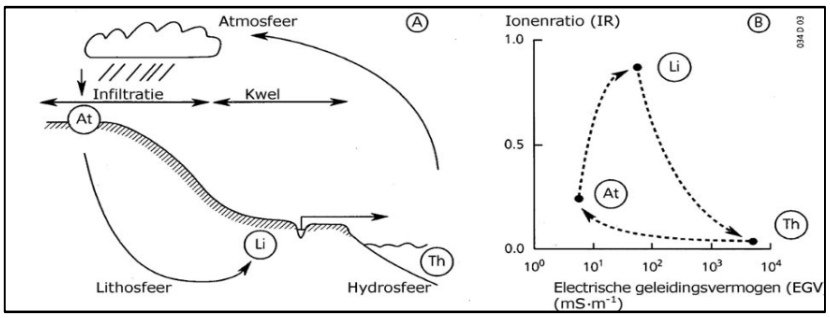
Het bestand bronnen_prov+wrd.shp bevat locatiegegevens, classificaties van brontype (open/gesloten bron en bosbron/weidebron), watervoerendheid, waterkwaliteit (sulfaat, orthofosfaat, nitraat, EGV, ionenratio (Ca2+/[Ca2++Cl-]) en pH), en gegevens over opnamen van fauna en flora.

De classificaties voor watervoerendheid en de brontypering zijn niet gedefinieerd. Voor watervoerendheid nemen wij aan dat de classificatie van [Verdonschot 2000] en [Horsthuis 2007] is gehanteerd (zie kader hieronder.

Kader: classificatie watervoerendheid volgens [Horsthuis 2007]

- permanente bron:	bron die tenminste 25 jaar aaneen water bevat
- semi-permanente bron:	bron die slechts éénmaal in de 2 tot 25 jaar droog valt
- temporaire/droogvallende bron:	bron die vrijwel ieder jaar droog valt

Op basis van de beschikbare waterkwaliteitsgegevens in “bronnen_prov+wrd.shp” hebben wij de waterkwaliteit geclassificeerd op twee manieren, namelijk op basis van de Ionenratio (Afbeelding 12) en de zuurgraad (Tabel 4).

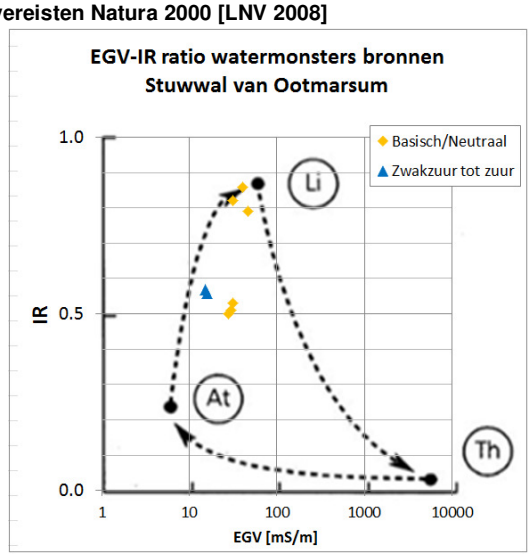


Afbeelding 12: Classificatie waterkwaliteit op basis van EGV en ionenratio IR ($Ca^{2+}/[^{Ca2+}+Cl^-]$) volgens van Wirdum. At: atmoclien water (water dat chemisch lijkt op regenwater), Li: lithoclien water (gerijpt grondwater - door bodempassage verrijkt met mineralen, m.n. calcium en bicarbonaat) en Th: thallasoclien water (zeeachtig water)

Tabel 4: Indeling naar zuurgraad bij bepaling ecologische vereisten Natura 2000 [LNV 2008]

Klasse	omschrijving	Onder-verdeling	pH-H2O	pH-KCl
1	Basisch	1a	> 8.0	> 8,1
		1b	7.5-8.0	7.5-8.1
2	Neutraal	2a	7.0-7.5	6.8-7.5
		2b	6.5-7.0	6.1-6.8
3	Zwak zuur	3a	6.0-6.5	5.5-6.1
		3b	5.5-6.0	4.8-5.5
4	Matig zuur	4a	5.0-5.5	4.1-4.8
		4b	4.5-5.0	3.5-4.1
5	Zuur	5a	4.0-4.5	2.8-3.5
		5b	< 4.0	<2.8

Nevenstaande afbeelding toont de classificatie van alle beschikbare wateranalyses. Deze zijn beperkt beschikbaar bij 9 bronnen bij de Mosbeek en Hazelbekke.



Afbeelding 13: Waterkwaliteit van de bronnen in de Stuwwal van Ootmarsum

Tabel 5 (volgende pagina) geeft een overzicht van alle bronnen in het bestand bronnen_prov+wrd.shp, met classificaties van brontypen. De hoogten van de bronnen zijn door ons bepaald op basis van de coördinaten en de bijbehorende maaiveldhoogte in de AHN2-5m.

Tabel 6 geeft een overzicht van dezelfde bronnen, met de gegevens over waterkwaliteit, flora en fauna. Op flora wordt nader ingegaan in hoofdstuk 4.

Tabel 5: Bronnen (prov+wrd.shp) met classificaties en maaiveldhoogten op basis van AHN2_5m

ID op kaart	Nr in bronnen_ prov+wrd.shp	Beek	Bron naam	Brontype	Brontype	Perma-nentie	Uiterlijk	Grond-gebruik 1995_2002	Maaiveldhoogte obv AHN2_5m [m+NAP]
1	71	Hazelbeek	Braakhuizen bronvijver	gesloten	bosbron	permanent	permanent	bos	64.96
2	71a	Hazelbeek	Braakhuizen-bron	gesloten		semi-permanent		bos	61.69
3	70a	Hazelbeek	Hazelbeek Noord	gesloten		temporair		akker	72.40
4	69a	Hazelbeek	Hazelbekke bronloop midden	gesloten		temporair		bos	52.65
5	69	Hazelbeek	Hazelbekke ZuidWest		weidebron	np		weide/ bos	49.24
6	75	Hazelbeek	Hazelhof Bron Noord(-zijde van beek)	gesloten	bosbron	semi-permanent	permanent	weide/ akker	61.09
7	75a	Hazelbeek	Hazelhof Bron Zuid(-zijde van beek)	gesloten		semi-permanent		bos/akker	59.23
8	76	Hazelbeek	Hazelhof Bronmoeras, Hazelbekke-zuid	open	Weidebron	temporair	semipermanent	bos/weide/ akker	64.01
9	70?	Hazelbeek	Kl. Hazelbekke Noord (Weersink)		weidebron	np		bos/ akker	75.03
10	72	Hazelbeek-Tutenbergerbeek	Braamberg A(Poel Tutenbergweg).	open	Weidebron	permanent		bos/ weide	47.60
11	73	Hazelbeek-Tutenbergerbeek	Braamberg B West	open	Weidebron	np		bos/ weide	57.84
12	74	Hazelbeek-Tutenbergerbeek	Braamberg C bron Oost	open	Weidebron	semi-temporair		bos/ weide	57.86
13	105	Hazelbekke	Oosterveldsweg						47.55
14	97	Hazelbekke	Scholten Linde						65.70
15	98	Hazelbekke	weidje Hansti						53.80
16	39	Het Vree	Zonnenberg(Agelo Noord)		weidebron	np		weide/ akker	42.25
17	83	Mosbeek	Bels						46.04
18	66	Mosbeek	Bronvijver De Reuterij	open	Weidebron	permanent		bos/ weide	58.27
19	62	Mosbeek	De Mos Bron zuid, Hezingen	gesloten	bosbron	semi-permanent	permanent	weide/ bos/ heide	63.59
20	63a	Mosbeek	De Mos bronbeek Hezingen	gesloten		permanent		weide/ bos/ heide	61.86
21	92	Mosbeek	Geitenkamp						65.25
22	84	Mosbeek	Hemmer						56.91
23	66a	Mosbeek	Kleiboer	open		semi-temporair		weide	52.33
24	90	Mosbeek	Maatmansweg						62.64
25	64	Mosbeek	Mosbeek		bosbron	np		weide/ bos/ heide	70.40
26	65	Mosbeek	Mosbeek		Weidebron	np		weide/ bos/ heide	71.27
27	86	Mosbeek	Mosbeek						58.27
28	87	Mosbeek	Mosbeek						56.58
29	85	Mosbeek	Mosbeek Hemmer						58.63
30	63	Mosbeek	Mosbeek, bron De Mos-Midden	open	Weidebron	semi-temporair		weide/ bos/ heide	65.04
31	68	Mosbeek	Oerbekke oost bron	gesloten	bosbron	semi-permanent	permanent	bos/ weide	59.46
32	67	Mosbeek	Oerbekke west	open	Weidebron	semi-temporair		weide/ bos	61.04
33	88	Mosbeek	Roordink						54.21
34	89	Mosbeek	Roordink						55.99
35	91	Mosbeek	Weersink						61.04
36	8	Onzoelbeek	de Onzoel	open	weidebron	temporair		weide	51.93
37	8a	Onzoelbeek	Onzoelbeek bronbeek Steenberg Onzoelweg	open		temporair		weide	48.90
38	78	Plasbeek?(of Mosbeek)	Holtsuze		weide-/bosbr	np	semipermanent	bos	50.05
39	11	Polbeek	de Hezeberg		weidebron	np		weide/ boomkwekerij	58.31
40	10	Polbeek	de Pol	gesloten	bosbron	np		weide/ akker	56.03
41	9	Polbeek	de Riet	open	weidebron	temporair		weide	59.23
42	2	Roezebeek	Roezeberg		bosbron	np	semipermanent	bos/ weide	50.90
43	1	Roezebeek	Vasserheide Bron, Roezebergweg	open	bosbron	temporair	semipermanent	Bos/ heide/ akker	44.75

Tabel 6: Bronnen (prov+wrd.shp) met waterkwaliteit, flora en fauna

ID op kaart	Nr in bronnen_prov+wrd.shp	Beek	Bron naam	Jaartal laatste bemonstering	pH	EGV	IR	Jaartal fauna en flora	Bronfauna	Bronflora
1	71	Hazelbeek	Braakhuizen bronvijver					1982		bronbos
2	71a	Hazelbeek	Braakhuizen-bron	2002	7.2	47	0.79		Lebertia lineata, L.stigmatifera, Sperchon glandulosus	Bittere veldkers, Holpijp, Kl.valeriaan
3	70a	Hazelbeek	Hazelbeek Noord							
4	69a	Hazelbeek	Hazelbekke bronloop midden	1993	7.0	31	0.82		Tartarothyas romanica	
5	69	Hazelbeek	Hazelbekke ZuidWest							
6	75	Hazelbeek	Hazelhof Bron Noord(-zijde van beek)	2002	6.8	41	0.86	1981/ 1994	Crunoecia irrorata, Sperchon glandulosus, Osmylus	
7	75a	Hazelbeek	Hazelhof Bron Zuid(-zijde van beek)							
8	76	Hazelbeek	Hazelhof Bronmoeras, Hazelbekke-zuid	2000	6.6		0.78	1981	Beraea maurus	
9	70?	Hazelbeek	Kl. Hazelbekke Noord (Weersink)							
10	72	Hazelbeek-Tutenbergerbeek	Braamberg A(Poel Tutenbergweg).							
11	73	Hazelbeek-Tutenbergerbeek	Braamberg B West							
12	74	Hazelbeek-Tutenbergerbeek	Braamberg C bron Oost	2002	5.4	15	0.57		2002	Holpijp, Bittere veldkers
13	105	Hazelbekke	Oosterveldsweg							
14	97	Hazelbekke	Scholten Linde							
15	98	Hazelbekke	weidje Hansti							
16	39	Het Vree	Zonnenberg(Agelo Noord)							
17	83	Mosbeek	Bels							
18	66	Mosbeek	Bronvijver De Reuterij	2002	5.5	16	0.56	1998	2002	
19	62	Mosbeek	De Mos Bron zuid, Hezingen	2002	6.8	28	0.50	1982/ 1994	Dugesia gonocephala	elzenbronbos, goudveil
20	63a	Mosbeek	De Mos bronbeek Hezingen	2002	7.1	31	0.53		beekoeverlibel, Dugesia gonocephala	
21	92	Mosbeek	Geitenkamp							
22	84	Mosbeek	Hemmer							
23	66a	Mosbeek	Kleiboer							
24	90	Mosbeek	Maatmansweg							
25	64	Mosbeek	Mosbeek					1994		goudveil
26	65	Mosbeek	Mosbeek							
27	86	Mosbeek	Mosbeek							
28	87	Mosbeek	Mosbeek							
29	85	Mosbeek	Mosbeek Hemmer							
30	63	Mosbeek	Mosbeek, bron De Mos-Midden					1994	Tabanus miki, Sperchon glandulosus,Lebertia lineata,	goudveil
31	68	Mosbeek	Oerbekke oost bron	2002	6.7	30	0.51	1981	Dugesia gonocephala	elzenbronbos
32	67	Mosbeek	Oerbekke west							
33	88	Mosbeek	Roordink							
34	89	Mosbeek	Roordink							
35	91	Mosbeek	Weersink							
36	8	Onzoelbeek	de Onzoel							
37	8a	Onzoelbeek	Onzoelbeek bronbeek Steenberg Onzoelweg							
38	78	Plasbeek?(of Mosbeek)	Holtsuze							
39	11	Polbeek	de Hezeberg							
40	10	Polbeek	de Pol							
41	9	Polbeek	de Riet							
42	2	Roezebeek	Roezeberg							
43	1	Roezebeek	Vasserheide Bron, Roezebergweg					1982		wilgenstruweel

Classificatie waterkwaliteit
Zuurgraad:
Basisch tot neutraal (pH>=6.5)
Zwakzuur tot zuur (pH<6.5)
Ionenratio:
Lithoclien (IR>=0.65)
Matig lithoclien (IR<0,65)

3.2 Beschrijving van de geologische kaarten bij dit rapport (Bijlagen 1.1 - 1.10)

Voor het bepalen van de grenzen van het overgangsgebied tussen slenk en stuwwal, en het beschrijven van de bodemopbouw in dat gebied, zijn de volgende gegevens gebruikt:

- Hoogtekaarten: AHN 2 (grid 5 m) en voor Duitsland de hoogtekaart uit [Stroet&Grube 2004].
- [Van den Berg 1993] Geologische kaart kaartblad 28 Oost – 29.
- [Den Otter 2000] Geologisch onderzoek waterwinning Mander.
- [Stroet&Grube 2004], met name de begrenzing van gestuwde afzettingen en de gegevens met betrekking tot de hoogte van de basis van het watervoerende pakket in de Slenk van Reutum.
- [DLO-Staring Centrum 1992] Bodemkaart kaartblad 28 Oost-29 (digitaal).
- Boringen Dinoloket (complete set boringen binnen het onderzoeksgebied).
- Geologisch model DGM v2.2 (TNO).
- Hydrogeologische database Regis v2.1.

De volgende kaarten zijn gescand en gevectoriseerd:

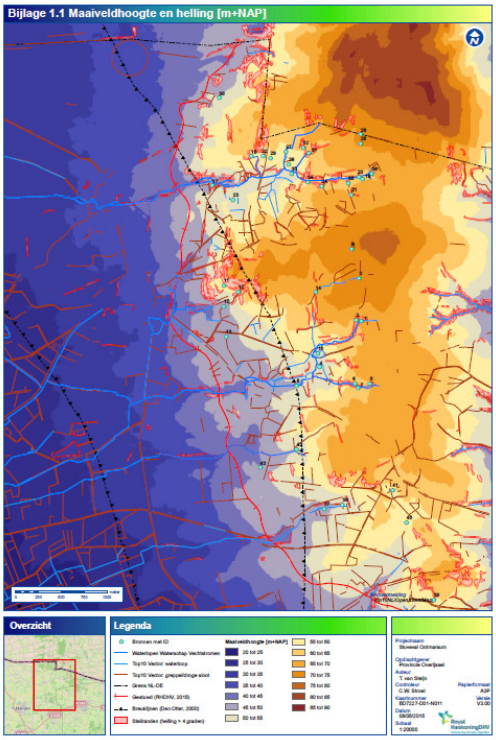
- De geologische kaart [Van den Berg 1993] is voor dit project gescand en alle vlakken met betrekking tot gestuwde afzettingen, Drente 6 (Grondmorene, keileem) en Drente 7 (Fluvioglaciale afzettingen) zijn gevectoriseerd en opgenomen in een shapefile.
- De figuren 6.4 en 9.1 uit hetzelfde rapport zijn gescand en gegeorefereerd.
- [Den Otter] de kaart met de ligging van de breuken, inclusief onzekerheidsmarge (Bijlage C) en de kaart met dikte Grondmorenekaart (de isolijnen, Bijlage E) zijn gescand en gevectoriseerd,

Bijlage 1.1: Hoogtekaart

De maaiveldhoogte helt van circa NAP+24 m bij Manderveen, naar NAP+76 m midden op de stuwwal. In Duitsland is de stuwwal nog hoger: circa NAP+85 m.

In de stuwwal zijn beekdalen ingesneden. Aan de westzijde van de stuwwal zijn dat met name de Mosbeek en het Hazelbekke. Aan de oostzijde van de stuwwal ligt de Springendalse beek.

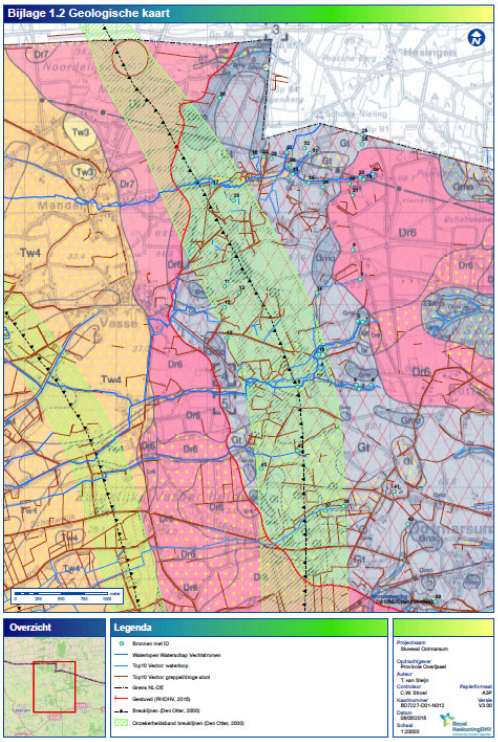
Zones met een helling groter dan 4 graden zijn rood gearceerd.



Bijlage 1.2: Geologische kaart

Dit is een scan van de geologische kaart [Van den Berg 1993], waaraan de volgende lijnen zijn toegevoegd:

– Ligging van de breuken die de Slenk van Reutum begrenzen. Deze zijn vastgesteld op basis van de in 2000 beschikbare boringen [Den Otter 2000]. Daarbij is voor beide breuken een indicatie gegeven van de nauwkeurigheid waarmee de ligging kon worden bepaald. Als gevolg van de onderlinge afstand tussen beschikbare boringen heeft de zone waarbinnen de oostelijke breuk kan liggen in het midden van de kaart een breedte van circa 1000 m, en bij de Duitse grens circa 450 m.
– De begrenzing van gestuwde afzettingen uit [Stroet&Grube 2004], die gebaseerd was op de geologische kaart.

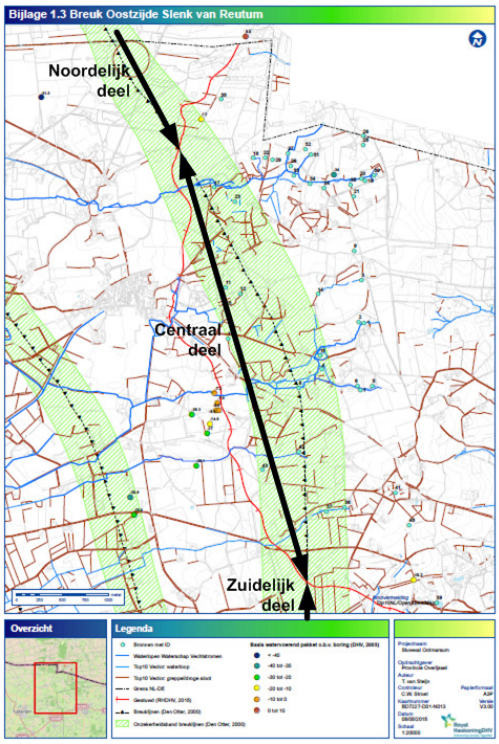


Bijlage 1.3: Breuk oostzijde Slenk van Reutum

Op deze kaart is de oostelijke begrenzing van de slenk weergegeven. Er is onderscheid gemaakt tussen de breuk, de onzekerheid over de exacte locatie (groene band) en de westelijke begrenzing van de gestuwde afzettingen (rode lijn).

Er kan onderscheid worden gemaakt tussen twee deelgebieden:

– Een noordelijk deelgebied, waarin de breuk westelijk ligt van de uiterste grens van gestuwde afzettingen. Dit gebied loopt verder door in Duitsland.
– Een centraal deel, waarin de gestuwde afzettingen over de breuk heen zijn geschoven. In dit gebied vormen de gestuwde afzettingen als het ware een “balkon”, dat over de goed doorlatende afzettingen van de slenk ligt. Op dat balkon gaan we verder in bij de Tutenbergerbeek en het Hazelbekke in hoofdstuk 5.
– Een zuidelijk deel waarin de breuk weer westelijk ligt van de gestuwde afzettingen.



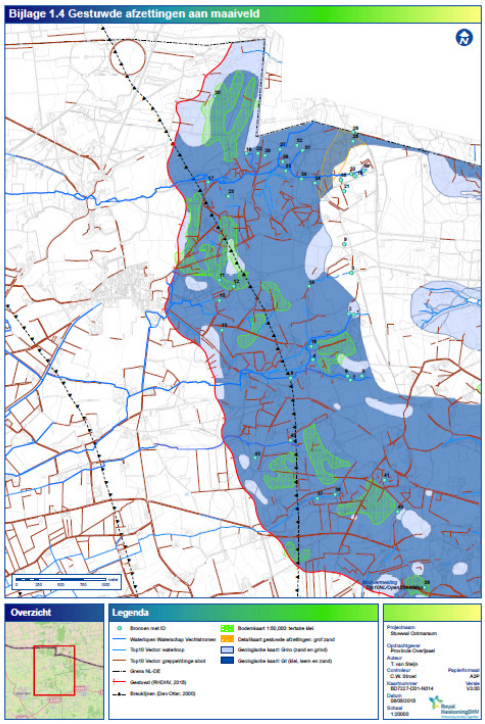
Bijlage 1.4: Gestuwde afzettingen aan maaiveld

Deze kaart bevat gevectoriseerde vlakken uit de geologische kaart [van den Berg 1993] en de vlakken uit de bodemkaart.

Daarbij moet in ogenschouw worden genomen dat de geologische kaart de ondergrond beschrijft gebaseerd op boringen met een diepte van circa 4 m (of dieper), en een dichtheid van 9 boringen per km^2, en dat de bodemkaart de bovenste 1,2 m van de ondergrond beschrijft, op basis van circa 16 boringen per km^2.

De kaart bevat de volgende eenheden:

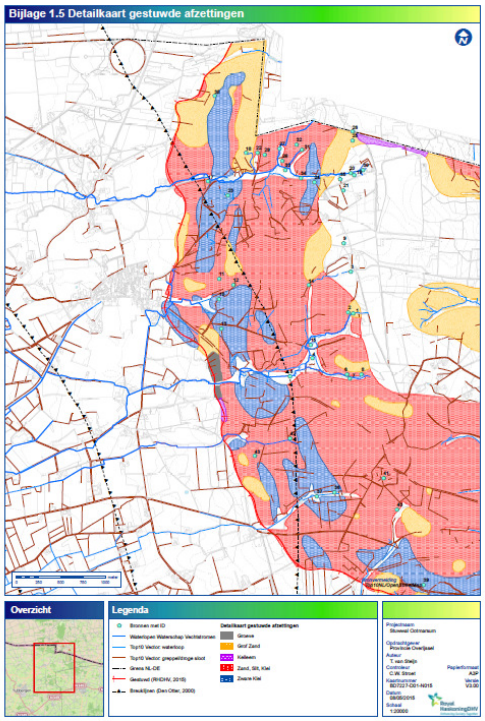
- Gt: gestuwde tertiaire formaties hoofdzakelijk bestaande uit lichte klei, zware klei, leem en zand. De toelichting bij de geologische kaart bevat informatie op basis waarvan zware klei apart kan worden onderscheiden, zie hieronder Bijlage 1.5.
- GMO: gestuwde Midden en onder-pleistocene formaties, bestaande uit grof zand en grind. Ze vormen vaak markante, door selectieve erosie ontstane koppen in het terrein, zoals de Galgenberg en de Braamberg.
- Bodemkaart, tertiaire klei. In de ondergrond is dit veelal zware klei met lutumgehalten van meer dan 40% (zie Tabel 3 in paragraaf 2.4).



Bijlage 1.5: Detailkaart gestuwde afzettingen

In de toelichting bij de geologische kaart is in figuur 5.14 de samenstelling van de gestuwde tertiaire formaties gespecificeerd. Door combinatie met de hoofdkaart ontstaat het kaartbeeld van Bijlage 1.5 van de gestuwde afzettingen aan maaiveld:

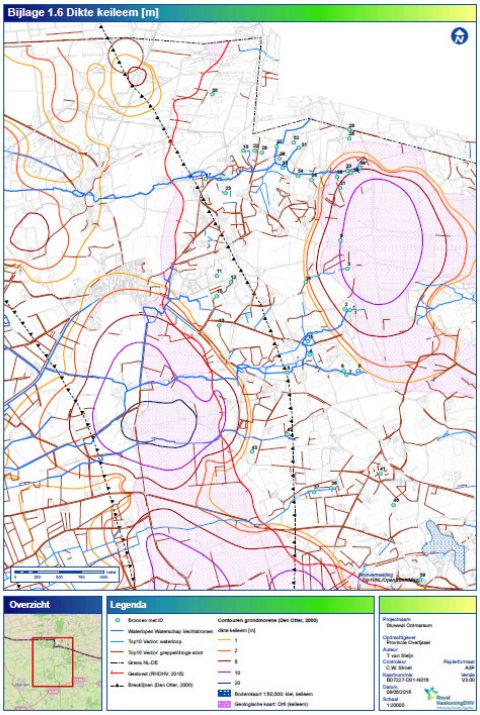
- blauw: gestuwde tertiaire klei (Gt). Dit is zeer zware klei met een zeer lage doorlatendheid;
- rood: gestuwde tertiaire lichtere kleien, leem en zand (Gt). Een zeer complexe variatie van groenzand, lemen, kleien (zie ook paragraaf 2.4);
- geel: gestuwd grof zand en grind van midden en onder-pleistocene formaties (GMO).



Bijlage 1.6: Dikte keileem

Deze kaart bevat de volgende eenheden:

- Geologische kaart Dr6: grondmorene, keileem.
- Dikte grondmorene op basis van [Den Otter 2000]. Deze dikte is bepaald uit de in 2000 beschikbare boorbeschrijvingen, die vervolgens ruimtelijk zijn geïnterpoleerd. Dit betreft dus gedeeltelijk keileem die niet aan maaiveld ligt.

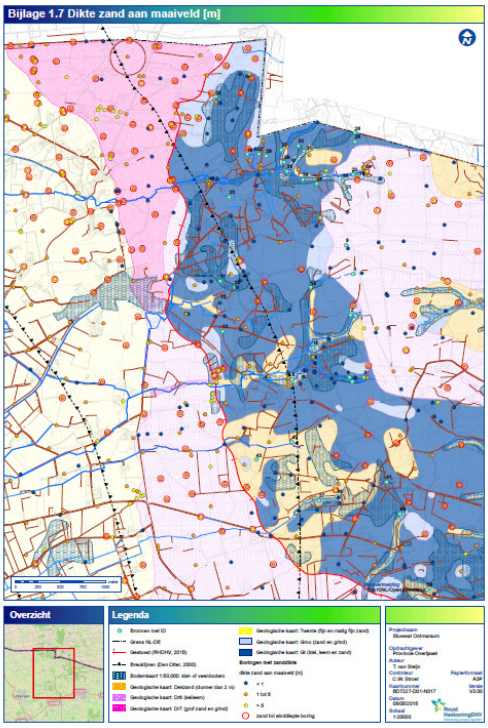


Bij deze kaart maken we drie opmerkingen:

- De keileem aan de oostzijde van de Stuwwal van Ootmarsum is geen keileem in de klassieke betekenis van het woord (leem). In dit gebied gaat het om zand.
- De keileem ten zuiden van Vasse bestaat wel voor een groot deel uit leem.
- In het gebied ten oosten van het dorp Mander (tussen Mander en de rand van de Stuwwal) blijkt uit nieuwe boorbeschrijvingen dat de keileem daar een aanzienlijk grotere dikte heeft dan op de kaart is weergegeven (zie ook dwarsdoorsnede D-D', bijlage 3.4). Ook hier bestaat de keileem uit leem.

Bijlage 1.7: Dikte zand aan maaiveld

Op de geologische kaart is binnen de eenheid Gt (gestuwd tertiair) geen onderscheid gemaakt tussen lichte klei, leem en zand. Om hier inzicht in te kunnen geven is alle informatie over de dikte van zandpakketten aan of nabij maaiveld samengebracht in Bijlage 1.7.



Deze kaart bevat de volgende eenheden (van west naar oost):

- Geologische kaart Tw. Dit is hoofdzakelijk Tw4, formatie van Twente, fluvioperiglaciale afzettingen, Lithologie: matig fijn tot matig grof zand. Voor een belangrijk deel wordt dit zand bedekt door minder dan 2 m zeer fijn tot matig fijn dekzand (Tw3).
- Geologische kaart Dr7 (Fluvioglaciale afzettingen). Lithologie: matig grof tot zeer grof grindhoudend zand.
- Geologische kaart Dr6 (Grondmorene). De lithologie is hiervoor beschreven. Gedeeltelijk wordt Dr6 overdekt door minder dan 2 m dekzand of hellingafzettingen (zand). Dit is niet op de kaart gespecificeerd.
- GMO (Geologische kaart): gestuwde Midden en onder-pleistocene formaties. Ze vormen vaak markante uit grof zand en grind opgebouwde, door selectieve erosie ontstane koppen in het terrein, zoals de Galgenberg, en de Braamberg.

- Gt (Geologische kaart): gestuwde tertiaire formaties, bestaande uit zand, leem, lichte en zware klei. De lithologie is hiervoor beschreven.
- Dekzand of zandige hellingafzettingen, minder dan 2 m dik, op gestuwd tertiair.
- Alle boringen uit Dinoloket. Van deze boringen is aangegeven of er zand aan maaiveld ligt, en hoe dik dat is, in klassen <1 m, 1-5 m en > 5 m.

Uit beschouwing van de zanddikten aan maaiveld op de stuwwal, in het gebeid met gestuwd tertiair (Gt) en grondmorene (Dr6) blijkt dat over het er over het algemeen aan maaiveld geen zand, of dunne pakketten zand liggen (dunner dan 5 m, vrijwel altijd dunner dan 2 m).

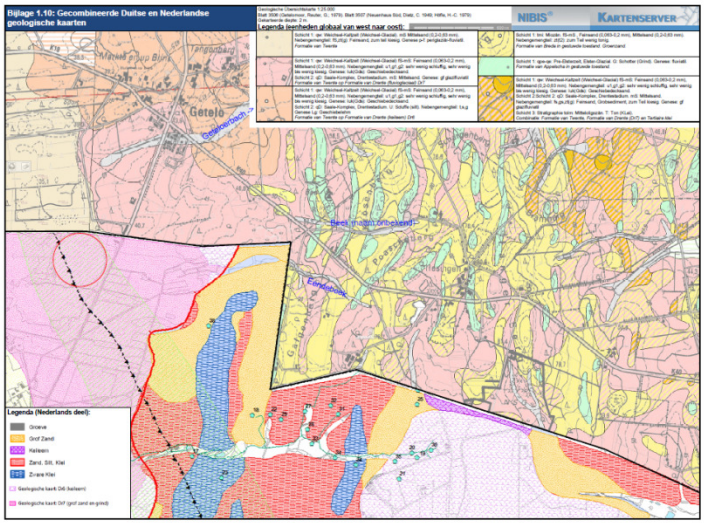
Er zijn uitzonderingen. Daarbij gaat het om waarschijnlijk zeer lokale zandvoorkomens. Daar wordt nader op ingegaan in hoofdstuk 5. Het gaat om:
- Bovenloop Mosbeek: gestuwd pleistoceen zand (Gmo), dat op de geologische kaart niet als afzonderlijk vlak is weergegeven, maar wél in Figuur 5,14 van de geologische kaart.
- Oostelijk van het Hazelbekke: in één boring (28BF0210) een dik pakket zand, dat ófwel als grondmorene, of niet gekarteerd Gmo moet worden gekarakteriseerd.
- In het dal van de Polbeek.in één boring (28BF0157) een dik pakket zand, dat als gestuwd pleistoceen (Gmo) moet worden gekarakteriseerd.

Aan het bovenstaande moet worden toegevoegd dat deze uitzonderingen naar voren komen uit de beschikbare boringen. Gezien de kleinschaligheid van de variaties op de stuwwal is het zeer waarschijnlijk dat ze ook op andere plaatsen voorkomen.

Bijlage 1.10: Gecombineerde Duitse en Nederlandse geologische kaarten

Een andere informatiebron die aantoont hoe complex de ondergrond op stuwwal is, is de geologische kaart van Niedersachsen.
http://www.lbeg.niedersachsen.de/

Deze heeft een schaal 1:25.000, dus kleiner dan de Nederlandse geologische kaart (1:50.000). De gekarteerde diepte is 2 m. Dat is kleiner dan in Nederland (4 m). De kaarten zijn van 1979.



Op het eerste gezicht sluiten de geologische kaarten niet goed aan, maar dat valt bij nader inzien mee. In Duitsland komen de volgende eenheden voor (van west naar oost):
- lichtgeel: dekzand, Formatie van Twente;
- roze: dekzand op fluvioglaciale afzettingen (Dr7);
- oranje: dekzand op keileem (Dr6);
- groen: grind;
- geel: mioceen fijn zand;
- oranje/roze: dekzand op fluvioglaciale afzettingen (Dr7) en op oligocene klei (Rupel).

Oligocene klei (Rupel Formatie) in Duitsland?
In Nederland komt aan de westzijde van de stuwwal zware oligocene klei van de Rupel Formatie aan maaiveld voor (de brede noord-zuid georiënteerde blauwe banden). Wat opvalt op de Duitse geologische kaart is dat alleen aan de oostflank van de stuwwal de tertiaire klei wordt weergegeven (oranje/roze).

Dit wordt bevestigd in het artikel van [Kluiving&van Balen 2014]: een overzicht over onderzoek naar de glaciale tektoniek van het Duitse deel van de stuwwal (de Uelsener stuwwal): aan de oostzijde stuwwal is Rupel klei totaan het oppervlak geschoven. In het overgrote deel van de Uelsener stuwwal zijn grootschalige schuifvlakken van de dekbladen gezien in de lemige fijne zanden van de Oosterhout formatie.

Bij een beperkte beschouwing van de boringen die beschikbaar zijn op de Nibis-Kartenserver hebben we aan de westzijde van de stuwwal boringen met klei aangetroffen. Veelal miocene klei (Formatie van Breda), zoals in een boring bij de bron van de Geteloerbach met miocene klei van 1,5 m tot einde boring op 27 m onder maaiveld. Die boring is op bijlage 1.10 aangegeven. Wat ook uit de boorbeschrijvingen naar voren komt is dat de zware klei van de Rupel Formatie in Duitsland aan de westzijde van de stuwwal minder vaak ondiep wordt aangetroffen dan in Nederland.

Op dit onderwerp wordt verder ingegaan bij de gedetailleerde beschouwing over de Eendenbeek, in paragraaf 5.2.

3.3 Synthese: eerste begrenzing van het overgangsgebied tussen slenk en stuwwal

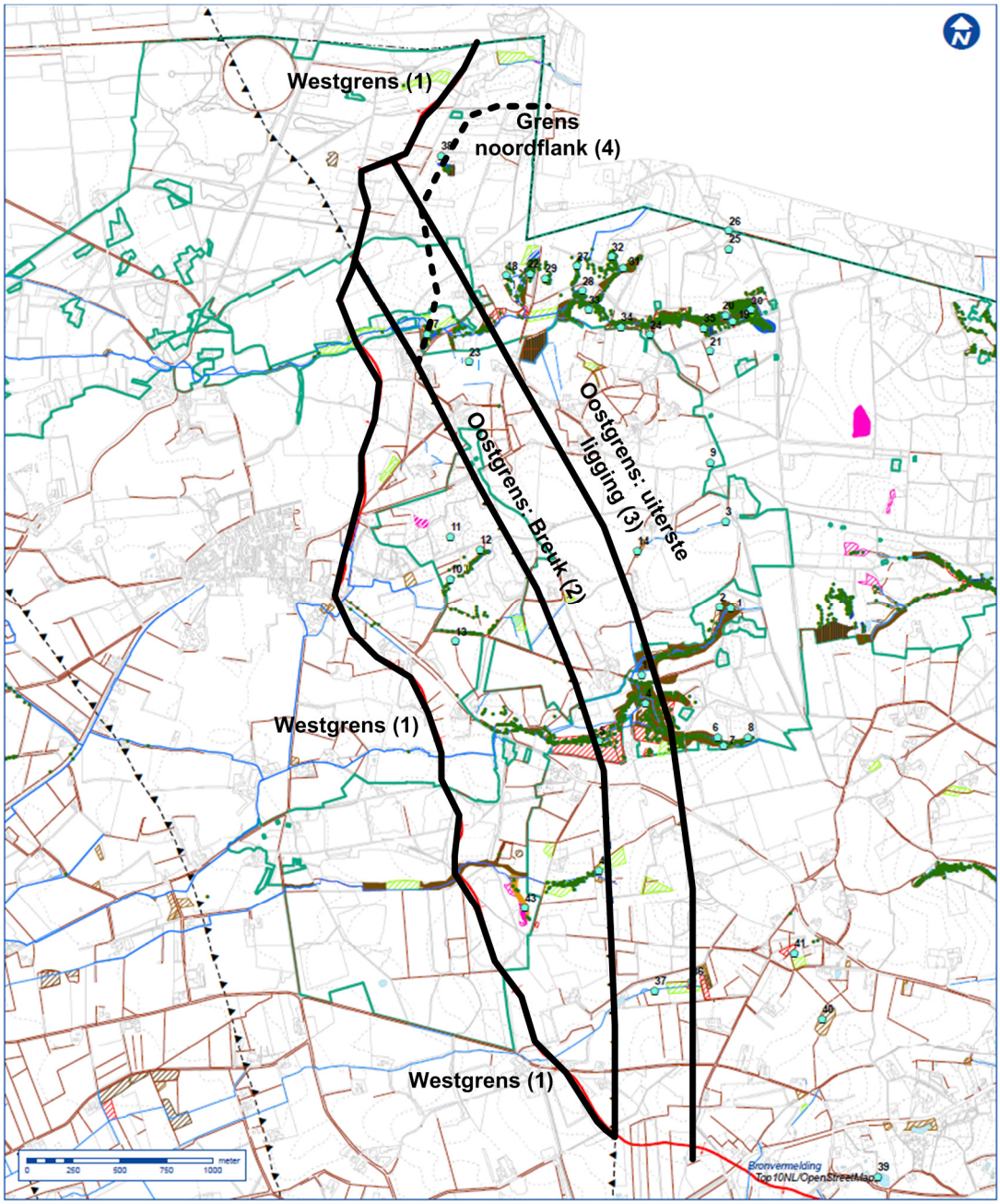
Op basis van de opgestelde geologische kaarten is een begrenzing van het overgangsgebied tussen Slenk van Reutum en stuwwal van Ootmarsum gemaakt. Daarbij is ook gebruik gemaakt van de inzichten die zijn verkregen uit de analyse van deelgebieden, die worden beschreven in hoofdstuk 5.

In principe begint het overgangsgebied al waar het watervoerende pakket wordt afgedekt met keileem, als die uit leem bestaat. Dat is in delen van de slenk het geval, namelijk ten zuiden van Vasse, en ten oosten van Mander. Als in dat gebied drainerend of voedend oppervlaktewater aanwezig werkt een stijghoogteverlaging in het watervoerende pakket niet 100% door op de grondwaterstand. Omdat dit in de grondwatermodellen is opgenomen, en over deze effecten weinig onzekerheid bestaat, hebben we die grens niet meegenomen.

Het overgangsgebied (zie Afbeelding 14 op de volgende pagina) wordt begrensd door:

1. Westgrens: Dit is de rand van de rand van de gestuwde afzettingen. Uit de geologische informatie blijkt dat ten oosten van die lijn de gestuwde afzettingen zandig kunnen zijn (Bijlage 1.5). Verder loopt het watervoerende pakket onder de gestuwde afzettingen door tot aan de breuk (Bijlage 1.3). Hierdoor zijn effecten oostelijk van deze grens niet uit te sluiten.
2. Oostgrens. Dit is de locatie van de breuk. Ten oosten daarvan liggen gestuwde afzettingen op tertiaire klei. Veranderingen van de stijghoogte kunnen oostelijk van de breuk vrijwel geen invloed hebben op het grondwaterregime aan maaiveld. Alleen als de freatische grondwaterstand westelijk van de breuk wordt beïnvloed, zou over een beperkte afstand in oostelijke richting nog effect kunnen optreden. Dat aspect zal in hoofdstuk 5 worden meegenomen.
3. Oostgrens, uiterste ligging. Omdat de ligging van de breuk onzeker is houden we er rekening mee dat het watervoerende pakket onder de gestuwde afzettingen door zou kunnen lopen tot deze locatie.
4. Oostgrens aan de noordflank (stippellijn). Omdat aan de noordflank van het onderzoeksgebied de gestuwde afzettingen hoofdzakelijk bestaan uit goed doorlatend materiaal ligt de grens van het

overgangsgebied hier oostelijk van de breuk. De rand van het gebied waar tertiaire klei aan maaiveld voorkomt is als grens gekozen. Hierop wordt nader ingegaan in de paragrafen 5.2 en 5.3 over de Eendenbeek en Holtsüze.



Afbeelding 14: Eerste begrenzing overgangsgebied tussen slenk en stuwwal

4 ECOLOGISCH WAARDEVOLLE BRONNEN EN GRONDWATERAFHANKELIJKE VEGETATIE

4.1 Gebruikte gegevens en selectiecriteria

Bij het opstellen van de kaart met grondwaterafhankelijke vegetatie is gebruik gemaakt van de volgende gegevens:

- Habitattypenkaart van het Natura 2000-gebied Springendal & Dal van de Mosbeek (Provincie Overijssel).
- De vegetatiekaart van het gebied (Provincie Overijssel).
- Puntgegevens van verspreiding van Bosbies, Gewone dotterbloem, Holpijp, Veldrus, Bittere veldkers, Bronkruid, Verspreidbladig en Paarbladig goudveil. Het gaat om waarnemingen uit de volgende jaren: 1991, 1992, 1996, 1998, 1999, 2001, 2003, 2004, 2005 en 2012. (M. Horsthuis, Bosgroepen). Deze waarnemingen betreffen het dal van de Mosbeek, Tutenberg/Braamberg, Hazelbekke en een klein deel van de Roezebeek. Van Manderstreu, Holtsüze, en een groot deel van de Roezebeek zijn geen puntgegevens van vegetatie aanwezig.

Selectie van grondwaterafhankelijke habitattypen en vegetatietypen

Er is gekeken naar bronzones en beken met habitattypen aangewezen binnen N2000, gelegen in de overgangszone van slenk naar stuwwal. Op enkele kleine plekken na zijn die allemaal meegenomen. Er komt in het overgangsgebied ook andere vochtige grondwaterafhankelijke natuur voor die is gerapporteerd in de provinciale vegetatiedatabase en door waarnemingen van de Bosgroepen. Die zijn niet allemaal meegenomen. Vanwege de hogere beschermingsstatus en het officiële karakter van de Habitattypenkaart, is deze leidend, boven de vegetatiekaart. Een deel van de geselecteerde vegetatie is typerend voor brongebieden/kwelwater, ook is grondwaterafhankelijke vegetatie geselecteerd die niet altijd afhankelijk is van bronnen of kwelwater, maar die wel gevoelig is voor verlaging van de grondwaterstand.
Hieronder is in Tabel 7 en Tabel 8 een toelichting gegeven op de selectie van grondwaterafhankelijke habitattypen en vegetatietypen.

Tabel 7: Selectie grondwaterafhankelijke habitattypen uit de Habitattypenkaart Natura-2000 gebied Springendal en dal van de Mosbeek

Code	Habitattypen Springendal & Dal van de Mosbeek	Op kaart?	Grondwaterafhankelijk?
H4010A	Vochtige heiden (hogere zandgronden)	Ja	Natte tot vochtige standplaats, basenarm grondwater of regenwater gevoed. Niet afhankelijk van bronnen of kwelwater, wel gevoelig voor verlaging grondwaterstand.
H4030	Droge heiden	Nee	Droge zandgrond, niet grondwaterafhankelijk.
H5130	Jeneverbesstruwelen	Nee	Droge zandgrond, niet grondwaterafhankelijk.
H6230	Heischrale graslanden	Ja	Licht gebufferde, zwak zure tot matig zure standplaats met wisselende vochttoestand, nat tot matig droog. Niet afhankelijk van bronnen of kwelwater, wel gevoelig voor verlaging grondwaterstand.
H6410	Blauwgraslanden	Ja	Afhankelijk van aanvoer van min of meer basenrijk grondwater.
H7140A	Overgangs- en trilvenen (trilvenen)	Ja	Permanent hoge grondwaterstanden en voldoende hoge basenrijkdom nodig.

Code	Habitattypen Springendal & Dal van de Mosbeek	Op kaart?	Grondwaterafhankelijk?
H7150	Pioniervegetaties met snavelbiezen	Ja	Zure standplaatsen. Het habitattype wordt aangetroffen op plagplekken in mozaïek met vochtige heiden. Niet afhankelijk van bronnen of kwelwater, wel gevoelig voor verlaging grondwaterstand.
H7230	Kalkmoerassen	Ja	Permanente aanvoer van basenrijk grondwater met gelijkmatig natte en basenrijke omstandigheden.
H9120	Beuken-eikenbossen met hulst	Nee	Droge tot vochtige zand- en leemgronden, niet grondwaterafhankelijk.
H91E0C	Vochtige alluviale bossen (beekbegeleidende bossen)	Ja	Hoge grondwaterstanden, permanent of langdurig kwel en vaak ook overstroming vanuit de beek.

Naast de habitatgebieden zijn er ook zoekgebieden voor nieuwe natuur op de habitattypenkaart weergegeven.

Tabel 8: Selectie grondwaterafhankelijke vegetatietypen uit de Habitattypenkaart Natura-2000 gebied Springendal en dal van de Mosbeek

Vegetatietypen in vegetatie-database Provincie Overijssel	Op kaart?	Grondwaterafhankelijk?
Kroosvegetatie e.d.	Nee	Geen indicatie voor grondwaterstand.
Soortenrijke helofyten- en Grote zeggenvegetatie	Ja	Grote zeggenvegetatie is indicerend voor basenrijk water.
Beemdgras- en Raaigrasweide	Nee	Geen indicatie voor grondwaterstand.
Wisselvochtig grasland	Ja	Dit type kan een indicatie zijn voor hoge grondwaterstanden en kwel.
Droog, schraal grasland	Nee	Niet grondwaterafhankelijk.
Witbolgrasland	Nee	Geen indicatie voor grondwaterstand.
Dotterbloemhooiland	Ja	Basenrijke, natte omstandigheden.
Maisakker	Nee	Geen indicatie voor grondwaterstand.
Graanakker	Nee	Geen indicatie voor grondwaterstand.
Overige akkers / kwekerij	Nee	Geen indicatie voor grondwaterstand.
Dennenbos	Nee	Geen indicatie voor grondwaterstand.
Jonge bosaanplant	Nee	Geen indicatie voor grondwaterstand
Berken-zomereikenbos	Nee	Droog bostype.
Berken- Beukenbos	Nee	Droog bostype.
Elzenbronbos	Ja	Nat tot zeer nat, maar geen stilstaand water. Vaak kalkrijk water.
Elzenbroekbos/Wilgenbroekstruweel	Ja	Zeer natte standplaatsen op veenbodems met beperkte jaarlijkse grondwatertafelschommelingen.
Elzen-Essenbos/Eiken-Essenbos/Vogelkers-Essenbos	Ja	Invloed van kwel-of beekwater, vaak voedsel- en basenrijk.
Eiken-Haagbeukenbos	Nee	Kan vooral in de winter hoge grondwaterstand hebben, maar heeft ook drogere standplaatsen.

Vegetatietypen in vegetatie-database Provincie Overijssel	Op kaart?	Grondwaterafhankelijk?
Natte en droge ruigte, voedselrijke zoomvegetatie en braamstruweel	Nee	Geen indicatie voor grondwaterstand.
Bochtige smele-vegetatie	Nee	Vaak droge standplaatsen.
Struikheidevegetatie	Nee	Droge zandgrond, niet grondwaterafhankelijk.
Dopheivegetatie	Ja	Natte tot vochtige standplaats, basenarm grondwater of regenwater gevoed. Niet afhankelijk van bronnen of kwelwater, wel gevoelig voor verlaging grondwaterstand.
Jeneverbesstruweel	Nee	Droge zandgrond, niet grondwaterafhankelijk.
Eikenwal of –singel	Nee	Vaak droge standplaats, geplant, en daarom geen indicatie voor grondwaterstand.
Elzen-Essensingel	Nee	Geplant, en daarom geen indicatie voor grondwaterstand.
Eikenwal of –singel met inslag van eiken-Haagbeukenbos	Nee	Vaak droge standplaats, geplant, en daarom geen indicatie voor grondwaterstand.
Landschappelijke beplanting	Nee	Geen indicatie voor grondwaterstand.
Boomgaard	Nee	Geen indicatie voor grondwaterstand.

Selectie van ecologisch waardevolle soorten uit de database van Horsthuis
Alle genoemde soorten in de database van Horsthuis zijn indicatief voor grondwaterafhankelijkheid en zijn veelal geassocieerd met bron- en kwelzones. Alle soorten worden daarom als waardevol beschouwd.

Selectie van ecologisch waardevolle bronnen
De ecologische waarde van bronnen is samengevat in Tabel 9. De reden waarom ze als ecologisch waardevol zijn beoordeeld staat in de derde kolom, waarbij de volgende criteria zijn gehanteerd:

- Ja (H): Bron in areaal met grondwaterafhankelijke habitattypen uit de habitatrichtlijn.
- Ja (V): Bron in areaal met grondwaterafhankelijke vegetatietypen:
- Ja (S). Bron in de directe nabijheid van ecologisch waardevolle soorten uit de database van Horsthuis.
- Onduidelijk: Van een aantal bronnen is niet duidelijk of deze ecologisch waardevol zijn. Dat is het geval als ze in de nabijheid van een van bovenstaande eenheden liggen, maar wel op enige afstand.
- Nee: In de gebruikte gegevens zijn geen aanwijzingen dat het om een ecologisch waardevolle bron gaat.

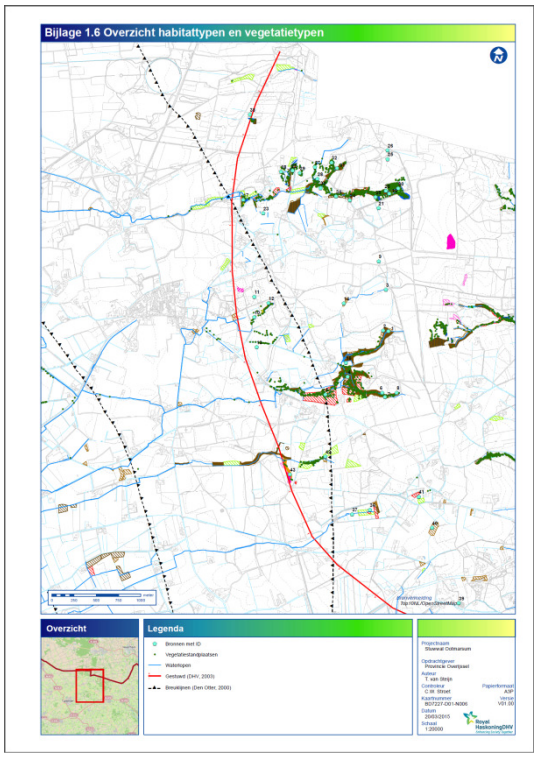
Tabel 9: Selectie van ecologisch waardevolle bronnen

ID op kaart	Nr in bronnen_prov+wrd.shp	Ecologisch waardevol	Beek	Bron naam	Maaiveldhoogte obv AHN2_5m [m+NAP]	Jaartal fauna en flora	Bronfauna	Bronflora
1	71	Ja (H)	Hazelbeek	Braakhuizen bronvijver	64.96	1982		bronbos
2	71a	Ja (H)	Hazelbeek	Braakhuizen-bron	61.69		Lebertia lineata, L.stigmatifera, Sperchon glandulosus	Bittere veldkers, Holpijp, Kl.valeriaan
3	70a	Nee	Hazelbeek	Hazelbeek Noord	72.40			
4	69a	Ja (S)	Hazelbeek	Hazelbekke bronloop midden	52.65		Tartarothyas romanica	
5	69	Ja (V)	Hazelbeek	Hazelbekke ZuidWest	49.24			
6	75	Ja (H)	Hazelbeek	Hazelhof Bron Noord(-zijde van beek)	61.09	1981/ 1994	Crunoecia irrorata, Sperchon glandulosus, Osmylus fulvicephalus, Beraea maurus	
7	75a	Ja (H)	Hazelbeek	Hazelhof Bron Zuid(-zijde van beek)	59.23			
8	76	Ja (V)	Hazelbeek	Hazelhof Bronmoeras, Hazelbekke-zuid	64.01	1981	Beraea maurus	
9	70?	Nee	Hazelbeek	Kl. Hazelbekke Noord (Weersink)	75.03			
10	72	Ja (S)	Hazelbeek-Tutenbergerbeek	Braamberg A(Poel Tutenbergweg).	47.60			
11	73	Nee	Hazelbeek-Tutenbergerbeek	Braamberg B West	57.84			
12	74	Ja (H)	Hazelbeek-Tutenbergerbeek	Braamberg C bron Oost	57.86		2002	Holpijp, Bittere veldkers
13	105	Nee	Hazelbekke	Oosterveldsweg	47.55			
14	97	Ja (V)	Hazelbekke	Scholten Linde	65.70			
15	98	Onduidelijk	Hazelbekke	weidje Hansti	53.80			
16	39	Nee	Het Vree	Zonnenberg(Agelo Noord)	42.25			
17	83	Ja (H)	Mosbeek	Bels	46.04			
18	66	Onduidelijk	Mosbeek	Bronvijver De Reuterij	58.27	1998	2002	
19	62	Ja (H)	Mosbeek	De Mos Bron zuid, Hezingen	63.59	1982/ 1994	Dugesia gonocephala	elzenbronbos, goudveil
20	63a	Ja (H)	Mosbeek	De Mos bronbeek Hezingen	61.86		beekoeverlibel, Dugesia gonocephala	
21	92	Nee	Mosbeek	Geitenkamp	65.25			
22	84	Ja (S)	Mosbeek	Hemmer	56.91			
23	66a	Nee	Mosbeek	Kleiboer	52.33			
24	90	Ja (H)	Mosbeek	Maatmansweg	62.64			
25	64	Nee	Mosbeek	Mosbeek	70.40	1994		goudveil
26	65	Nee	Mosbeek	Mosbeek	71.27			
27	86	Ja (S)	Mosbeek	Mosbeek	58.27			
28	87	Ja (H)	Mosbeek	Mosbeek	56.58			
29	85	Ja (S)	Mosbeek	Mosbeek Hemmer	58.63			
30	63	Ja (H)	Mosbeek	Mosbeek, bron De Mos-Midden	65.04	1994	Tabanus miki, Sperchon glandulosus,Lebertia lineata, L.stigmatifera	goudveil
31	68	Ja (H)	Mosbeek	Oerbekke oost bron	59.46	1981	Dugesia gonocephala	elzenbronbos
32	67	Ia (V)	Mosbeek	Oerbekke west	61.04			
33	88	Onduidelijk	Mosbeek	Roordink	54.21			
34	89	Ja (H)	Mosbeek	Roordink	55.99			
35	91	Ja (H)	Mosbeek	Weersink	61.04			
36	8	Ja (V)	Onzoelbeek	de Onzoel	51.93			
37	8a	Onduidelijk	Onzoelbeek	Onzoelbeek bronbeek Steenberg Onzoelweg	48.90			
38	78	Ja (H)	Plasbeek?(of Mosbeek)	Holtsuze	50.05			
39	11	Nee	Polbeek	de Hezeberg	58.31			
40	10	Ja (V)	Polbeek	de Pol	56.03			
41	9	Ja (V)	Polbeek	de Riet	59.23			
42	2	Ja (V)	Roezebeek	Roezeberg	50.90			
43	1	Ja (H)	Roezebeek	Vasserheide Bron, Roezebergweg	44.75	1982		wilgenstruweel

4.2 Kaarten met ecologisch waardevolle bronnen en grondwaterafhankelijke habitattypen en vegetatietypen

Bijlage 1.8: Grondwaterafhankelijke habitattypen en vegetatietypen
In Bijlage 1.8 zijn de alle grondwaterafhankelijke habitattypen binnen het Natura-2000 gebied, alle grondwaterafhankelijke vegetatietypen uit de vegetatiedatabase van de provincie Overijssel weergegeven.

De veldwaarnemingen uit de database van Horsthuis zijn op deze kaart allemaal met 1 eenheid weergegeven, vanwege de schaal van de kaart.



4.3 Ecologisch waardevolle bronnen en grondwaterafhankelijke natuur in het overgangsgebied

In paragraaf 3.3 zijn de grenzen van het overgangsgebied vastgesteld. Binnen de uiterste grenzen van dat gebied (dus inclusief de onzekerheidsmarge voor de ligging van de breuk) komen op de volgende locaties grondwaterafhankelijke natuurwaarden voor:

- Eendenbeek en Manderstreu.
- Holtsüze.
- Bronweide van de Bels en graslanden langs Mosbeek over een lengte van circa 750 m.
- Braamberg/Tutenberg: bronweiden.
- Hazelbekke over een lengte van maximaal 1200 m.
- Roezenbeek.

5 NADERE BEGRENZING VAN DE OVERGANGSZONE PER LOCATIE MET WAARDEVOLLE GRONDWATERAFHANKELIJKE NATUUR

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt per deelgebied in detail beoordeeld of het grondwaterregime ter plaatse van grondwaterafhankelijke natuurwaarden en bronnen significant kan worden beïnvloed door een stijghoogteverandering in de slenk.

Per deelgebied zijn de volgende kaartbijlagen gemaakt (zie Bijlage 2):
- grondwaterafhankelijke natuurwaarden (Natura 2000 habittattypen, andere vegetatietypen en waarnemingen;
- hoogtekaart;
- een kaart met peilbuizen en boringen.

5.2 Eendenbeek en Manderstreu

Informatiebronnen
Onderstaande beschrijving en analyse is gebaseerd op de volgende informatiebronnen:
- de in de vorige hoofdstukken beschreven informatiebronnen over geologie en bodem;
- de gedetailleerde bodemkaart [Vroon et al 2012];
- metingen van oppervlaktewaterpeil, grondwaterstanden en stijghoogten uit Dinoloket, en van Vitens;
- gebiedsanalyse van de Unie van Bosgroepen [Horsthuis et al 2011a].

Algemene beschrijving
De Eendenbeek ontspringt in Duitsland aan de voet van de Paasberg, op een niveau van circa NAP+70 m [Horsthuis 2011a]. De beek stroomt in Nederland het Manderstreu in, waar al het water wegzijgt.

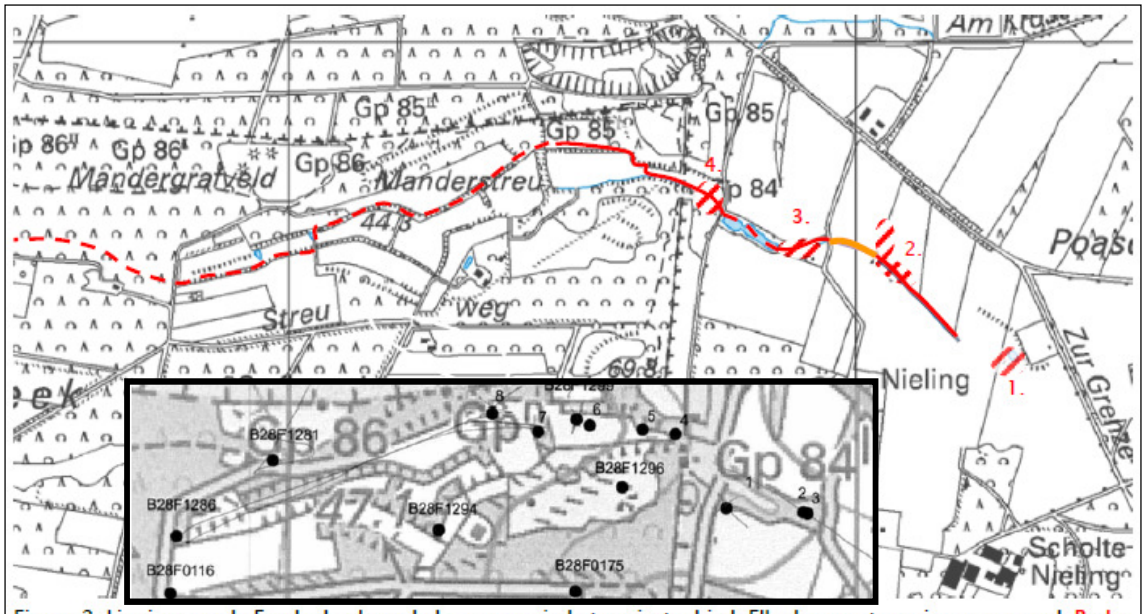
Afbeelding 15: Links: Eendenbeek bij de grens (bronzone 4, foto Ron Stroet, 2000). Rechts: Hooiland in de Manderstreu met instromend en wegzijgend water uit de (omgeleide) Eendenbeek (Foto: Horsthuis et al, 2011a)

Het dal van de Eendenbeek heeft in Duitsland en aan de Nederlandse grens het karakter van een erosiedal. Het Manderstreu is een brede dalvormige laagte. Aan de grens is de maaiveldhoogte circa NAP+51 m. De maaiveldhoogten in het Manderstreu variëren van NAP+50 m in het oosten tot circa NAP+43 m in het westen (zie Bijlage 2.2). Het Manderstreu is eigendom van Landschap Overijssel.

Grondwaterafhankelijke natuur

In de Manderstreu zijn de volgende grondwaterafhankelijke vegetaties (zie Bijlage 2.1):

– Habitattypenkaart: een zoekgebied voor vochtige heiden, hogere zandgronden (ZGH4010A), in een smalle strook van 0,03 ha grenzend aan de Eendenbeek, nabij de Duitse grens.
– Vegetatietypenkaart: wisselvochtig grasland op twee arealen van elk circa 1 ha. Deze graslanden worden in [Horsthuis et al 2011a] gekarakteriseerd als witbolgrasland.



Figuur 2. Ligging van de Eendenbeek en de bronzones in het projectgebied. Elke bronsysteem is genummerd. Rode lijn: bronbeek; Rood gestippelde lijn: oorspronkelijke loop; oranje lijn: verduikerd beektraject; Rood gearceerde vlakken: brongebieden.

Afbeelding 16: Ligging Eendenbeek met bronzones. In het zwarte kader locaties van boringen [Horsthuis et al, 2011a]

Oppervlaktewater en bronnen (beschrijving gebaseerd op [Horsthuis et al 2011a])

Afbeelding 16 toont de loop van de Eendenbeek, met de bronzones in Duitsland. Bronzone 4 ligt op de grens. Hier ligt een vochtig bostype waarin op de flank van het dal op een aantal plaatsen kwel uittreedt. De niveaus van deze bronzones zijn afgeleid uit Duitse hoogtegegevens met een grid van 12,5x12,5 m, en zijn dus vrij nauwkeurig. De bronzones liggen op de volgende niveaus:

– bronzone 1: circa NAP+70 m. Hier is ook een gegraven bronvijver;
– bronzone 2: circa NAP+64 m;
– bronzone 3: circa NAP+57 m. Het water stroomt op dit niveau een visvijver in;
– bronzone 4: circa NAP+47 tot NAP+52 m. Deze zone vormt een bronbos.

Volgens Horsthuis zijn het permanent afvoerende bronnen. Bronnen 2 en 3 leveren het meeste water. Verder wijst hij op verschillen in ijzergehalte: bron 2 is relatief meer ijzerhoudend.

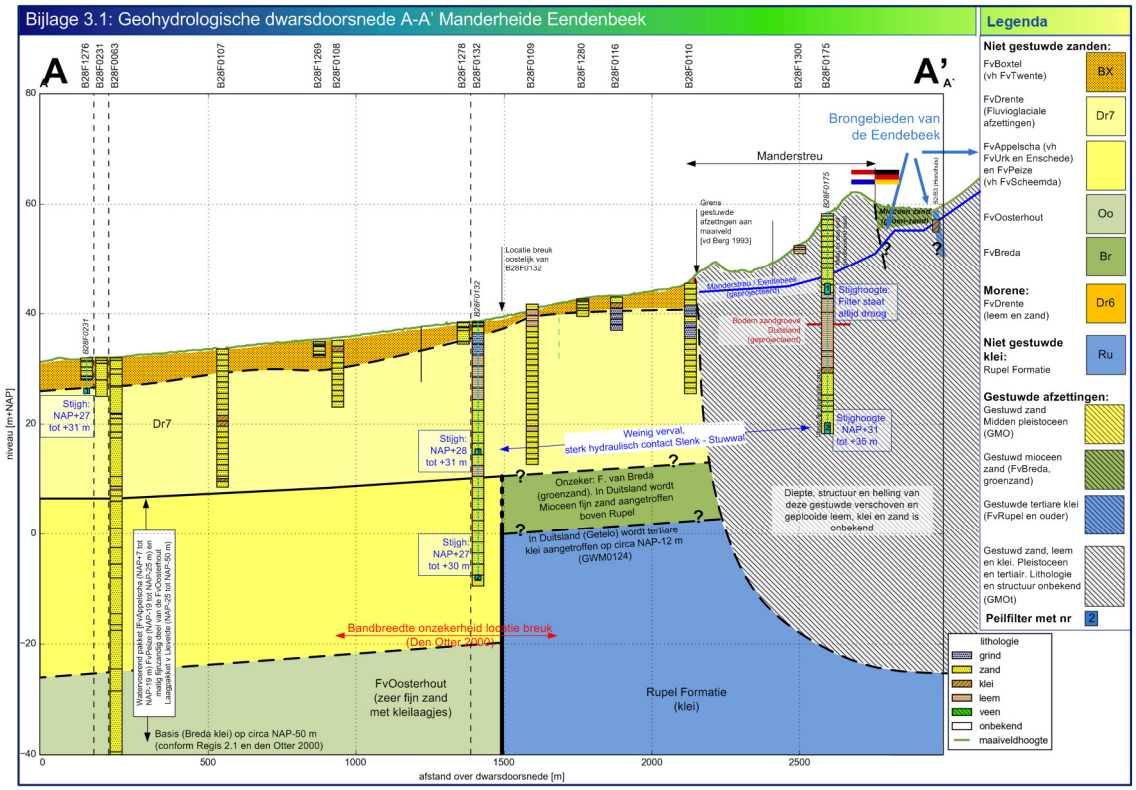
In Duitsland is de beek door cultuurtechnische maatregelen gewijzigd (drainage in bronzones, vergravingen en een verduikerd traject). De drainage draagt waarschijnlijk bij aan het permanente karakter van de afvoer van de Eendebeek. Dat is het gevolg van het feit dat ter plaatse van de drainage in de bronzone de grondwaterstand wordt verlaagd, en de bronzone daardoor meer water zal afvoeren, en de afvoer iets langer zal aanhouden, dan het geval zou zijn zonder drainage. Bovendien komt het drainagewater ten goede komt aan de afvoer van de Eendebeek.

In Nederland is de beek ook door mensen beïnvloed. Waar de bron uit het bos komt, juist over de grens, wordt deze langs de noordzijde van de laagte geleid en loopt deze met de contouren van het grasland mee naar het westen. Ongeveer halverwege het graslandperceel loopt het water uit de bedding van de beekloop en verspreidt het zich over maaiveld over het graslandperceel, waar het wegzijgt. De (in 2011 droge) opgeleide beek vervolgt zijn weg aan de noordzijde van de dalvormige laagte. Deze ingrepen zijn van grote ouderdom. Uit kadastrale gegevens leidt Horsthuis af dat de hooilanden in de Manderstreu veel minder opbrachten dan de hooilanden langs het dal van de Mosbeek, en concludeert hij vervolgens dat in de Manderstreu nooit goed ontwikkelde Veldrushooilanden aanwezig zijn geweest.

Geologie en bodemopbouw

In [Horsthuis et al 2011a] is de ondiepe bodemopbouw in 8 boringen beschreven. In de boringen 2 en 3 in Duitsland is klei aangetroffen (boring 2: van 40-180 cm en boring 3 van 85-180 cm). In boring 4 (Nederland) zijn leemlagen aangeboord die zijn gekarakteriseerd als beekleem. In de overige boringen is geen klei aangeboord.

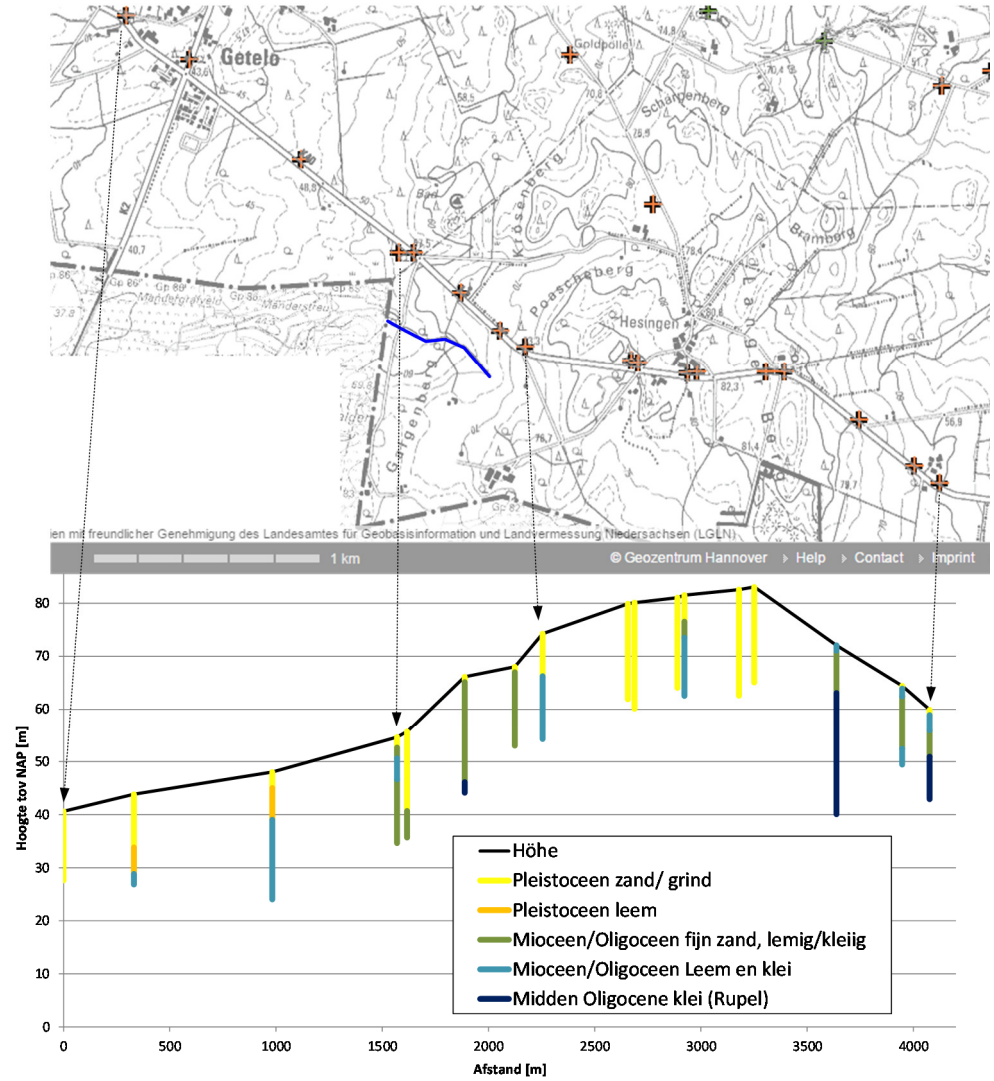
Onderstaande afbeelding toont de diepere bodemopbouw op een iets grotere schaal, in de geohydrologische dwarsdoorsnede A-A', juist ten zuiden van het Manderstreu (een grotere versie is opgenomen in Bijlage 3.1).



Afbeelding 17: Geohydrologische dwarsdoorsnede A-A'. (Grotere versie in Bijlage 3).

De ondergrond bestaat in dit gebied voornamelijk uit gestuwde zanden. In boring B28F0175, circa 300 m ten zuiden van de Manderstreu, komt van NAP+45 tot NAP+30 m een leemlaag voor. Op de geologische kaart wordt die leemlaag gerelateerd aan de tertiaire klei die aan maaiveld wordt aangetroffen, vanaf dat punt in zuidelijke richting (naar Holtsüze, zie paragraaf 5.3). Juist ten noorden van de grens, op circa 150 m afstand, ligt een verlaten zandgroeve, waarvan het materiaal is beschreven als een *gestuwde* sandr [van den Berg, 1993]. De bodem van de groeve ligt op circa NAP+38 m en er komt geen leem in voor. Daarom is het onwaarschijnlijk dat deze leemlaag onder het Manderstreu voorkomt.

In Afbeelding 18 zijn boringen in Duitsland in een profiel gezet. Het profiel loopt 200 tot 300 m ten noorden van de Eendenbeek (blauw ingetekend). Op de Paasberg ligt een laag pleistoceen grof zand en grind aan maaiveld.



Afbeelding 18: Dwarsdoorsnede boringen langs de Haller Strasse/Hesinger Strasse (Paasberg)

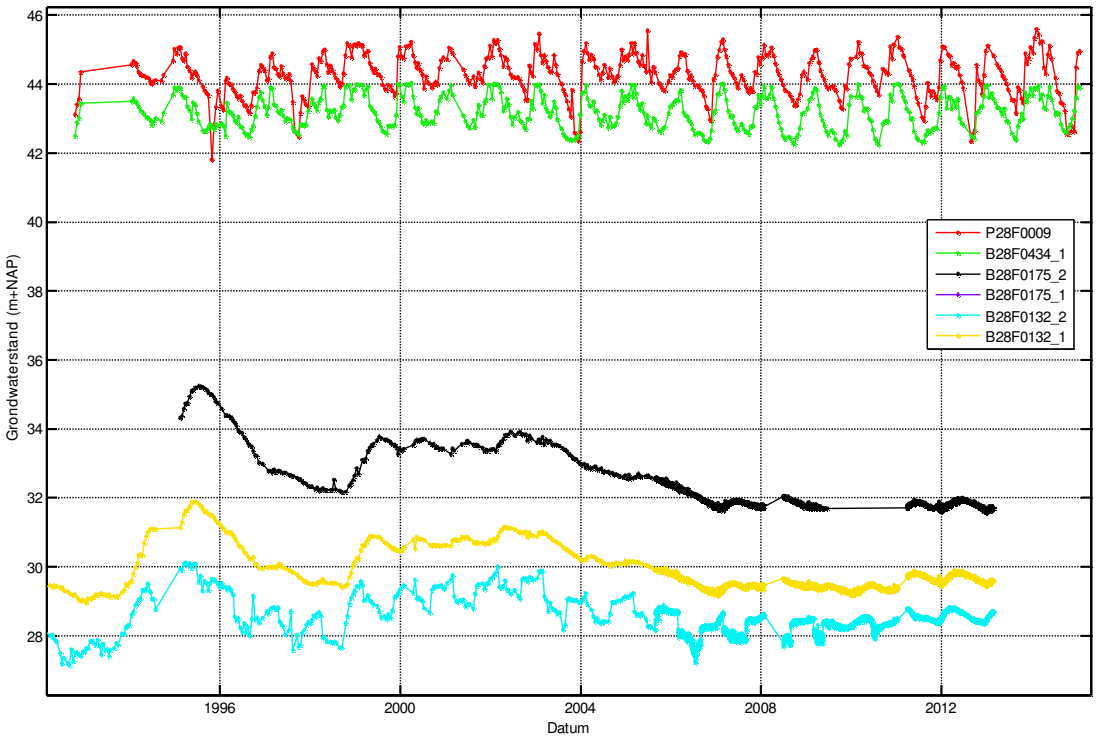
Aan de westzijde, waar de bronnen van de Eendenbeek ontspringen, liggen deze zanden op gestuwde kleiige zandige leem (Oligozän, Schluff, tonig, sandig) en zeer kleiig zand (Miocän Sand (sehr stark tonig, grün)), waarvan de top op circa NAP+68 m ligt. Aan de westzijde, ter hoogte van de grens, zijn twee boringen op korte afstand van elkaar, waarbij in de westelijke boring leem is aangetroffen met de top op NAP+50 m, en in de oostelijke boring niet. Zeer zware klei van de Rupel Formatie is aan de westzijde van de Paasberg in 1 boring aangetroffen op NAP+45 m. Dit is relatief hoog (vlak onder het onderste bronniveau, en ruim boven de stijghoogte in de Slenk van Reutum, zie hieronder).

Uit Afbeelding 18 wordt duidelijk dat de Paasberg een relatief groot infiltratiegebied vormt. Dat voedt niet alleen de Eendenbeek, maar ook de Geteloerbach, bronnen aan de oostzijde en bronnen in Nederland ten zuiden van de Paasberg (de Reuterij, Oerbekke en waarschijnlijk de bovenste bronnen van de Mosbeek).

Oppervlaktewaterpeilen, grondwaterstanden, grondwaterstijghoogten

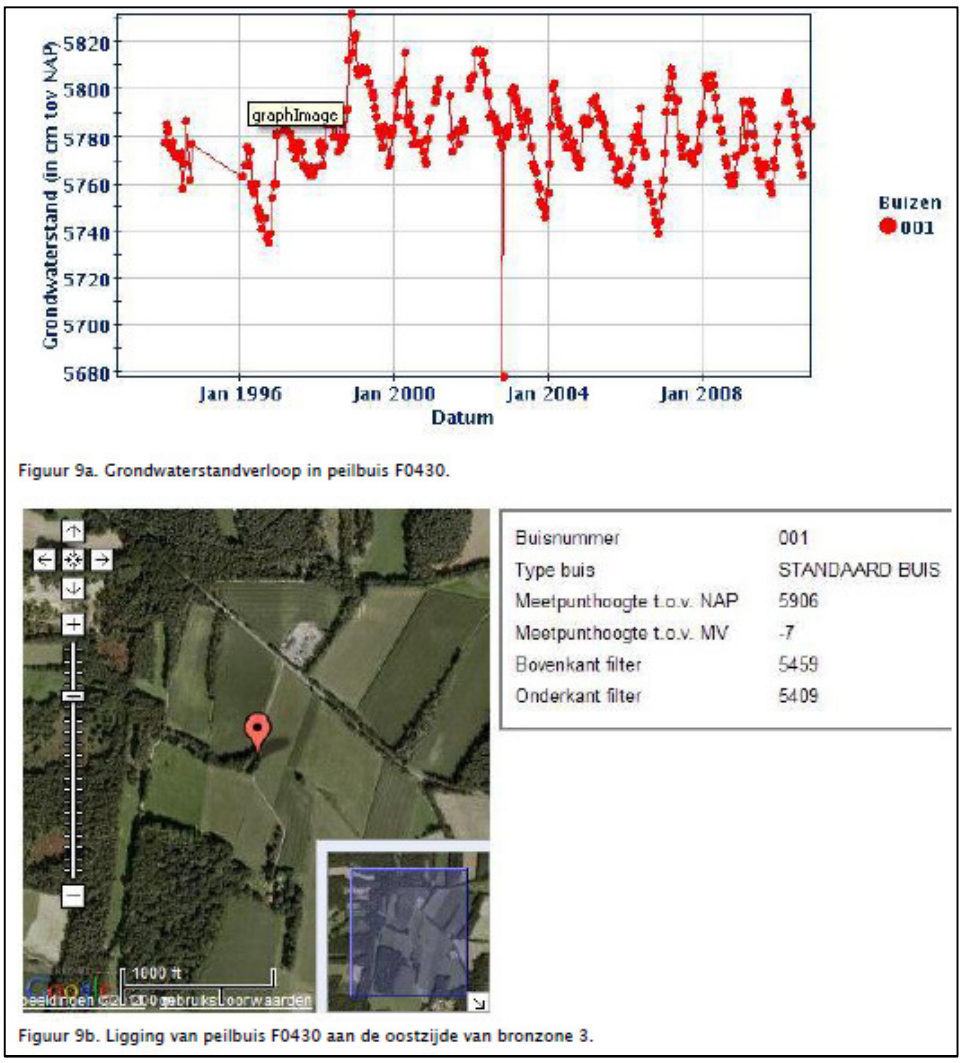
In onderstaande afbeelding staan de volgende tijdreeksen (van hoog naar laag):

- Rood: een oppervlaktewaterpeil in de Manderstreu, bij meetpunt P28F0009 (maaiveldhoogte circa NAP+45,5 m). Het meetpunt ligt niet aan de Eendenbeek of de opgeleide beek langs de noordrand van de Manderstreu. Het peil vertoont relatief grote dynamiek dat eerder lijkt op dat van een poel die de grondwaterspiegel volgt, dan dat van een permanent door bronwater gevoed oppervlaktewater.
- Groen:170 m stroomafwaarts, freatische grondwaterstanden in B28F0434 (maaiveld circa NAP+44,0 m).
- Zwart: stijghoogten in peilbuis B28F0175, in een filter op een niveau van circa NAP+20 m. Het ondiepe filter op NAP+45 m staat altijd droog.
- Geel en blauw: stijghoogten in de Slenk van Reutum, circa 1000 m ten westen van Manderstreu. De abrupte wisselingen in de blauwe lijn worden veroorzaakt door het aan- en uitschakelen van pompstation Manderheide in de periode 1996 -2000. Eind 2010 is die winning beëindigd.



Afbeelding 19: Gemeten grondwaterstanden en oppervlaktewaterpeilen in en nabij de Manderstreu

Er staat er ook een peilbuis in Duitsland, direct boven bronzone 3 (zie Afbeelding 20). Deze reeks staat niet (meer) in Dino. De jaarlijkse dynamiek is circa 40 cm.



Afbeelding 20: gemeten grondwaterstanden peilbuis in Duitsland (overgenomen uit Hortshuis 2011)

Analyse Manderstreu

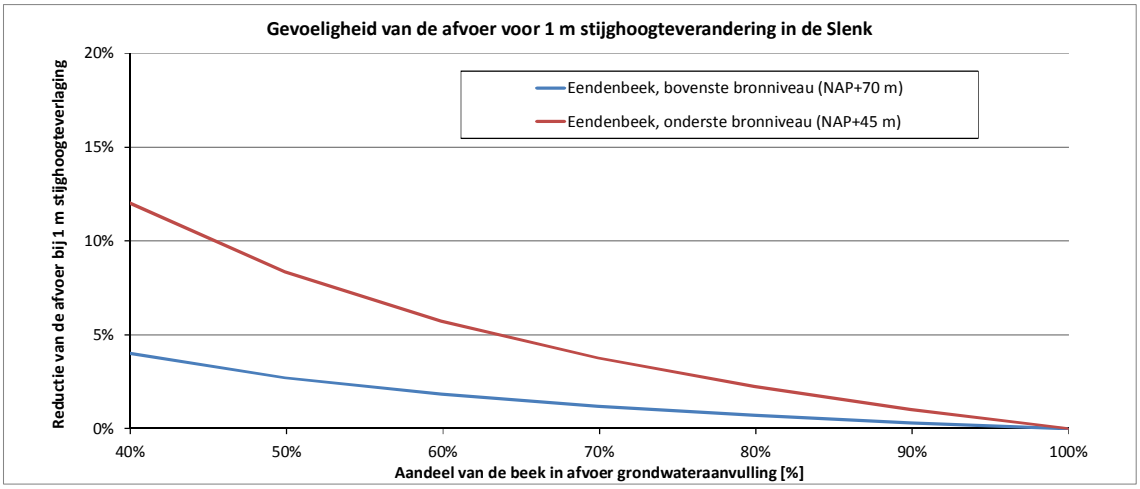
Het verloop in de tijd van de stijghoogten bij B28F0175 is gelijk aan die verder westelijk in de Slenk van Reutum. Het verval sinds 1995 is ongeveer 4 m. De geologische informatie duidt niet op de aanwezigheid van significante weerstand tussen B28F0175 en de slenk. Daaruit volgt dat het watervoerende pakket onder de Manderstreu feitelijk behoort tot hetzelfde systeem als het watervoerende pakket van de Slenk van Reutum.

De (grond)waterstanden in de Manderstreu zijn ongeveer 10 m hoger dan de stijghoogte in het watervoerende pakket. De ondergrond is hoofdzakelijk is opgebouwd uit zand. De grondwaterstanden zijn dus die van een schijngrondwaterspiegel, die in stand wordt gehouden door de aanvoer van de Eendenbeek. De grondwaterstand in het watervoerende pakket ligt zo diep, dat deze geen invloed kan uitoefenen op de (schijn)grondwaterstand en op de infiltratieflux vanuit de Eendenbeek en ander oppervlaktewater. Dat betekent dat het grondwaterregime in de Manderstreu niet kan worden beïnvloed door een stijghoogteverlaging in de Slenk van Reutum.

Kan een stijghoogteverandering in de slenk invloed hebben op de afvoer van de Eendenbeek?
De grondwaterstanden in de Paasberg zijn hoger dan NAP+70 m. De stijghoogten in de Slenk van Reutum zijn NAP+32 m tot NAP+35 m. Volgens [Horsthuis et al 2011a] heeft de bron een permanent karakter. Als de bron nooit droogvalt, kan op grond van de analyse in paragraaf 2.1, er van worden uitgegaan dat tenminste 50% van het neerslagoverschot in het voedingsgebied door de Eendenbeek wordt afgevoerd.

Uit Afbeelding 18 kan worden afgeleid de bronnen ontstaan op de niveaus waar matig doorlatende en slecht doorlatende lagen onder de Paasberg dagzomen. Uit de beschikbare boorbeschrijvingen blijkt dat de zeer slecht doorlatende Rupel klei bij de Eendenbeek in 1 boring is aangetroffen op een niveau van NAP+45 m. Als deze kleilaag aaneengesloten voorkomt onder het intrekgebied van de beek is het aannemelijk dat het aandeel van de beek in de afvoer groter is dan 50%. Ook de isohypsenkaart die voor Holtsüze is gemaakt (Afbeelding 26 op pagina 56) bevestigt dit beeld. Het kan zijn dat het aandeel groter is, maar er is onvoldoende informatie om dat met zekerheid te kunnen stellen.

Op basis van een eenvoudige berekening met de methode beschreven in paragraaf 2.1, is de orde van grootte berekend waarmee de afvoer van de Eendenbeek afneemt bij een verlaging van de stijghoogte in de Slenk van 1 m. Het resultaat staat in onderstaande afbeelding. Uitgaande van een minimaal aandeel van de beek in de afvoer van de grondwateraanvulling van 50% is de maximale afname van de beekafvoer orde 3 tot 7%.

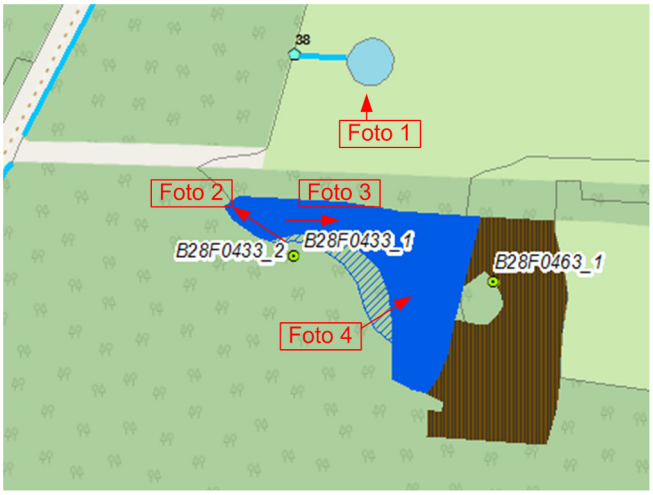


Afbeelding 21: Gevoeligheid afvoer Eendenbeek voor stijghoogteverlaging in de slenk

Conclusies voor Eendenbeek en Manderstreu

- Het is niet uit te sluiten dat een stijghoogteverlaging in de Slenk van Reutum enig effect heeft op de afvoer van de Eendenbeek. Hoe groot dat effect is, kan op basis van de beschikbare gegevens niet kwantitatief worden vastgesteld. Het maximaal mogelijke effect is een reductie van de afvoer met orde 5 tot 10% bij een stijghoogteverlaging in de Slenk van 1 m.
- Mogelijk is het effect veel kleiner. Op basis van de beschikbare gegevens is dat niet aan te tonen.
- Manderstreu: een stijghoogteverlaging in de slenk heeft geen directe invloed op het grondwaterregime in de Manderstreu. Een vermindering van de afvoer van de Eendenbeek zou wel een verkleining van het areaal met vochtige omstandigheden kunnen veroorzaken.

5.3 Holtsüze



Afbeelding 22: Foto's Holtsüze
Linksboven Foto 1: poel ten noorden van Holtsüze. Dit is geen bron. Er is geen afvoer meer aanwezig.
Rechtsboven Foto 2: westelijke rand Holtsüze. Hier infiltreert water.
Foto 3: smalle laagte waarlangs kwelwater uit het oostelijke deel (bronbos en blauwgrasland) min of meer oppervlakkig of afstroomt naar het westelijke deel waar het infiltreert. Op de achtergrond het oostelijke deel.
Foto 4: bodem in het oostelijke deel van Holtsüze: met blauwgrasland. Dunne laag plantenwortels en organische materiaal op zware klei.

Algemene beschrijving, oppervlaktewater

Holtsüze is een gebiedje met een oppervlak van 0,3 ha. Het bestaat uit drie delen, namelijk een oostelijk deel met bos, een centraal deel, dat circa 1 m lager ligt met blauwgrasland-vegetatie, waar kwel optreedt, Het water wordt afgevoerd naar het kleine westelijk deel, waar ten tijde van het veldbezoek in voorjaar 2015 water stond, dat daar in de bodem wegzijgt.

Juist ten noorden van Holtsüze is in de jaren '90 een poel gegraven, met een afvoersloot van enkele tientallen meters lang, naar het westelijk daarvan gelegen bos. In het kader van herstelmaatregelen voor Holtsüze is die afvoersloot gedempt.

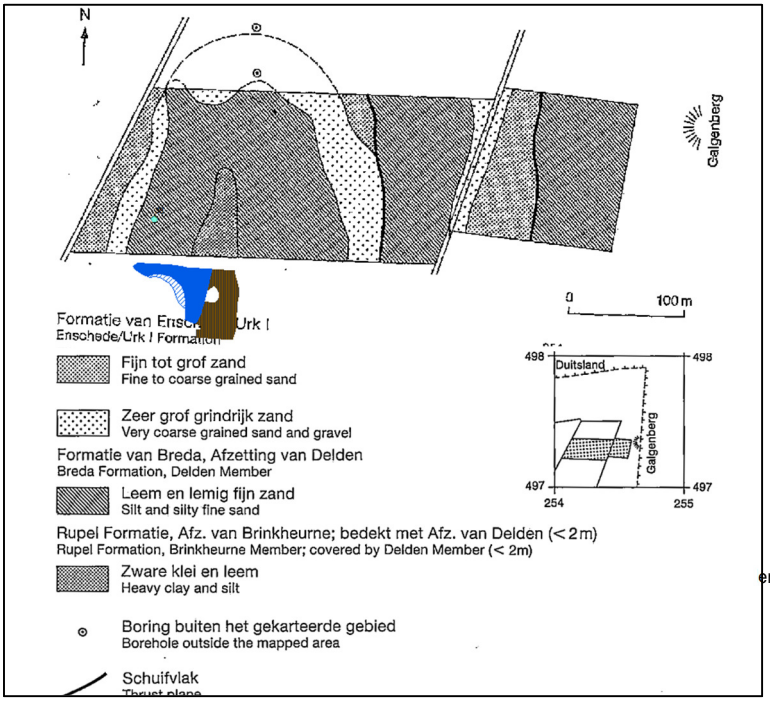
Uit veldwaarnemingen (Landschap Overijssel) zou blijken dat veranderingen in vegetatie, minder grondwaterinvloed zou betekenen. Dit is echter anekdotische kennis die niet ondersteund wordt door gegevens.

Circa 400 m oostelijk van Holtsüze ligt aan de voet van de Galgenberg het restant van een bron met een afvoersloot met een lengte van circa 100 m. Uit de AHN blijkt dat het bronniveau circa NAP+61 m is. De bron voerde in voorjaar 2015 geen water af, en was hooguit vochtig te noemen. Waarschijnlijk infiltreerde het water uit de bron in de afvoersloot.

Bovengenoemde drie oppervlaktewatersysteempjes liggen midden in een gebied dat verder helemaal droog is.

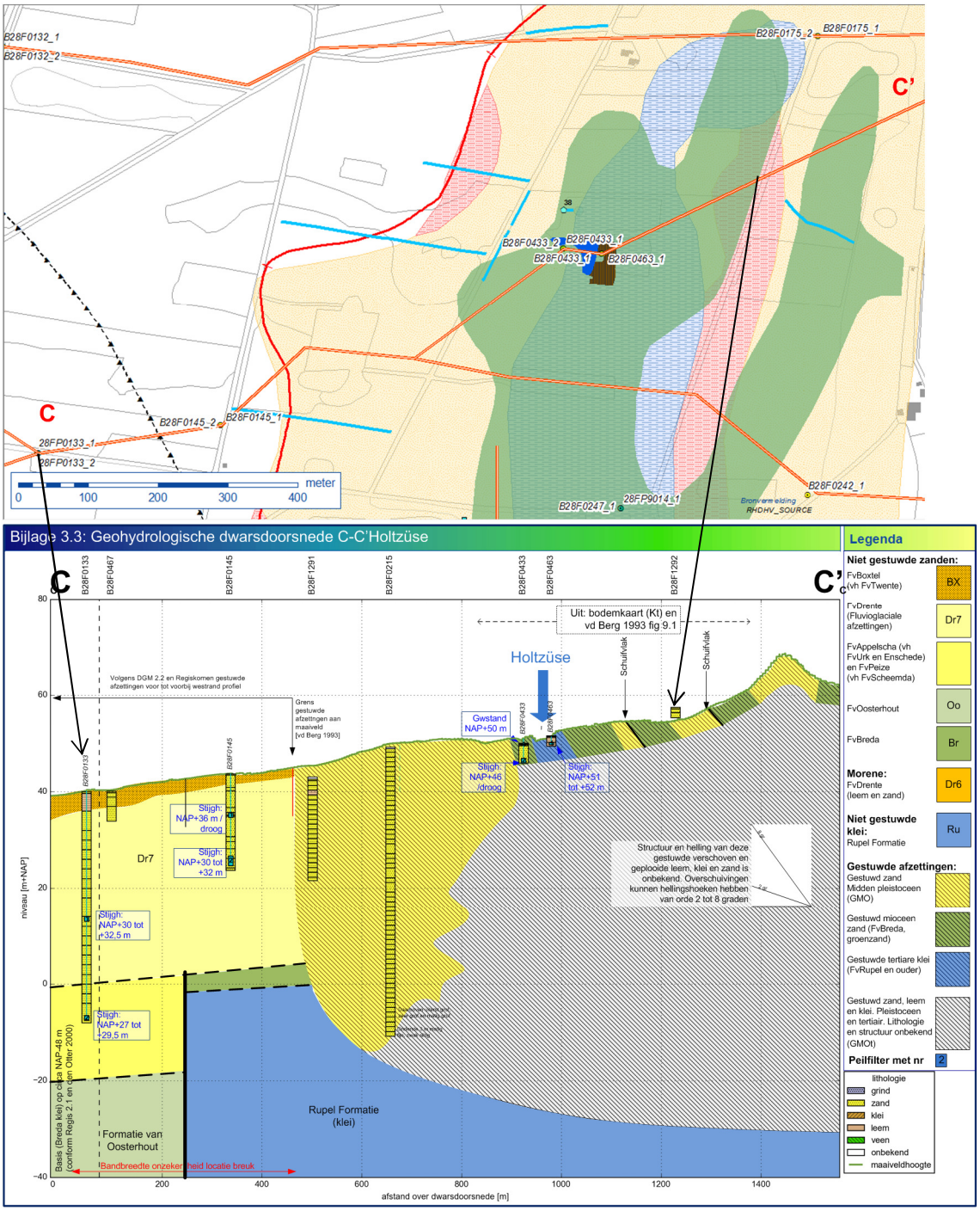
Geologie en bodemopbouw

Holtsüze ligt in een gebied met een complexe geologie, juist aan de rand van het gebied waar gestuwde afzettingen voorkomen. Het gestuwde gebied gaat op circa 200 m westelijk van Holtsüze over in een gebied met fluvioglaciale zanden (Dr7), met daaronder het watervoerende pakket. Onderstaande afbeelding toont de ligging van Holtsüze op een detailkaart overgenomen uit de toelichting bij de geologische kaart [van den Berg 1993]. In het perceel ten noorden van Holtsüze liggen binnen een afstand van 300 m de volgende afzettingen: fijn tot grof zand en dan grof grindrijk zand (F v Appelscha), dan leem en lemig fijn zand (Formatie van Breda), dan zware klei van de Rupel Formatie, en dan weer leem en grof grindrijk zand. Oostelijk daarvan zijn twee schuifvlakken aangetoond, en daarachter ligt de Galgenberg, die uit grof grindrijk zand bestaat. De zware klei is ook aangetroffen in een 1 m diepe handboring in het lage natte deel van Holtsüze (zie foto op de vorige pagina).



Op de kaart met de lithologie van de gestuwde afzettingen (Afbeelding 24) hebben we ook de eenheid Tertiaire klei (KT) van de bodemkaart aangegeven. Uit de kaart blijkt dat de verbreiding van leem en klei op 300 tot 400 m ten noorden van Holtsüze ophoudt, en overgaat in het zandige gebied waarin de Manderstreu ligt.

Afbeelding 23: Holtsüze, (blauw en bruin), weergegeven op de geologische detailkaart (overgenomen uit van den Berg 1994, figuur 9.1)



Afbeelding 24: Boven: geologische detailkaart met de samenstelling van gestuwde afzettingen (wijkt iets af van Afbeelding 23), met in groen: tertiaire klei volgens de bodemkaart. En daaronder geohydrologische dwarsdoorsnede C-C'. De eenheid "Formatie van Breda, groenzand", representeert hier leem en klei. (Grotere versie in Bijlage 3).

Grondwaterstanden en stijghoogten

Afbeelding 25 toont de gemeten grondwaterstanden en stijghoogten. Van hoog naar laag:

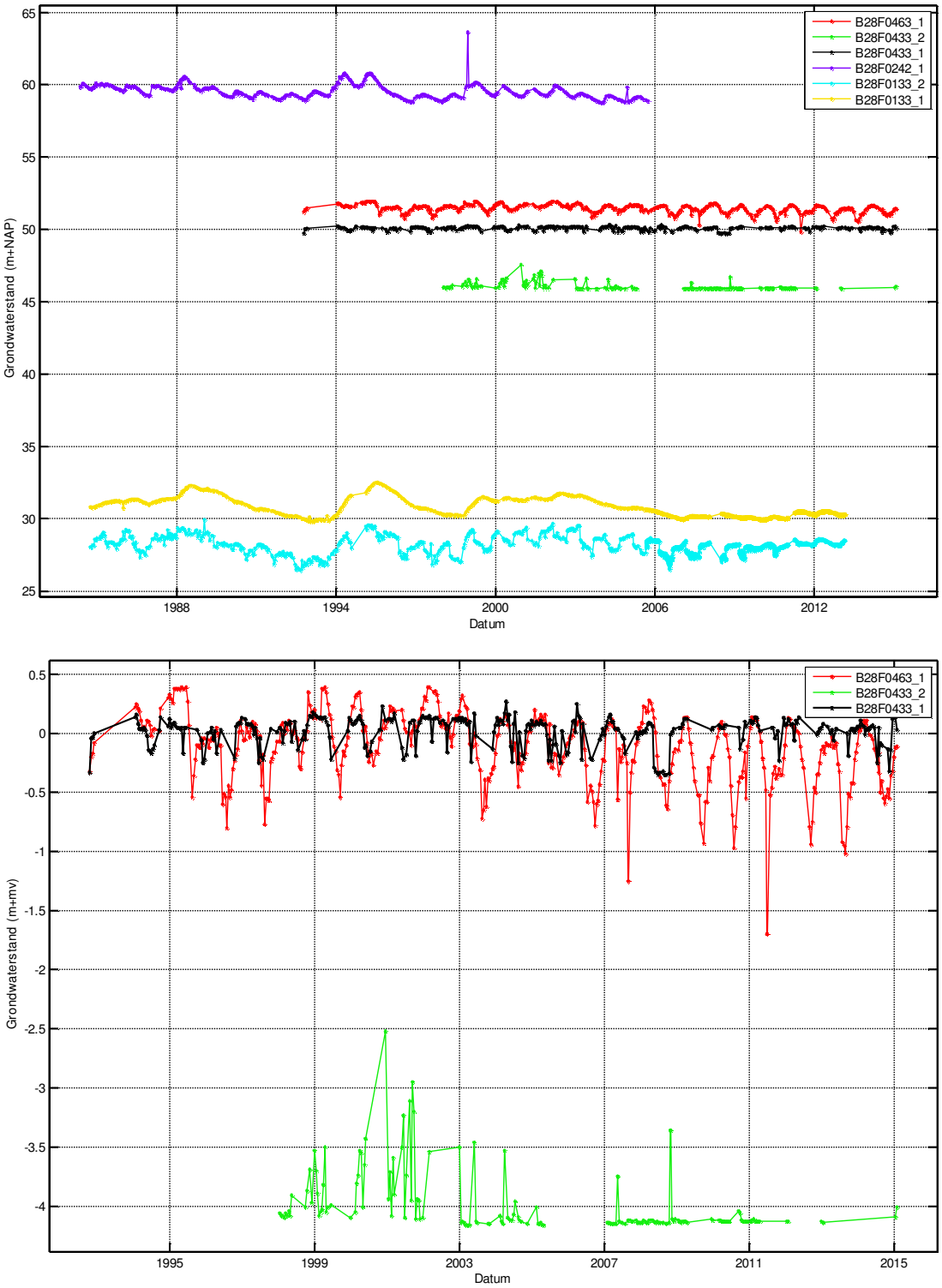
- B28F0242, peilbuis op de Galgenberg, 500 m ten zuidoosten van Holtsüze. Grondwaterstanden NAP+59 tot NAP+61 m, circa 4 m onder maaiveld. Deze reeks vertoont een trage reactie op veranderingen van de grondwateraanvulling. Verder lijkt er sprake te zijn van een dalende trend die niet volledig kan worden verklaard uit het verloop van de grondwateraanvulling in de tijd. Helaas is de meetreeks gestopt.
- B28F0463, peilbuis in het natte deel van Holtsüze, waar kwel optreedt. De grondwaterstand is circa NAP+52 m. Dezelfde tijdreeks is in de grafiek eronder weergegeven ten opzichte van maaiveld, met een grotere verticale schaal. daarin is duidelijk te zien dat in de natte jaren 1998-2002 de stijghoogte regelmatig boven maaiveld kwam, en weinig dynamiek vertoonde. Als er weinig dynamiek is, is dat een indicatie voor een relatief grote kwelflux (zie paragraaf 2.1). Na 2003 is er een dalende trend, neemt de dynamiek toe en neemt de kwel dus af. Dit kan deels worden verklaard uit het verloop van de grondwateraanvulling in de tijd. Deze was in de periode 1995-2002 gemiddeld circa 0,9 mm/dag, en naam vanaf 2003 af naar gemiddeld 0,7 mm/dag (zie Afbeelding 2 op pagina 14). Andere oorzaken zijn echter niet uit te sluiten.
- B28F0433, peilbuis in het onderste deel van Holtsüze, waar het water infiltreert dat uit het hoge deel oppervlakkig toestroomt. De peilbuis heeft twee filters. In het bovenste filter wordt steeds een grondwaterstand nabij maaiveld gemeten. Het onderste filter staat op 4 m diep en valt sinds 2007 droog.
- B28F0133, peilbuis in de slenk op circa 1 km westelijk van Holtsüze. Stijghoogten NAP+27 tot NAP+29,5. Stijghoogten in de keileem erboven circa 2 m hoger.

Grondwaterstroming

Uit de geohydrologische dwarsdoorsnede (Afbeelding 24, grotere versie in Bijlage 3.3) blijkt dat het watervoerende pakket van de Slenk van Reutum hier waarschijnlijk doorloopt tot juist ten westen van Holtsüze. Het verschil tussen stijghoogte in de slenk en de grondwaterstand is zeer groot. Ondanks dat kwelt er water op in Holtsüze, dat afkomstig is uit het voedingsgebied oostelijk van Holtsüze.

De kwelstroom naar Holtsüze is relatief zwak, gezien het feit dat de kwel sinds 2003 lijkt te zijn afgenomen. Dat kan geheel of gedeeltelijk worden verklaard uit langjarige trends in de grondwateraanvulling. Maar hoe dan ook: de kwelflux is zwak, en dat maakt Holtsüze kwetsbaar voor stijghoogteverlagingen in de slenk.

De hoeveelheid water die door Holtsüze stroomt is zeer gering, en staat niet in verhouding tot de hoeveelheid neerslag die in het voedingsgebied tussen Holtsüze en Galgenberg en oostelijk daarvan infiltreert. Blijkbaar stroomt dit neerslagoverschot langs andere wegen ondergronds af naar de Slenk van Reutum.

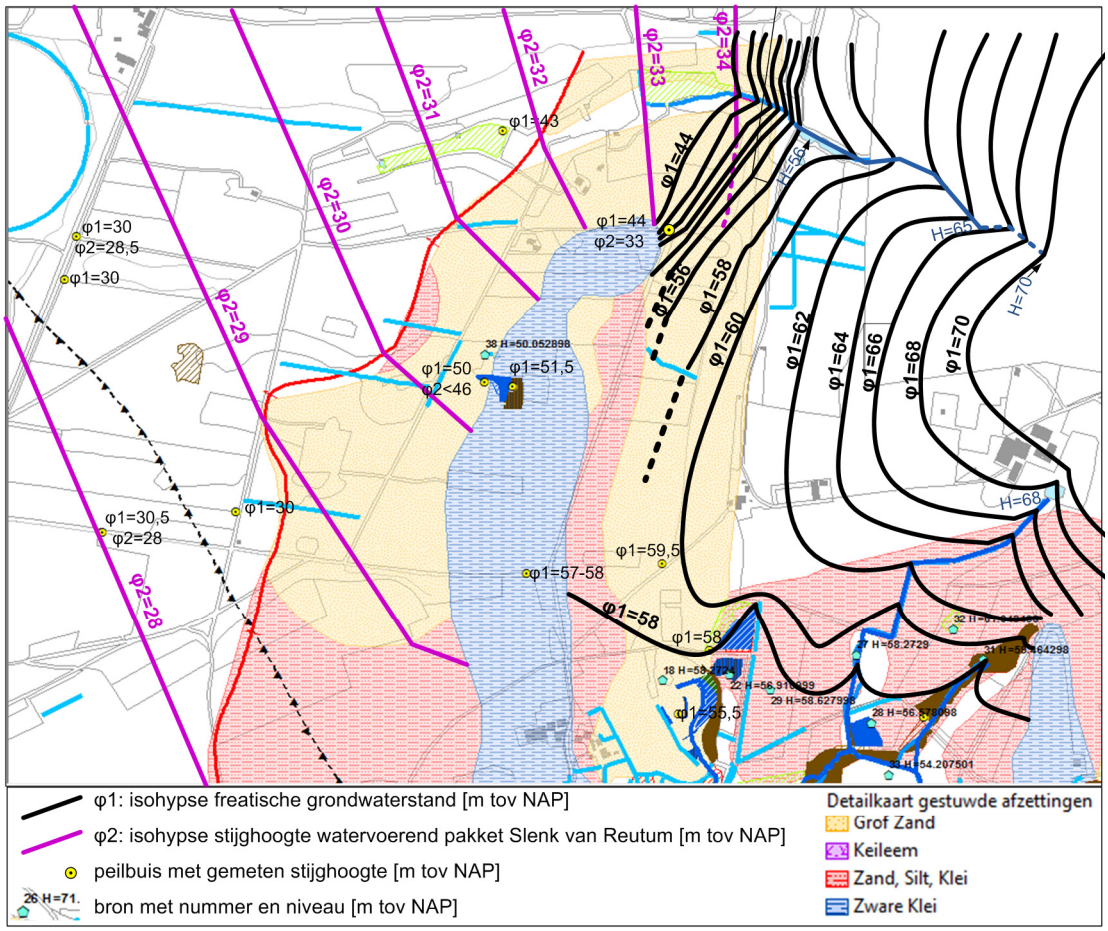


Afbeelding 25: Gemeten grondwaterstanden en stijghoogten in peilbuizen in profiel C-C'. Bovenste grafiek: ten opzichte van NAP, onderste grafiek ten opzichte van maaiveld

Voor die ondergrondse afstroming van grondwater uit het voedingsgebied van Holtsüze zijn drie mogelijkheden:

– Een noordwaards gerichte stroming, door de zanden die tussen het slecht doorlatende materiaal zijn ingeschakeld, naar het gebied van de Manderstreu.
– Een neerwaarts gerichte stroming naar onderliggende lagen met een lagere potentiaal.
– Een westelijk gerichte stroming, door de tertiaire klei heen.

Op basis van de beschikbare waarnemingen is een isohypsenkaart opgesteld die weergeeft hoe de grondwaterstroming in het gebied zou kunnen lopen. De isolijnen voor de grondwaterstand (zwart) zijn weergegeven om de 2 m, die voor de stijghoogte in het watervoerende pakket (paars) om de 1 m. De kaart is gebaseerd op de gemeten stijghoogten en bronpeilen, en verder ingetekend op basis van geohydrologisch inzicht. De kaart is voor een deel hypothetisch. Met name de freatische grondwaterstanden in de Galgenberg en in Duitsland zijn onzeker. Verder is onzeker tot hoever het watervoerende pakket met de lage stijghoogten van circa NAP+30 m zich uitstrekt, omdat zowel stijghoogten als de diepere bodemopbouw onbekend zijn.



Afbeelding 26: Isohypsenkaart voor de gemiddelde situatie 2000-2012

De hypothese die aan de kaart ten grondslag ligt is dat het grondwater achter de tertiaire kleien (blauw op de kaart) stagneert, afstroomt naar de bronnen en beken, én in noordelijke richting naar het gebied van de Manderstreu. Aan de noordelijke punt van de verbreiding van tertiaire klei aan maaiveld staat peilbuis

B28F0175. Daarin wordt in een fijnzandige laag onder een dik pakket leem op een niveau van circa NAP+20 m een stijghoogte gemeten van NAP+33 m. Dat betekent dat dat pakket feitelijk deel uitmaakt van het systeem van het watervoerende pakket van de Slenk van Reutum.

In het gebied ten oosten en zuiden daarvan zijn de grondwaterstanden circa NAP+60 m en hoger, en ontspringen bronnen. Ten oosten van Holtsüze moet de grondwaterstand hoger zijn dan NAP+52 m, anders zou er geen water aan de dag komen. Het materiaal waarin het ondiepe grondwater stroomt is over het algemeen matig tot slecht doorlatend, met daartussen zones met een hoge doorlatendheid, zoals de grove zanden waaruit de Galgenberg is opgebouwd. Dat maakt dit freatische pakket anisotroop (doorlatendheid N-Z is groter dan doorlatendheid O-W). In het met grijs ovaal aangeduide gebied stroomt het grondwater omlaag naar het diepere watervoerende pakket. Tot waar zich dat zich uitstrekt is onbekend.

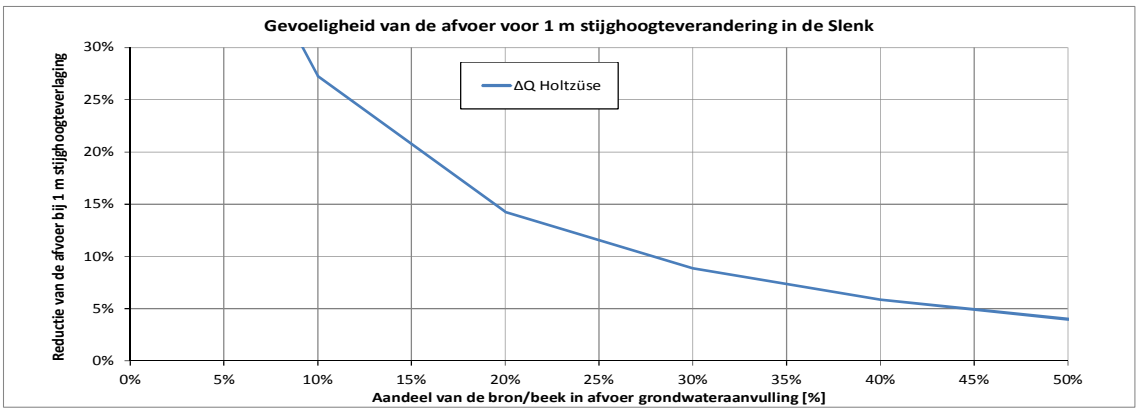
In dit gebied zijn dus twee paden waarlangs het grondwater kan afstromen, namelijk in noordelijke richting en in westelijke richting door de tertiaire klei heen. De noordelijke afstroming is waarschijnlijk het grootst, maar er zijn geen waarnemingen waarmee dat kan worden gestaafd.

Kwantificering van de invloed van een stijghoogteverlaging in de Slenk op de afvoer uit het brongebied van Holtsüze

De kwelstroom naar Holtsüze is relatief zwak. Een significant deel van het neerslagoverschot in het gebied ten oosten van Holtsüze moet dus via grondwaterstroming afstromen naar de Slenk van Reutum. Op basis van de methode beschreven in paragraaf 2.1 is geschat hoeveel die grondwaterstroming toeneemt als de stijghoogte in het watervoerende pakket wordt verlaagd, ten koste van de afvoer in Holtsüze.

Onder de aanname dat de stijghoogte in het voedingsgebied van de bron weinig hoger is dan het bronniveau (dus orde 1 m) kan een ruwe indicatie worden gekregen van het maximaal denkbare effect. Hierbij moet worden opgemerkt dat de methode voor deze situatie niet onmiddellijk toepasbaar is, omdat voeding en lekkage op onderling grote afstand van elkaar plaatsvinden. De grondwaterstand in het voedingsgebied is hoger dan 1 m boven het bronniveau (zie Afbeelding 26). Als we uitgaan van een opbolling groter dan 1 m boven het bronniveau, wordt het effect op de berekende afvoer minder groot. daarom is onderstaand berekeningsresultaat te zien als worst case effectt.

Het resultaat staat in onderstaande afbeelding, met op de x-as het aandeel van de bron in de afvoer van het neerslagoverschot uit het intrekgebied. Dat aandeel is onbekend, maar laag (waarschijnlijk minder dan 30%). Als de stijghoogte in de slenk met 1 m wordt verlaagd neemt de afvoer in Holtsüze met tenminste 10% en mogelijk met 30% af. Analyse van de isohypsenkaart in Afbeelding 26 bevestigt dit resultaat: de grondwaterstanden in het voedingsgebied van Holtsüze worden bepaald door de stijghoogte in de Slenk (noordelijke rand), door de niveaus van de Eendenbeek en de bronnen aan de zuidzijde (Reuterij etc.) en de opbolling tussen die randen door de grondwateraanvulling. Als de bron bij Holtsüze weinig water afvoert, dan fixeert hij de grondwaterstand in het intrekgebied nauwelijks, en zal die grondwaterstand bij een verlaging in de Slenk gaan dalen.



Afbeelding 27: Gevoeligheid van de afvoer van Holtsüze voor een stijghoogteverlaging in de slenk van 1 m

Het effect is verder gevoelig voor langjarige trends in het neerslagoverschot. Juist in droge perioden is het effect groter dan in natte perioden.

Onzekerheden

Bovenstaande benadering is mede gebaseerd op hypothesen over de grondwaterstroming in het voedingsgebied en de inschatting dat Holtsüze een klein aandeel heeft in de afvoer van grondwater uit het voedingsgebied. Het is niet goed te overzien wat de gevolgen zijn als de situatie anders is, bijvoorbeeld als de klei oostelijk van Holtsüze een veel grotere barrière tegen toestroming uit het oosten vormt dan nu is aangenomen. Ook over grondwaterstanden tussen Holtsüze en Galgenberg is onvoldoende bekend.

Bovenstaande hypothese betekent dat bronnen en bronzones aan de noordzijde van de Mosbeek ook kunnen worden beïnvloed. Dat zijn de volgende bronnen: Reuterij (18), Hemmer (22 en 29), bron en bronbos de Burger (27 en 28), een bronvijver in Duitsland stroomopwaarts van de Burger, en Oerbekke (31 en 32). Het effect is waarschijnlijk zeer beperkt, omdat deze bronnen veel water afvoeren, en de (geohydrologische) afstand tot de Slenk groot is. Precieze gegevens over de bronafvoer per bron ontbreken. Uit veldwaarnemingen van waterschap Vechtstromen is bekend dat de kwelzone Hemmer alleen water afvoert in een hele natte periode. Het broncomplex de Burger en Oerbekke is wel permanent watervoerend, ook in droge jaren zoals 2003 en 2006. (Persoonlijke mededeling Bert Knol, Waterschap Vechtstromen).

Conclusie voor Holtsüze

Op grond van de beschikbare informatie kan niet worden uitgesloten dat een stijghoogteverlaging in de slenk effect heeft op de afvoer van grondwater naar het brongebied van Holtsüze. Om hierover meer zekerheid te krijgen moeten de diepe bodemopbouw, bodemparameters (doorlaatvermogen, horizontale en verticale anisotropie), grondwaterstanden en diepe stijghoogten in het gebied ten oosten van Holtsüze nader worden onderzocht. Daarbij is ook aanvullende informatie over het Duitse deel van het intrekgebied nodig. Als die gegevens beschikbaar zijn kan het (hypothetische) isohypsenbeeld van Afbeelding 26 verder worden ingevuld. Dan kan worden vastgesteld waar het verloop van de potentiaal van NAP+60 m naar NAP+33 m precies optreedt, en welke eigenschappen de ondergrond daar heeft. Uitgaande van die gegevens moet dan nader worden onderzocht of een stijghoogteverlaging in de slenk invloed kan uitoefenen op het voedingsgebied van Holtsüze, en op de afvoer naar Holtsüze.

5.4 Bronweide van de Bels

Afbeelding 28: Foto 1 mei 2015.

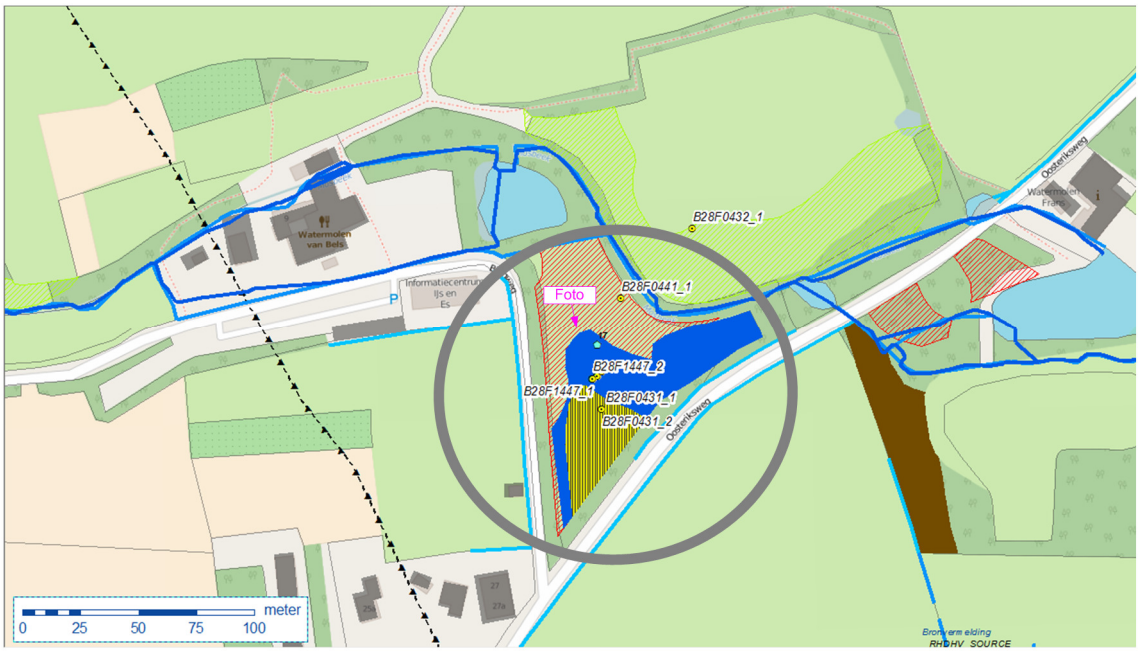
Juist ten oosten van molen de Bels ligt een bronweide, waar grondwater opkwelt.

Het ligt ingeklemd tussen de Oosteriksweg, de toegangsweg naar de Bels en de Mosbeek. Het gebied heeft een oppervlak van circa 0,5 ha (zie Afbeelding 29).

Het gebied heeft een grote helling. Het maaiveld verloopt van NAP+50 m aan de Oosteriksweg tot NAP+ 46 m aan de Mosbeek over een afstand van circa 100 m.

De vegetatie in het centrale deel is geclassificeerd als blauwgrasland. Op het hoogste deel ligt trilveen, het middendeel is blauwgrasland, en het lage deel dotterbloemhooiland.

De foto toont het blauwgrasland. Op de achtergrond peilbuizen, met daarachter het trilveen en bodem langs de Oosteriksweg.



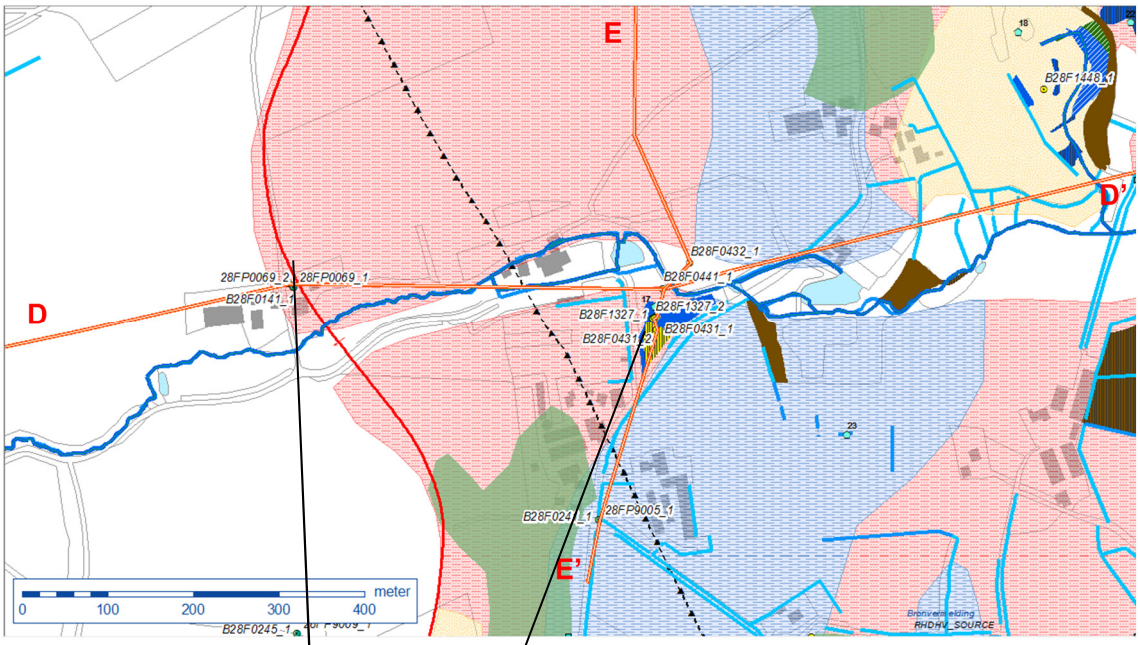
Afbeelding 29: Bronweide van de Bels, met habitattypen (legenda: zie Bijlage 2), Mosbeek en peilbuizen. Lichtblauwe lijnen: greppels en droge sloten.

Geologie en bodemopbouw
De geologie wordt beschreven aan de hand van de dwarsdoorsneden in Afbeelding 31 en Afbeelding 32. Grotere versies van die dwarsdoorsneden staan in Bijlage 3.

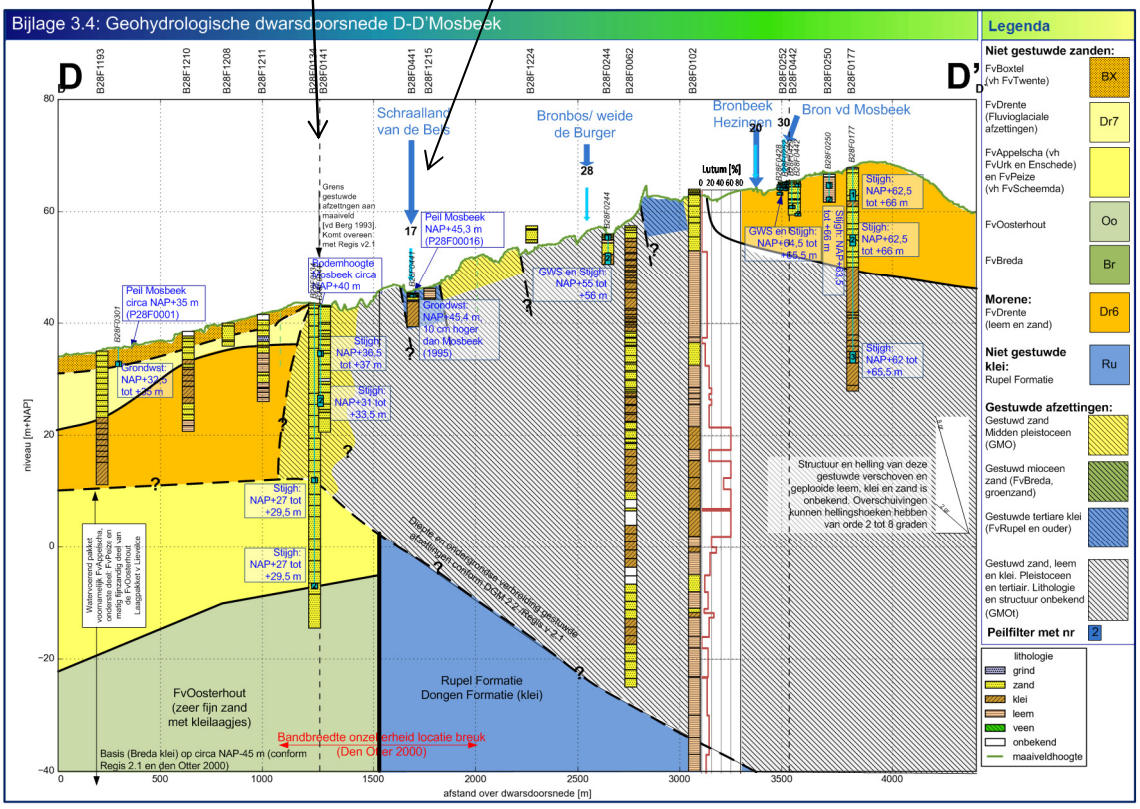
De bronweide ligt vrijwel aan de westelijke rand van de stuwwal van Ootmarsum, nabij de Mosbeek. De oostelijke breuk langs de slenk van Reutum ligt waarschijnlijk juist westelijk van de bronweide. In dat geval liggen de gestuwde afzettingen op zware klei van de Rupel Formatie. Mogelijk ligt de breuk iets oostelijker, en reikt het watervoerende pakket van de slenk tot onder de bronweide. Dan zou het deel uitmaken van het gebied met het zogenaamde “balkon” (zie hierover de volgende paragraaf). Dat maakt overigens weinig uit voor de conclusies.

Als we inzoomen op de bronweide zien we dat juist oostelijk ervan volgens de geologische kaart tertiaire kleien aan maaiveld liggen (Afbeelding 30). In boring B28F0441, op korte afstand naast de Mosbeek, ligt zware klei van de Rupel Formatie op 1,5 m onder maaiveld. Deze klei is aangetroffen tot einde boring op 6 m-mv. Onder de bronweide zelf ligt grijs-groen sterk siltig fijn zand met kleilaagjes tot tenminste 5 m-mv. Dit is gestuwd mioceen zand, waarschijnlijk van de Breda formatie.

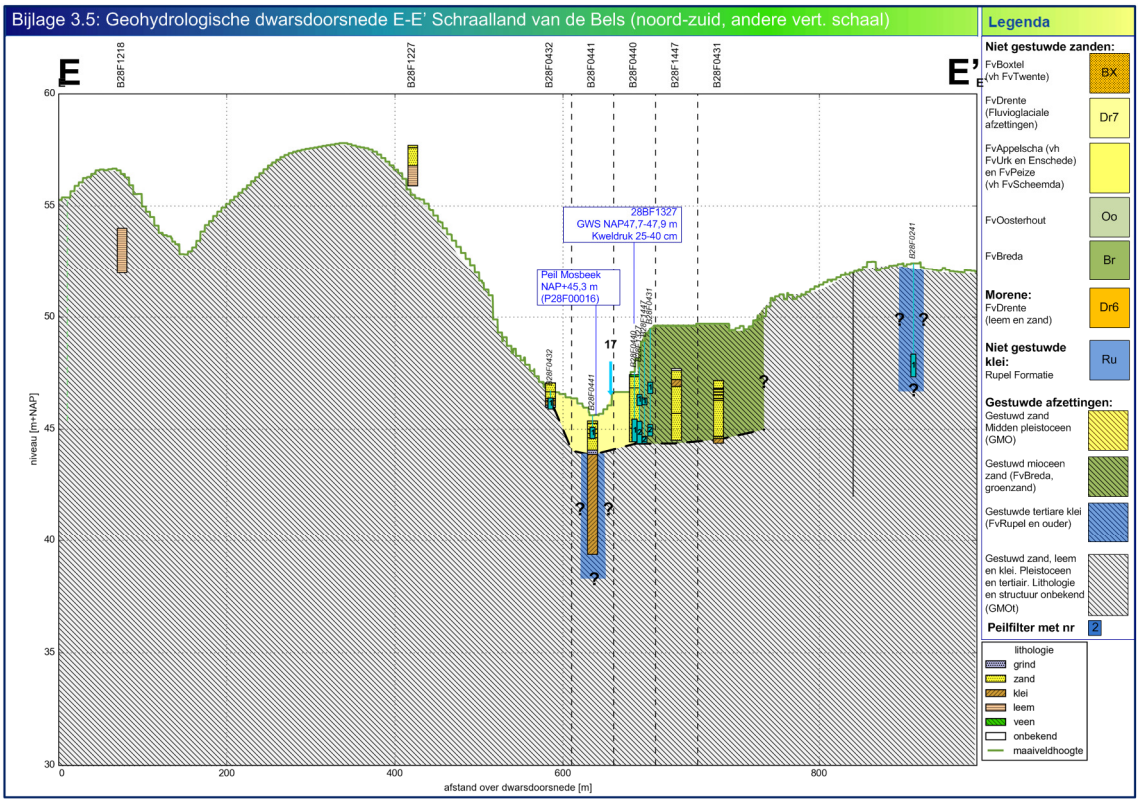
In de gestuwde klei en zand is, al in de glaciale periode de Mosbeek uitgesleten. In het dal van de Mosbeek is een laag van 1,5 tot 2 m grof zand en grind afgezet (fluvioglaciale afzettingen).



Afbeelding 30: Lithologie gestuwde afzettingen aan maaiveld (legenda: zie Bijlage 1.5), ligging dwarsdoorsneden D-D' en E-E'



Afbeelding 31: Geohydrologische dwarsdoorsnede D-D'. (Grotere versie in Bijlage 3).



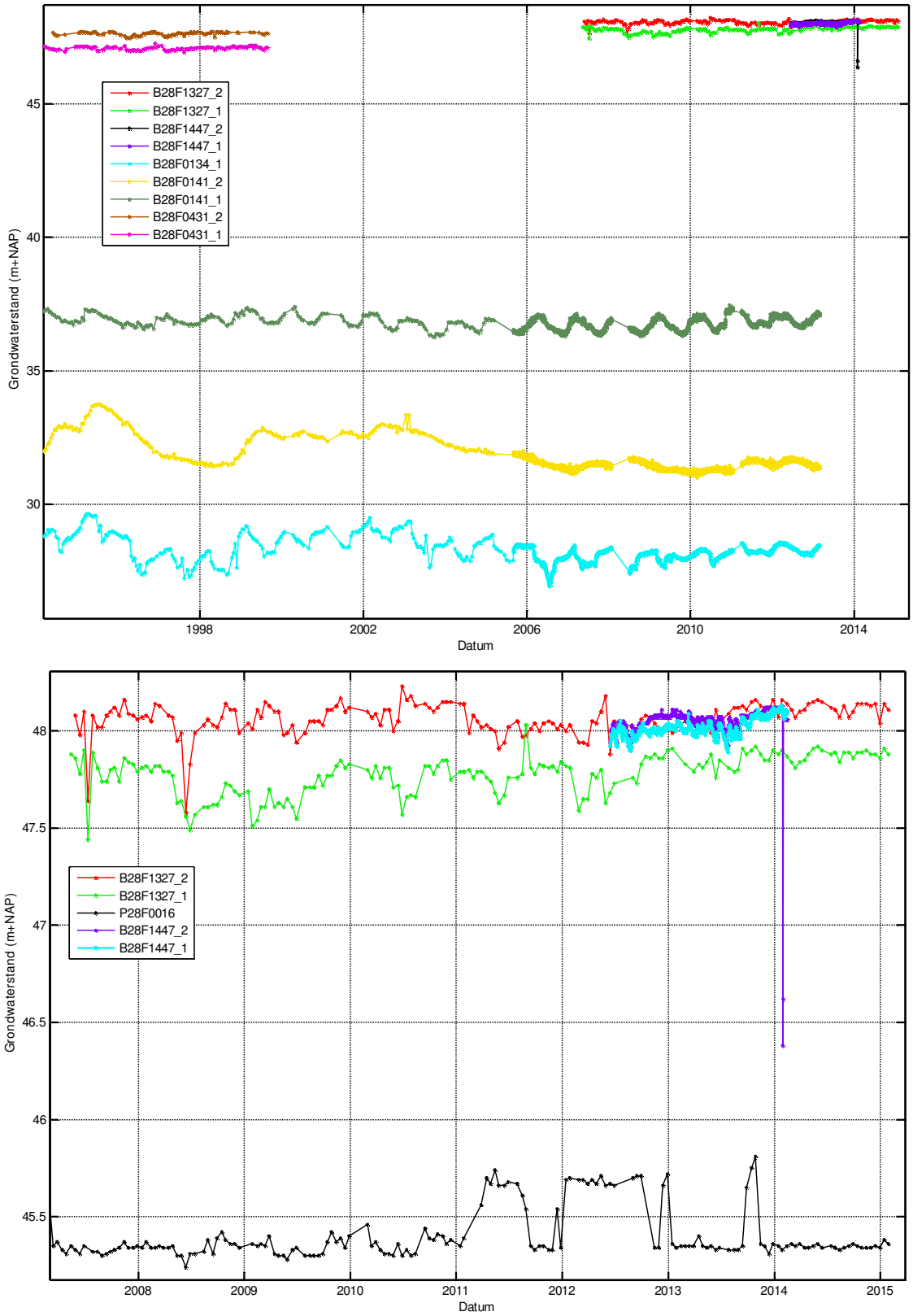
Afbeelding 32: Geohydrologische dwarsdoorsnede E-E'. (Grotere versie in Bijlage 3).

Stijghoogten en grondwaterstanden

Het grondwaterregime wordt besproken aan de hand van de tijdreeksgrafieken in Afbeelding 33. Westelijk van de bronweide, in de slenk van Reutum is de stijghoogte in het watervoerende pakket circa NAP+28 m. Op het watervoerende pakket liggen gestuwde zanden en mogelijk keileem. In die zanden is de stijghoogte hoger dan in het watervoerende pakket, namelijk op 20 m onder maaiveld NAP+32 m en op 10 m onder maaiveld NAP+37 m. Waarschijnlijk wordt die hogere stijghoogte in de ondiepe lagen veroorzaakt door infiltratie vanuit de Mosbeek [Broks 1986] [Stroet&Grube 2004].

In de bronweide staan nu twee peilbuizen met een ondiep filter nabij maaiveld en een diep filter op circa 2 m onder maaiveld. In de ondiepe filters worden grondwaterstanden nabij maaiveld gemeten. In de diepe filters is de stijghoogte hoger dan bovenkant stijgbuis, waardoor de filters regelmatig overlopen. Dit is al lange tijd het geval (mondelinge mededeling T. de Meij). De gemeten kweldruk is 25 tot 40 cm boven maaiveld, maar als gevolg van het overlopen is dat waarschijnlijk een onderschatting. De dynamiek van de grondwaterstand is orde van grootte 20 cm. Dat wijst op een permanente hoge kwelflux, van minstens 4 mm/dag (zie voor de methode en kwantificering hiervan paragraaf 2.1).

Peilbuis 28BF1327 staat er het langst. De grondwaterstand varieert hier tussen circa NAP+47,7 en +47,9 m. Dat is ruim 2,5 m hoger dan het peil in de Mosbeek. Het doorlaatvermogen van het zand onder de bronweide is kennelijk te laag om het aanstromende grondwater af te voeren naar de Mosbeek. Het wordt dus in de bronweide uit de grond gedrukt (kwel).



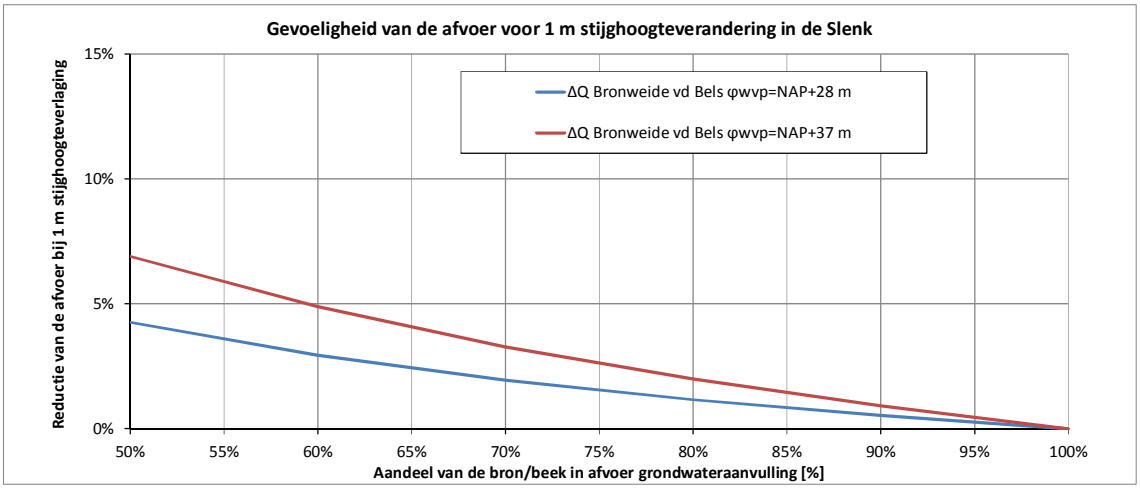
Afbeelding 33: Gemeten grondwaterstanden Bovenste grafiek: slenk en bronweide. Onderste grafiek: peil Mosbeek en bronweide

Kwantificering van de orde van grootte van het effect van een stijghoogteverlaging in de slenk op het grondewaterregime in de bronzone

Uit de tijdreeksen concluderen we dat de kweldruk groot is, en dat er sprake is van permanente kwel. Op basis daarvan kan worden ingeschat dat de bronweide een relatief groot aandeel heeft in de afvoer van het neerslagoverschot uit het voedingsgebied (tenminste 50%). Als dat minder zou zijn, zou de kweldruk grotere fluctuaties vertonen en nu en dan wegzakken. De rest van het neerslagoverschot kan ondergronds wegstromen. Een deel stroomt naar de Mosbeek (in noordelijke richting), en een ander deel mogelijk naar het westen, naar de Slenk van Reutum.

Op basis van de methode beschreven in paragraaf 2.1 is een berekening gemaakt van het effect dat een stijghoogteverlaging in de Slenk van Reutum zou kunnen hebben op de kwel in de bronweide

Dat is in dit geval gecompliceerd, want er zijn drie niveaus waarnaar grondwater kan afstromen. Het kan naar de Mosbeek (NAP+45,3 m), naar de ondiepe zandlagen in de Slenk van Reutum (NAP+32 tot NAP+37 m) en naar het watervoerende pakket (NAP+28 m). Voor de berekening is de gemiddelde waarde van de grondwaterstand tussen bronweide en de Mosbeek gehanteerd (worst case). Er zijn twee berekeningen gedaan, namelijk voor de stijghoogte in het watervoerende pakket (NAP+28 m) en in de ondiepe zandlagen in de slenk (NAP+37 m, worst case).



Afbeelding 34: Gevoeligheid van de afvoer van de bronweide van de Bels voor een stijghoogteverlaging in de slenk van 1 m

Conclusie

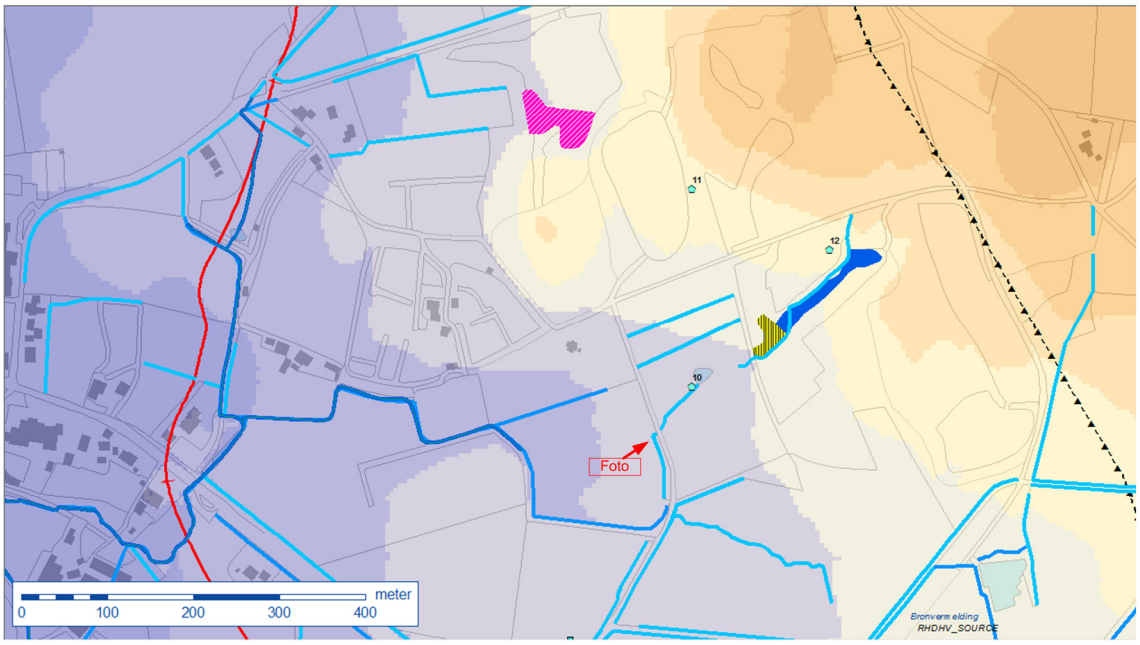
De bronweide van de Bels is een zeer natte locatie, met een permanente aanvoer van kwel. Uit de berekening volgt dat het effect van een stijghoogteverlaging in de slenk van 1 m een vermindering van de afvoer naar de bronweide kan veroorzaken van orde van grootte 0 tot 5 %. Omdat het hier om een krachtige bron gaat, en omdat tussen de bronweide en de Slenk van Reutum aantoonbaar de zeer slecht doorlatende Rupel klei ligt is een zeer gering effect (0-1%) waarschijnlijker dan een effect van 5%. Er zijn echter geen waarnemingen beschikbaar om dit zekerder te onderbouwen.

De auteur van dit rapport kan geen onderzoeksmethoden bedenken om deze onzekerheid verder te verkleinen. Het uitvoeren van grondonderzoek om aan te tonen dat er inderdaad tot grote diepte, en rondom de bronweide overal Rupel klei in de grond zit zal een bevestiging geven, maar verkleint de onzekerheid feitelijk niet.

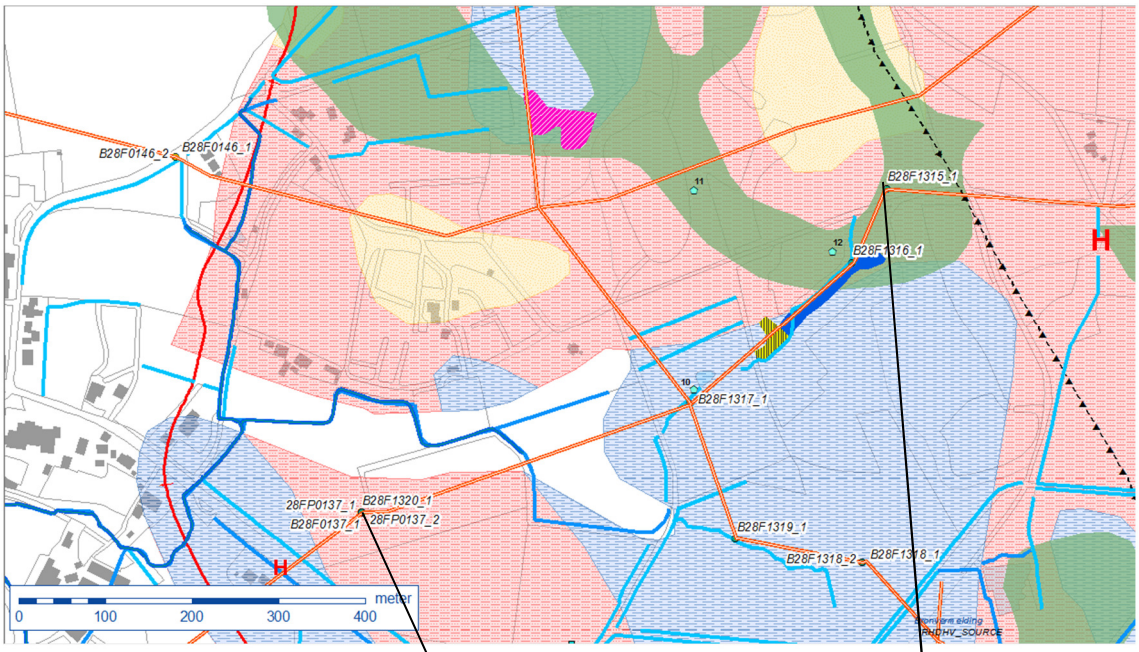
5.5 Bronzone Braamberg – Tutenbergerbeek

Oostelijk van Vasse ontspringen verschillende bronnen die samen de Tutenbergerbeek voeden. De vegetatie van in de bronzones is gekwalificeerd als blauwgrasland en trilveen (habitattypen Natura 2000). In het onderste deel van de bronzones ligt nat schraalgrasland, dat niet is aangewezen voor Natura 2000. Onderstaande afbeeldingen tonen een hoogtekaart met de grondwaterafhankelijke vegetaties, de locaties van peilbuizen en waterlopen, de geologische kaart met de lithologie van gestuwde afzettingen aan maaiveld en de ligging van de geohydrologische dwarsdoorsnede.

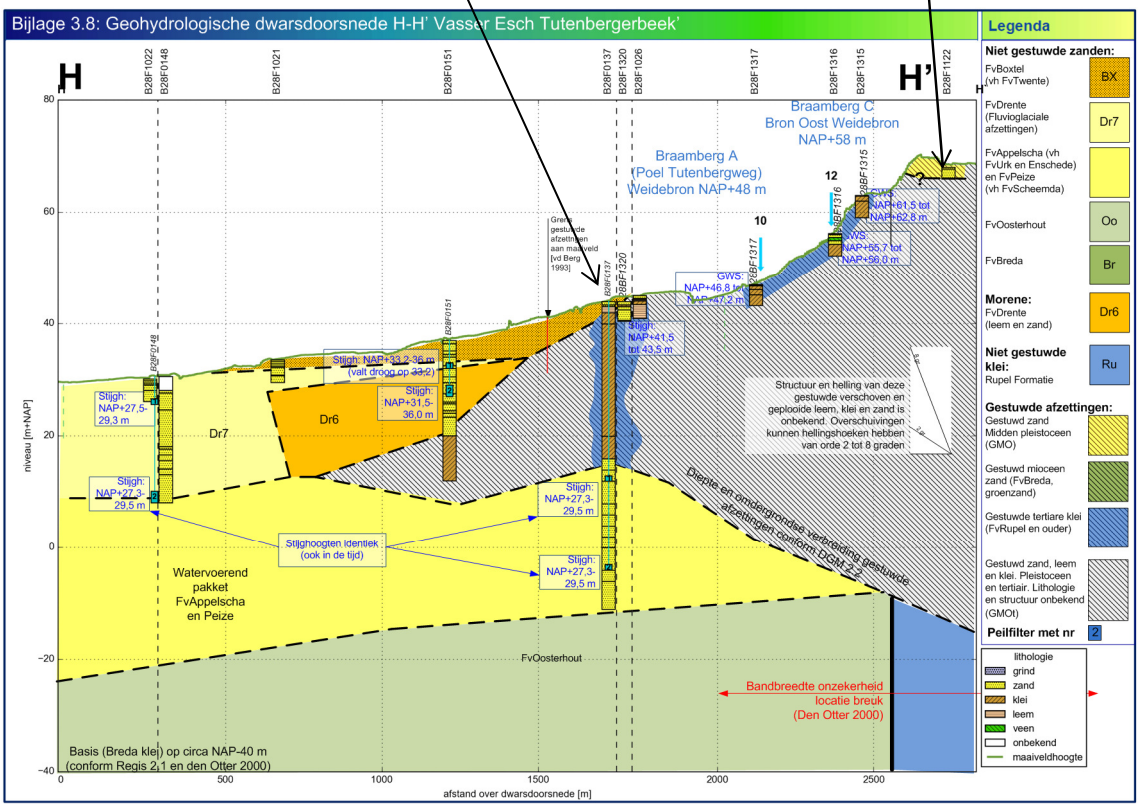
Afbeelding 35: Kruising Tutenbergbeek met onverharde weg. Het bankje kijkt uit op de onderrand van de bronzone. In deze bronzone staat peilbuis B28F1317 (foto mei 2015). De bovenkant van de bronzone ligt in het bos.



Afbeelding 36: Hoogtekaart, ligging watergangen habitattypen (legenda: zie Bijlage 2)



Afbeelding 37: Lithologie gestuwde afzettingen aan maaiveld (legenda: zie Bijlage 1.5), ligging dwarsdoorsnede H-H' en locaties peilbuizen



Afbeelding 38: Geohydrologische dwarsdoorsnede H-H'. (Grotere versie in Bijlage 3).

Geologie en bodemopbouw

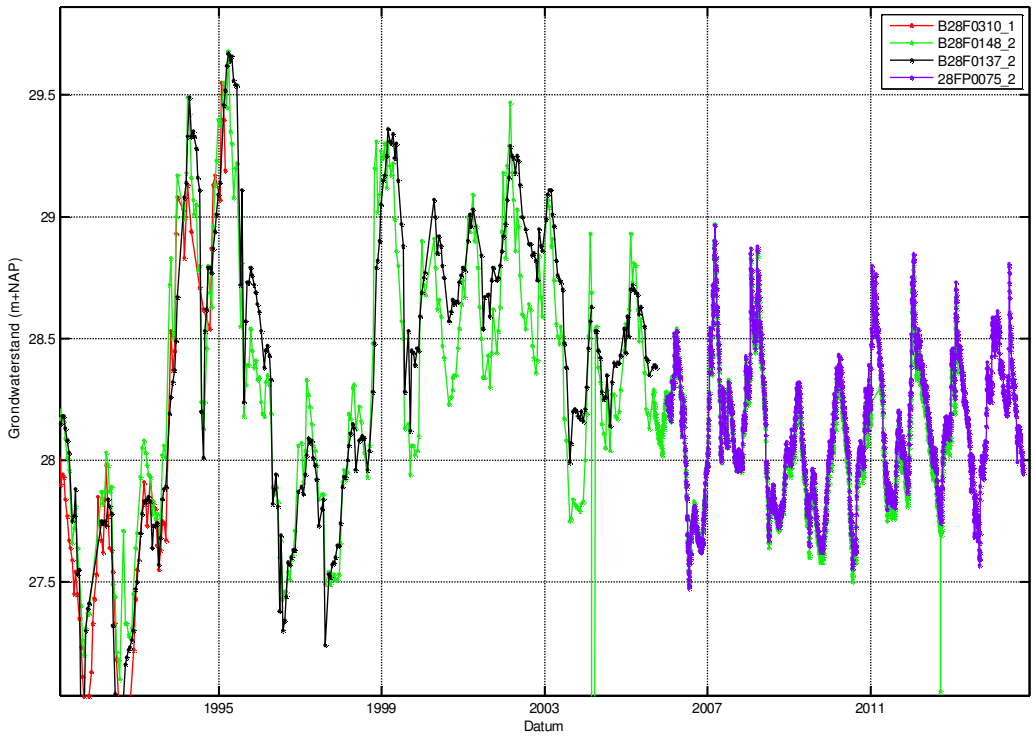
Op de Tutenberg en de Braamberg liggen gestuwde grove zanden en grind aan maaiveld. Deze koppen zijn waarschijnlijk ontstaan door selectieve erosie. Gezien het feit dat er op een zeer hoog niveau grondwater uittreedt, moeten deze zandkoppen liggen op een slecht doorlatende ondergrond. In een aantal boringen op de Tutenberg en de Braamberg wordt binnen 5 meter klei aangetroffen (zie zanddiktekaart Bijlage 1.7). In alle boringen langs de bronzone bestaat de ondergrond uit klei, of uit een dunne zandlaag op klei. In boring 28BF1337 ligt circa 1,5 m groengrijze sterk zandige klei (mogelijk Formatie van Breda) en daaronder 2 m grijze klei zonder zand.

Er is één boring in dit gebied waarin de gestuwde afzettingen volledig zijn opgeboord: B28F137. De gestuwde afzettingen hebben hier een dikte van circa 25 m, en bestaan volledig uit klei. Deze is door TNO geclassificeerd als klei van Dongen, maar het is waarschijnlijker dat het Rupel klei is, omdat de diepte van de gestuwde afzettingen onder de stuwwal hier niet reiken tot in de klei van Dongen. Onder deze gestuwde kleien ligt tenminste 20 m zeer grof tot uiterst grof grindhoudend zand. Dit is het watervoerende pakket van de Slenk van Reutum, hetgeen ook blijkt in de daarin gemeten stijghoogten. De breuk ligt waarschijnlijk juist oostelijk van de bronzone.

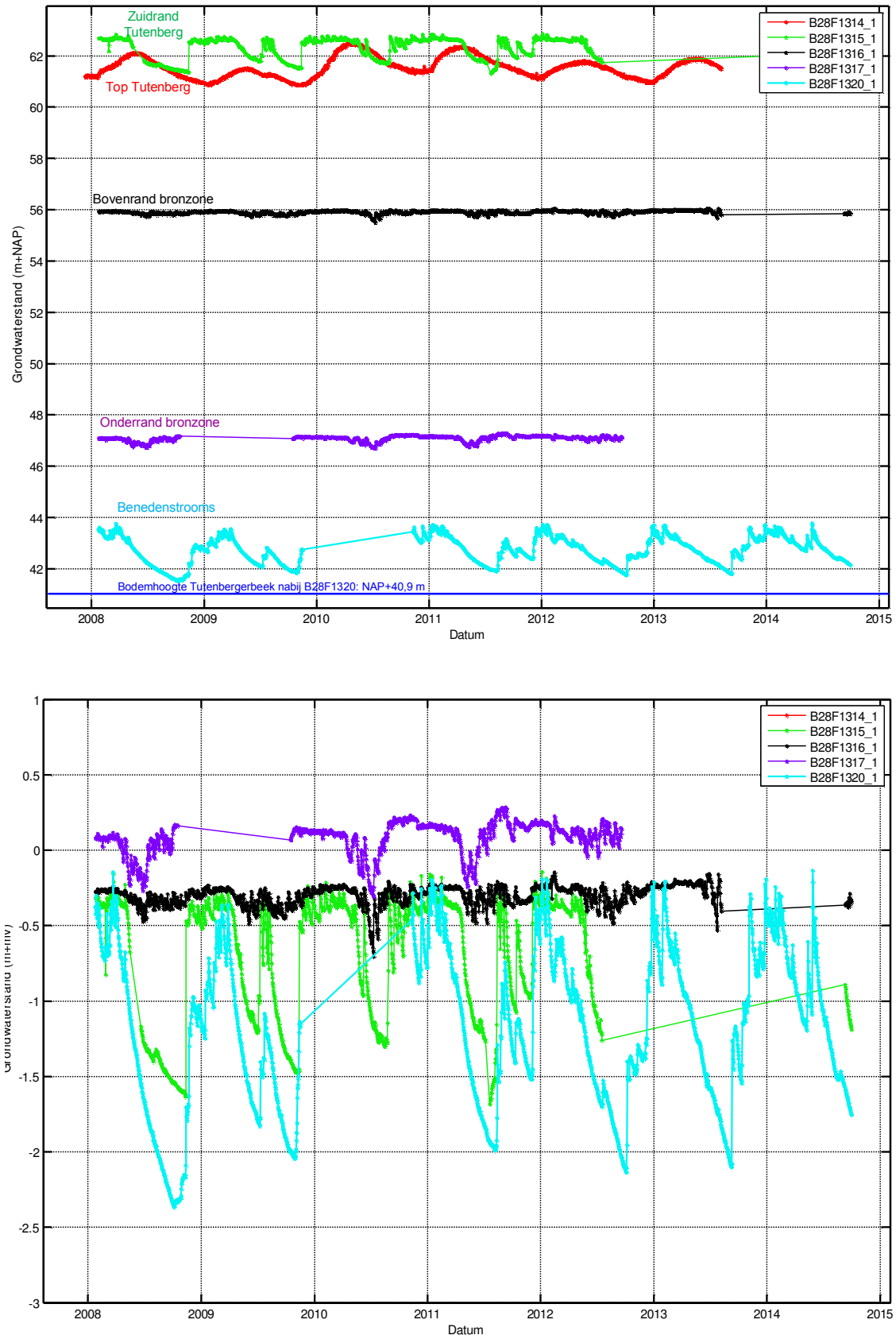
De gestuwde kleien op het watervoerende pakket vormen het zogenaamde “balkon”. Boring B28F0137 is de enige locatie in de hele Slenk van Reutum met een filter in het watervoerende pakket, onder het “balkon”.

Stijghoogten en grondwaterstanden

De stijghoogte in het watervoerende pakket varieert tussen NAP+27 en NAP+29,5 m. Het verval ten opzichte van de circa 1000 m westelijker gelegen peilbuis B28F0148 is zeer gering, hetgeen erop duidt dat er geen significante voeding van het watervoerende pakket optreedt. Dit is een indicatie voor een hoge weerstand van de kleilagen die het pakket afdekken.



Afbeelding 39: Gemeten stijghoogten watervoerend pakket onder het “balkon” (B28F0137) en ten westen van het “balkon” (B28F0148).



Afbeelding 40: Gemeten grondwaterstanden op verschillende locaties langs de bronzone Braamberg – Tutenbergerbeek. Bovenste grafiek: t.o.v. NAP, onderste grafiek: t.o.v. maaiveld

Afbeelding 40 toont de gemeten grondwaterstanden in de ondiepe peilbuizen op de Tutenberg, de Braamberg, langs de bronzones en de Tutenbergerbeek. De grondwaterstanden zijn zowel ten opzichte van NAP als ten opzichte van maaiveld weergegeven. De peilbuizen langs de bronzone vertonen een zeer geringe dynamiek, wat duidt op de permanente toestroom van kwel. Dat geldt met name voor de bovenrand van de bronzone. Daar blijft de grondwaterstand gedurende het hele jaar nabij maaiveld, alleen in de zomer van 2010 zakt de grondwaterstand enkele decimeters uit.

Waterschap Vechtstromen heeft in 2002, 2006, 2008, 2011 en 2014 de Braamberg bron oost op macrofauna onderzocht. De levensgemeenschap bij de bronnen is gekenmerkt als droogvallende kwelmoerassen, zwak zuur, met hoge ijzer en organische stof gehalten. Uit veldwaarnemingen van het waterschap blijkt dat de bronnen elke zomer opdrogen. Dat is niet in tegenspraak met de hiervoor getrokken conclusie dat er sprake is van een permanente toestroom van kwel. Bij een kwelflux van 2 mm/dag valt een bron elke zomer droog. Pas bij een kwelflux van 4 mm/dag valt een bron vrijwel nooit droog 9zie Afbeelding 3 op pagina 15).

Uit de gemeten grondwaterstanden blijkt ook dat er van de hoogste bronzone tot aan de laagst beschouwde peilbuis (28BF1320) vrijwel jaarrond sprake is van kwel en drainage van grondwater door de beek. Een ander opmerkelijk feit is dat op vrijwel het hoogste punt van de berg, bij peilbuis 28BF1315, de grondwaterstand 's winters aan maaiveld staat. Ook daar treedt dan dus kwel en oppervlakkige afstroming op.

Kwantificering van de orde van grootte van het effect van een stijghoogteverlaging in de slenk op het grondewaterregime in de bronzone

Ervan uitgaande dat het watervoerende pakket van de Slenk van Reutum zich uitstrekt tot onder de Tutenberg en onder de bronzones, kan op basis van de gemeten grondwaterstanden en stijghoogten een ondergrens voor de verticale stromingsweerstand van de slecht doorlatende lagen van het "balkon" worden berekend. In Tabel 10 zijn voor elke peilbuis in het gebied deze weerstanden bepaald. Als de volledige grondwateraanvulling naar het watervoerende pakket zou weglekken, is de weerstand bij de laagste peilbuis 18.000 dagen, en bij de hoogste peilbuis 43.000 dagen. Dan blijft er echter geen water over voor afstroming naar de bronzones. Dat is in tegenspraak met de waarneming dat langs de hele beek grondwater wordt afgevoerd. De weerstand moet dus hoger zijn.

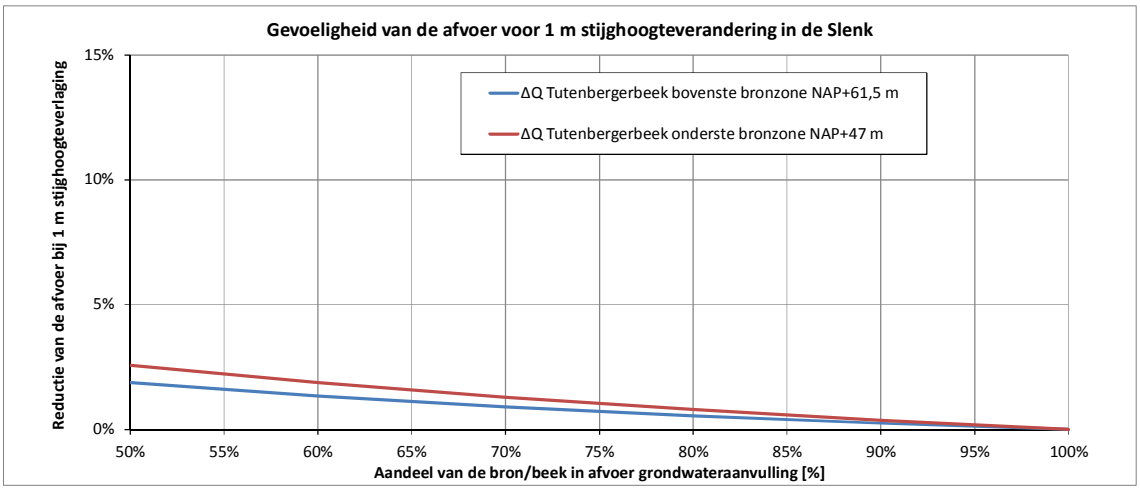
Als we ervan uitgaan dat helft van het neerslagoverschot door de bronnen wordt afgevoerd, en de andere helft naar het watervoerende pakket, dan moet de weerstand tenminste 60.000 dagen zijn. Dan lekt op de zandkoppen op het hoogste punt van de Tutenberg ongeveer 70% van het neerslagoverschot weg naar het watervoerende pakket, en op het laagste punt 30%. In dat geval zou als gevolg van een stijghoogteverlaging in de slenk van 1 m, de afvoer naar de bronnen gemiddeld met orde 5% afnemen.

Het feit dat bij de hoogste rand van de bronzone (peilbuis 28BF1316), op een niveau van NAP+52 m, 6 m onder de hoogste grondwaterstand op de top van de Tutenberg, er permanent kwel optreedt, is een aanwijzing dat er veel minder dan 70% van het neerslagoverschot van de zandkoppen wegzijgt. Het is veel waarschijnlijker dat orde 10% of minder is. In dat geval is de weerstand van de kleilagen orde van grootte 300.000 dagen. Dan heeft een stijghoogteverlaging in de slenk geen enkel effect op het grondwaterregime in de bronzones van de Tutenberg/Braamberg.

De berekening volgens de methode beschreven in paragraaf 2.1 komt feitelijk op hetzelfde neer als bovenstaande beschrijving. Het laat dus ook een zelfde resultaat zien (Afbeelding 41): de effecten van een stijghoogteverlaging in de slenk met 1 m op de afvoeren in de bronzones van de Tutenbergerbeek zijn orde van grootte 0 tot 3 %.

Tabel 10: Schatting weerstand gestuwde afzettingen in het Balkon, en effecten van stijghoogteveranderingen in de slenk op afvoeren

		Slenk	Brongebied Tutenberg/Tutenbergerbeek							
Peilfilter		B28F0137_1	B28F1320_1	B28F1317_1	B28F1319_1	B28F1318_1	B28F1318_2	B28F1316_1	B28F1315_1	B28F1314_1
Maaiveldhoogte	mNAP	43.87	43.9	47	47.4	50.6	50.6	56.2	63	67
Bovenkant filter	mNAP	12.9	40.85	45.48	46.9	49.66	48.07	54.72	61.47	61.5
Gemiddelden periode 2008-2014										
GLG	mNAP	27.89	41.87	46.86	46.69	49.93	49.73	55.8	61.59	61.09
Gemiddelde gw s	mNAP	**28.16**	42.72	47.1	47.15	50.41	50.27	55.9	62.29	61.55
GVG	mNAP	28.37	43.13	47.09	47.28	50.51	50.39	55.94	62.64	61.88
GHG	mNAP	28.39	43.47	47.22	47.41	50.62	50.53	55.96	62.7	62
Dynamiek (GHG-GLG)	m	0.5	1.6	0.36	0.72	0.69	0.8	0.16	1.11	0.91
GT		VIII	VI	I	II	II	III	I	V	VIII
Minimale weerstand slecht doorlatende lagen in het "balkon"										
Minimale weerstand	dagen		18200	23675	23738	27813	27638	34675	42663	41738
Lek naar w vp	mm/dag		0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Afvoer naar bronnen	mm/dag		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Aandeel afvoer bronnen			0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
50% lek naar watervoerend pakket										
Weerstand	dagen		61000	61000	61000	61000	61000	61000	61000	61000
Lek naar w vp	mm/dag		0.24	0.31	0.31	0.36	0.36	0.45	0.56	0.55
Afvoer naar bronnen	mm/dag		0.56	0.49	0.49	0.44	0.44	0.35	0.24	0.25
Aandeel afvoer bronnen			70%	61%	61%	54%	55%	43%	30%	32%
Maximale verandering lek naar w vp bij $\Delta\phi$= 1 m	mm/dag		0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
Percentage verandering afvoer naar bronnen			3%	3%	3%	4%	4%	5%	7%	6%
10% lek naar watervoerend pakket										
Weerstand	dagen		284000	284000	284000	284000	284000	284000	284000	284000
Lek naar w vp	mm/dag		0.05	0.07	0.07	0.08	0.08	0.10	0.12	0.12
Afvoer naar bronnen	mm/dag		0.75	0.73	0.73	0.72	0.72	0.70	0.68	0.68
Aandeel afvoer bronnen			94%	92%	92%	90%	90%	88%	85%	85%
Maximale verandering lek naar w vp bij $\Delta\phi$= 1 m	mm/dag		0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
Percentage verandering afvoer naar bronnen			0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	1%



Afbeelding 41: Gevoeligheid van de afvoer van de Tutenbergerbeek voor een stijghoogteverlaging in de slenk van 1 m

Conclusie Tutenbergerbeek
In de bronzones van de Tutenbergerbeek treedt permanente aanvoer van kwel op van tenminste orde 2 tot 3 mm/dag. De bronzones liggen in een gebied met gestuwde afzettingen van 25 tot meer dan 40 m dik. 500 m westelijk van de bronzones bestaan de gestuwde afzettingen volledig uit klei. De gestuwde afzettingen op het watervoerende pakket van de Slenk van Reutum, en vormen als het ware een “balkon” over het pakket.

Uit de berekening volgt dat het effect van een stijghoogteverlaging in de slenk van 1 m een vermindering van de afvoer naar de bronweide kan veroorzaken van orde van grootte 0 tot 3 %. Omdat het balkon waarschijnlijk voor een groot deel bestaat uit de zeer slecht doorlatende Rupel klei is een zeer gering effect (0-1%) waarschijnlijker dan een effect van orde 5%. Er zijn echter geen waarnemingen beschikbaar om dit zekerder te onderbouwen.

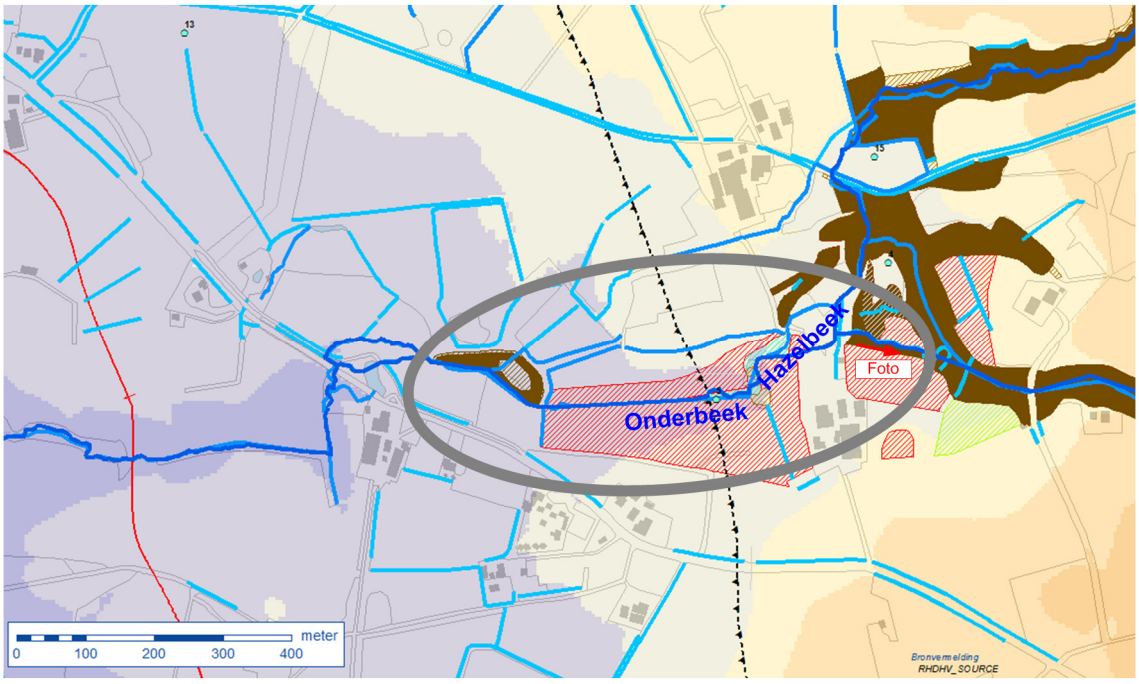
De auteur van dit rapport kan geen onderzoeksmethoden bedenken om deze onzekerheid verder te verkleinen. Het uitvoeren van grondonderzoek om aan te tonen dat er inderdaad tot grote diepte, en rondom de bronweide overal Rupel klei in de grond zit zal een bevestiging geven, maar verkleint de onzekerheid feitelijk niet. Het plaatsen van een afvoermeetpunt in de Tutenbergerbeek kan ook een bevestiging opleveren van de conclusies. Omdat de omvang van het voedingsgebied echter niet is te bepalen zal dat ook geen absolute zekerheid opleveren.

5.6 Hazelbekke

Ten zuidoosten van Vasse ligt natuurgebied het Hazelbekke, een beekdalgebied met bronnen, beeklopen, bronbossen, beekdalmoerassen en beekdalgraslanden. De beken komen in het centrum van het gebied samen en vormen de Hazelbeek. Ten westen van boerderij Hazelbekke wordt de beek Onderbeek genoemd. Die stroomt via molen de Mast af naar de Slenk van Reutum.

In 2007 zijn er in het gebied waterhuishoudkundige maatregelen genomen ter verbetering van het grondwaterregime, conform het plan van [Bell Hullenaar 2004].

Afbeelding 42: Foto 1 mei 2015)



Afbeelding 43: Hoogtekaart, ligging watergangen (lichtblauw: greppels en droge sloten, donkerblauw permanent watervoerend) en habitattypen (legenda: zie Bijlage 2)

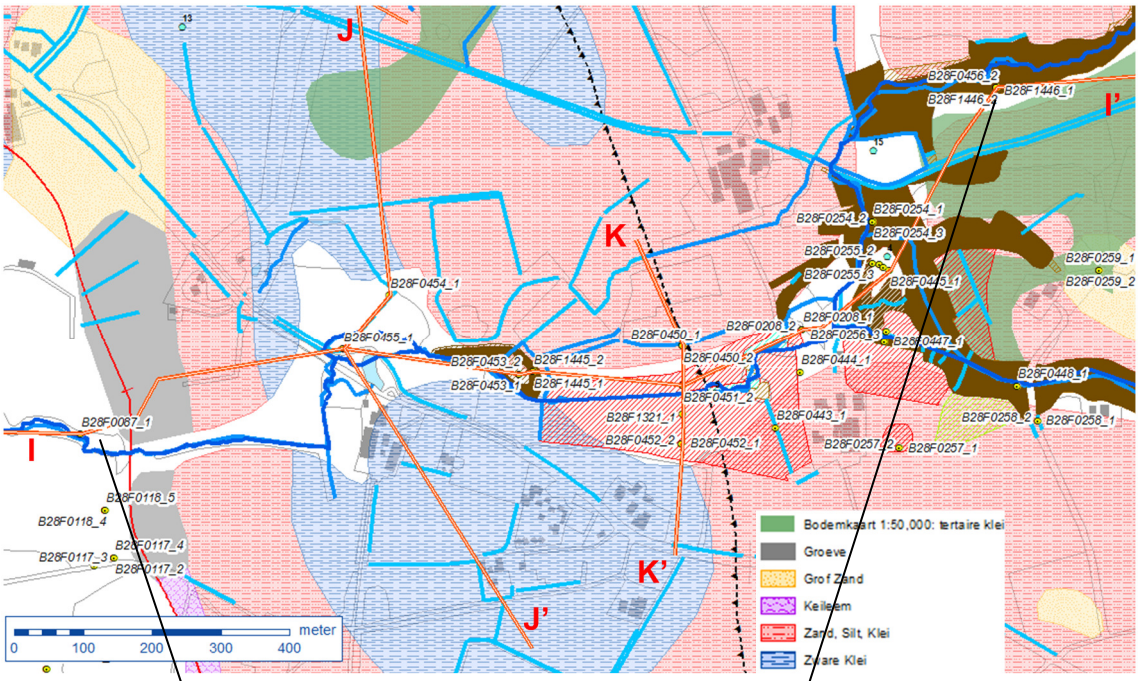
Het natuurgebied Hazelbekke ligt oostelijk (stroomopwaarts) van molen de Mast. In deze paragraaf beschouwen we het westelijke deel van Hazelbekke, dat binnen het overgangsgebied (het gebied waarbinnen een stijghoogteverlaging in de slenk een effect zou kunnen hebben op het grondwaterregime). Dat gebied is in bovenstaande afbeelding met het grijze ovaal aangeduid.

Geologie en bodemopbouw

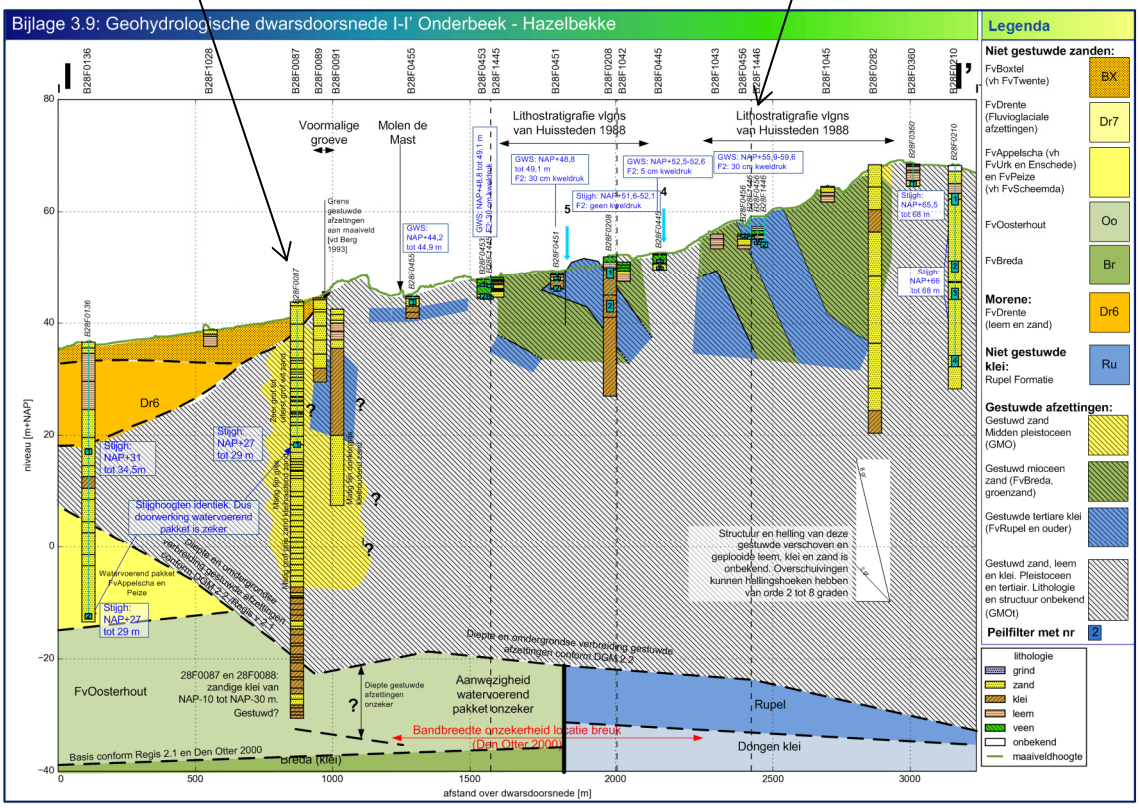
De geologie wordt besproken aan de hand van de kaart met gestuwde afzettingen aan maaiveld (Afbeelding 44) en de geohydrologische dwarsdoorsneden (Afbeelding 45 en Afbeelding 46).

De ondergrond in Hazelbekke bestaat hoofdzakelijk uit gestuwde fijne glauconiethoudende zanden (Formatie van Breda, Formatie van Oosterhout) en gestuwde kleien (Formatie van Breda, Rupel Formatie, mogelijk ook Formatie van Dongen). Gestuwde grofzandige pleistocene afzettingen worden in de hoogste delen en aan de uiterste westzijde van het gebied aangetroffen (zie geohydrologische dwarsdoorsnede in Afbeelding 45). In het centrale deel komen ze niet voor.

De ingetekende lithostratigrafie van de gestuwde afzettingen in Afbeelding 45 is gebaseerd op [van Huissteden 1988]. Uit boring B28F0208 (ruim 20 m klei tot einde boring) blijkt dat de klei soms dikker is dan destijds verondersteld. Volgens de geologische kaart (Afbeelding 44) ligt aan de westzijde van Hazelbekke over een groot oppervlak klei aan maaiveld. Die klei heeft een aanzienlijke dikte en is zwaar (40% lutum, tot 75% lutum) en betreft dus in ieder geval deels Rupel klei (zie Afbeelding 46).



Afbeelding 44: Lithologie gestuwde afzettingen aan maaiveld, ligging doorsneden I-I', J-J' en K'K

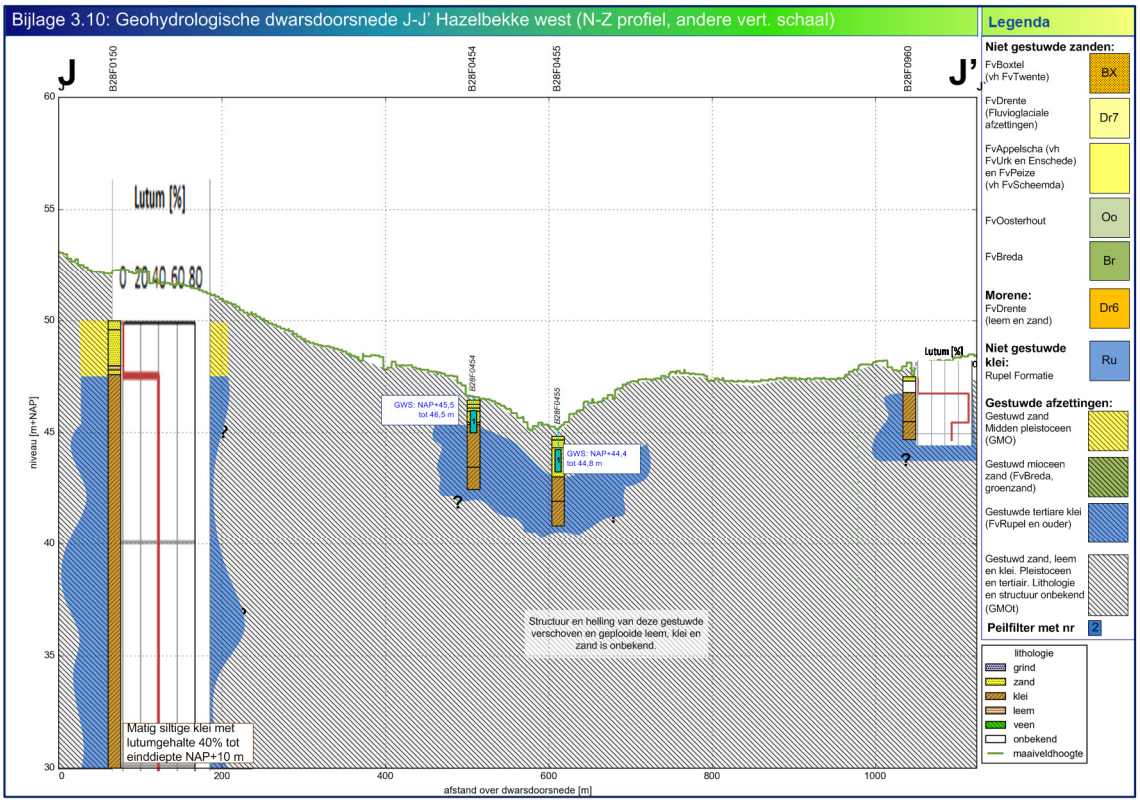


Afbeelding 45: geohydrologische dwarsdoorsnede I-I. (Grotere versie in Bijlage 3)

Onzekerheid over doorwerking van het watervoerende pakket op niveau NAP-30 m (Afbeelding 44)
De diepte van de gestuwde afzettingen is onzeker. In doorsnede I-I'is de onderzijde van de gestuwde afzettingen aangegeven zoals die is opgenomen in DGM v2. Daaruit volgt dat de gestuwde afzettingen ten oosten van de breuk op de (ongestuwde) zware klei van de Rupel Formatie liggen, en ten westen van de breuk op zanden van de Formatie van Oosterhout (laagpakket van Lievelde), dat deel uitmaakt van het watervoerende pakket van de Slenk van Reutum.

In boring 28FB0087 en een aantal niet op de doorsnede weergegeven boringen (28FB0066, 88, 117 en 118) komt van circa NAP-10 m tot NAP-30 m alleen zandhoudende grijze en grijsgroene klei voor. Dat de breuk westelijk van dit punt ligt, is vrijwel uitgesloten. Het is daarom waarschijnlijker dat het gestuwde klei is. Dat zou betekenen dat het watervoerende pakket op die diepte niet tot onder Hazelbekke doorloopt. Kortom: het is onzeker of het westelijk deel van Hazelbekke op het "balkon" ligt.

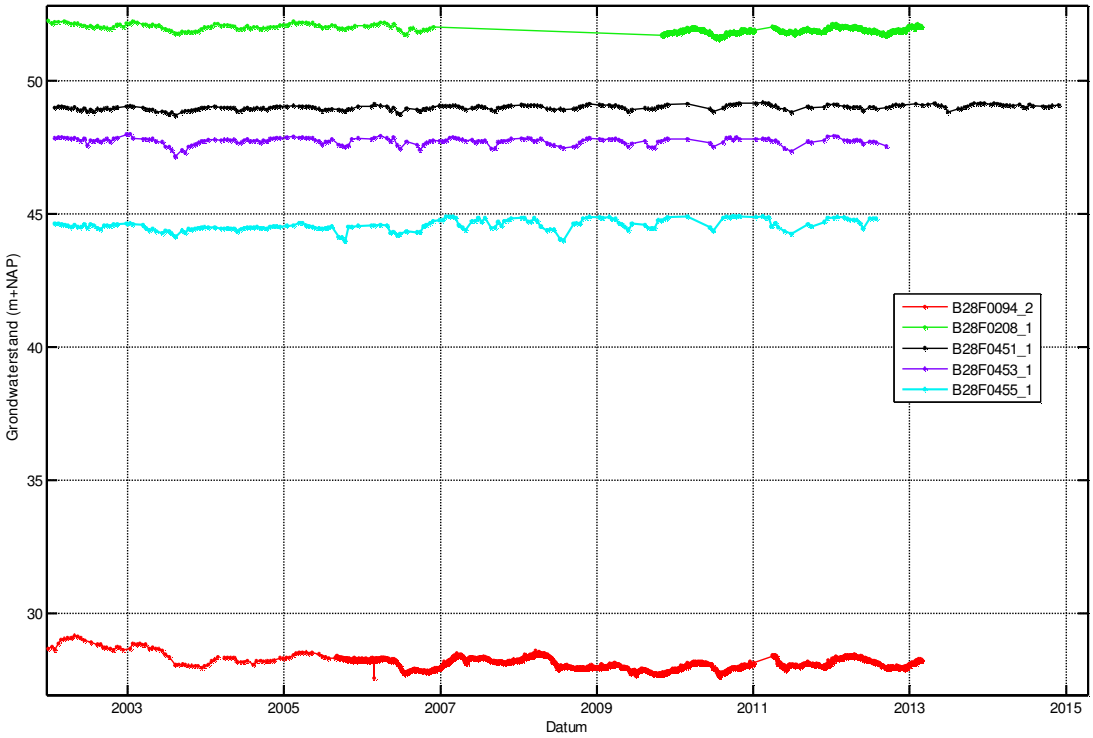
Onzekerheid over doorwerking van het watervoerende pakket op niveau NAP+10 m (Afbeelding 44)
Ten westen van Hazelbekke liggen twee voormalige groeven, die aan de noordzijde aansluiten op een smal gebied met gestuwde grove zanden (zie de kaart in Afbeelding 45). Uit de groeven is keileem en zand gewonnen. Dit is gestuwd zand van de Formatie van Appelscha. In dat zand stond peilbuis B28F0087 (bemeten tot 1987). De stijghoogten waren gelijk aan die in de circa 800 m westelijker gelegen peilbuis B28F0136 en andere peilbuizen in deze regio. De invloed van het watervoerende pakket van de Slenk van Reutum reikt dus in ieder geval tot aan B28F0087, en waarschijnlijk ook tot boring B28F0091. In die laatste boring ligt matig fijn kleihoudend zand onder een kleilaag. Dit zand kan zich nog tot enkele honderden meters oostelijker uitstrekken.



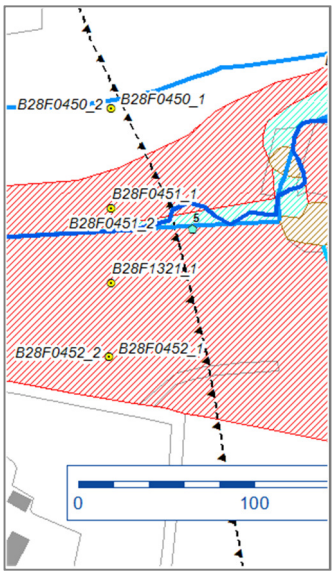
Afbeelding 46: geohydrologische dwarsdoorsnede J-J. (Grotere versie in Bijlage 3).

Stijghoogten en grondwaterstanden

De stijghoogten in de Slenk van Reutum zijn ter hoogte van Hazelbekke circa NAP+29 m (zie onderstaande afbeelding). Aan de westelijke rand van Hazelbekke, bovenstrooms van molden de Mast, is de grondwaterstand circa NAP+44,5 m. In oostelijke richting loopt de grondwaterstand op naar NAP+49 m B28F0451, nabij boerderij Hazelbekke) en NAP+52 m (B28F0208, waar de noordelijke en zuidelijke bovenloop van de Hazelbeek samenkomen). De bronnen van de Hazelbeek liggen op NAP+61 tot NAP+64 m.

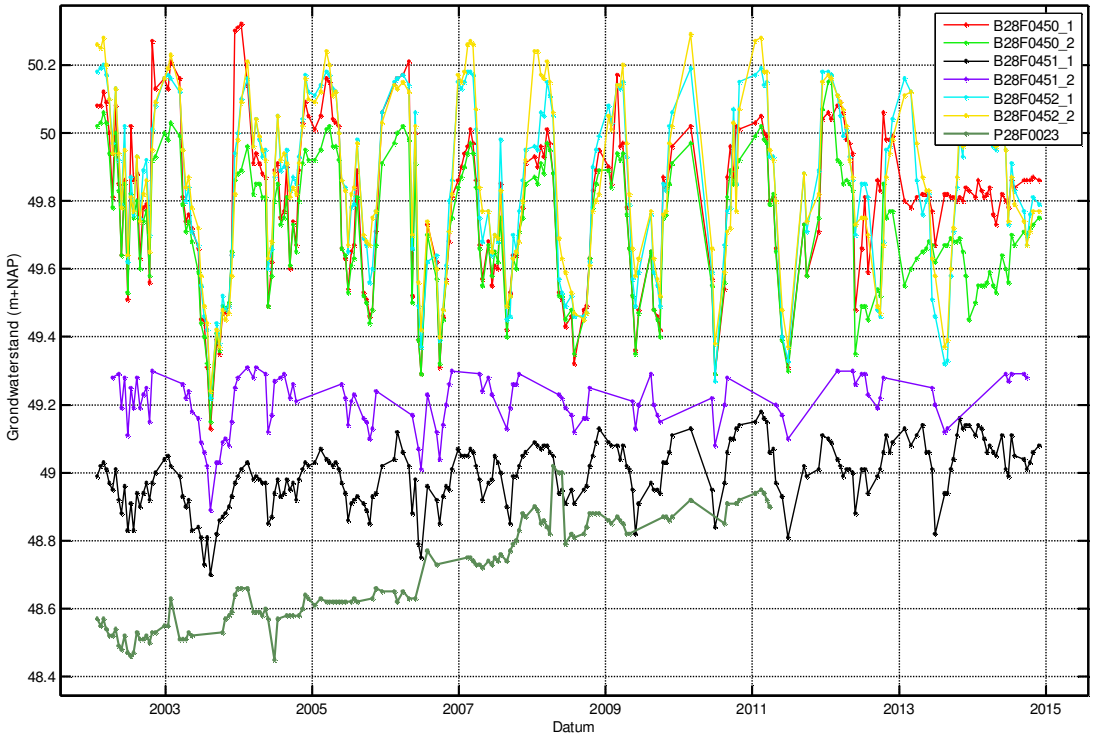


Afbeelding 47: Gemeten stijghoogten watervoerend pakket en grondwaterstanden in Hazelbekke

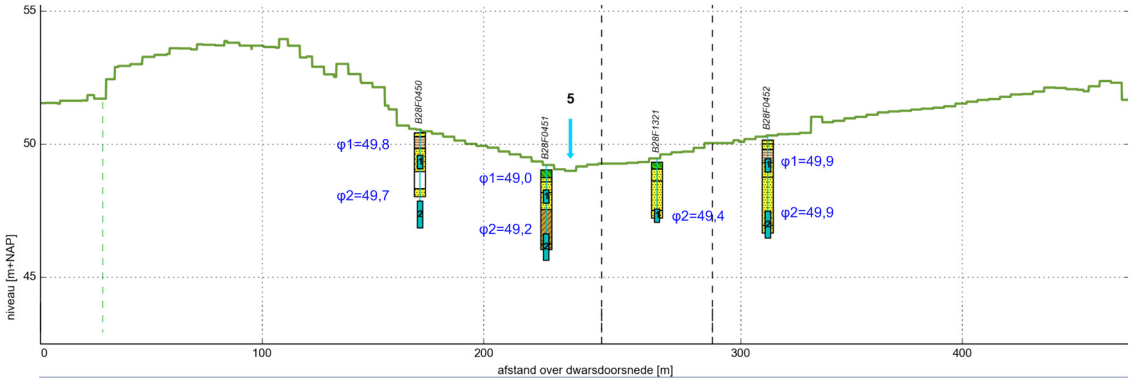


Juist ten westen van boerderij Hazelbekke staat een raai peilbuizen in het gebied met Dotterbloemhooiland. (zie nevenstaande afbeelding). In het midden stroomt de Onderbeek, waarin tot 2011 het oppervlaktewaterpeil werd gemeten. De tijdreeksen zijn als gemiddelden weergegeven in de dwarsdoorsnede.

Afbeelding 48: Locatie raai peilbuizen



Afbeelding 49: Gemeten grondwaterstanden in raai (tijdreeksen)



Afbeelding 50: Gemeten grondwaterstanden in raai K-K' (gemiddelden 2003-2015). (Filterdiepten staan verkeerd in Dino, onderkant filter moet zijn bovenkant filter).

Uit de afbeeldingen kan worden geconcludeerd:

– De ondergrond bestaat uit een dunne laag (1-2 m) matig fijn dekzand, bij de beek matig fijn tot matig grof zand, op tertiair materiaal, te weten groenzand of tertiaire klei.
– Het grondwater stroomt van de hogere gronden ten zuiden en noorden toe naar het dal van de Onderbeek. In de laagste delen van het dal is de stijghoogte hoger dan maaiveld. Er treedt kwel op, met een kweldruk van circa 30 cm. De dynamiek van de grondwaterstand is circa 20-30 cm. 's winters staat het water boven maaiveld (GT I).

- Langs de flanken van het dal is sprake van wegzijging, want de grondwaterstanden zijn hoger of gelijk aan de stijghoogte in het filter op 2 m diepte. De dynamiek van de grondwaterspiegel is 60 cm. Bij de zuidelijke peilbuis staat de grondwaterspiegel 's winters aan maaiveld, bij de noordelijke peilbuis circa 20-cm onder maaiveld.
- In de afgelopen jaren is het peil in de Onderbeek gestegen, waarschijnlijk als gevolg van de maatregelen benedenstrooms (opzetten van het peil), en mogelijk ook ondieper worden van de bodem. Als gevolg daarvan zijn de grondwaterstanden bij de peilbuis die in het midden staat gestegen, maar aan de flanken niet.
- zowel aan de noordflank als aan de zuidflank zijn de grondwaterstanden significant hoger dan in het midden (het dal). Er stroomt dus zijdelings grondwater toe naar de beek. De opbolling ten opzichte van het beekpeil is circa 1,1 m, en ten opzichte van de grondwaterspiegel naast de beek circa 0,9 m. Deze opbollingen zijn goed te verklaren als een aanzienlijk deel van de grondwateraanvulling afstroomt naar de beek. In onderstaande tabel is een kleine gevoeligheidsanalyse gedaan van de drainageweerstand. Op basis van expertkennis is de drainageweerstand van dit systeem berekend op circa 1500 dagen, met als minimum 1000 dagen, en maximum 3000 dagen. De berekende opbollingen bij de gemiddelde schatting is lager dan de gemeten opbolling. Bij de maximale waarde voor de drainageweerstand is berekende opbolling groter dan gemeten. Dat zou betekenen dat iets minder dan de helft van de grondwateraanvulling weglekt naar het watervoerende pakket. Dat gebeurt bij een weerstand van de gestuwde afzettingen van circa 60.000 dagen. In dit uiterste geval zou een stijghoogteverlaging met 1 m leiden tot een reductie van de afvoer naar de beek met circa 4%. Bij dit geval kan ook een grondwaterstandverlaging worden berekend. Die is nihil bij de beek, en circa 5 cm aan de hoge randen van het dal.

Tabel 11: Berekening weerstand van de gestuwde afzettingen in het balkon op basis van opbollingen in dwarsdoorsnede K-K'

Drainageweerstand			Laag	Gemiddeld	Hoog
Systeembreedte	L	m	400	400	400
Doorlatendheid dekzand	k	m/dag	10	10	5
Dikte dekzand	D	m	2	1.5	1.5
kD groenzand		m2/dag	2	1	0
kD totaal		m2/dag	22	16	8
breedte beek	B_beek	m	1	1	1
intredeweerstand beek	c_beek	dagen	0.25	0.5	1
Drainageweerstand Ernst	W_horizontaa	dagen	909	1250	2667
	W_uittrede	dagen	100	200	400
	W_totaal	dagen	1009	1450	3067
Grondwateraanvulling	P-E	m/dag	8.E-04	8.E-04	8.E-04
Berekende opbolling H=(P-E)*W					
Berekende opbolling op de flank (+200, -200 m)		m	0.81	1.16	2.45
Berekende opbolling midden +100 m, -100 m		m	0.63	0.91	1.92
Berekende opbolling naast de beek		m	0.08	0.16	0.32
Gemeten opbolling					
Gemeten opbolling midden (tov beekpeil)		m	1.1	1.1	1.1
Gemeten opbolling naast de beek		m	0.2	0.2	0.2
Uit vergelijking gemeten / berekend					
Afvoer naar de beek (ruw geschat)		m/dag	8.E-04	8.E-04	4.6.E-04
Natuurlijke wegzijging naar wvp Slenk van Reutum		m/dag	0	0	3.4.E-04
Weerstand "Balkon" indien aanwezig	c_balkon	dagen	oneindig	oneindig	58537
Effect van een stijghoogteverlaging in de slenk					
Verandering wegzijging		m/dag	0	0	1.7.E-05
Effect op kwel naar beek		-	0	0	-4%
Effect op opbolling op de flank		m	0	0	-0.05

De peilbuizen westelijk van de hiervoor besproken raai laten eenzelfde beeld zien: kwel bij het beekdal, een dynamiek van de grondwaterstand naast de beek van orde 40 cm, een dynamiek van de grondwaterstand op 100 m afstand van circa 1 m, en een opbolling van de grondwaterstand naast de beek. Dit leidt ongeveer tot dezelfde conclusies.

Conclusies voor natuurgebied Hazelbekke
Bij natuurgebied Hazelbekke is niet duidelijk of het watervoerende pakket van de Slenk van Reutum zich uitstrekt tot onder het natuurgebied. Op basis van de beschikbare boringen is het zeer wel mogelijk dat het pakket al westelijk van molen de Mast wordt afgesloten door gestuwde tertiaire kleien. Als dat het geval is zijn effecten van een stijghoogteverlaging in de Slenk van Reutum op het natuurgebied Hazelbekke nihil. Om hierover zekerheid te krijgen zouden boringen tot circa 90 m – mv moeten worden uitgevoerd nabij molen de Mast en circa 500 m oostelijk daarvan, met peilfilters op bij voorkeur 4 á 5 niveaus.

Als het watervoerende pakket zich wel tot onder natuurgebied Hazelbekke uitstrekt beperkt zich dat tot het westelijke deel (maximaal 800 m oostelijk van molen de Mast). In dat gebied staan een groot aantal peilbuizen. De gemeten grondwaterstanden en stijghoogten leveren allemaal het volgende beeld op. Er treedt kwel op naar de Onderbeek. Aan weerszijden van de Onderbeek bolt de grondwaterspiegel op. Op basis van globale stromings- en balansberekening volgt dat deze opbollingen alleen kunnen bestaan bij een significante hydraulische weerstand van de gestuwde afzettingen onder het gebied. Deze weerstand is tenminste 60.000 dagen. Bij die minimale weerstand is het maximale effect van een stijghoogteverlaging in de Slenk van Reutum op de beekafvoer in het beschouwde traject tussen de molen de Mast en de rand van de breuk maximaal 4%. De maximale grondwaterstandsverlaging (op afstand van de beek) is 5 cm.

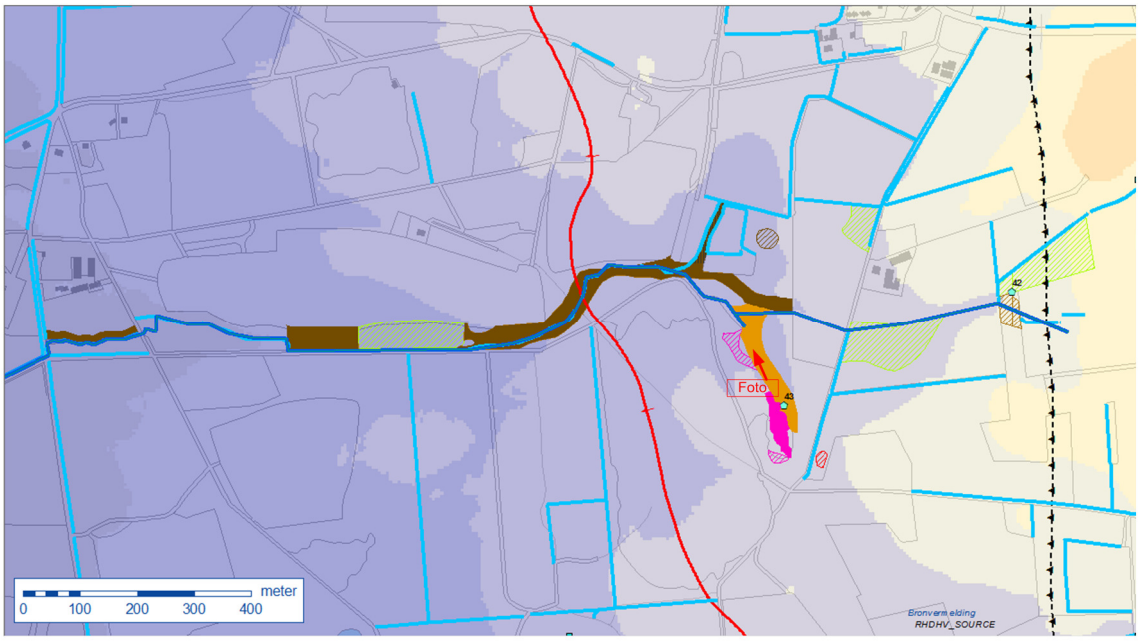
Het is zeer wel mogelijk dat de effecten kleiner zijn, maar er zijn geen waarnemingen beschikbaar om dat te onderbouwen.

5.7 Roezebeek

De Roezebeek ontspringt aan de voet van de Roezeberg, oostelijk van de Vasserheide. De beek bestaat uit een hoofdstroom met een zijbeek. De hoofdstroom ontspringt op een niveau van circa NAP+50 m, de zijbeek op een niveau van circa NAP+45 m. De zijbeek ligt tussen het hoge deel van de stuwwal (Roezeberg) en een “kop” met gestuwd pleistoceen zand aan maaiveld (zie Afbeelding 521).

Langs de zijbeek liggen de habitattypen Hoogveenbossen en Vochtige heiden. Langs de hoofdstroom ligt het habitattype Vochtige alluviale bossen (zie Afbeelding 52). Langs het bovenstroomse deel van de beek liggen wisselvochtige graslanden, die niet voor Natura 2000 zijn aangewezen.

Afbeelding 51: Foto mei 2015, hoogveenbos langs de zijbeek



Afbeelding 52: Hoogtekaart, ligging watergangen, habitattypen (legenda: zie Bijlage 2)

Geologie en bodemopbouw

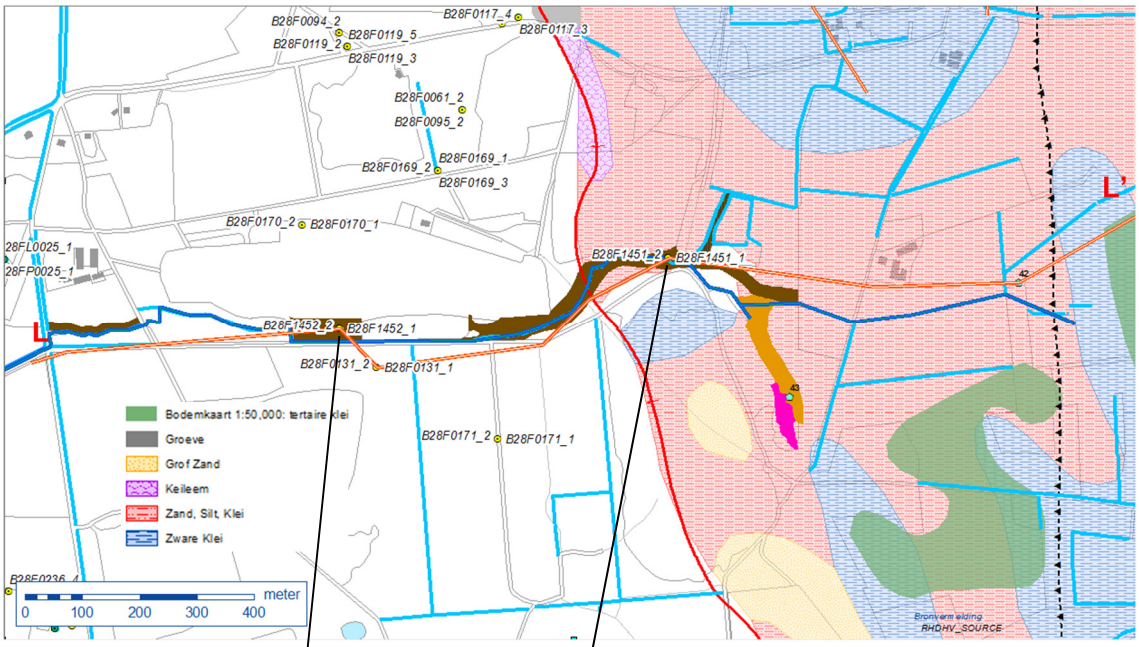
Er zijn relatief weinig boringen beschikbaar in dit gebied. Deze beschrijving is gebaseerd op de weinige boringen, en de kaart met lithologie van de gestuwde afzettingen aan maaiveld (Afbeelding 53). De hoofdstroom ontspringt aan de voet van de stuwwal, op een locatie waar in de omgeving veel gestuwde tertiaire klei aan maaiveld wordt aangetroffen. Op die plaats ligt waarschijnlijk ook de breuk die het watervoerende pakket van de Slenk van Reutum aan de oostzijde begrenst. De beek ligt dus waarschijnlijk voor een groot deel of geheel in het gebied met gestuwde afzettingen op het watervoerende pakket (het “balkon”). De ondergrond bestaat hier uit gestuwd zand, silt en klei.

De westelijke rand van de gestuwde afzettingen aan maaiveld ligt volgens [van den Berg 1994] ter plaatse van de rode lijn in bovenstaande afbeelding. Volgens het geologische model DGM v2.2 liggen er onder maaiveld nog gestuwde afzettingen tot 800 m westelijk van dat punt (Afbeelding 54). De gestuwde afzettingen worden daar afgedekt door circa 15 m grondmorene (Dr6, keileem, leem).

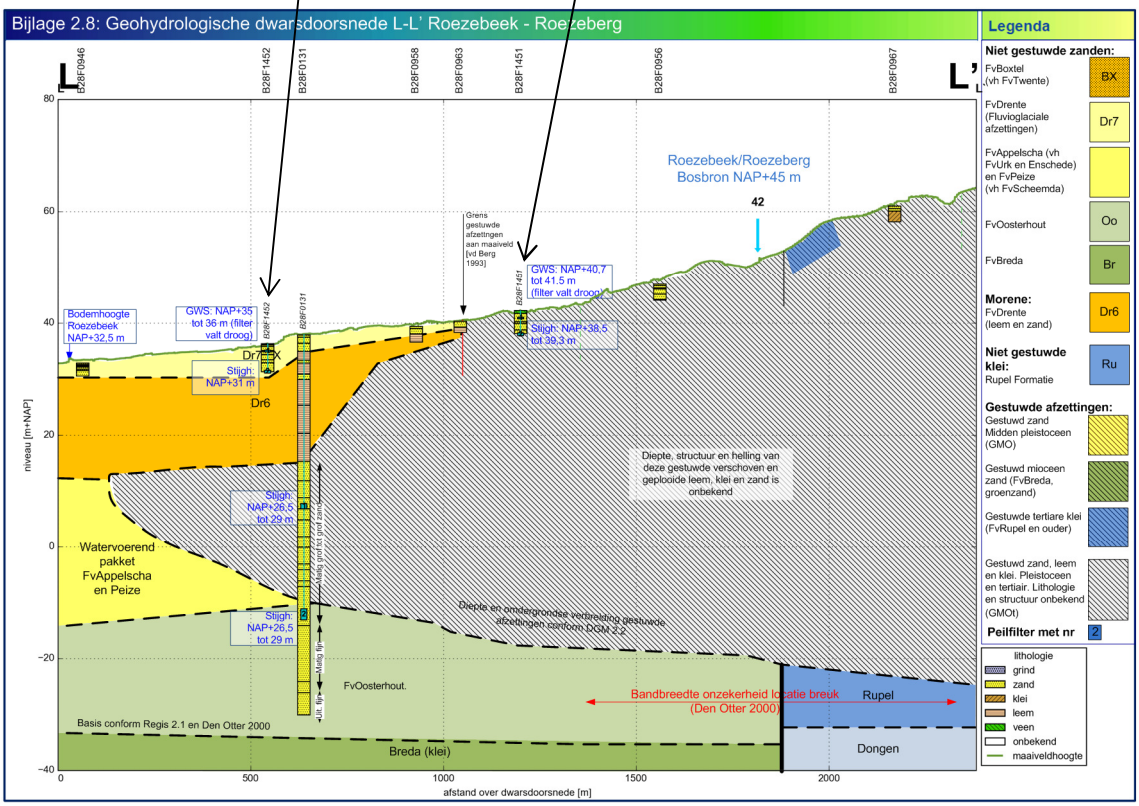
Grondwaterstanden, stijghoogten, oppervlaktewaterpeilen en grondwaterstroming

Er zijn geen peilbuizen beschikbaar langs het bovenste deel van de Roezebeek en langs de zijbeek. Daar treedt ongetwijfeld kwel op, anders zou de beek geen water voeren.

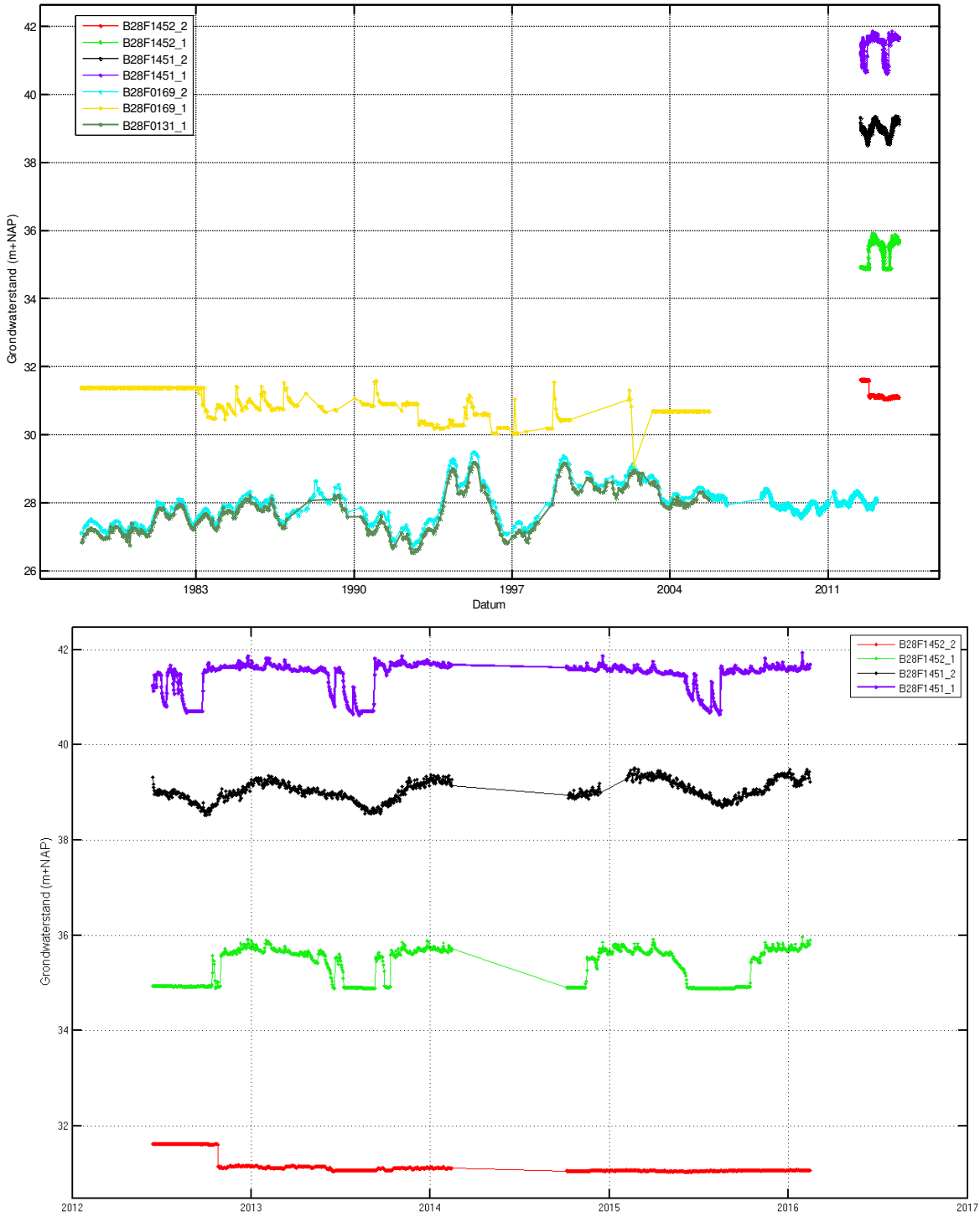
Van de Roezebeek is bekend dat hij stroomafwaarts van het punt waar de zijbeek instroomt water verliest naar de ondergrond en vrijwel elke zomer droogvalt. Dat blijkt ook uit de gemeten grondwaterstanden en stijghoogten bij de twee peilbuizen langs dit deel van de beek (Afbeelding 55). De stijghoogte in het watervoerende pakket is in dit gebied circa NAP+28 m. De grondwaterstanden bij 28BF1451 zijn in herfst winter en voorjaar circa NAP+41,5. ’s Zomers valt het filter droog, doordat de beek droogvalt. De stijghoogte op 4 m onder maaiveld is circa NAP+39 m, met een dynamiek van 80 cm. 28BF1452 vertoont eenzelfde beeld. Deze peilbuis valt iets eerder droog. Het stijghoogteverschil ten opzichte van het filter op 4 m onder maaiveld is iets groter (orde 4 m).



Afbeelding 53: Lithologie gestuwde afzettingen aan maaiveld (legenda: zie Bijlage 1.5), ligging dwarsdoorsnede L-L



Afbeelding 54: Geohydrologische dwarsdoorsnede L-L



Afbeelding 55: gemeten stijghoogten en grondwaterstanden langs de Roezebeek (t.o.v. NAP) in de periode tot en met 2012 (boven) en vanaf 2012 (onder)

Op circa 300 m ten noorden van de beek worden in 28BF0169 in een filter op hetzelfde niveau als het diepe filter van 28BF1452 (circa NAP+30 m) stijghoogten (of freatische grondwaterstanden) gemeten van circa NAP+30 tot 31 m. Omdat bij 28BF0169 geen infiltrerend oppervlaktewater is, wordt deze stijghoogte (of grondwaterstand) bepaald door de stijghoogte in het watervoerende pakket (NAP+28 m), plus het verval dat nodig is om de grondwateraanvulling neerwaarts naar het watervoerende pakket te laten wegstromen. In de ondiepe keileem is immers geen sprake van significante horizontale stroming. Uitgaande van een gemiddelde grondwateraanvulling van 0,8 mm/dag is de weerstand van de keileem circa 2500 dagen. Dat is aanzienlijk minder dan de minimale weerstand van de gestuwde afzettingen bij Hazelbekke en Tutenberg (tenminste 60.000 dagen).

Het diepe filter van 28BF1452 (pal naast de Roezebeek) staat 5 m onder maaiveld in of juist boven de keileem. De stijghoogte is vergelijkbaar met die in het ondiepe filter van 28BF0169, of is lager (de meting van de drukopnemer vertoont geen dynamiek, mogelijk staat het filter droog). Het is daarom waarschijnlijk dat ook bij 28BF1452 de stijghoogte in het diepe filter gelijk is aan de stijghoogte in het watervoerende pakket plus het verval dat nodig is om de grondwateraanvulling en het uit de beek infiltrerende water neerwaarts af te voeren. Dat betekent dat de stijghoogte in het diepe filter gevoelig is voor een stijghoogteverlaging in de slenk van Reutum.

De grondwaterstand in het ondiepe filter van 28BF1452 (circa 1 m onder maaiveld) is in natte perioden enkele decimeters onder maaiveld. In droge perioden valt het filter droog. De dynamiek van de grondwaterstand wordt bepaald door neerslag en verdamping en door infiltratie uit de beek of inundatie vanuit de beek. Het verval naar de ondergrond is groot ($d\varphi/dz > 1$). Daarom moet hier sprake zijn van een schijngrondwaterspiegel. Onder schijngrondwaterspiegels ligt een zone die niet verzadigd is met grondwater. Filters met een grondwaterspiegel hebben daarom een ander patroon in fluctuaties in grondwaterstand. De neerwaartse flux en de grondwaterstand van een grondwaterspiegel zijn onafhankelijk van de stijghoogte daaronder.

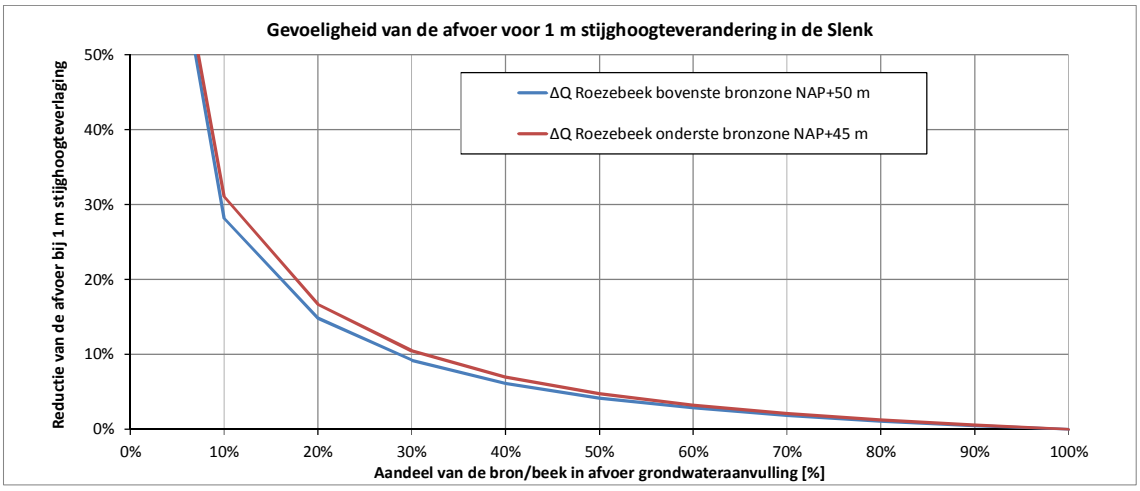
Afbeelding 56: Links: peilbuis 28BF1451, rechts: 28BF1452 (foto's provincie Overijssel)

Bij de verder bovenstrooms gelegen peilbuis 28BF1451 is de dynamiek van de grondwaterspiegel vergelijkbaar (zie Afbeelding 55). Stijgingen van de grondwaterstand verlopen zeer snel en wijzen op inundaties vanuit de beek. De stijghoogte op 4 m onder maaiveld is 2 tot 3 m lager dan de grondwaterstand. Uit de boorbeschrijving blijkt dat er hier op 2,3 tot 3,5 m onder maaiveld (=NAP+38,3 tot NAP+39,5 m) een ijzeroerlaag ligt. De stijghoogte bevindt zich op het niveau van de ijzeroerlaag; de grondwaterstand staat hierboven. Omdat de scheidende laag zich niet tussen stijghoogte en grondwaterstand bevindt is er geen sprake van een onverzadigde zone in dit traject en is er dus geen schijnspiegelsituatie.

Kwantificering van het effect van een stijghoogteverandering in de Slenk van Reutum

Kwelzones:

De bronnen van de Roezebeek liggen op NAP+50 en NAP+45 m. Er treedt kwel op. Er zijn geen grondwaterstandsmetingen beschikbaar om een schatting te doen van de kwelfluxen en de permanentie van de bronnen. Volgens de algemene gegevens over deze bronnen (Tabel 5 op pagina 29) zijn het semi-permanente bronnen. Het aandeel in de afvoer van de grondwateraanvulling kan dus lager zijn dan 50%. Op basis van een globale berekening volgens de methode beschreven in hoofdstuk 2 kan het effect van een stijghoogteverlaging in de slenk van 1 m op de bronafvoer dus orde van grootte 10 tot 20% zijn. Mogelijk is dit effect kleiner, maar er zijn geen gegevens beschikbaar om dat te onderbouwen.



Afbeelding 57: Gevoeligheid van de afvoer van de Roezebeek voor een stijghoogteverlaging in de slenk van 1 m

Middenloop, waar de beek infiltreert (van peilbuis B28F1451naar het westen):

Voor de middenloop kan onderscheid worden gemaakt tussen delen zonder schijngrondwaterspiegel (B28F1451) en delen met een schijngrondwaterspiegel (B28F1452).

Bij een schijngrondwaterspiegel heeft een stijghoogteverandering in de slenk geen invloed op de freatische grondwaterstand en op de infiltratieflux uit de beek.

Bij delen zonder schijngrondwaterspiegel hangt een mogelijke invloed af van de volgende factoren:

- de weerstand van ijzeroerlaag;
- de hoeveelheid water die door infiltratie of inundatie uit de beek aan het grondwater wordt toegevoegd;
- de hoeveelheid neerslag die door de beek wordt afgevoerd, als de grondwaterstand in de winter aan maaiveld staat.

Op basis van de beschikbare gegevens kan hierover geen conclusie worden getrokken. De gemeten dynamiek van de grondwaterstand bij 28BF1451 kan goed worden verklaard met de aanname dat de weerstand zeer hoog is (orde tienduizenden dagen). De dalingen worden dan veroorzaakt door verdamping, de stijgingen door snelle inundaties en het neerslagoverschot wordt afgevoerd. De gemeten dynamiek kan ook worden verklaard bij een weerstand van orde 5.000 dagen. De dalingen worden veroorzaakt door verdamping en een wegzijging van orde 0,5 mm/dag bij een potentiaalverschil van 2,5 m. De stijgingen worden veroorzaakt door (iets meer) inundaties en infiltratie. Het neerslagoverschot in de winter (iets minder) wordt afgevoerd door de beek. In het laatste geval veroorzaakt een stijghoogteverlaging in de slenk van 1 m een toename van de wegzijging van 0,2 mm/dag, en dus een iets snellere daling van de grondwaterspiegel in droge perioden.

Dat er sprake is van niet te verwaarlozen wegzijging blijkt uit het feit dat de beek in dit traject vrijwel elke zomer droogvalt. Hoe groot die wegzijging is kan zonder afvoermetingen bovenstrooms van de middenloop niet worden vastgesteld.

Conclusie Roezebeek
De bronzones van de Roezebeek liggen in een gebied met gestuwde tertiaire klei in de directe omgeving. Het zijn waarschijnlijk semi-permanente bronnen. Een stijghoogteverandering in de slenk van 1 m kan bij de Roezebeek mogelijk een significante afname van de bronafvoer veroorzaken van orde 10 tot 20%.Het kan ook bijdragen aan het eerder droogvallen van de bronnen. Mogelijk is dit effect kleiner, maar er zijn geen gegevens beschikbaar om dat te onderbouwen.

Benedenstrooms van de bronzones ligt de Roezebeek in een gebied met keileem. Daar infiltreert er water uit de beek. Hij valt vrijwel elke zomer droog. Langs een deel van de beek is sprake van schijnspiegelsituaties. Daar heeft een stijghoogteverlaging in de slenk geen effect. Langs andere delen van de beek is dat niet het geval. Daar kan op basis van de beschikbare gegevens niet worden uitgesloten dat een stijghoogteverlaging in de slenk van 1 m kan leiden tot verlaging van de grondwaterstand en het eerder droogvallen van de beek.

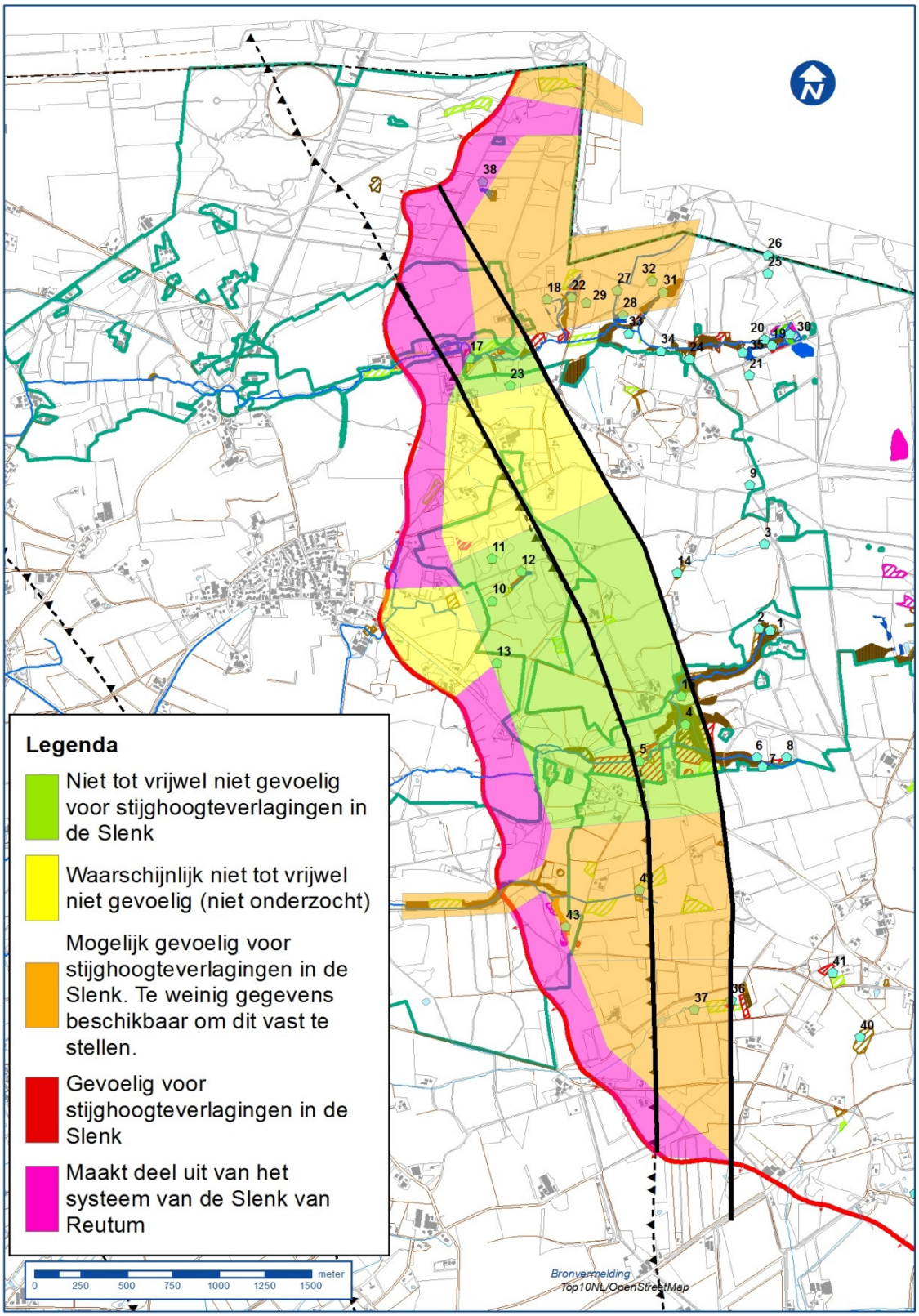
Nuancering: de Roezebeek ligt op grote afstand van de grondwaterwinning van Manderveen. Deze veroorzaakt hier geen stijghoogteverlagingen van 1 m, maar orde 10 cm. Dat reduceert eventuele effecten dus sterk.

5.8 Synthese

Uit analyses in dit hoofdstuk komt het beeld naar voren dat gestuwde afzettingen van de Rupel Formatie (zeer zware klei die vrijwel ondoorlatend is), een belangrijke rol speelt bij de bronnen op en langs de stuwwal, en ook bij de begrenzing van het overgangsgebied. Op basis daarvan is een onderverdeling gemaakt van de gevoeligheid van bronnen, bronzones, beken en gebieden met grondwaterafhankelijke natuur in de overgangszone van de slenk. Gevoeligheid is gedefinieerd als de mate waarop de grondwaterstand in het gebied reageert op veranderingen in stijghoogte in de slenk. Deze hydrologische gevoeligheid is weergegeven in Afbeelding 58. De volgende deelgebieden worden onderscheiden:

1 Gebieden die niet tot vrijwel niet gevoelig zijn voor stijghoogteverlagingen in de slenk (groen)
Als zware klei van de Rupel Formatie aan maaiveld voorkomt, zijn de bronzones en natte standplaatsen op en oostelijk van de kleivoorkomens nauwelijks tot niet gevoelig voor een stijghoogteverlaging in de slenk. Het maakt daarbij niet uit of het watervoerende pakket nog enkele honderden meters onder de gestuwde afzettingen doorloopt (het “balkon”) of niet. Dat geldt voor de Bronweide van de Bels (waarschijnlijk niet op het balkon), voor de bronzones van de Tutenbergerbeek (zeker deels op het balkon) en voor Hazelbekke (mogelijk deels op het balkon). Voor al deze gebieden gelden de volgende conclusies:

– De gebieden zijn nat, er treedt aantoonbaar kwel op, veelal met hoge kwelfluxen, en deze kwel is vrijwel permanent.
– Het effect van een stijghoogteverlaging in de slenk is zeer beperkt of nihil. Het maximale effect van een stijghoogteverlaging in de slenk is orde van grootte 0-5% op de bronafvoer bij een stijghoogteverlaging in de slenk van 1 m. Er treden geen significante effecten op de grondwaterstanden in de bronzones op, en een zeer beperkt effect op grondwaterstanden op droge standplaatsen op enige afstand van de bronzones (maximaal 5 cm).
– Het is zeer wel mogelijk dat de effecten kleiner zijn of zelfs nul, maar het is niet mogelijk om dat hard aan te tonen.



Afbeelding 58: Overgangszone tussen slenk en stuwwal, en gevoeligheid voor stijghoogteverlaging in de slenk

2 Gebieden die waarschijnlijk niet tot vrijwel niet gevoelig zijn (geel)
Hier komt weinig grondwaterafhankelijke waardevolle natuur voor. Deze gebieden zijn niet onderzocht. De gebieden liggen ook oostelijk van zones met Rupel klei aan maaiveld voorkomt. Daarom is het waarschijnlijk dat het grondwaterregime hier weinig gevoelig is.

3 Gebieden die mogelijk gevoelig voor stijghoogteverlagingen in de slenk, maar waar te weinig gegevens beschikbaar zijn om de gevoeligheid betrouwbaar vast te stellen (oranje)
Dit zijn de volgende deelgebieden:

- De Eendenbeek en de Manderstreu. In de Manderstreu is een schijngrondwaterspiegel, zodat de grondwaterstanden niet worden beïnvloed door een verlaging van de stijghoogte in het watervoerende pakket. Weiden in dit gebied worden bevloeid vanuit de Eendenbeek. Het effect van een stijghoogteverlaging van 1 m op de afvoer van de Eendenbeek is orde van grootte 5-10%. Mogelijk heeft dat gevolgen voor de bevloeide weiden.
- Holtsüze. Op basis van de beschikbare gegevens kan niet worden uitgesloten dat een stijghoogteverlaging in de slenk doorwerkt in het voedingsgebied van Holtsüze (het gebied tussen Holtsüze en de Galgenberg en oostelijk daarvan). In dat geval kan een stijghoogteverlaging effect hebben op de kwelflux in de bronzone van Holtsüze en de permanentie daarvan;
- bronnen en bronzones aan de noordzijde van de Mosbeek, ten zuiden van Holtsüze. Dat zijn de volgende bronnen: Reuterij (18), Hemmer (22 en 29), bron en bronbos de Burger (27 en 28), een bronvijver in Duitsland stroomopwaarts van de Burger, en Oerbekke (31 en 32). Deze bronnen worden hoofdzakelijk gevoed vanuit de Paasberg. Op basis van de beschikbare gegevens kan niet worden uitgesloten dat een stijghoogteverlaging in de slenk doorwerkt op de grondwaterstanden in het gebied tussen Holtsüze en de Galgenberg. Dat zou kunnen betekenen dat dit een effect heeft op de afvoeren van deze bronnen. Het effect is waarschijnlijk zeer beperkt, omdat deze bronnen veel water afvoeren, en de (geohydrologische) afstand tot de Slenk groot is. Er is echter onvoldoende bekend over de grondwaterstanden tussen Holtsüze en de Galgenberg om hierover zekerheid te kunnen geven.
- de bovenloop van de Roezebeek;
- de middenloop van de Roezebeek. Deze beek infiltreert van nature en valt van nature ’s zomers droog. De weerstand tussen de beek en het watervoerende pakket is beperkt. Een stijghoogteverlaging kan grondwaterstandverlagingen en een toename van de infiltratieflux veroorzaken.
- het gebied ten zuiden van de Roezebeek, met de Onzoelbeek. Hier heersen waarschijnlijk vergelijkbare omstandigheden, maar dat is niet verder onderzocht;

4 Gebieden die gevoelig zijn voor stijghoogteverlagingen in de slenk (rood)
Uit de analyse blijkt dat er geen gebieden zijn die gevoelig zijn voor stijghoogteverlagingen in de slenk. Rode gebieden ontbreken daarom op Afbeelding 58.

5 Gebieden die feitelijk deel uitmaken van het gebied met het watervoerende pakket van de Slenk van Reutum
In deze zone liggen weliswaar gestuwde afzettingen, maar deze bestaan hoofdzakelijk uit goed doorlatend zand. Daarom maken deze gebieden feitelijk deel uit van de slenk. Afgezien van de directe omgeving van de Mosbeek die daar water verliest, zijn de grondwaterstanden hier diep en zijn er dus geen natuurwaarden die door een stijghoogteverlaging kunnen worden beïnvloed.

6 LITERATUUR

[Beerten 2014]
Koen Beerten. An overview of deformation and erosion phenomena related to advancing ice sheets in lowland Europe. SCK•CEN-ER-254 14/Kbe/P-11

[Bell Hullenaar 2004]
Ir. J.W. van 't Hullenaar & Msc. J.S. Bell. Ecohydrologisch herstel Hazelbekke. Uitwerking van een herstelplan op basis van hydrologisch vooronderzoek. Opdrachtgever: Vereniging Natuurmonumenten. 21 juni 2004.

[Broks 1986]
Broks Adviezen, Geohydrologisch onderzoek oorzaken droogteschade in het gebied Tubbergen. In opdracht van ministerie van VROM. Projectnummer 11.112. Eindrapport 1986.

[de Meij et al 2015]
Th. de Meij, C. den Otter2, C.W. Stroet en M.A.P Horsthuis. Verslag deskundigenbijeenkomst stuwwal van Ootmarsum. Provincie Overijssel, Zwolle, januari 2015.

[Den Otter 2000]
C. den Otter, NITG-TNO Geologisch onderzoek Waterwingebied Mander Zwolle, 2000

[Ebbers 1992]
Ebbers, G. & H. van het Loo. Bodemkaart van Nederland 1:50.000 : toelichting bij kaartblad 28 oost - 29, Almelo – Denekamp. Wageningen, DLO-Staring Centrum

[Feddes 1978]
R.A. Feddes, P.J. Kowalik en H. Zaradny. Simulation of field water use and crop yield. Simulation Monographs. Pudoc, Wageningen 1978.

[Horsthuis 2007]
M.A.P. Horsthuis. Twentse bronnen aan de basis van natuurkwaliteit. Handleiding voor bescherming en beheer van bronnen in Twente. Oktober 2007.

[Horsthuis et al 2010]
M.A.P. Horsthuis, A.Th.W. Eysink. Beheeradvies voor bron- en beekdalgraslanden in het Dal van de Mosbeek

[Horsthuis et al 2011a]
M.A.P. Horsthuis & A.T.W. Eysink, met medewerking van L. Lansink. Terug naar de Bron. Dal van de Eendenbeek. Gebiedsanalyse met voorstellen voor herstel, inrichting en beheer. Unie van Bosgroepen 2011.

[Horsthuis et al 2011b]
M.A.P. Horsthuis & A.T.W. Eysink, met medewerking van L. Lansink. Terug naar de Bron, Perceel Droste en de Holtsüze, Notitie voor inrichting en beheer. In opdracht van de Projectgroep Terug naar de Bron fase 3. Unie van Bosgroepen november 2011.

[Kieskamp 2014]
A. A. M. (Ariët) Kieskamp. Hydro-ecologische systeemanalyse van het brongebied van de Mosbeek. Master-onderzoek Radboud Universiteit Nijmegen (RU) en Unie van Bosgroepen. Januari 2014

[Kluiving & van Balen 2014]
S. Kluiving & R.van Balen. Glaciale tektoniek van de Itterbeck-Uelsen-stuwwallen, Duitsland. Grondboor & Hamer, 2014-4/5, p22-29

[LNV 2008]
Leeswijzer Natura 2000 profielendocument, Voorlopige versie 01 September 2008. Ministerie van LNV, Directie Kennis. Ede, 1 september 2008

[Rappol 1985]
M. Rappol Enkele nieuwe resultaten en een overzicht van onderzoek naar de aard en steenoriëntatie in keileem, Grondboor en Hamer, no. 3/4, p. 88-97, juni/aug. 1985

[RGD 1996]
C.N. Bremmer. Kartering van slecht doorlatende laagpakketten van tertiaire formaties. Project CAR Fase 1. Rijks Geologische Dienst, vestiging Heerlen. Rapport GB 2514.

[Ruegg 1995]
G.H.J. Ruegg. Kwartaire wordingsgeschiedenis van, en ontsluitingen in Het Gooi. Grondboor en Hamer nr.3/4 1995

[Stroet&Grube 2004]
C.W. Stroet en A. Grube. Geohydrologisch onderzoek Slenk van Reutum. Fase 1c, de hydrologie van de Slenk van Reutum, beschrijving grondwatermodel. DHV Water BV / Rogge&Co. WA-DW20040072. Mei 2004.

[Stroet&Grijpstra 2006]
C.W. Stroet en A. Grube. Memo “Afvoeren en balans, aanvullende berekeningen” voor commissie Kop&van Bakel in het kader van het MER Drinkwatervoorziening Noordoost Twente. DHV/Kiwa, Dossier A1577-01-001, 10 april 2006.

[T&A Survey 2010]
T&A Survey BV. Rapportage van onderzoek aan eigenschappen van de Klei van Boom die relevant zijn bij de beschouwing van dit laagpakket voor opslag van kernafval. Rapportnummer: 1010-OEM2274, 22 december 2010. In opdracht van Stichting Greenpeace Nederland

[van Huissteden 1988]
J. van Huissteden. Geologisch onderzoek van Natuurmonument “Het Hazelbekke”, Twente, Overijssel. Maarssen 1988.

[Van den Berg 1993]
M.W. Van den Berg en C. den Otter, Rijks Geologische Dienst (RGD), Toelichtingen bij de Geologische kaart van Nederland 1 : 50.000, Blad Almelo Oost (28 O) en Denekamp (29) (Geologische Kaart 1 : 50.000 met Erl.), 240 S., 4 Bijlagen; NL-Haarlem.

[van der Hammen zj]
De quartair-geologische geschiedenis van Oost-Twente. T. van der Hammen. Grondboor&Hamer, circa 1960

[van Vugt 2013]
drs. A.C.van Vugt, Evaluatie reallocatie grondwaterwinning Mander 2012. Witteveen+Bos, ZL490-16/marr2/007,.27 juni 2013

[Verdonschot 2000]
Verdonschot, P.F.M. Natuurlijke levensgemeenschappen van de Nederlandse binnenwateren: achtergronddocument bij het 'Handboek natuurdoeltypen in Nederland', Dl. 1: Bronnen. Rapport EC-LNV (AS-01) Expertisecentrum LNV, 2000.

[Von Asmuth 2011]
J.R. von Asmuth, K. Maas, M. Knotters, I. Leunk. Menyanthes User Manual, version 2.x.b.u (beta)
Project number A307662. 2011.

[Vroon et al 2012]
H.R.J. Vroon, G.H. Stoffelsen en F. Brouwer. Bodemkundig-hydrologisch onderzoek in het waterwingebied ‘Mander’ (Fase 2). Alterra-rapport 2374, 2012. ISSN 1566-7197

[Wösten 1991]
Wösten, J.H.M., G.J. Veerman, W.J.M. de Groot en J. Stolte. Waterretantie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: de Staringreeks. Vernieuwde uitgave 2001. Alterra rapport 153.
Alterra, Wageningen, 2001

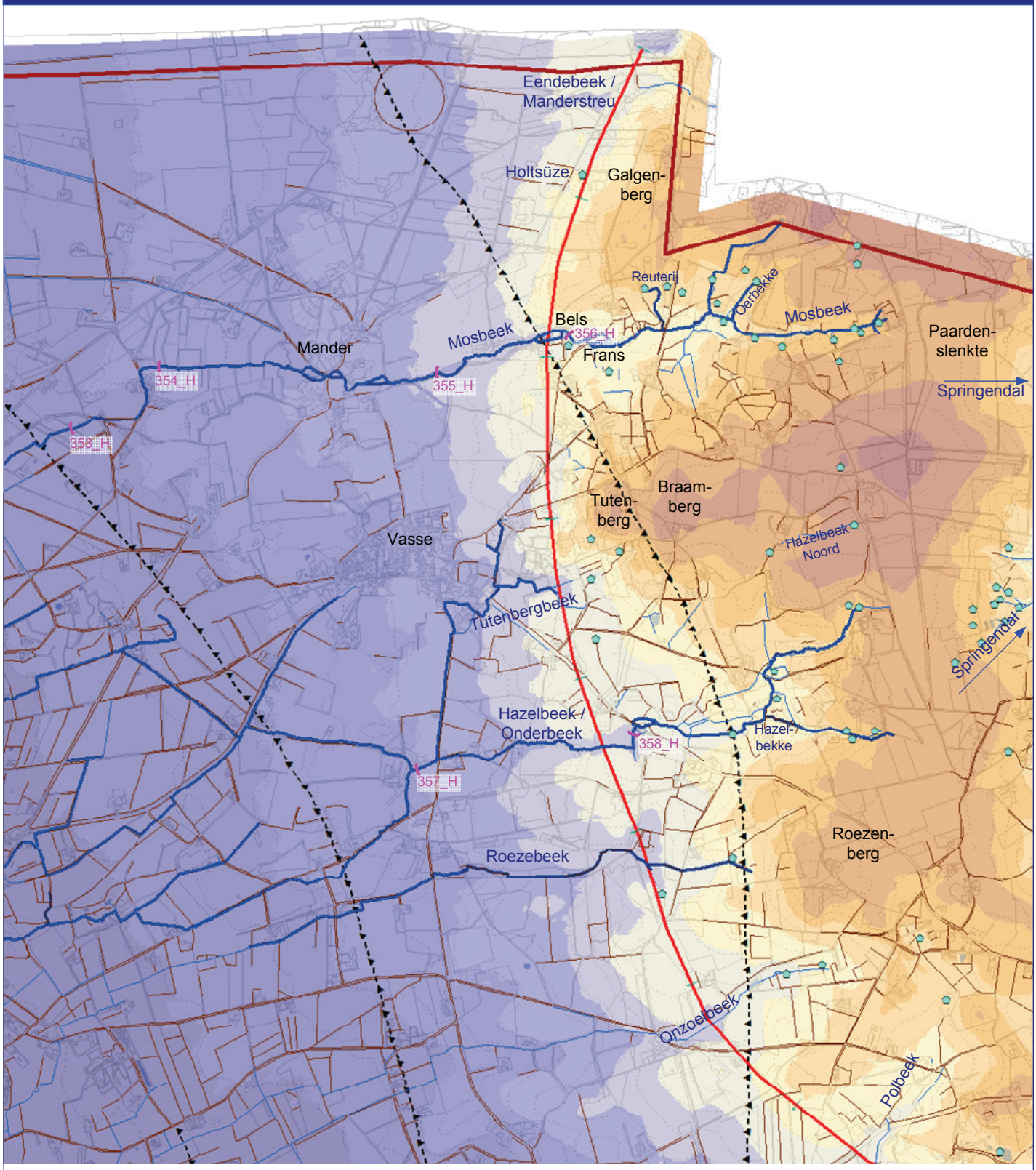
7 COLOFON

Opdrachtgever	:	Provincie Overijssel
Project	:	De overgangszone tussen de Stuwwal van Ootmarsum en de Slenk van Reutum
Dossier	:	B7227
Omvang rapport	:	90 pagina's
Auteur	:	Ron Stroet
Interne controle	:	Floris Verhagen
Projectmanager	:	Frans Jorna
Datum	:	22 december 2016

HaskoningDHV Nederland B.V.
Rivers, Deltas & Coasts
Laan 1914 nr. 35
3818 EX Amersfoort
Postbus 1132
3800 BC Amersfoort
T (088) 348 20 00
F (088) 348 28 01
E info@rhdhv.com
W www.royalhaskoningdhv.com

BIJLAGE 1 Overzichtskaarten

Bijlage 1.0: Bronnen, waterlopen, afvoermeetpunten en toponiemen



Overzicht

Legenda

- Bronnen
- Waterlopen
- Gestuwd (DHV, 2003)
- Breuklijnen (Den Otter, 2000)
- Waterlopen Waterschap Vechtstromen
- Top10 Vector: waterloop
- Top10 Vector: greppel/ droge sloot
- 357_H Afvoermeetpunt

Projectnaam
Stuwwal Ootmarsum

Opdrachtgever
Provincie Overijssel

Auteur
T. van Steijn

Controleur
C.W. Stroet

Papierformaat
A3P

Kaartnummer
BD7227-D01-N001

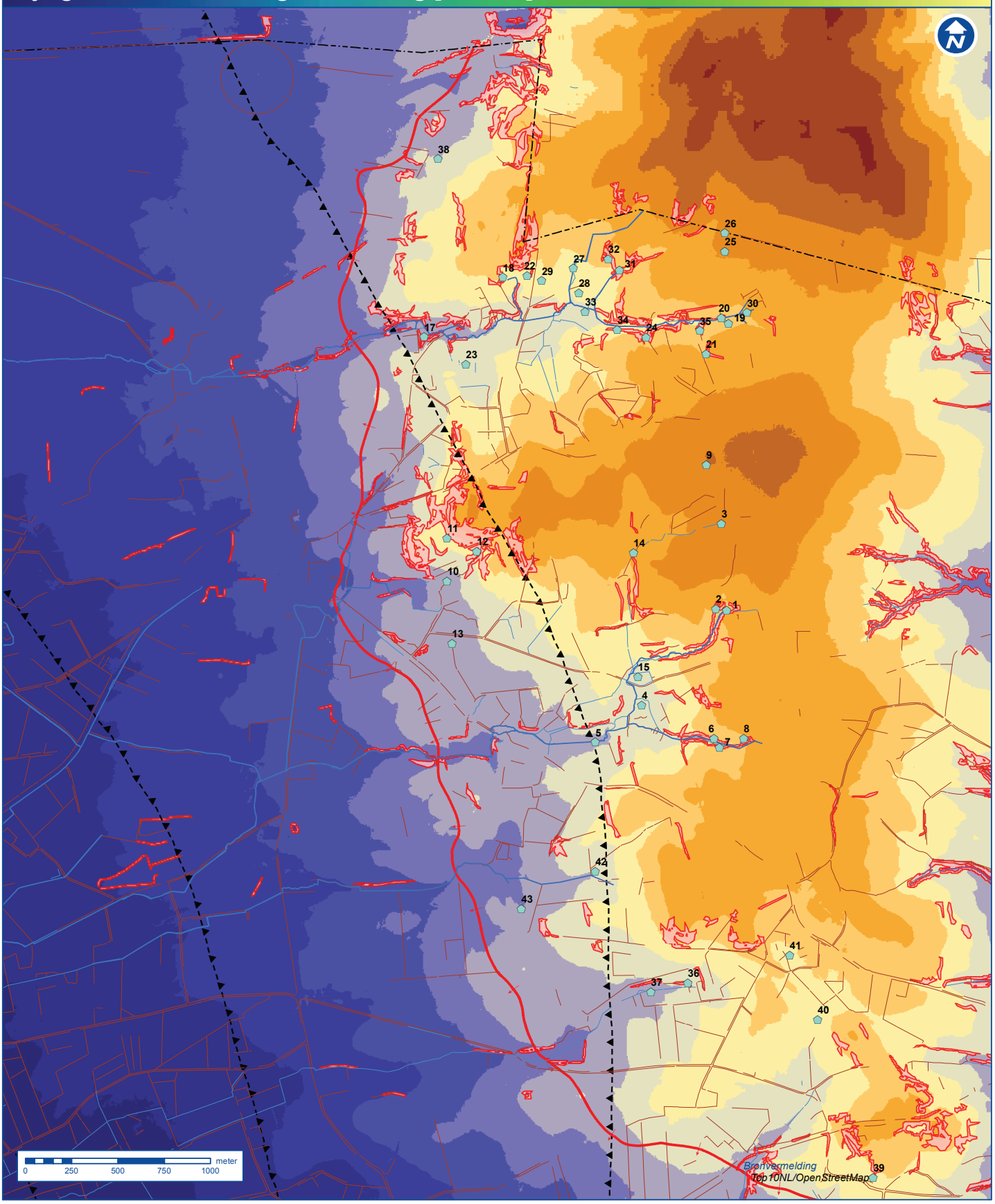
Versie
V01.00

Datum
20/03/2015

Schaal
1:20000

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

Bijlage 1.1 Maaiveldhoogte en helling [m+NAP]



Overzicht

Legenda

- Bronnen met ID
- Waterlopen Waterschap Vechtstromen
- Top10 Vector: waterloop
- Top10 Vector: greppel/droge sloot
- Grens NL-DE
- Gestuwd (RHDHV, 2015)
- Breuklijnen (Den Otter, 2000)
- Steilranden (helling > 4 graden)

Maaiveldhoogte [m+NAP]

- 20 tot 25
- 25 tot 30
- 30 tot 35
- 35 tot 40
- 40 tot 45
- 45 tot 50
- 50 tot 55
- 55 tot 60
- 60 tot 65
- 65 tot 70
- 70 tot 75
- 75 tot 80
- 80 tot 85
- 85 tot 90

Projectnaam
Stuwwal Ootmarsum

Opdrachtgever
Provincie Overijssel

Auteur
T. van Steijn

Controleur
C.W. Stroet

Papierformaat
A3P

Kaartnummer
BD7227-D01-N011

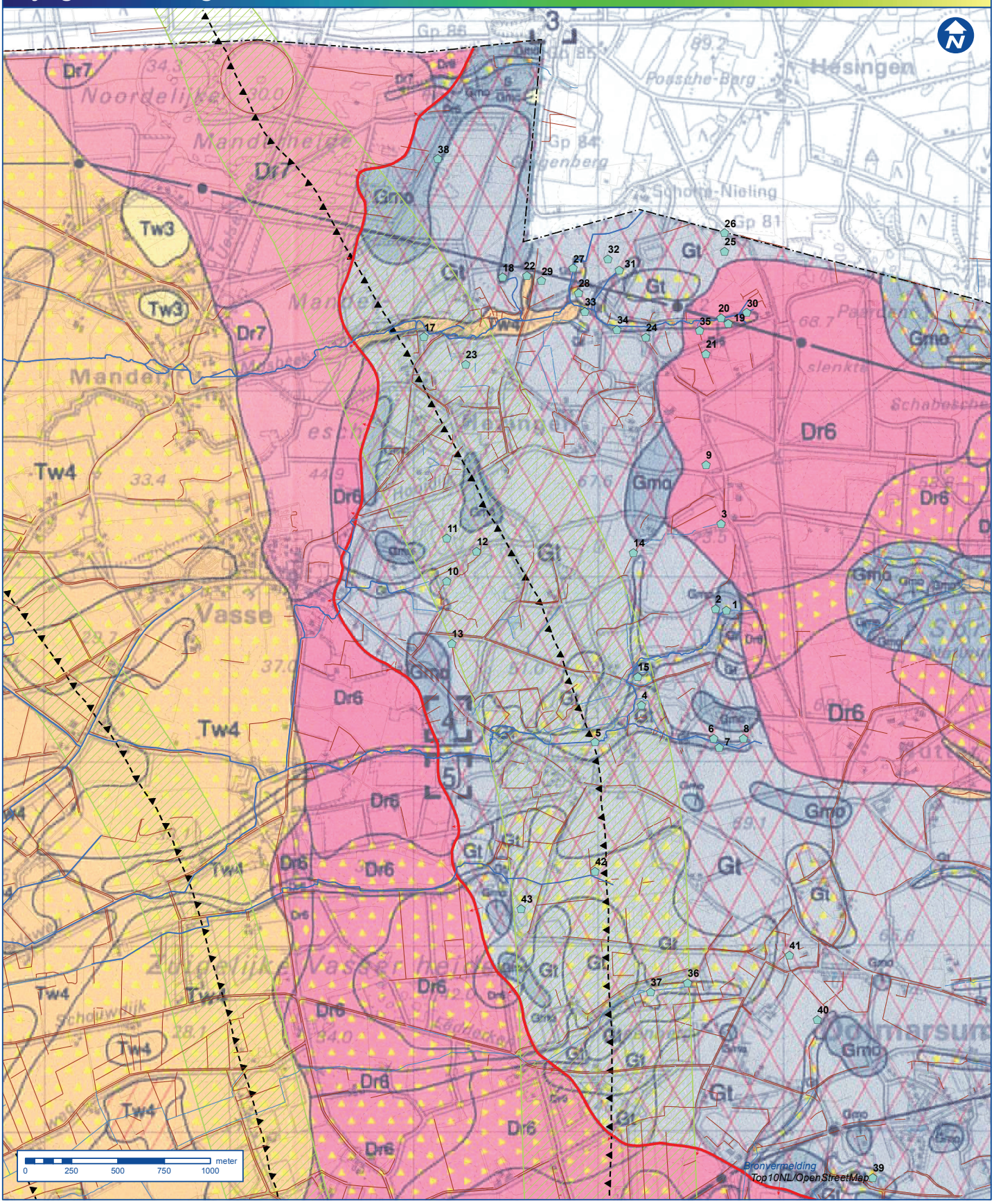
Versie
V3.00

Datum
08/05/2015

Schaal
1:20000

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

Bijlage 1.2 Geologische kaart



Overzicht

Legenda

- Bronnen met ID
- Waterlopen Waterschap Vechtstromen
- Top10 Vector: waterloop
- Top10 Vector: greppel/droge sloot
- Grens NL-DE
- Gestuwd (RHDHV, 2015)
- Breuklijnen (Den Otter, 2000)
- Onzekerheidsband breuklijnen (Den Otter, 2000)

Projectnaam
Stuwwal Ootmarsum

Opdrachtgever
Provincie Overijssel

Auteur
T. van Steijn

Controleur
C.W. Stroet

Papierformaat
A3P

Kaartnummer
BD7227-D01-N012

Versie
V3.00

Datum
08/05/2015

Schaal
1:20000

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

Bijlage 1.2 Geologische kaart (Legenda)

Bron: van den Berg et al 1993

KWARTAIR *QUATERNARY*

HOLOCEEN *HOLOCENE*

Formatie van Kootwijk *Kootwijk Formation*

S — Stuifzand (matig fijn zand) op oudere afzettingen (zie code), meestal met een tussenschakeling van dekzand [F. v. Tw.] dunner dan 2 m
Inland-dune sands (moderately fine sand) on older deposits, locally with an intercalation of coversands [Tw. F.] <2m

Formatie van Singraven *Singraven Formation*

Si^b — Beekafzettingen (matig fijn-, matig grof- en zeer grof zand, plaatselijk met leem of veen) dikker dan 1 m
Brook deposits (moderately fine- moderately coarse- and very coarse sand, locally with loam or peat) >1m

Formatie van Griendtsveen *Griendtsveen Formation*

Gr^v — Veen (oligotroof) dikker dan 1 m
Peat (oligotrophic) >1 m

PLEISTOCEEN *PLEISTOCENE*

Formatie van Twente *Twente Formation*

Tw3 — Dekzand (zeer fijn- en matig fijn zand) dikker dan 2 m
Coversands (very fine- and moderately fine sand) > 2m

Tw4 — Fluvioperiglaciale afzettingen (matig fijn- en matig grof zand, plaatselijk met leem en/of veen) dikker dan 2m
Fluvioperiglacial deposits (moderately fine- and moderately coarse sand, locally with loam or peat) >2m

Tw5 — Hellingafzettingen (grindhoudend fijn- en grof zand) dikker dan 2m
Slope deposits (gravelly fine- and coarse sand) >2m

Formatie van Drente *Drente Formation*

Dr6 — Grondmorene (keileem: grindhoudend lemig zand en leem, met stenen en blokken)
Till (boulder clay: gravelly loamy sand and loam with stones and boulders)

Dr7 — Fluvioglaciale afzettingen (grindhoudend matig grof- en zeer grof zand)
Fluvioglacial deposits (gravelly- moderately coarse- and very coarse sand)

GESTUWDE FORMATIES *ICE-PUSHED FORMATIONS*

Formaties van Drente, Urk/Enschede, Scheemda, Breda, Rupel en Dongen
Drente, Urk/Enschede, Scheemda, Breda, Rupel and Dongen Formations

Gmo — Midden- en Onder- pleistocene formaties (zand en grind)
Middle- and Lower Pleistocene formations (sand and gravel)

Gmot — Midden- en Onder- pleistocene formaties en pliocene formaties (zand en grind)
Middle- and Lower Pleistocene formations and Pliocene formations (sand and gravel)

Gt — Tertiaire formaties (klei, leem, zand)
Tertiary formations (clay, loam, sand)

DIVERSEN *MISCELLANEOUS*

Fluvioglaciale afzettingen - esker
Fluvioglacial deposits - esker

Noordgrens van de verplaatste gestuwde formaties
Northern boundary of displaced ice-pushed formations

Groeve/ontsluiting: *Pit/exposure*
1 Staringgroeve (geologisch monument)
2 Het Lutterzand
3 Groeve Osse

Voormalige groeve: *Pit, abandoned*
1 Groeve Aalderink II
2 Groeve Leenderts
3 Groeve Hermelink
4 Groeve Vasse noord
5 Groeve Vasse zuid
6 Groeve Rientjes

Water - Niet opgenomen
Water - Not surveyed

Opgehoogd
Raised

Profiellijn met boorpunt
Line of section with borehole location

BEDEKKINGEN *COVERAGE*

Veen (eutroof) [F.v.Si.] dunner dan 1 m
Peat (eutrophic) [Si.F.] < 1 m

Beekafzettingen (zand) [F.v.Si.] dunner dan 1 m
Brook deposits (sand) [Si.F.] <1 m

Beekafzettingen (klei) [F.v.Si.] dunner dan 1 m
Brook deposits (clay) [Si.F.] < 1 m

Veen [F.v.Gr.] dunner dan 1 m
Peat [Gr.F.] < 1 m

Dekzand [F.v.Tw.] dunner dan 2 m
Coversands [Tw.F.] < 2 m

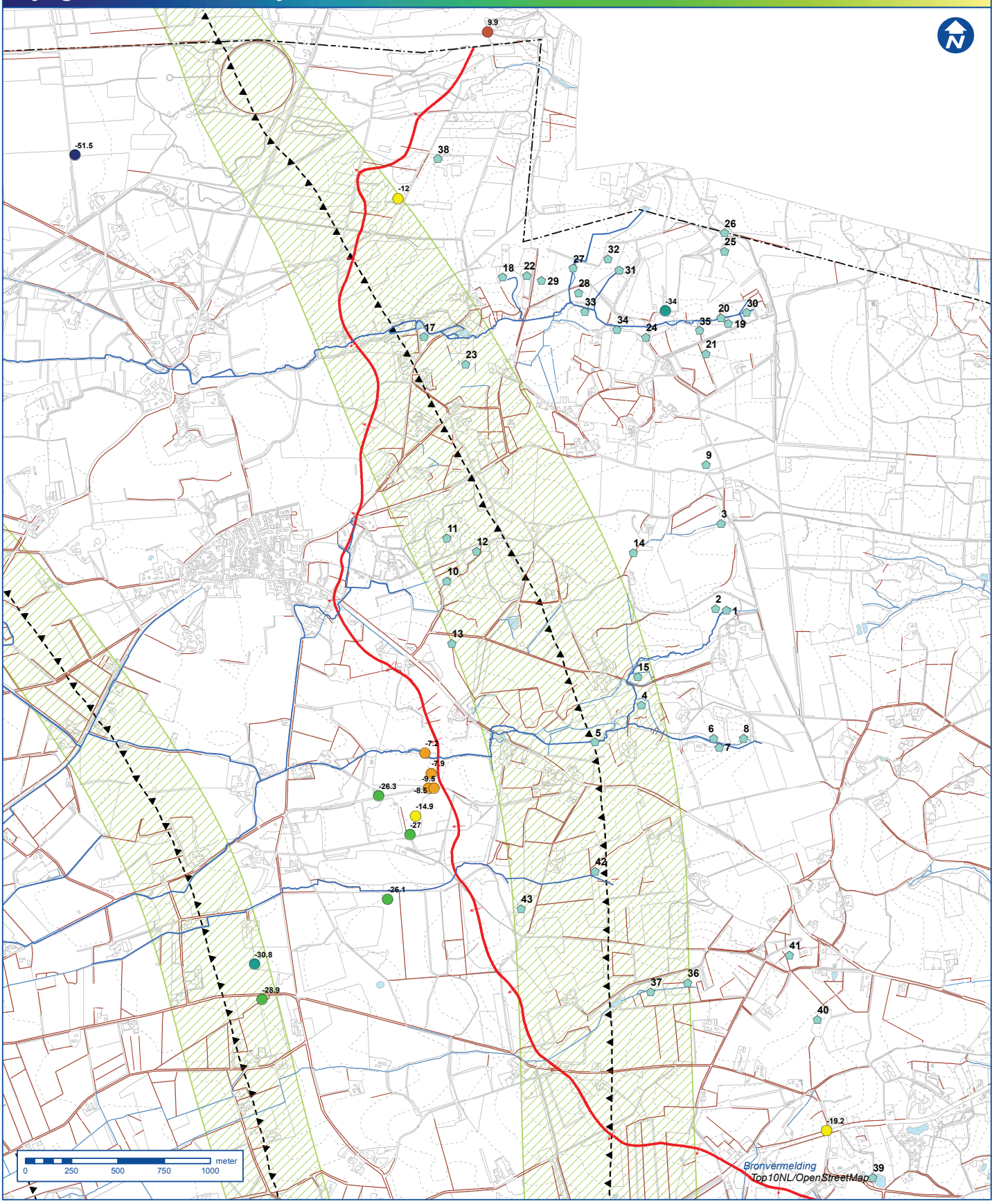
Fluvioperiglaciale afzettingen [F.v.Tw.] dunner dan 2 m
Fluvioperiglacial deposits [Tw.F.] <2 m

Hellingafzettingen [F.v.Tw.] dunner dan 2 m
Slope deposits [Tw.F.] < 2 m

Dekzand op fluvioperiglaciale afzettingen of op hellingafzettingen [F.v.Tw.], samen dunner dan 2 m
Coversands on fluvioperiglacial deposits or on slope deposits [Tw.F.], totally < 2 m

b.v. Dr6
b.v. Dr6
b.v. Dr6
b.v. Dr6

Bijlage 1.3 Breuk Oostzijde Slenk van Reutum



Overzicht

Legenda

- Bronnen met ID
- Waterlopen Waterschap Vechtstromen
- Top10 Vector: waterloop
- Top10 Vector: greppel/droge sloot
- Grens NL-DE
- Gestuwd (RHDHV, 2015)
- Breuklijnen (Den Otter, 2000)
- Onzekerheidsband breuklijnen (Den Otter, 2000)

Basis watervoerend pakket o.b.v. boring (DHV, 2003)

- < -40
- -40 tot -30
- -30 tot -20
- -20 tot -10
- -10 tot 0
- 0 tot 10

Projectnaam
Stuwwal Ootmarsum

Opdrachtgever
Provincie Overijssel

Auteur
T. van Steijn

Controleur
C.W. Stroet

Papierformaat
A3P

Kaartnummer
BD7227-D01-N013

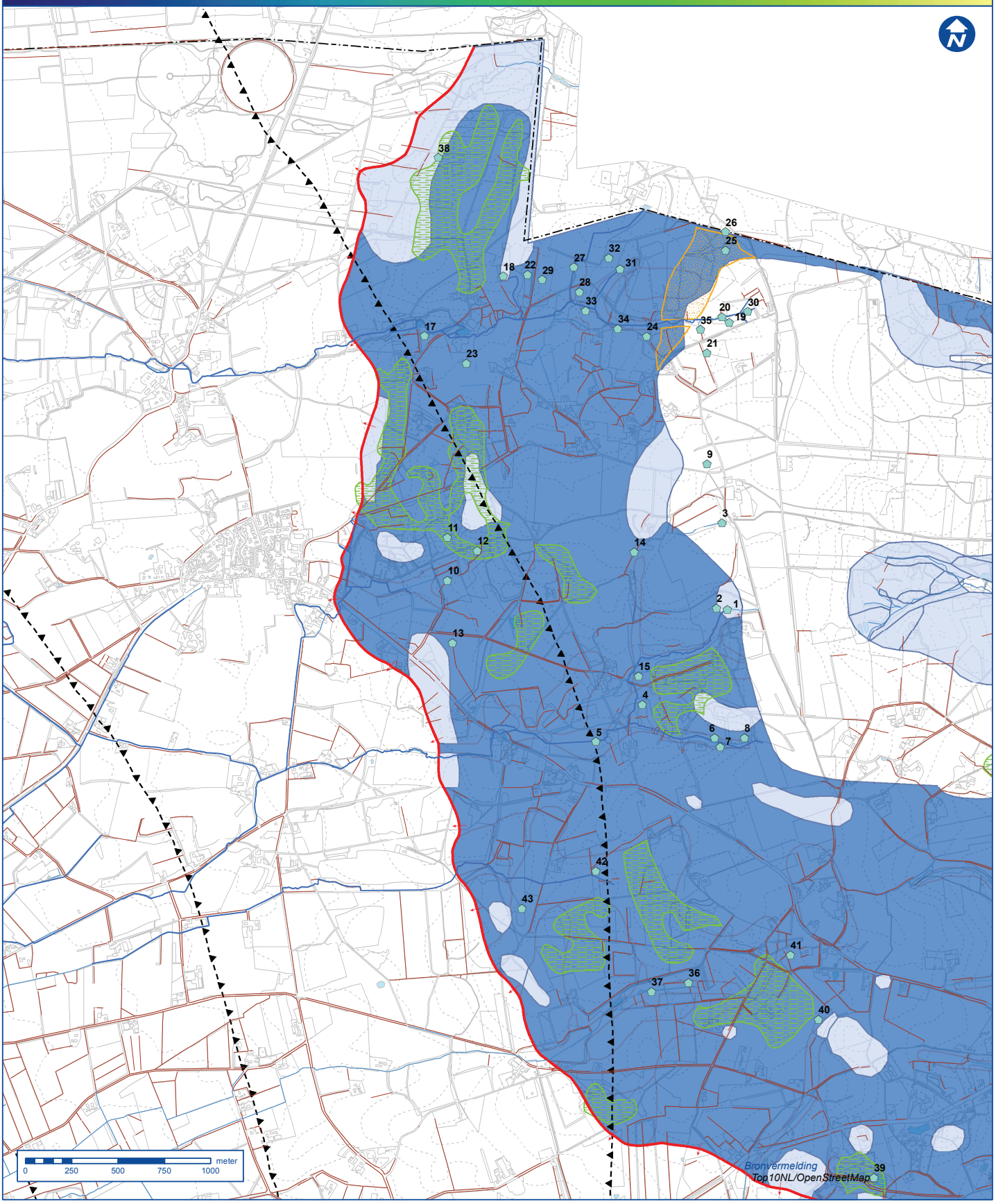
Versie
V3.00

Datum
08/05/2015

Schaal
1:20000

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

Bijlage 1.4 Gestuwde afzettingen aan maaiveld



Overzicht

Legenda

- Bronnen met ID
- Waterlopen Waterschap Vechtstromen
- Top10 Vector: waterloop
- Top10 Vector: greppel/droge sloot
- Grens NL-DE
- Gestuwd (RHDHV, 2015)
- Breuklijnen (Den Otter, 2000)
- Bodemkaart 1:50,000: tertaire klei
- Detailkaart gestuwde afzettingen: grof zand
- Geologische kaart: Gmo (zand en grind)
- Geologische kaart: Gt (klei, leem en zand)

Projectnaam
Stuwwal Ootmarsum

Opdrachtgever
Provincie Overijssel

Auteur
T. van Steijn

Controleur
C.W. Stroet

Papierformaat
A3P

Kaartnummer
BD7227-D01-N014

Versie
V3.00

Datum
08/05/2015

Schaal
1:20000

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

Bijlage 1.5 Detailkaart gestuwde afzettingen

meter
0 250 500 750 1000

Bronvermelding
Top10NL/OpenStreetMap

Overzicht

Legenda

- Bronnen met ID
- Waterlopen Waterschap Vechtstromen
- Top10 Vector: waterloop
- Top10 Vector: greppel/droge sloot
- Grens NL-DE
- Gestuwd (RHDHV, 2015)
- Breuklijnen (Den Otter, 2000)

Detailkaart gestuwde afzettingen

- Groeve
- Grof Zand
- Keileem
- Zand, Silt, Klei
- Zware Klei

Projectnaam
Stuwwal Ootmarsum

Opdrachtgever
Provincie Overijssel

Auteur
T. van Steijn

Controleur
C.W. Stroet

Papierformaat
A3P

Kaartnummer
BD7227-D01-N015

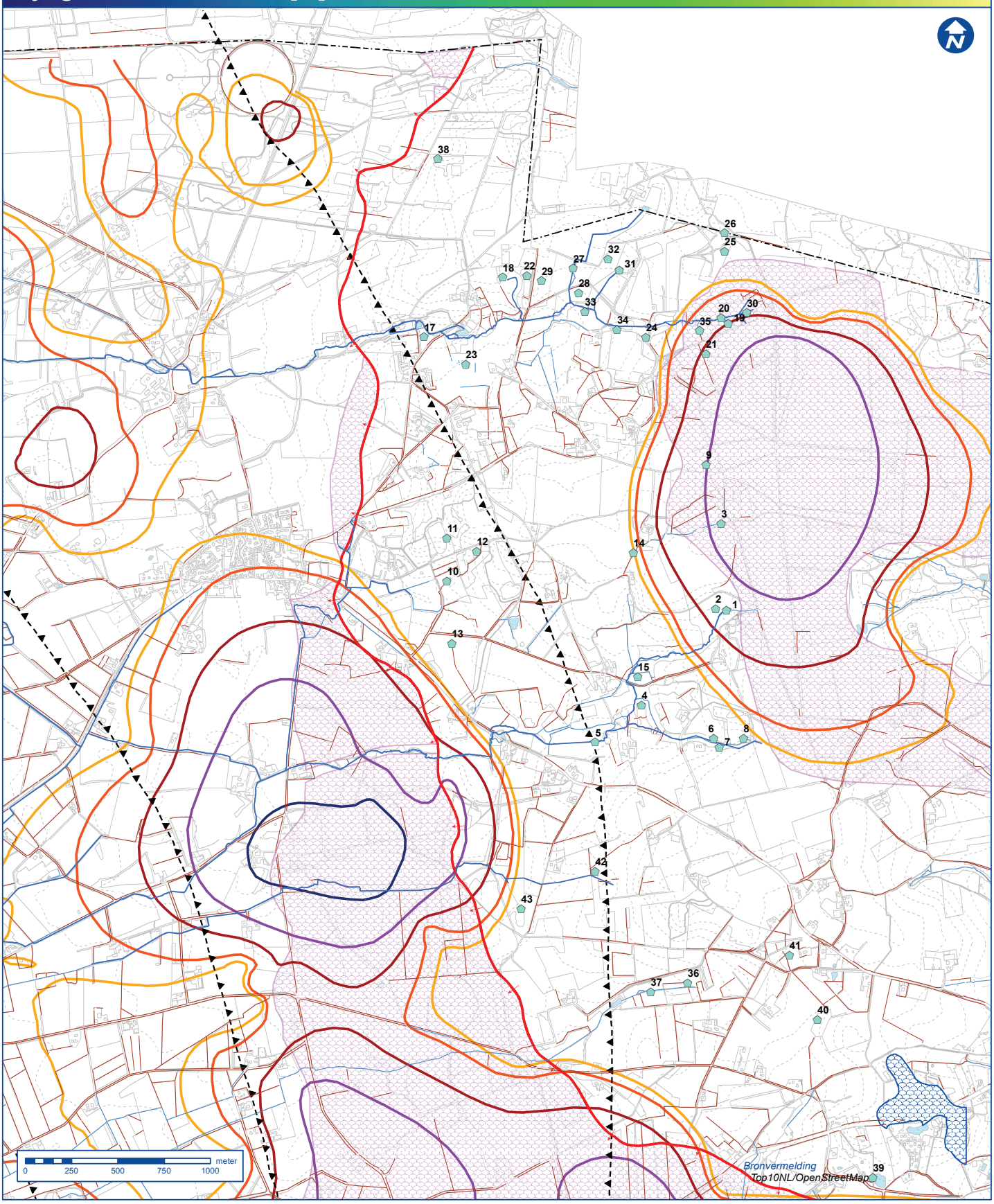
Versie
V3.00

Datum
08/05/2015

Schaal
1:20000

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

Bijlage 1.6 Dikte keileem [m]



Overzicht

Legenda

- Bronnen met ID
- Waterlopen Waterschap Vechtstromen
- Top10 Vector: waterloop
- Top10 Vector: greppel/droge sloot
- Grens NL-DE
- Gestuwd (RHDHV, 2015)
- Breuklijnen (Den Otter, 2000)

Contouren grondmorene (Den Otter, 2000)

dikte keileem [m]

- 1
- 2
- 5
- 10
- 20
- Bodemkaart 1:50,000: klei, keileem
- Geologische kaart: Dr6 (keileem)

Projectnaam
Stuwwal Ootmarsum

Opdrachtgever
Provincie Overijssel

Auteur
T. van Steijn

Controleur
C.W. Stroet

Papierformaat
A3P

Kaartnummer
BD7227-D01-N016

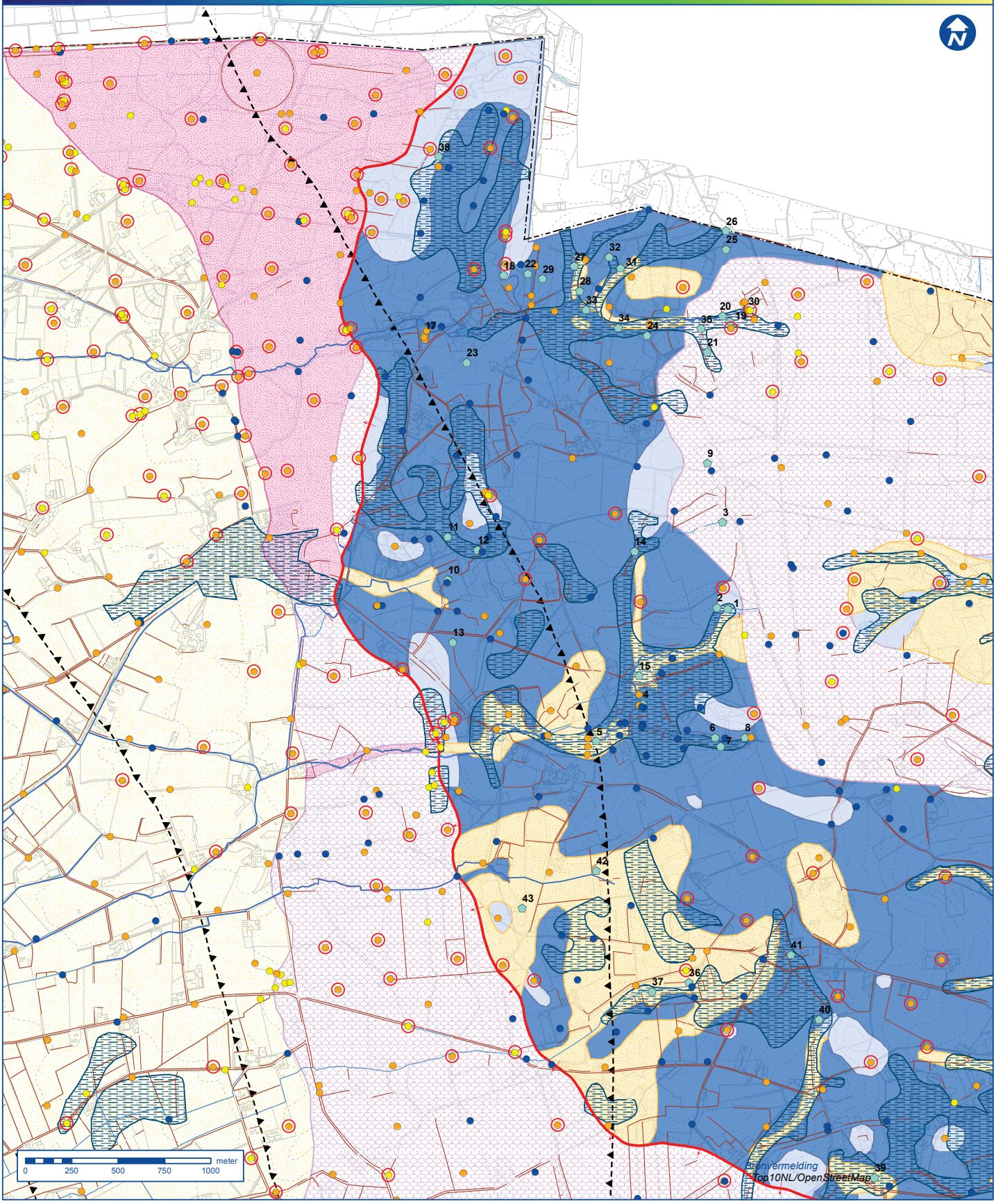
Versie
V3.00

Datum
08/05/2015

Schaal
1:20000

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

Bijlage 1.7 Dikte zand aan maaiveld [m]



Overzicht

Legenda

- Bronnen met ID
- Grens NL-DE
- Gestuwd (RHDHV, 2015)
- Breuklijnen (Den Otter, 2000)
- Bodemkaart 1:50,000: klei- of veenbodem
- Geologische kaart: Dekzand (dunner dan 2 m)
- Geologische kaart: Dr6 (keileem)
- Geologische kaart: Dr7 (grof zand en grind)
- Geologische kaart: Twente (fijn en matig fijn zand)
- Geologische kaart: Gmo (zand en grind)
- Geologische kaart: Gt (klei, leem en zand)

Boringen met zanddikte

dikte zand aan maaiveld [m]

- < 1
- 1 tot 5
- > 5
- zand tot einddiepte boring

Projectnaam
Stuwwal Ootmarsum

Opdrachtgever
Provincie Overijssel

Auteur
T. van Steijn

Controleur
C.W. Stroet

Papierformaat
A3P

Kaartnummer
BD7227-D01-N017

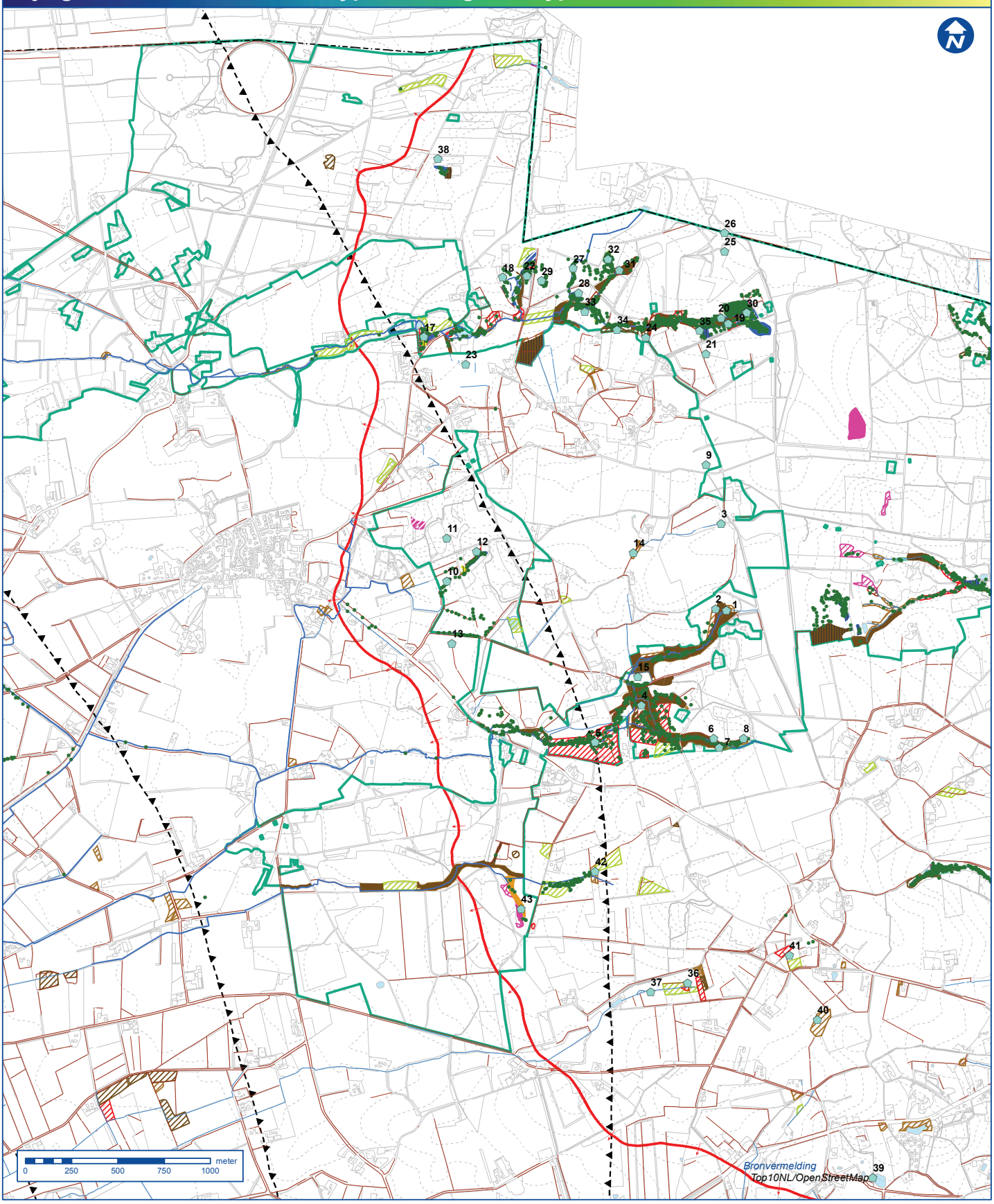
Versie
V3.00

Datum
08/05/2015

Schaal
1:20000

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

Bijlage 1.8: Overzicht habitattypen en vegetatietypen



Overzicht

Legenda

- Bronnen met ID
- Vegetatiestandplaatsen
- Waterlopen Waterschap Vechtstromen
- Top10 Vector: waterloop
- Top10 Vector: greppel/droge sloot
- Grens NL-DE
- Gestuwd (RHDHV, 2015)
- Breuklijnen (Den Otter, 2000)
- Natura 2000 gebied

Projectnaam
Stuwwal Ootmarsum

Opdrachtgever
Provincie Overijssel

Auteur
T. van Steijn

Controleur
C.W. Stroet

Papierformaat
A3P

Kaartnummer
BD7227-D01-N018

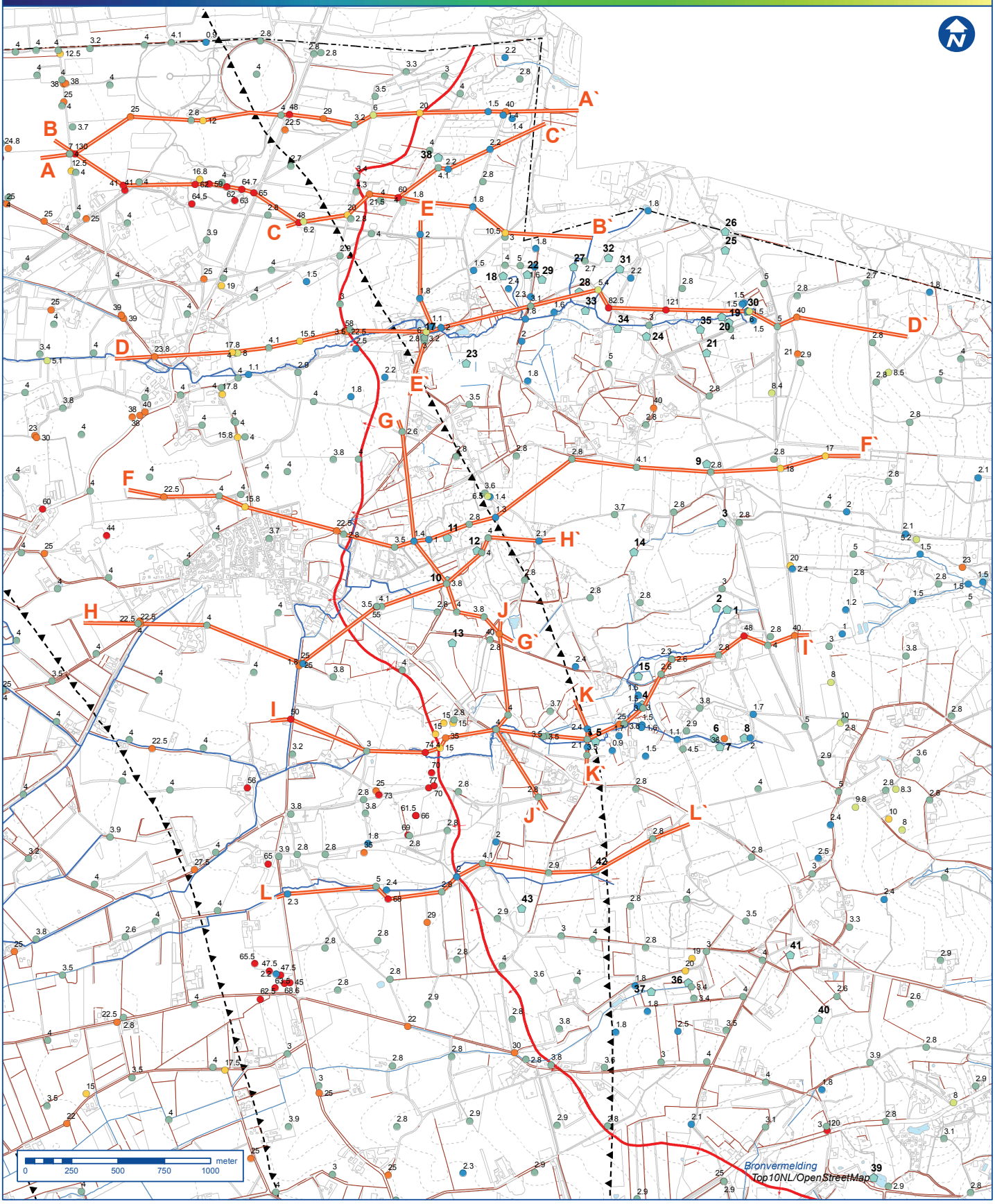
Versie
V3.00

Datum
08/05/2015

Schaal
1:20000

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

Bijlage 1.9 Overzicht dwarsprofielen en boringen



Overzicht

Legenda

- Bronnen met ID
- Waterlopen Waterschap Vechtstromen
- Top10 Vector: waterloop
- Top10 Vector: greppel/droge sloot
- Grens NL-DE
- Gestuwd (RHDHV, 2015)
- Breuklijnen (Den Otter, 2000)
- Dwarsprofielen

Boringen met diepte

diepte boring [m-mv]

- < 2.5
- 2.5 tot 5
- 5 tot 10
- 10 tot 20
- 20 tot 40
- > 40

Projectnaam
Stuwwal Ootmarsum

Opdrachtgever
Provincie Overijssel

Auteur
T. van Steijn

Controleur
C.W. Stroet

Papierformaat
A3P

Kaartnummer
BD7227-D01-N019

Versie
V3.00

Datum
08/05/2015

Schaal
1:20000

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

Bijlage 1.10: Gecombineerde Duitse en Nederlandse geologische kaarten

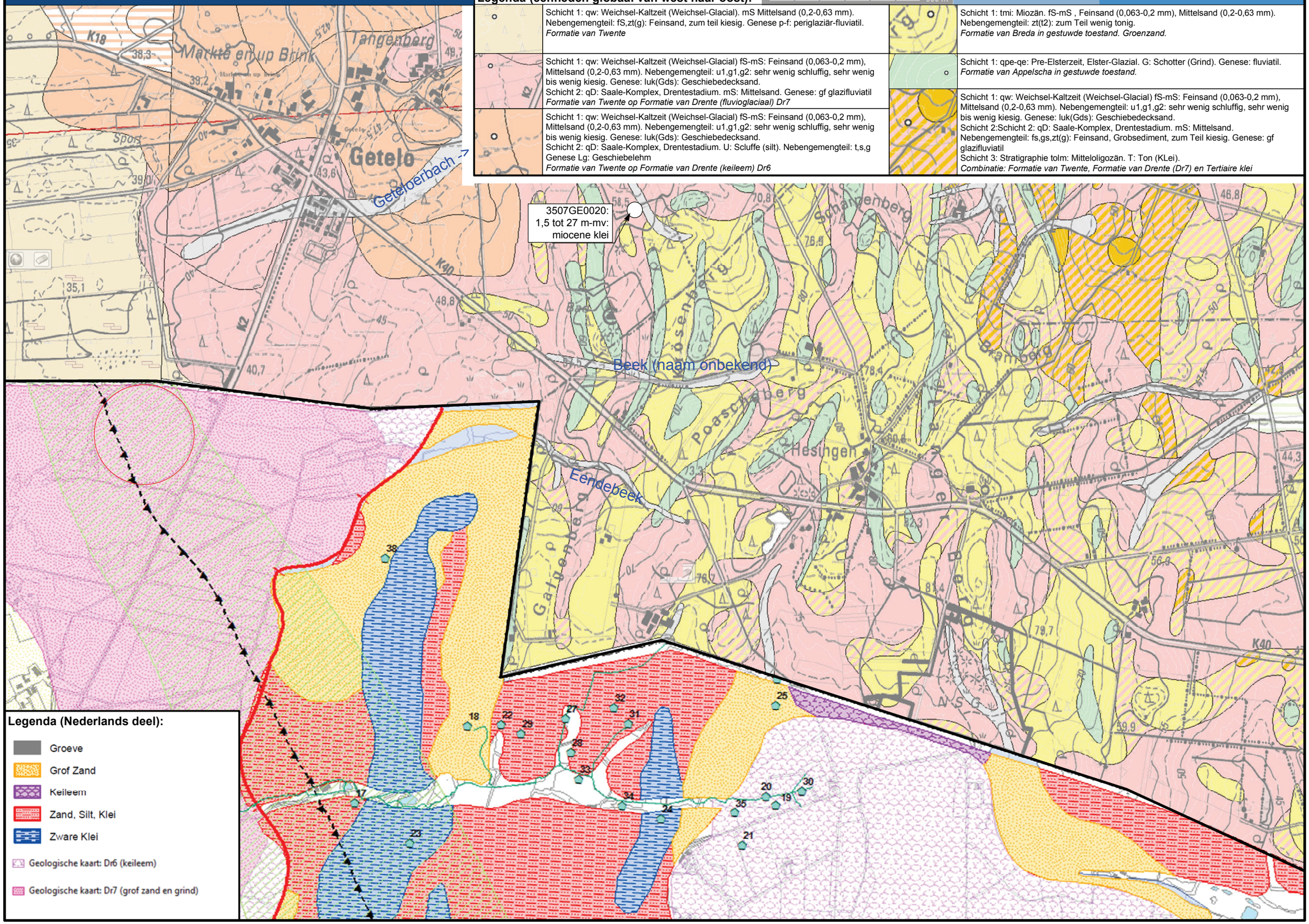
Geologische Übersichtskarte 1:25.000
Blatt 3506 (Getelomoor, Reuter, G.; 1979). Blatt 3507 (Neuenhaus Süd, Dietz, C. 1949; Höfle, H.-C. 1979)
Gekarteerde diepte: 2 m.

NIBIS® KARTENSERVER

Legenda (eenheden globaal van west naar oost):

600 m

	Schicht 1: qw: Weichsel-Kaltzeit (Weichsel-Glacial). mS Mittelsand (0,2-0,63 mm). Nebengemengteil: fS,zt(g): Feinsand, zum teil kiesig. Genese p-f: periglaziär-fluviatil. *Formatie van Twente*
	Schicht 1: qw: Weichsel-Kaltzeit (Weichsel-Glacial) fS-mS: Feinsand (0,063-0,2 mm), Mittelsand (0,2-0,63 mm). Nebengemengteil: u1,g1,g2: sehr wenig schluffig, sehr wenig bis wenig kiesig. Genese: luk(Gds): Geschiebedecksand. Schicht 2: qD: Saale-Komplex, Drentestadium. mS: Mittelsand. Genese: gf glazifluviatil *Formatie van Twente op Formatie van Drente (fluvioglaciaal) Dr7*
	Schicht 1: qw: Weichsel-Kaltzeit (Weichsel-Glacial) fS-mS: Feinsand (0,063-0,2 mm), Mittelsand (0,2-0,63 mm). Nebengemengteil: u1,g1,g2: sehr wenig schluffig, sehr wenig bis wenig kiesig. Genese: luk(Gds): Geschiebedecksand. Schicht 2: qD: Saale-Komplex, Drentestadium. U: Scluffe (silt). Nebengemengteil: t,s,g Genese Lg: Geschiebelehm *Formatie van Twente op Formatie van Drente (keileem) Dr6*
	Schicht 1: tmi: Miozän. fS-mS , Feinsand (0,063-0,2 mm), Mittelsand (0,2-0,63 mm). Nebengemengteil: zt(t2): zum Teil wenig tonig. *Formatie van Breda in gestuwde toestand. Groenzand.*
	Schicht 1: qpe-qe: Pre-Elsterzeit, Elster-Glazial. G: Schotter (Grind). Genese: fluviatil. *Formatie van Appelscha in gestuwde toestand.*
	Schicht 1: qw: Weichsel-Kaltzeit (Weichsel-Glacial) fS-mS: Feinsand (0,063-0,2 mm), Mittelsand (0,2-0,63 mm). Nebengemengteil: u1,g1,g2: sehr wenig schluffig, sehr wenig bis wenig kiesig. Genese: luk(Gds): Geschiebedecksand. Schicht 2:Schicht 2: qD: Saale-Komplex, Drentestadium. mS: Mittelsand. Nebengemengteil: fs,gs,zt(g): Feinsand, Grobsediment, zum Teil kiesig. Genese: gf glazifluviatil Schicht 3: Stratigraphie tolm: Mitteloligozän. T: Ton (KLei). *Combinatie: Formatie van Twente, Formatie van Drente (Dr7) en Tertiaire klei*



BIJLAGE 2 Detailkaarten natuurwaarden

Legenda grondwaterafhankelijke habitattypen en vegetatietypen

Habitattypen

Habitattypen

- H4010A, Vochtige heiden (hogere zandgronden)
- H6410, Blauwgraslanden
- H7150, Pioniervegetaties met snavelbiezen
- H7230, Kalkmoerassen
- H91D0, Hoogveenbossen
- H91E0C, Vochtige alluviale bossen (beekbegeleidende bossen)

Zoekgebieden

- ZGH4010A, Zoekgebied vochtige heiden (hogere zandgronden)
- ZGH6410, Zoekgebied blauwgraslanden
- ZGH7140A, Zoekgebied overangs- en trilvenen (trilvenen)
- ZGH91E0C, Zoekgebied vochtige alluviale bossen (beekbegeleidende bossen)

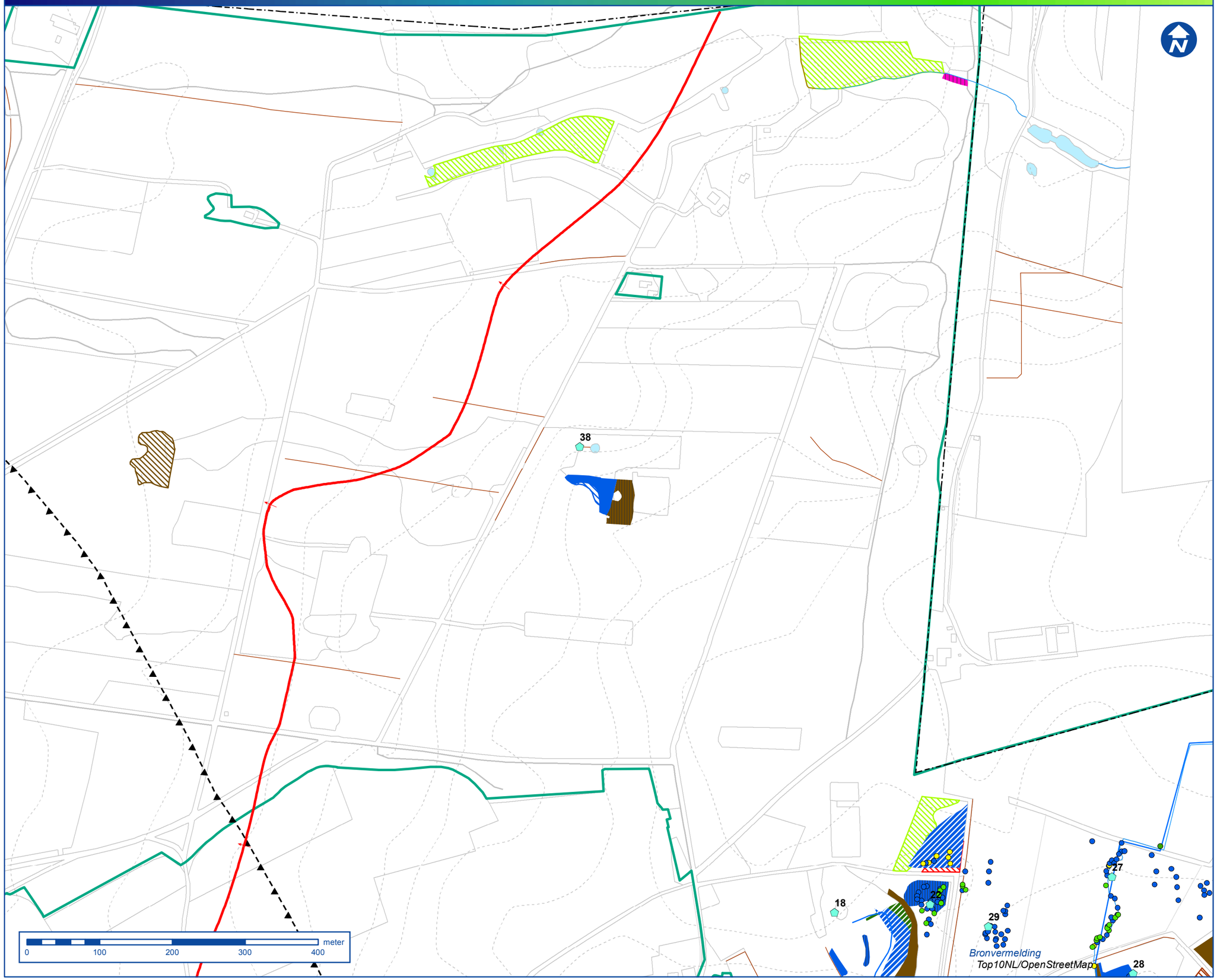
Combinaties

- Combinatie met dominantie van H4010A vochtige heiden
- Combinatie met dominantie van H6410 blauwgraslanden
- Combinatie met dominantie van H7150 pioniervegetaties met snavelbiezen
- Combinatie met dominantie van H7230 kalkmoerassen
- Combinatie met dominantie van H91E0C beekbegeleidende bossen
- Combinatie met dominantie van ZGH6410 blauwgrasland

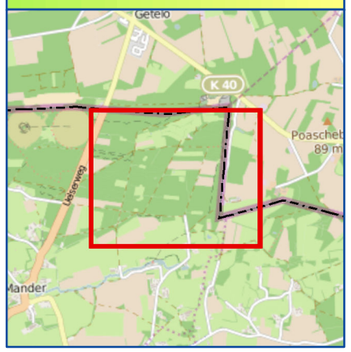
Vegetatietypen

- Dopheivegetatie (Ericion)
- Blauwgrasland
- Dotterbloemhooiland
- Elzen-Essenbos/Eiken-Essenbos/Vogelkers-Essenbos
- Elzenbroekbos/Wilgenbroekstruweel
- Elzenbronbos
- Soortenrijke helofyten- en Grote zeggenvegetatie
- Wisselvochtig grasland

Bijlage 2.1 Eendebeek en Holtzuse: Habitattypen, vegetatietypen en soorten



Overzicht



Legenda

- Bronnen met ID

Vegetatie: soorten

- Bittere veldkers
- Bosbies
- Bronkruid
- Gewone dotterbloem
- Holpijp
- Paarbladig goudveil
- Veldrus
- Verspreidbladig goudveil
- Waterlopen W.s. Vechtstromen
- Top10 Vector: waterloop
- Top10 Vector: greppel/droge sloot
- Gestuwd (RHDHV, 2015)
- Breuklijnen (Den Otter, 2000)
- Grens NL-DE
- Natura 2000 gebied

Projectnaam
Stuwwal Ootmarsum

Opdrachtgever
Provincie Overijssel

Auteur
T. van Steijn

Controleur
C.W. Stroet

Papierformaat
A3L

Kaartnummer
BD7227-D01-N021

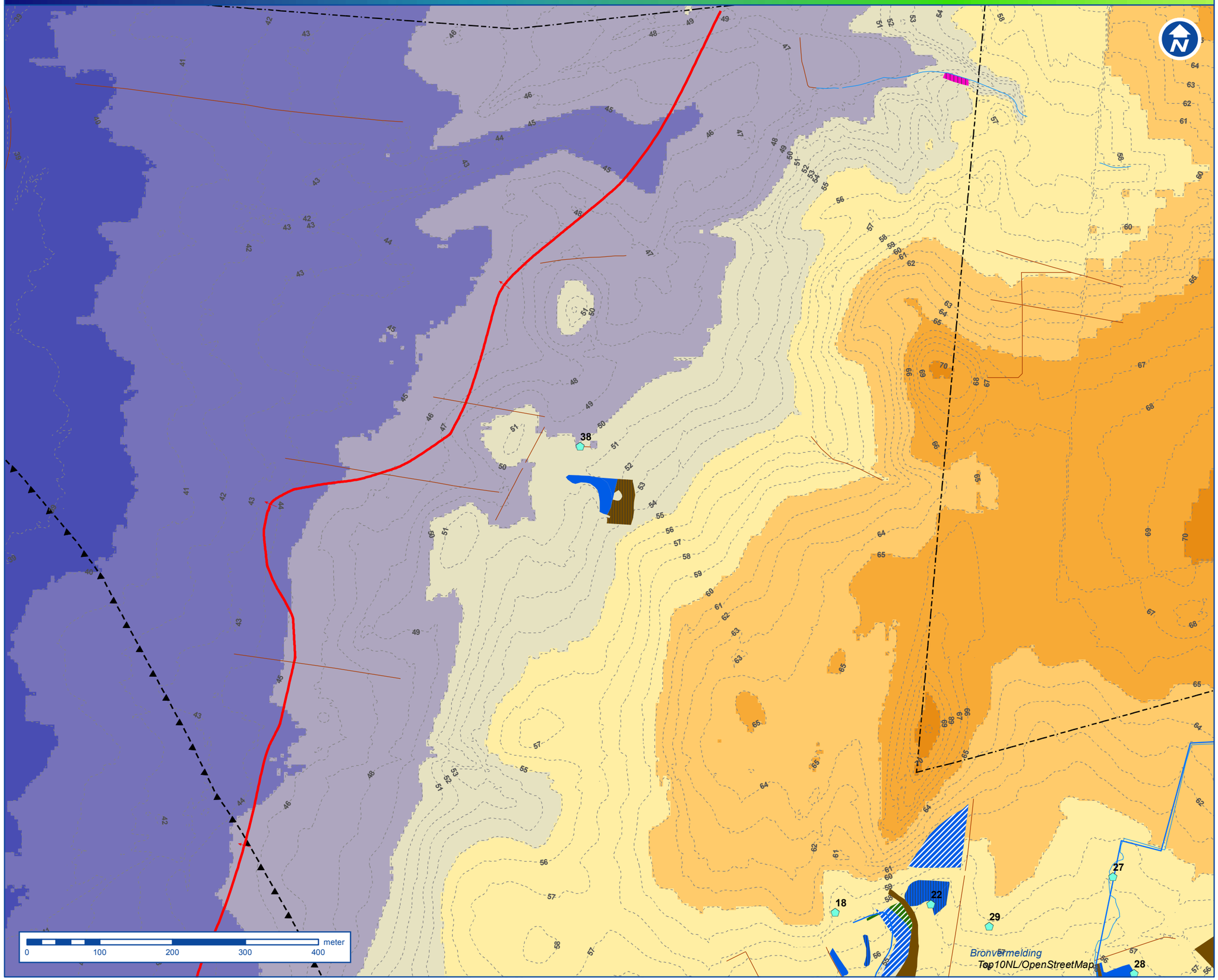
Versie
V2.00

Datum
15/05/2015

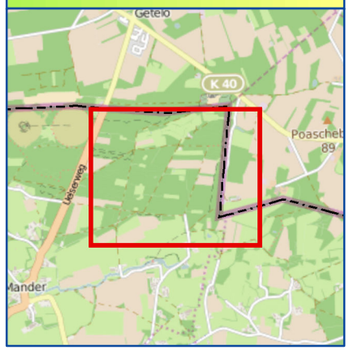
Schaal
1:5000

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

Bijlage 2.2 Eendebeek en Holtzuse: Maaiveldhoogte



Overzicht



Legenda

- Bronnen met ID
- Waterlopen W.s. Vechtstromen
- Top10 Vector: waterloop
- Top10 Vector: greppel/droge sloot
- Gestuwd (RHDHV, 2015)
- Breuklijnen (Den Otter, 2000)
- Grens NL-DE
- Contouren maaiveldhoogte

Maaiveldhoogte [m+NAP]

- 20 tot 25
- 25 tot 30
- 30 tot 35
- 35 tot 40
- 40 tot 45
- 45 tot 50
- 50 tot 55
- 55 tot 60
- 60 tot 65
- 65 tot 70
- 70 tot 75
- 75 tot 80
- 80 tot 85
- 85 tot 90

Projectnaam
Stuwwal Ootmarsum

Opdrachtgever
Provincie Overijssel

Auteur
T. van Steijn

Controleur
C.W. Stroet

Kaartnummer
BD7227-D01-N022

Datum
08/05/2015

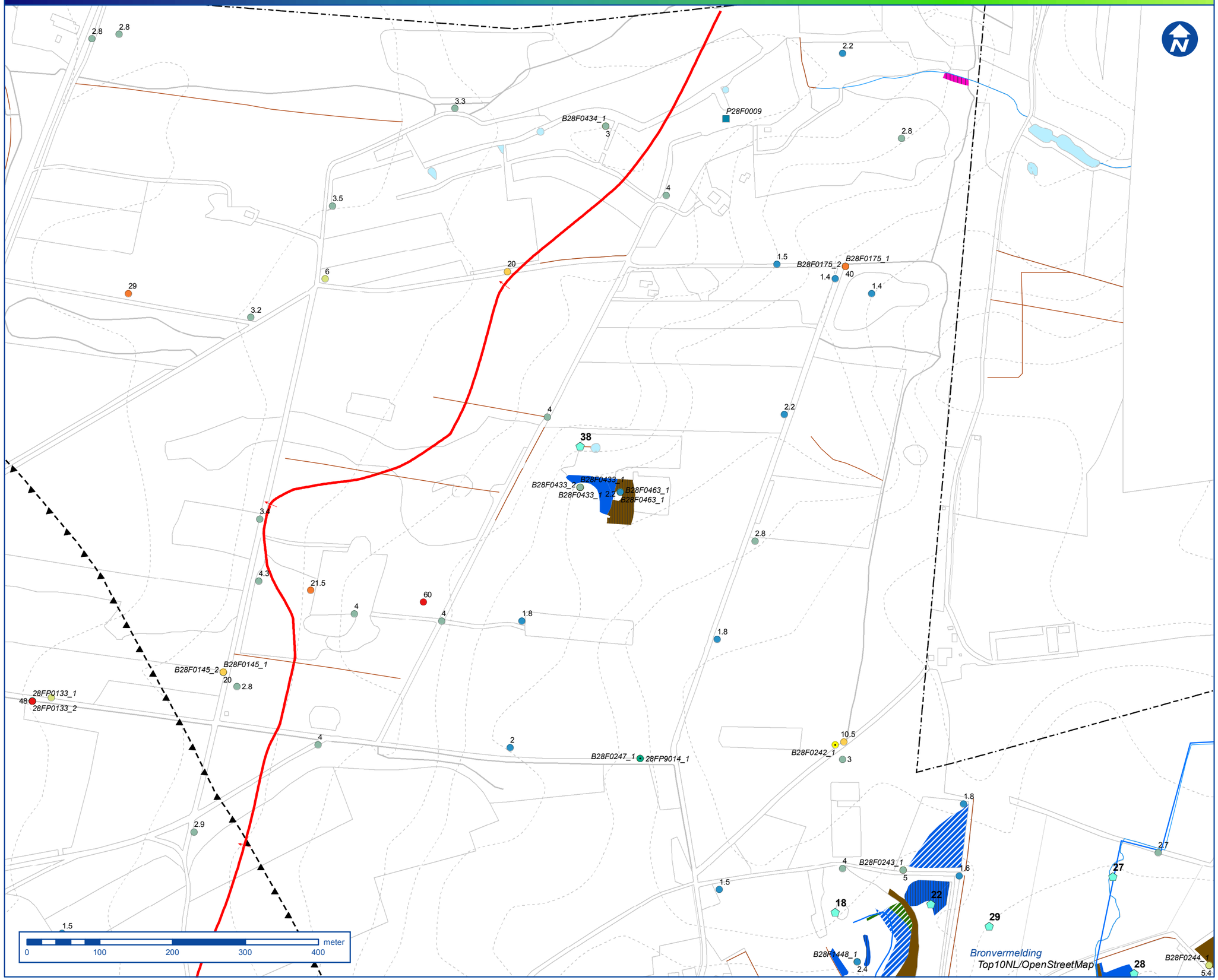
Schaal
1:5000

Papierformaat
A3L

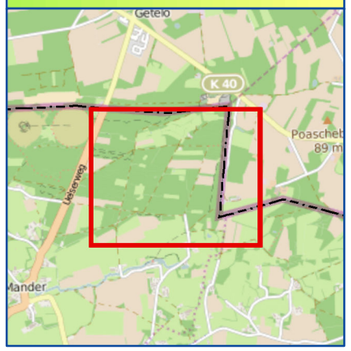
Versie
V2.00

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

Bijlage 2.3 Eendebeek en Holtzuse: Boringen, peilbuizen en begrenzing overgangsgebied



Overzicht



Legenda

Boringen met einddiepte

diepte boring [m-mv]

- < 2.5
- 2.5 tot 5
- 5 tot 10
- 10 tot 20
- 20 tot 40
- > 40
- Peilschalen Dinoloket
- Peilbuizen Landschap Overijssel
- Peilbuizen Vitens
- Peilbuizen Dinoloket
- Bronnen met ID
- Waterlopen W.s. Vechtstromen
- Top10 Vector: waterloop
- Top10 Vector: greppel/droge sloot
- Gestuwd (RHDHV, 2015)
- Breuklijnen (Den Otter, 2000)
- Grens NL-DE

Projectnaam
Stuwwal Ootmarsum

Opdrachtgever
Provincie Overijssel

Auteur
T. van Steijn

Controleur
C.W. Stroet

Papierformaat
A3L

Kaartnummer
BD7227-D01-N023

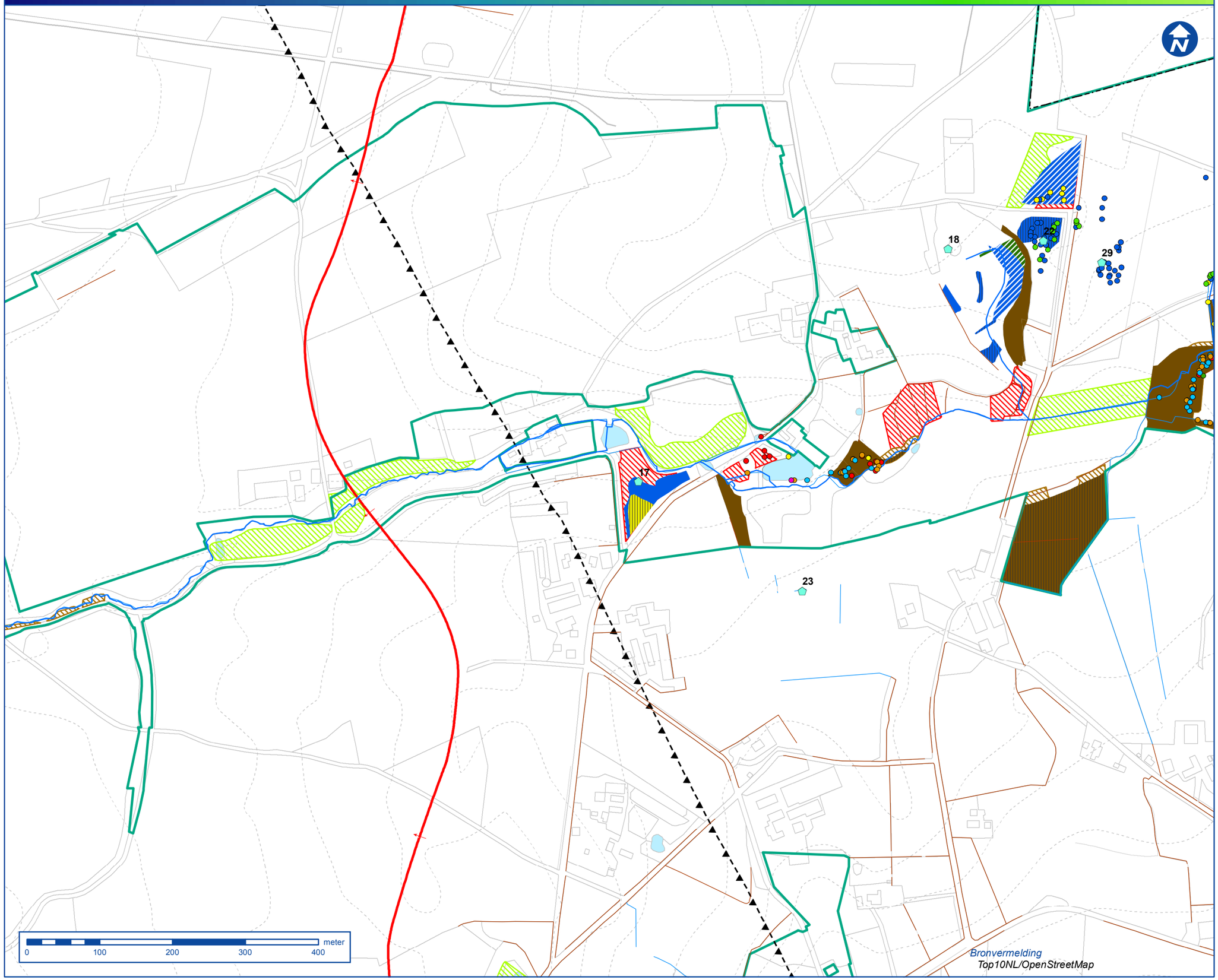
Versie
V2.00

Datum
15/05/2015

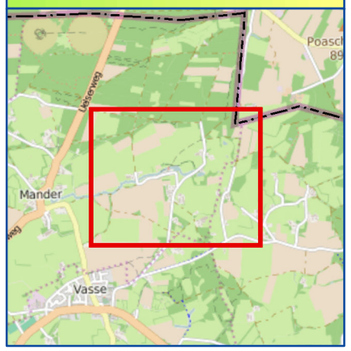
Schaal
1:5000

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

Bijlage 3.1 Mosbeek: Habitattypen, vegetatietypen en soorten



Overzicht



Legenda

- Bronnen met ID

Vegetatie: soorten

- Bittere veldkers
- Bosbies
- Bronkruid
- Gewone dotterbloem
- Holpijp
- Paarbladig goudveil
- Veldrus
- Verspreidbladig goudveil
- Waterlopen W.s. Vechtstromen
- Top10 Vector: waterloop
- Top10 Vector: greppel/droge sloot
- Gestuwd (RHDHV, 2015)
- Breuklijnen (Den Otter, 2000)
- Grens NL-DE
- Natura 2000 gebied

Projectnaam
Stuwwal Ootmarsum

Opdrachtgever
Provincie Overijssel

Auteur
T. van Steijn

Controleur
C.W. Stroet

Papierformaat
A3L

Kaartnummer
BD7227-D01-N031

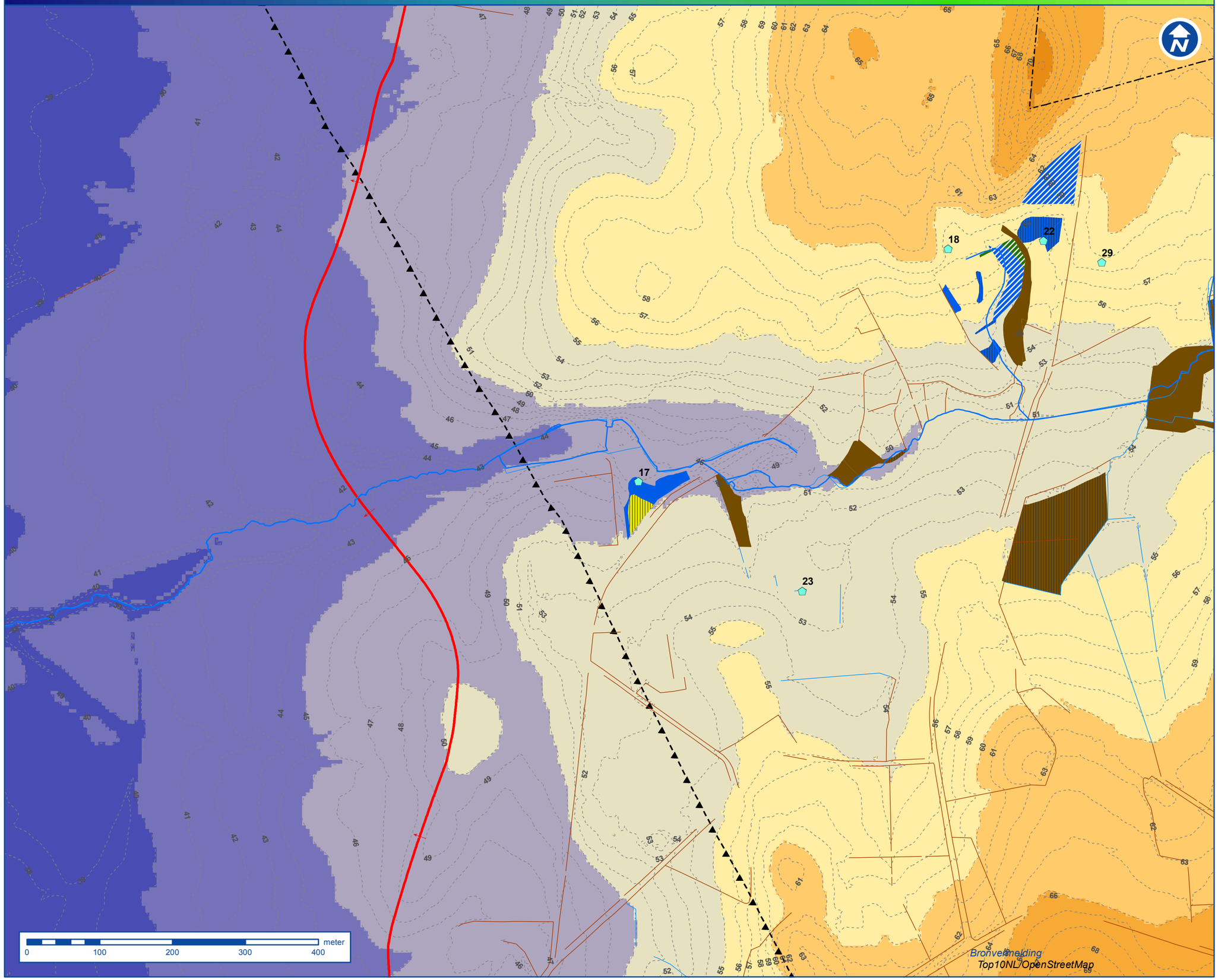
Versie
V2.00

Datum
15/05/2015

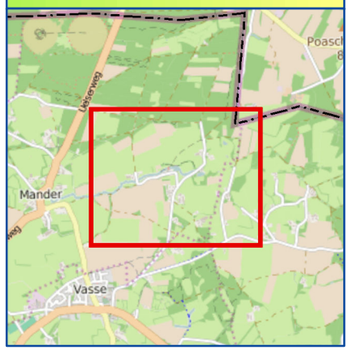
Schaal
1:5000

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

Bijlage 3.2 Mosbeek: Maaiveldhoogte



Overzicht



Legenda

- Bronnen met ID
- Waterlopen W.s. Vechtstromen
- Top10 Vector: waterloop
- Top10 Vector: greppel/droge sloot
- Gestuwd (RHDHV, 2015)
- Breuklijnen (Den Otter, 2000)
- Grens NL-DE
- Contouren maaiveldhoogte

Maaiveldhoogte [m+NAP]

- 20 tot 25
- 25 tot 30
- 30 tot 35
- 35 tot 40
- 40 tot 45
- 45 tot 50
- 50 tot 55
- 55 tot 60
- 60 tot 65
- 65 tot 70
- 70 tot 75
- 75 tot 80
- 80 tot 85
- 85 tot 90

Projectnaam
Stuwwal Ootmarsum

Opdrachtgever
Provincie Overijssel

Auteur
T. van Steijn

Controleur
C.W. Stroet

Papierformaat
A3L

Kaartnummer
BD7227-D01-N032

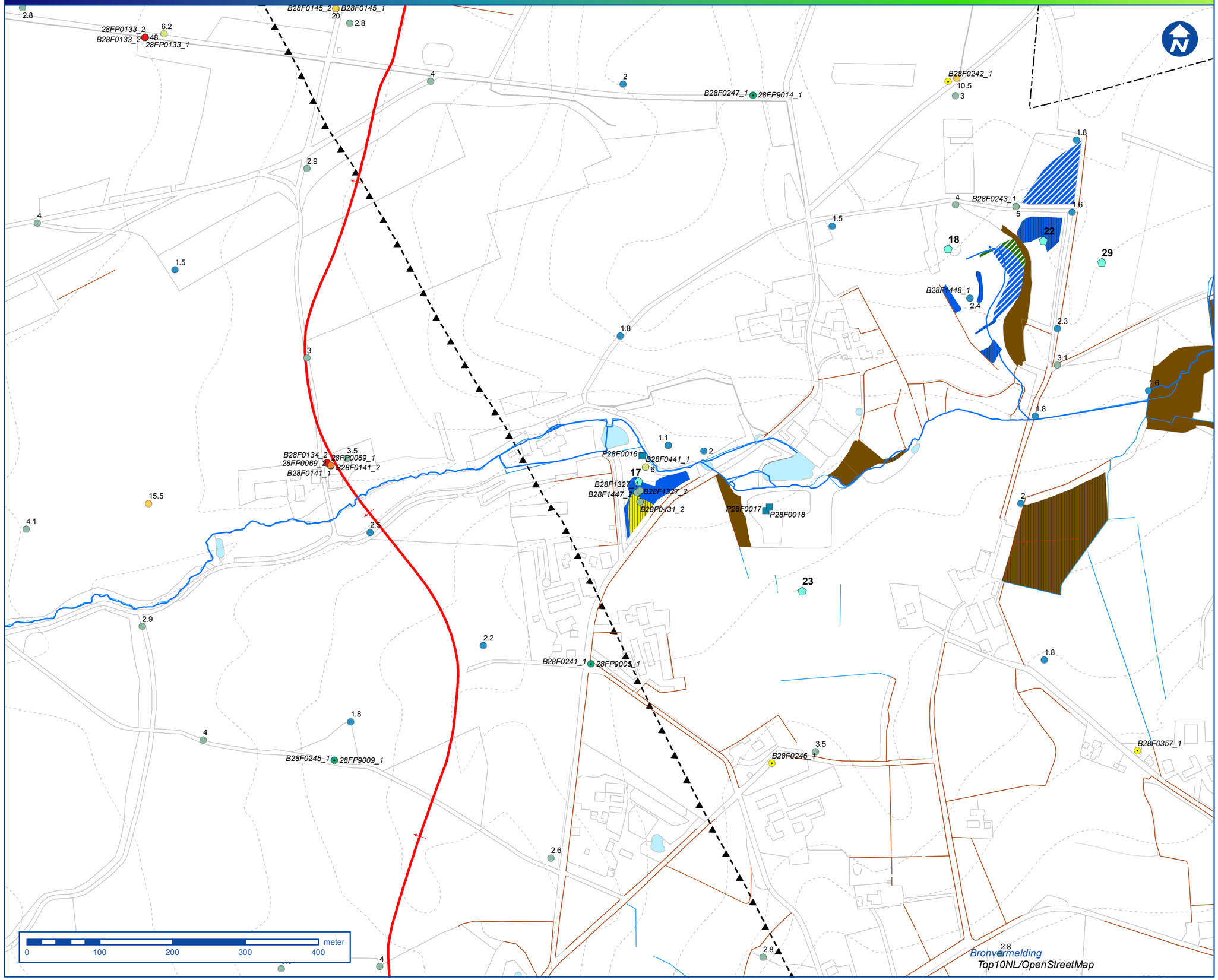
Versie
V2.00

Datum
08/05/2015

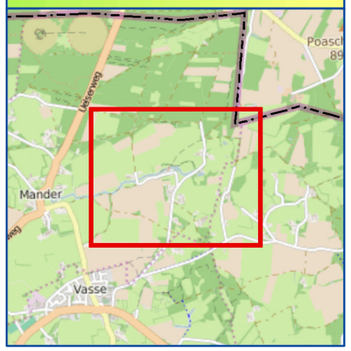
Schaal
1:5000

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

Bijlage 3.3 Mosbeek: Boringen, peilbuizen en begrenzing overgangsgebied



Overzicht



Legenda

Boringen met einddiepte

diepte boring [m-mv]

- < 2.5
- 2.5 tot 5
- 5 tot 10
- 10 tot 20
- 20 tot 40
- > 40
- Peilschalen Dinoloket
- Peilbuizen Landschap Overijssel
- Peilbuizen Vitens
- Peilbuizen Dinoloket
- Bronnen met ID
- Waterlopen W.s. Vechtstromen
- Top10 Vector: waterloop
- Top10 Vector: greppel/droge sloot
- Gestuwd (RHDHV, 2015)
- Breuklijnen (Den Otter, 2000)
- Grens NL-DE

Projectnaam
Stuwwal Ootmarsum

Opdrachtgever
Provincie Overijssel

Auteur
T. van Steijn

Controleur
C.W. Stroet

Papierformaat
A3L

Kaartnummer
BD7227-D01-N033

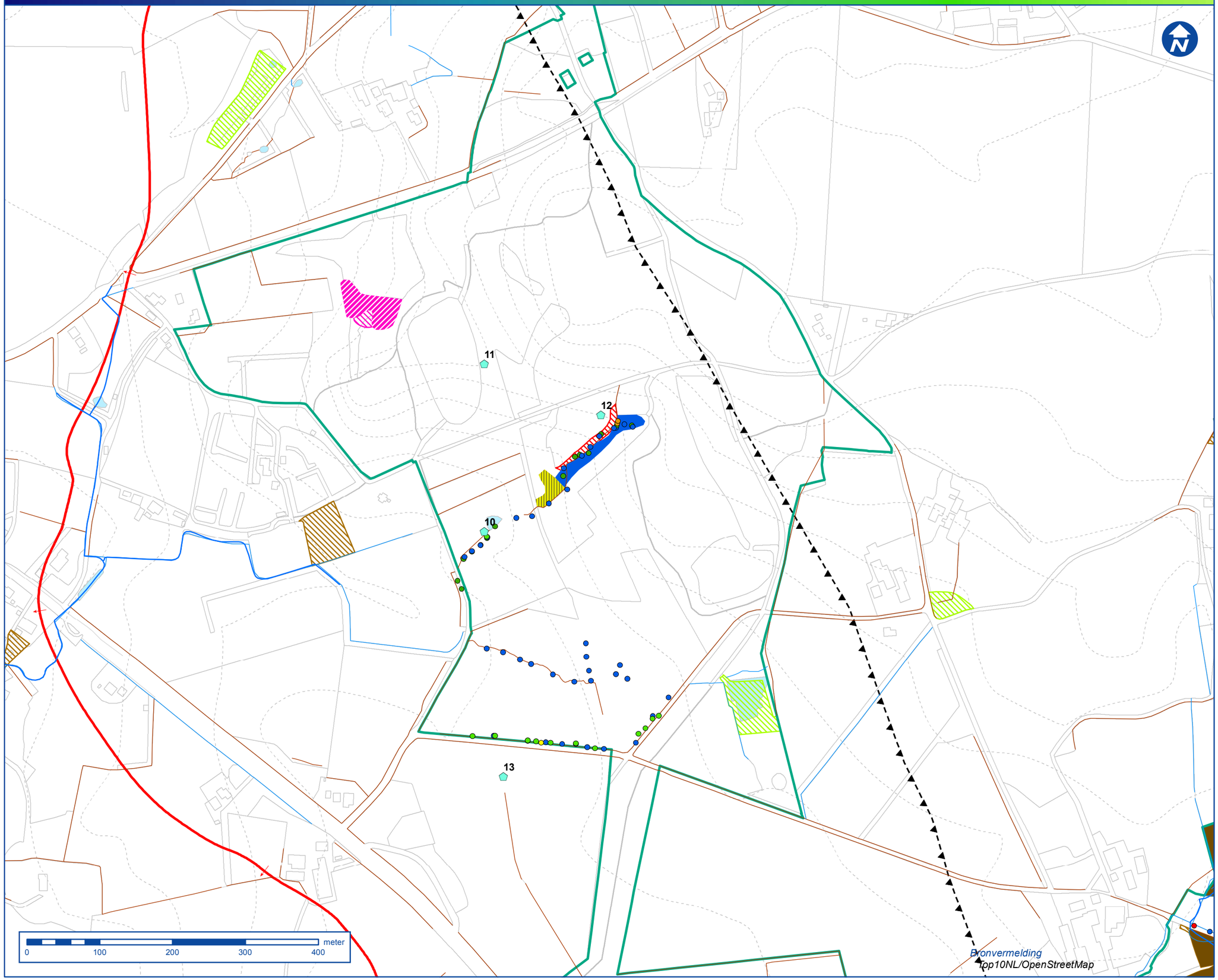
Versie
V2.00

Datum
15/05/2015

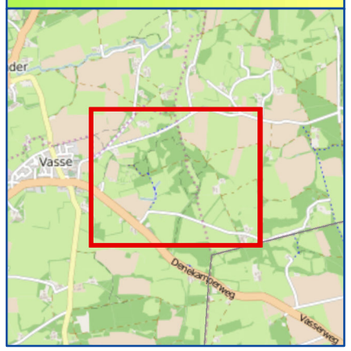
Schaal
1:5000

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

Bijlage 4.1 Braamberg: Habitattypen, vegetatietypen en soorten



Overzicht



Legenda

- Bronnen met ID

Vegetatie: soorten

- Bittere veldkers
- Bosbies
- Bronkruid
- Gewone dotterbloem
- Holpijp
- Paarbladig goudveil
- Veldrus
- Verspreidbladig goudveil
- Waterlopen W.s. Vechtstromen
- Top10 Vector: waterloop
- Top10 Vector: greppel/droge sloot
- Gestuwd (RHDHV, 2015)
- Breuklijnen (Den Otter, 2000)
- Grens NL-DE
- Natura 2000 gebied

Projectnaam
Stuwwal Ootmarsum

Opdrachtgever
Provincie Overijssel

Auteur
T. van Steijn

Controleur
C.W. Stroet

Kaartnummer
BD7227-D01-N041

Datum
15/05/2015

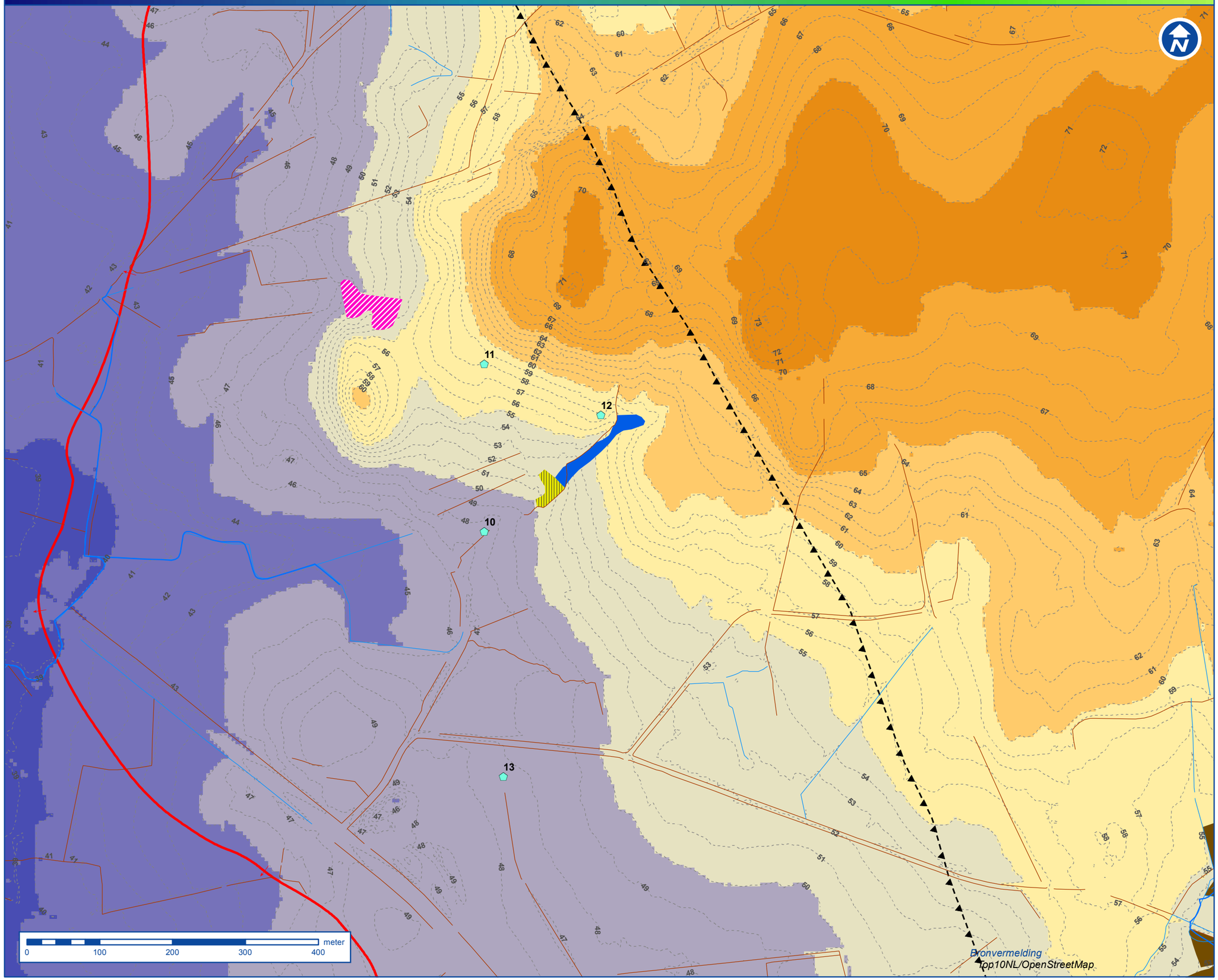
Schaal
1:5000

Papierformaat
A3L

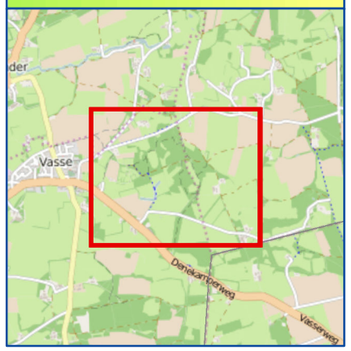
Versie
V2.00

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

Bijlage 4.2 Braamberg: Maaiveldhoogte



Overzicht



Legenda

- Bronnen met ID
- Waterlopen W.s. Vechtstromen
- Top10 Vector: waterloop
- Top10 Vector: greppel/droge sloot
- Gestuwd (RHDHV, 2015)
- Breuklijnen (Den Otter, 2000)
- Grens NL-DE
- Contouren maaiveldhoogte

Maaiveldhoogte [m+NAP]

- 20 tot 25
- 25 tot 30
- 30 tot 35
- 35 tot 40
- 40 tot 45
- 45 tot 50
- 50 tot 55
- 55 tot 60
- 60 tot 65
- 65 tot 70
- 70 tot 75
- 75 tot 80
- 80 tot 85
- 85 tot 90

Projectnaam
Stuwwal Ootmarsum

Opdrachtgever
Provincie Overijssel

Auteur
T. van Steijn

Controleur
C.W. Stroet

Papierformaat
A3L

Kaartnummer
BD7227-D01-N042

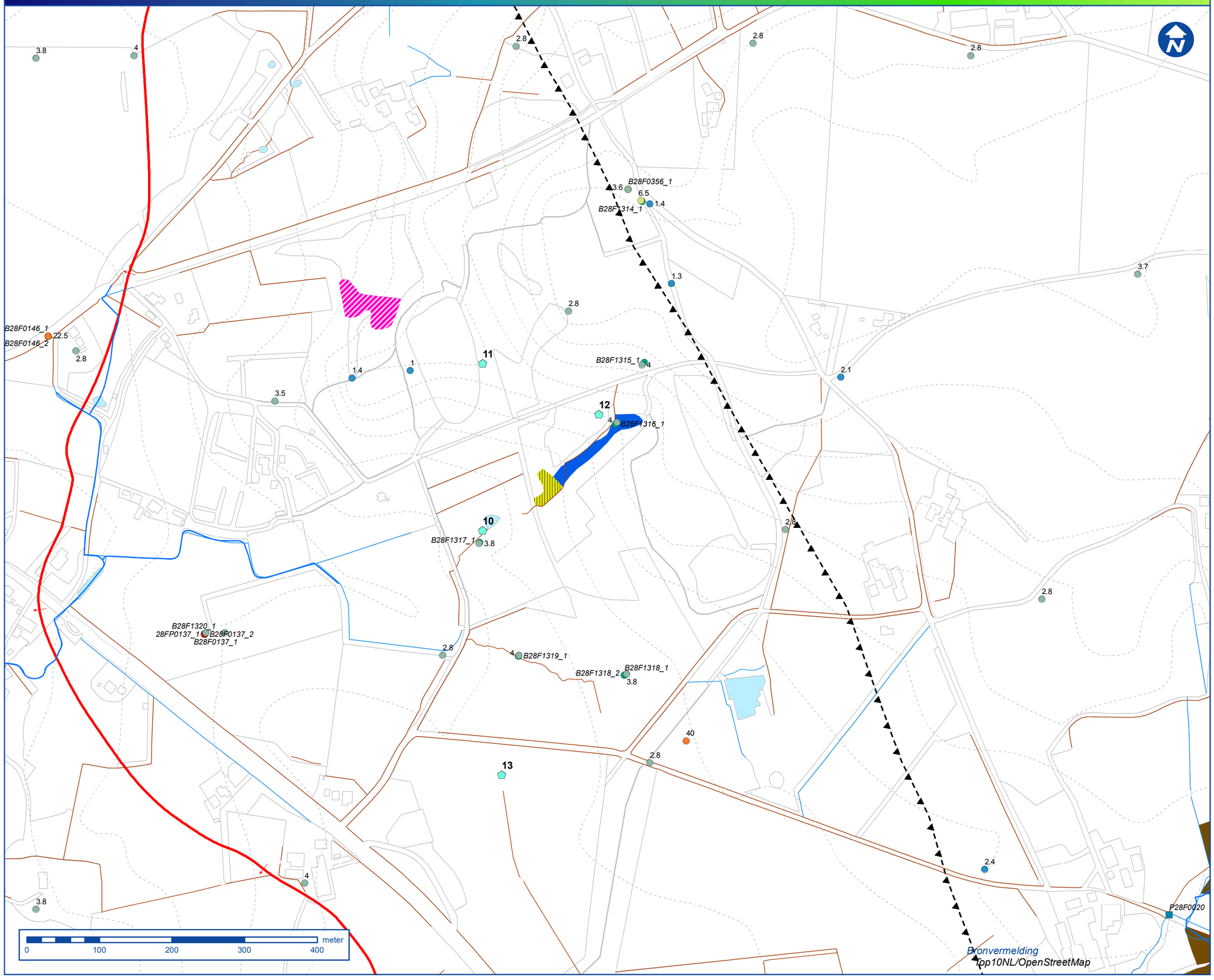
Versie
V2.00

Datum
08/05/2015

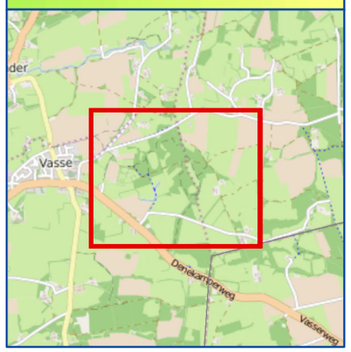
Schaal
1:5000

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

Bijlage 4.3 Braamberg: Boringen, peilbuizen en begrenzing overgangsgebied



Overzicht



Legenda

Boringen met einddiepte

diepte boring [m-mv]

- < 2.5
- 2.5 tot 5
- 5 tot 10
- 10 tot 20
- 20 tot 40
- > 40
- Peilschalen Dinoloket
- Peilbuizen Landschap Overijssel
- Peilbuizen Vitens
- Peilbuizen Dinoloket
- Bronnen met ID
- Waterlopen W.s. Vechtstromen
- Top10 Vector: waterloop
- Top10 Vector: greppel/droge sloot
- Gestuwd (RHDHV, 2015)
- Breuklijnen (Den Otter, 2000)
- Grens NL-DE

Projectnaam
Stuwwal Ootmarsum

Opdrachtgever
Provincie Overijssel

Auteur
T. van Steijn

Controleur
C.W. Stroet

Kaartnummer
BD7227-D01-N043

Datum
15/05/2015

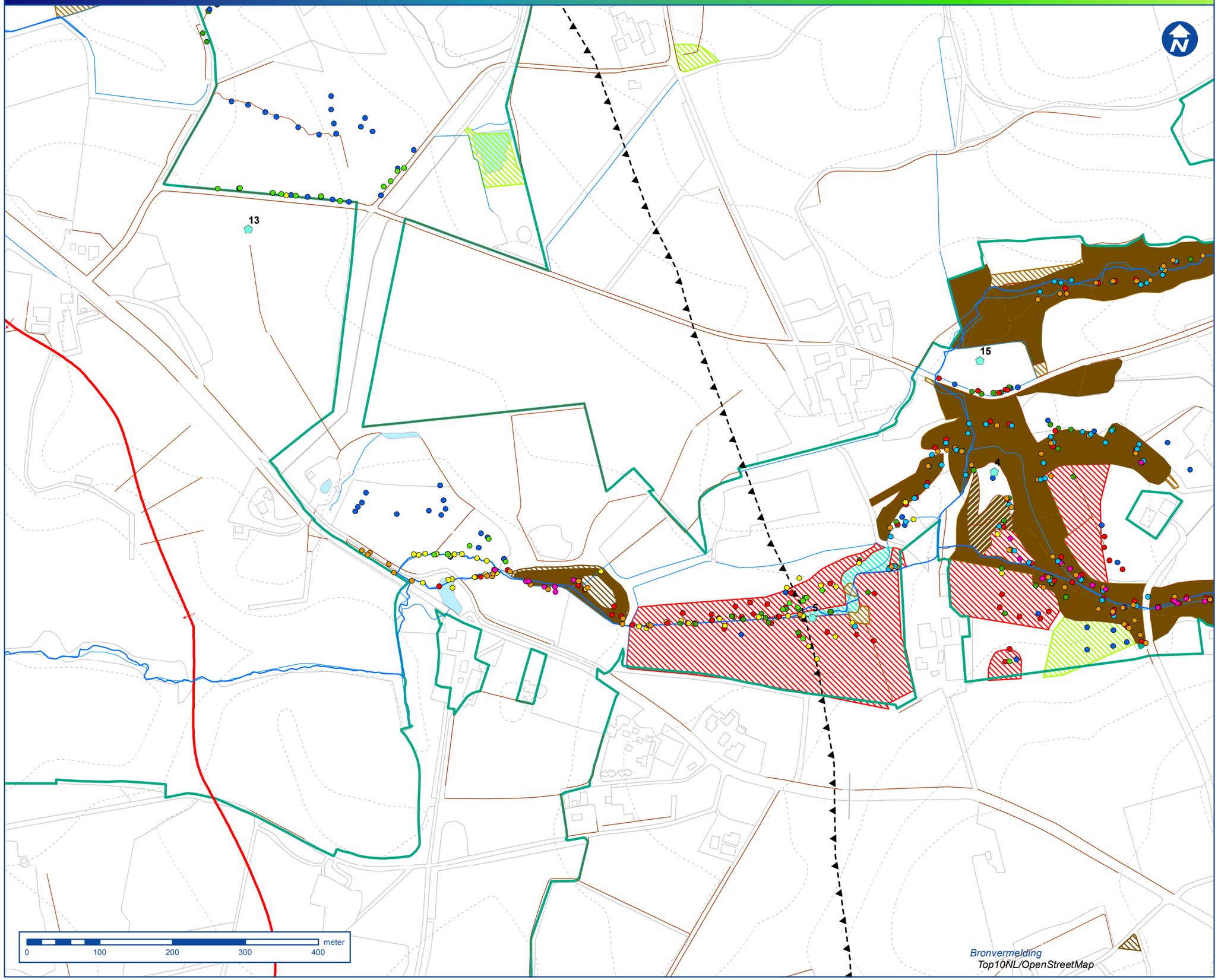
Schaal
1:5000

Papierformaat
A3L

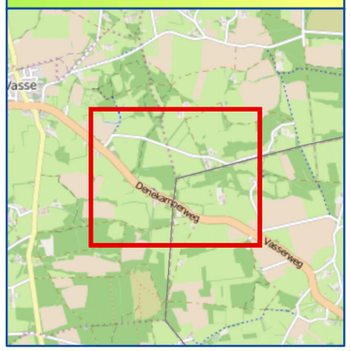
Versie
V2.00

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

Bijlage 5.1 Hazelbekke: Habitattypen, vegetatietypen en soorten



Overzicht



Legenda

- Bronnen met ID

Vegetatie: soorten

- Bittere veldkers
- Bosbies
- Bronkruid
- Gewone dotterbloem
- Holpijp
- Paarbladig goudveil
- Veldrus
- Verspreidbladig goudveil
- Waterlopen W.s. Vechtstromen
- Top10 Vector: waterloop
- Top10 Vector: greppel/droge sloot
- Gestuwd (RHDHV, 2015)
- Breuklijnen (Den Otter, 2000)
- Grens NL-DE
- Natura 2000 gebied

Projectnaam
Stuwwal Ootmarsum

Opdrachtgever
Provincie Overijssel

Auteur
T. van Steijn

Controleur
C.W. Stroet

Kaartnummer
BD7227-D01-N051

Datum
15/05/2015

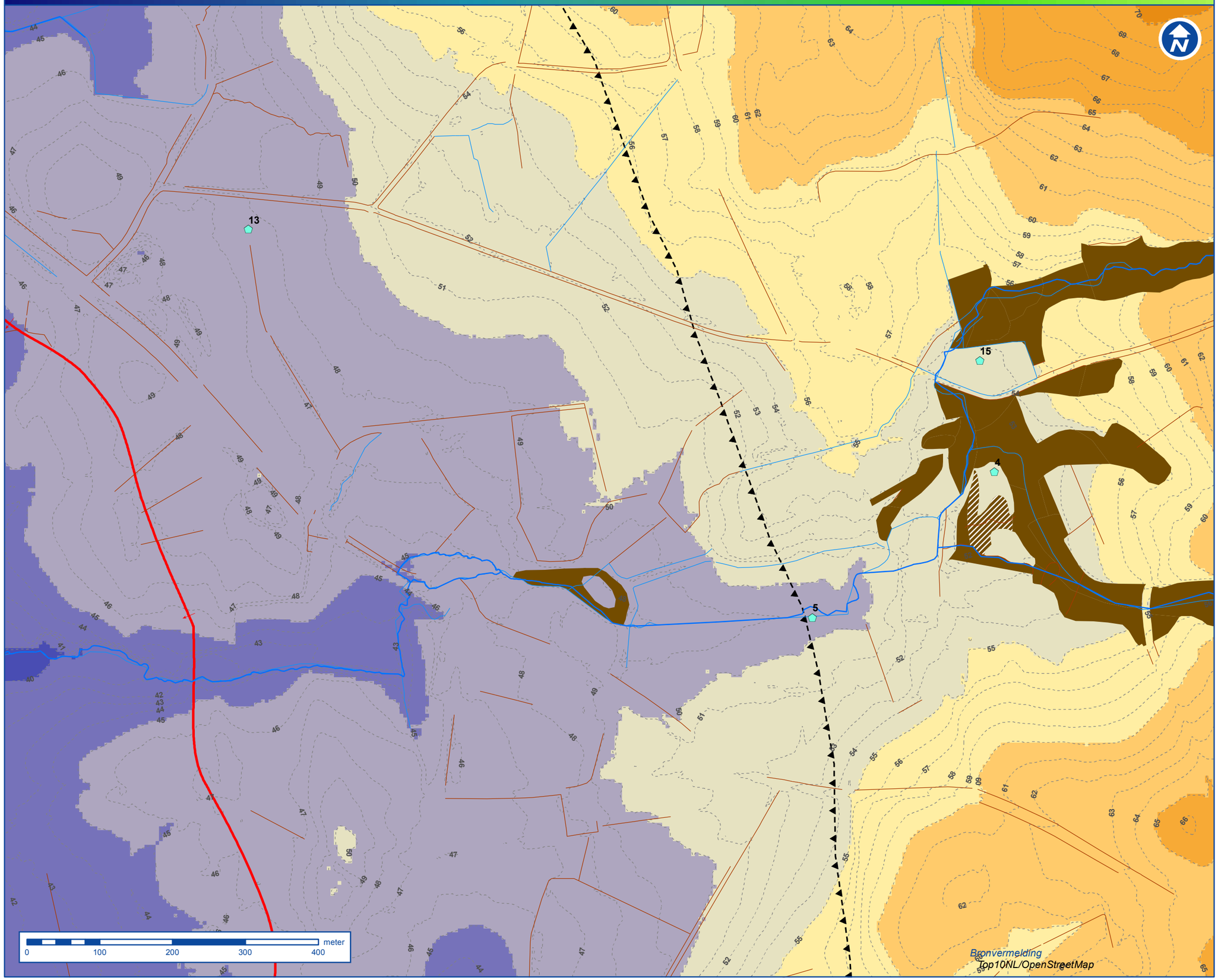
Schaal
1:5000

Papierformaat
A3L

Versie
V2.00

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

Bijlage 5.2 Hazelbekke: Maaiveldhoogte



Overzicht

Legenda

- Bronnen met ID
- Waterlopen W.s. Vechtstromen
- Top10 Vector: waterloop
- Top10 Vector: greppel/droge sloot
- Gestuwd (RHDHV, 2015)
- Breuklijnen (Den Otter, 2000)
- Grens NL-DE
- Contouren maaiveldhoogte

Maaiveldhoogte [m+NAP]

- 20 tot 25
- 25 tot 30
- 30 tot 35
- 35 tot 40
- 40 tot 45
- 45 tot 50
- 50 tot 55
- 55 tot 60
- 60 tot 65
- 65 tot 70
- 70 tot 75
- 75 tot 80
- 80 tot 85
- 85 tot 90

Projectnaam
Stuwwal Ootmarsum

Opdrachtgever
Provincie Overijssel

Auteur
T. van Steijn

Controleur
C.W. Stroet

Papierformaat
A3L

Kaartnummer
BD7227-D01-N052

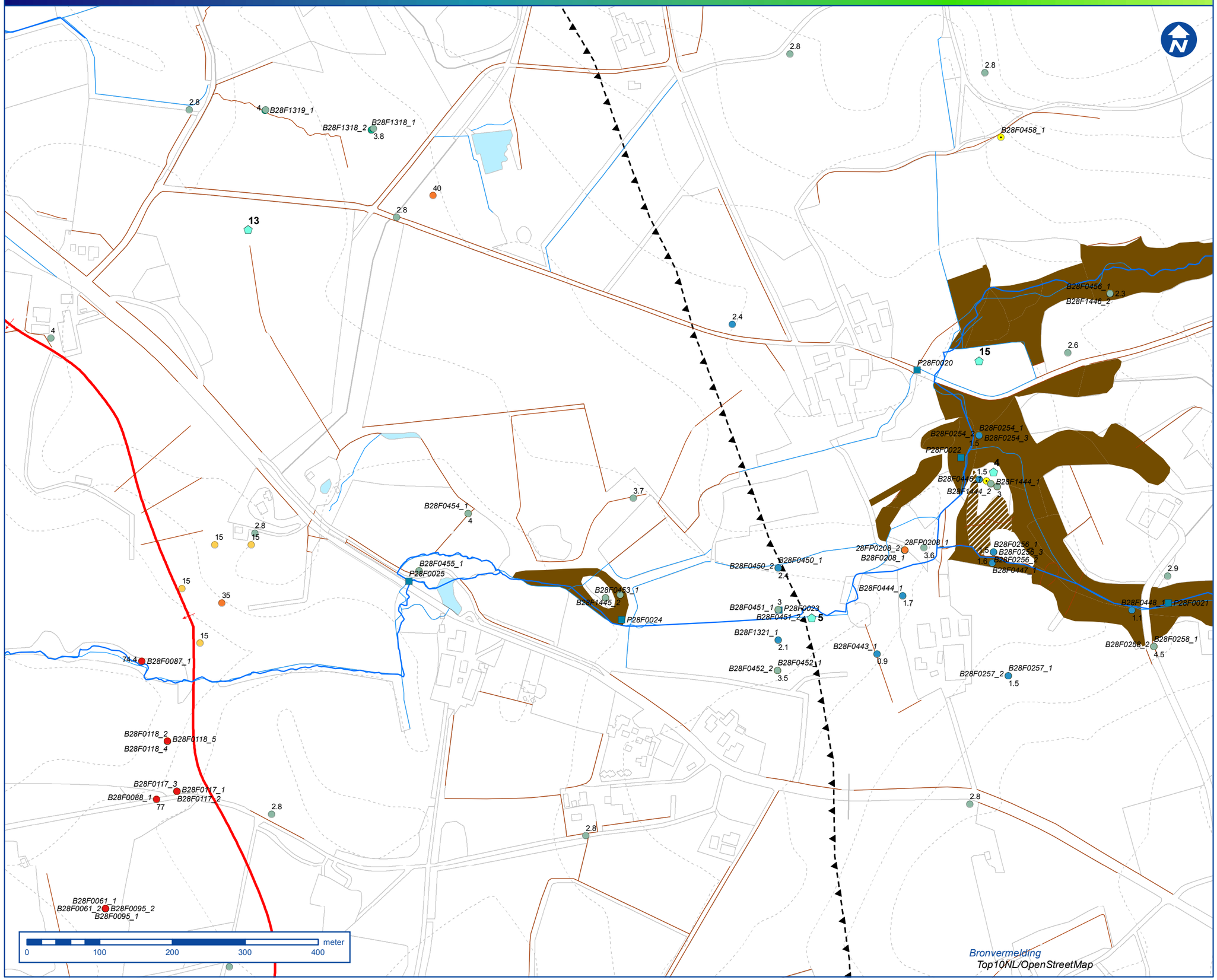
Versie
V2.00

Datum
08/05/2015

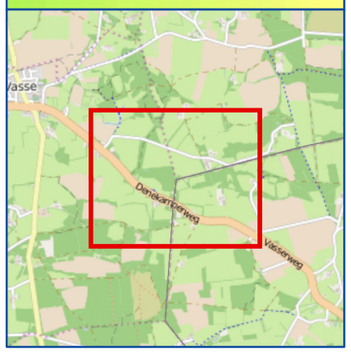
Schaal
1:5000

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

Bijlage 5.3 Hazelbekke: Boringen, peilbuizen en begrenzing overgangsgebied



Overzicht



Legenda

Boringen met einddiepte

diepte boring [m-mv]

- < 2.5
- 2.5 tot 5
- 5 tot 10
- 10 tot 20
- 20 tot 40
- > 40
- Peilschalen Dinoloket
- Peilbuizen Landschap Overijssel
- Peilbuizen Vitens
- Peilbuizen Dinoloket
- Bronnen met ID
- Waterlopen W.s. Vechtstromen
- Top10 Vector: waterloop
- Top10 Vector: greppel/droge sloot
- Gestuwd (RHDHV, 2015)
- Breuklijnen (Den Otter, 2000)
- Grens NL-DE

Projectnaam
Stuwwal Ootmarsum

Opdrachtgever
Provincie Overijssel

Auteur
T. van Steijn

Controleur
C.W. Stroet

Papierformaat
A3L

Kaartnummer
BD7227-D01-N053

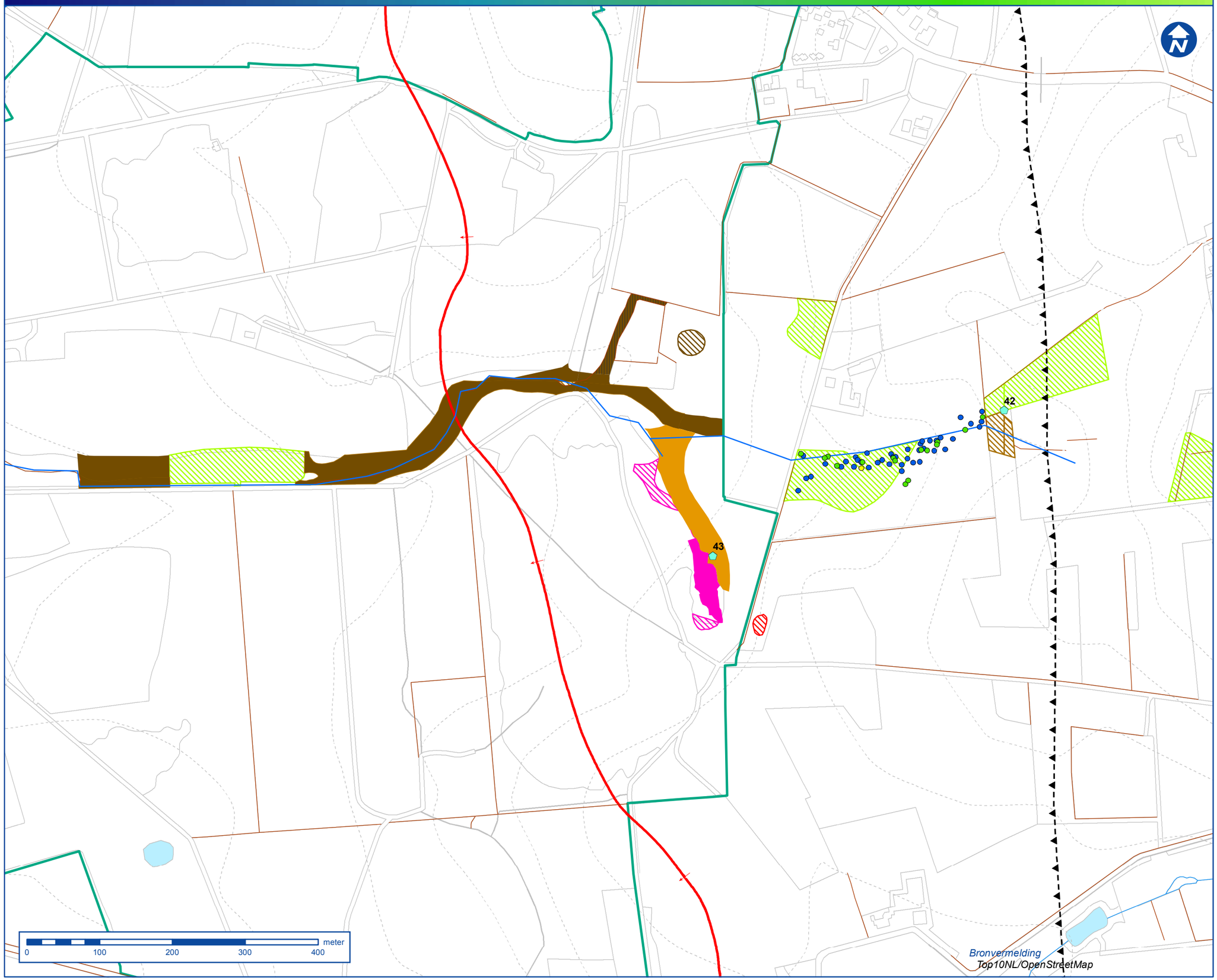
Versie
V2.00

Datum
15/05/2015

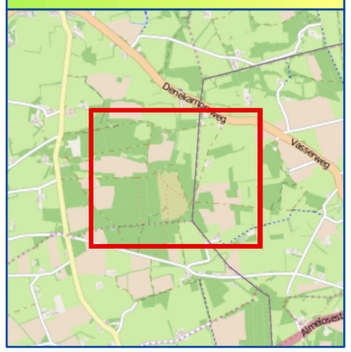
Schaal
1:5000

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

Bijlage 6.1 Roezebeek: Habitattypen, vegetatietypen en soorten



Overzicht



Legenda

- Bronnen met ID

Vegetatie: soorten

- Bittere veldkers
- Bosbies
- Bronkruid
- Gewone dotterbloem
- Holpijp
- Paarbladig goudveil
- Veldrus
- Verspreidbladig goudveil
- Waterlopen W.s. Vechtstromen
- Top10 Vector: waterloop
- Top10 Vector: greppel/droge sloot
- Gestuwd (RHDHV, 2015)
- Breuklijnen (Den Otter, 2000)
- Grens NL-DE
- Natura 2000 gebied

Projectnaam
Stuwwal Ootmarsum

Opdrachtgever
Provincie Overijssel

Auteur
T. van Steijn

Controleur
C.W. Stroet

Papierformaat
A3L

Kaartnummer
BD7227-D01-N061

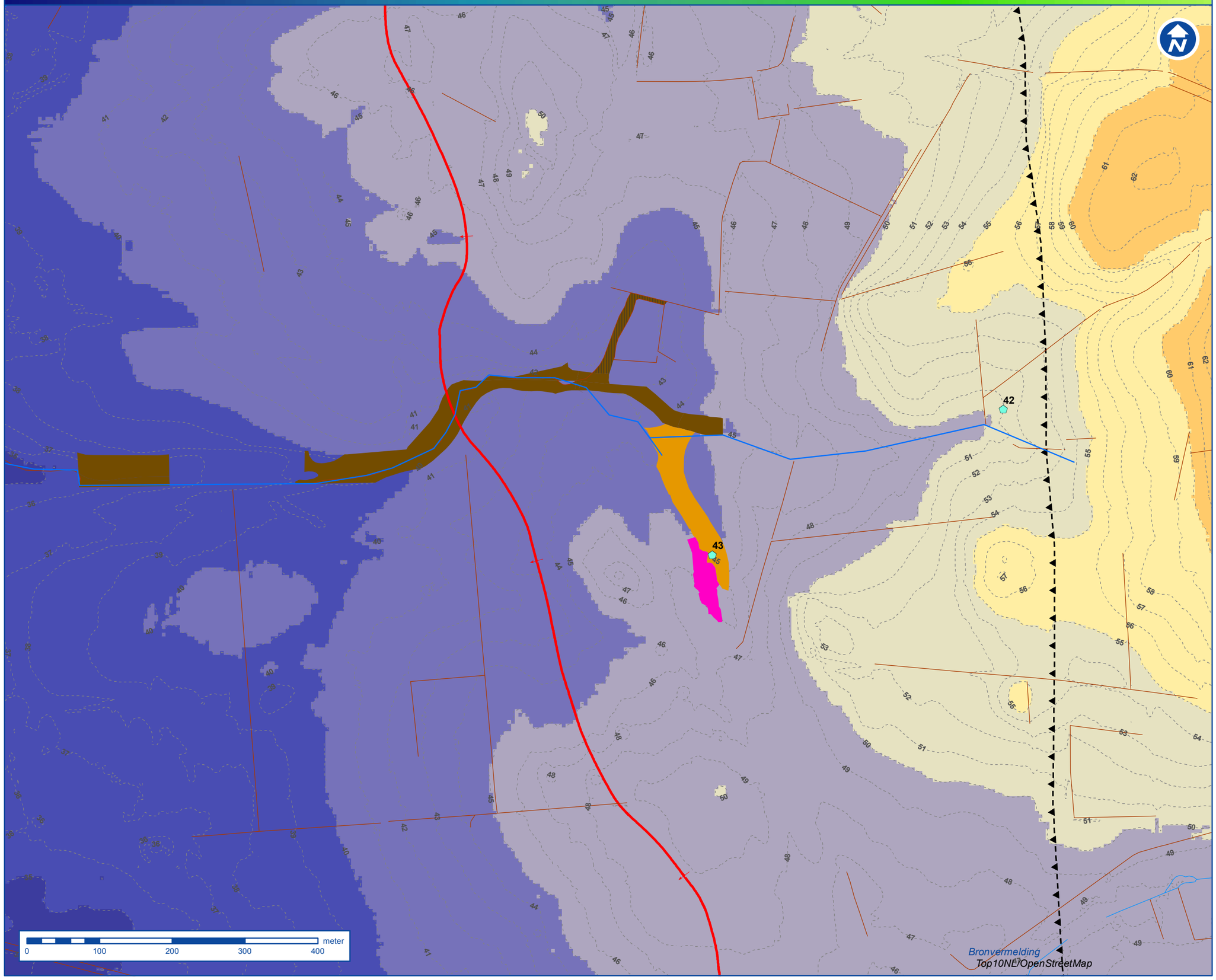
Versie
V2.00

Datum
15/05/2015

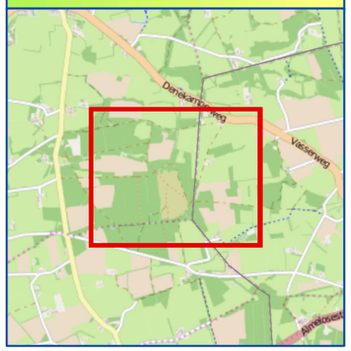
Schaal
1:5000

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

Bijlage 6.2 Roezebeek: Maaiveldhoogte



Overzicht



Legenda

- Bronnen met ID
- Waterlopen W.s. Vechtstromen
- Top10 Vector: waterloop
- Top10 Vector: greppel/droge sloot
- Gestuwd (RHDHV, 2015)
- Breuklijnen (Den Otter, 2000)
- Grens NL-DE
- Contouren maaiveldhoogte

Maaiveldhoogte [m+NAP]

- 20 tot 25
- 25 tot 30
- 30 tot 35
- 35 tot 40
- 40 tot 45
- 45 tot 50
- 50 tot 55
- 55 tot 60
- 60 tot 65
- 65 tot 70
- 70 tot 75
- 75 tot 80
- 80 tot 85
- 85 tot 90

Projectnaam
Stuwwal Ootmarsum

Opdrachtgever
Provincie Overijssel

Auteur
T. van Steijn

Controleur
C.W. Stroet

Papierformaat
A3L

Kaartnummer
BD7227-D01-N062

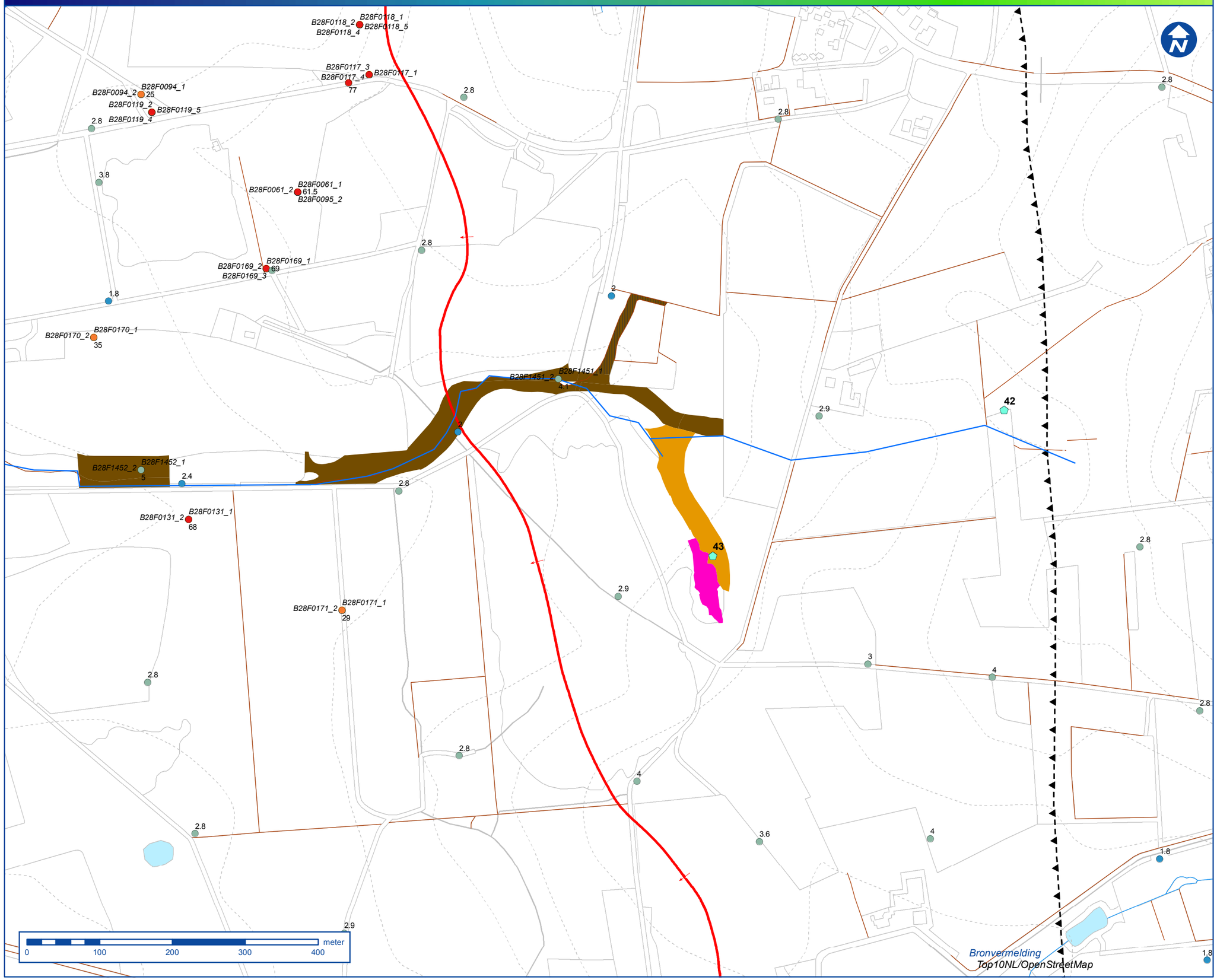
Versie
V2.00

Datum
08/05/2015

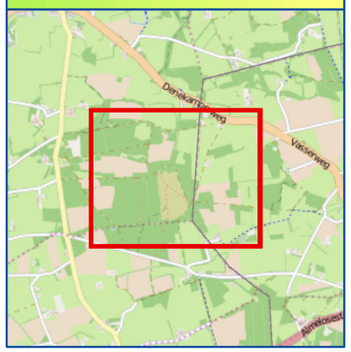
Schaal
1:5000

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

Bijlage 6.3 Roezebeek: Boringen, peilbuizen en begrenzing overgangsgebied



Overzicht



Legenda

Boringen met einddiepte

diepte boring [m-mv]

- < 2.5
- 2.5 tot 5
- 5 tot 10
- 10 tot 20
- 20 tot 40
- > 40
- Peilschalen Dinoloket
- Peilbuizen Landschap Overijssel
- Peilbuizen Vitens
- Peilbuizen Dinoloket
- Bronnen met ID
- Waterlopen W.s. Vechtstromen
- Top10 Vector: waterloop
- Top10 Vector: greppel/droge sloot
- Gestuwd (RHDHV, 2015)
- Breuklijnen (Den Otter, 2000)
- Grens NL-DE

Projectnaam
Stuwwal Ootmarsum

Opdrachtgever
Provincie Overijssel

Auteur
T. van Steijn

Controleur
C.W. Stroet

Papierformaat
A3L

Kaartnummer
BD7227-D01-N063

Versie
V2.00

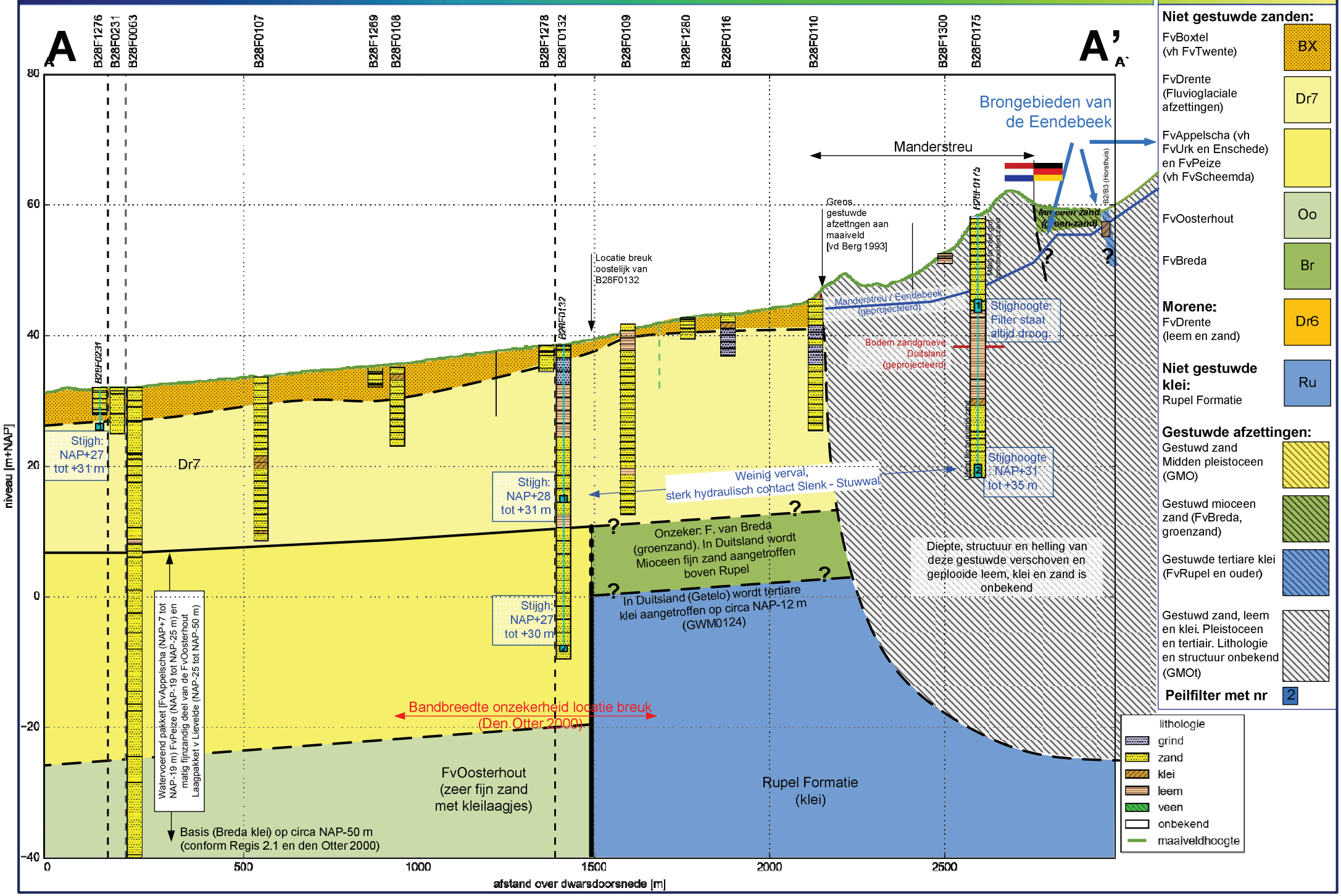
Datum
15/05/2015

Schaal
1:5000

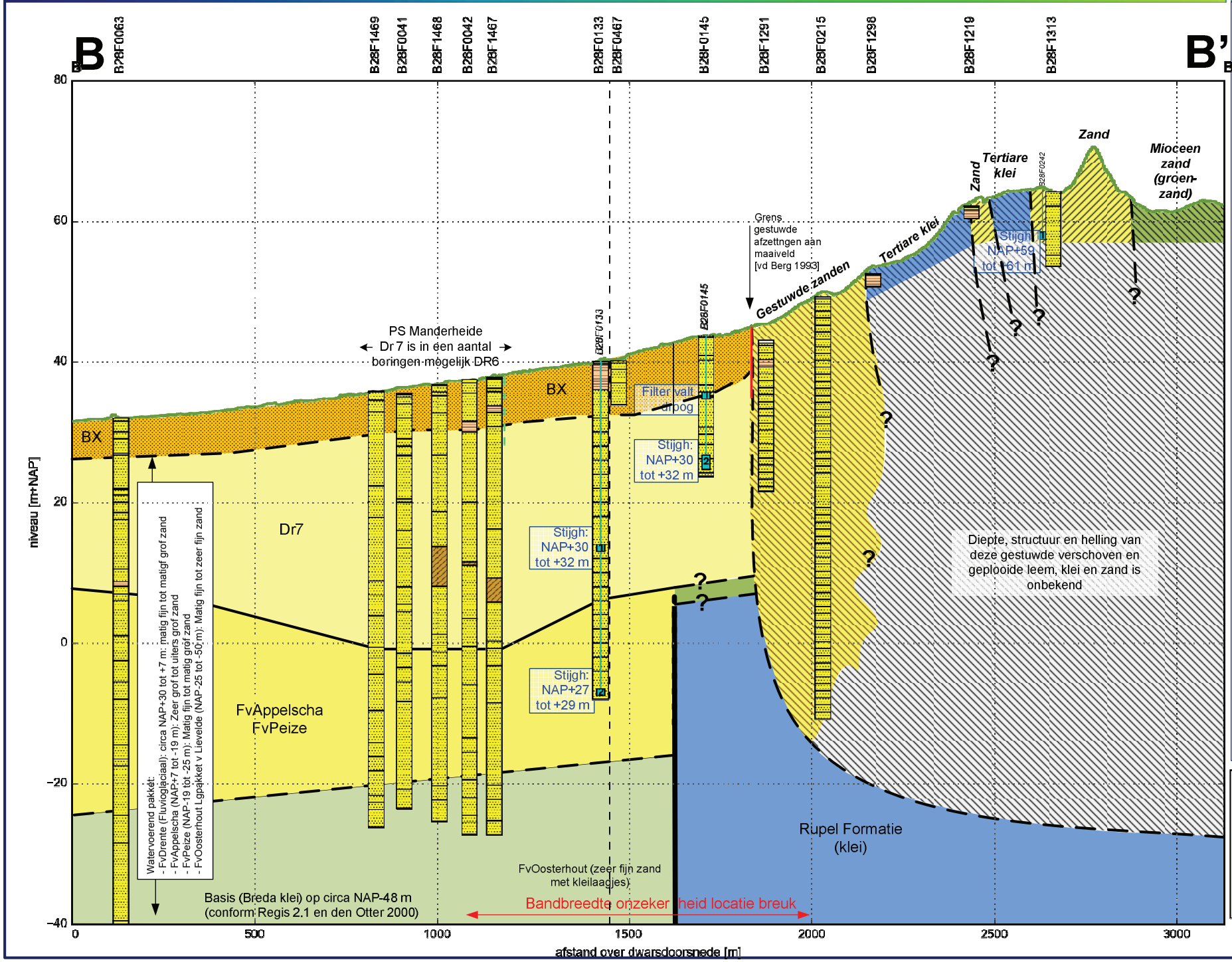
Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

BIJLAGE 3 Geohydrologische dwarsdoorsneden

Bijlage 3.1: Geohydrologische dwarsdoorsnede A-A' Manderheide Eendenbeek



Bijlage 3.2: Geohydrologische dwarsdoorsnede B-B' Manderheide - Oerbekke



Legenda

Niet gestuwde zanden:

- FvBoxtel (vh FvTwente) — BX
- FvDrente (Fluvioglaciale afzettingen) — Dr7
- FvAppelscha (vh FvUrk en Enschede) en FvPeize (vh FvScheemda)
- FvOosterhout — Oo
- FvBreda — Br

Morene:

- FvDrente (leem en zand) — Dr6

Niet gestuwde klei:

- Rupel Formatie — Ru

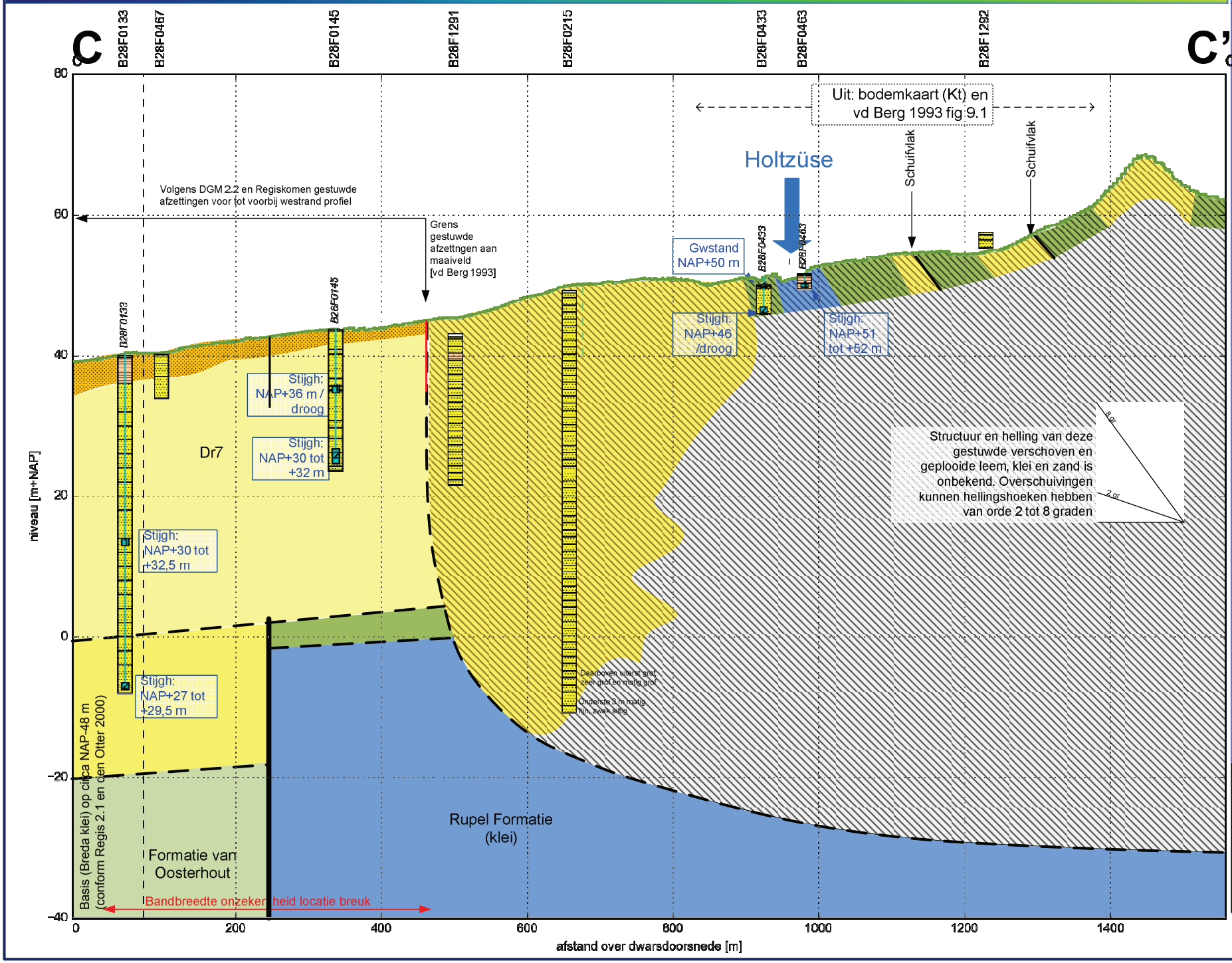
Gestuwde afzettingen:

- Gestuwd zand Midden pleistoceen (GMO)
- Gestuwd mioceen zand (FvBreda, groenzand)
- Gestuwde tertiare klei (FvRupel en ouder)
- Gestuwd zand, leem en klei. Pleistoceen en tertiair. Lithologie en structuur onbekend (GMOt)

Peilfilter met nr 2

lithologie
- grind
- zand
- klei
- leem
- veen
- onbekend
- maaiveldhoogte

Bijlage 3.3: Geohydrologische dwarsdoorsnede C-C'Holtzüse



Legenda

Niet gestuwde zanden:

- FvBoxtel (vh FvTwente) — BX
- FvDrente (Fluvioglaciale afzettingen) — Dr7
- FvAppelscha (vh FvUrk en Enschede) en FvPeize (vh FvScheemda)
- FvOosterhout — Oo
- FvBreda — Br

Morene:

- FvDrente (leem en zand) — Dr6

Niet gestuwde klei:

- Rupel Formatie — Ru

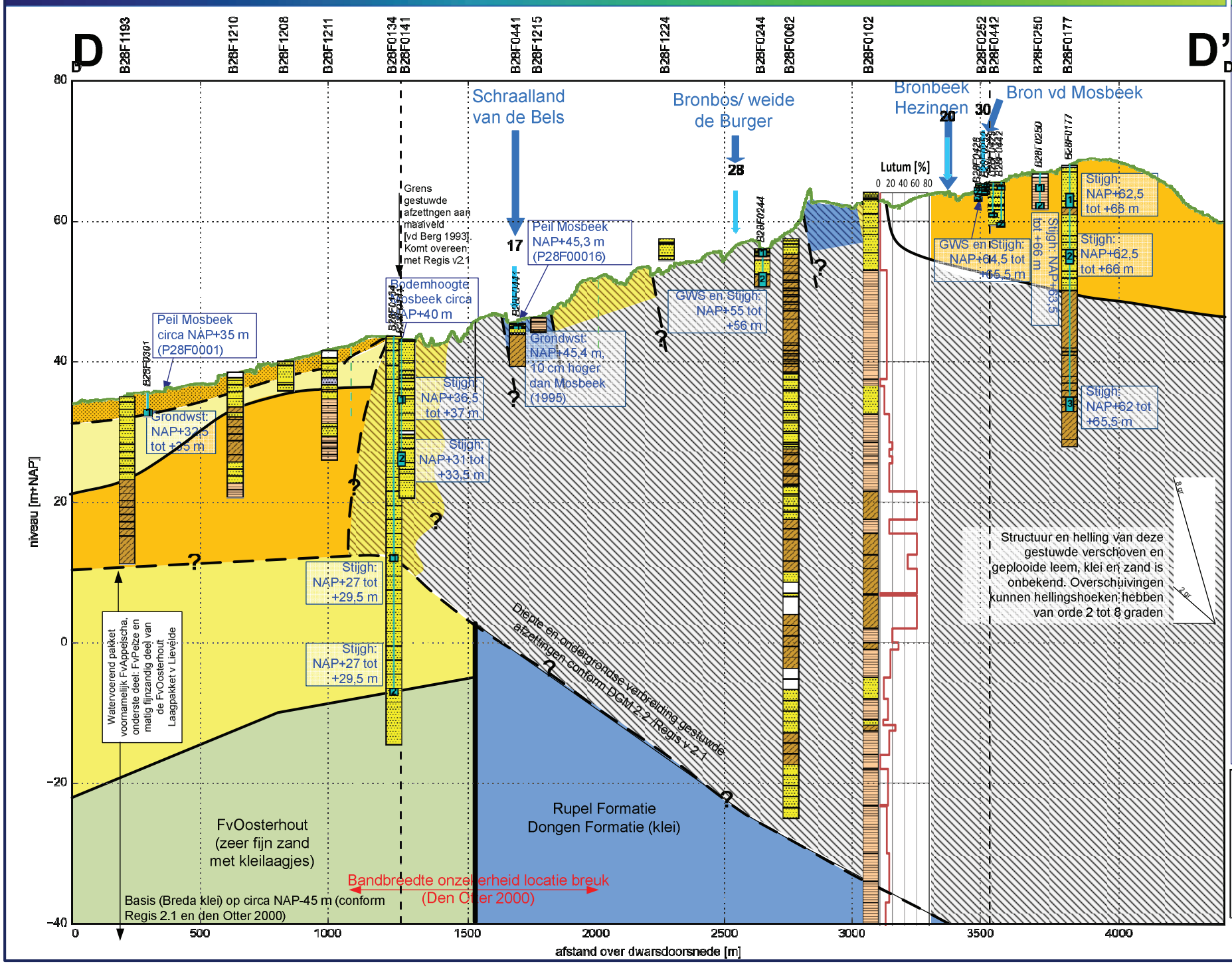
Gestuwde afzettingen:

- Gestuwd zand Midden pleistoceen (GMO)
- Gestuwd mioceen zand (FvBreda, groenzand)
- Gestuwde tertiare klei (FvRupel en ouder)
- Gestuwd zand, leem en klei. Pleistoceen en tertiair. Lithologie en structuur onbekend (GMOt)

Peilfilter met nr 2

lithologie
- grind
- zand
- klei
- leem
- veen
- onbekend
- maaiveldhoogte

Bijlage 3.4: Geohydrologische dwarsdoorsnede D-D'Mosbeek



Legenda

Niet gestuwde zanden:

- FvBoxtel (vh FvTwente) — BX
- FvDrente (Fluvioglaciale afzettingen) — Dr7
- FvAppelscha (vh FvUrk en Enschede) en FvPeize (vh FvScheemda)
- FvOosterhout — Oo
- FvBreda — Br

Morene:

- FvDrente (leem en zand) — Dr6

Niet gestuwde klei:

- Rupel Formatie — Ru

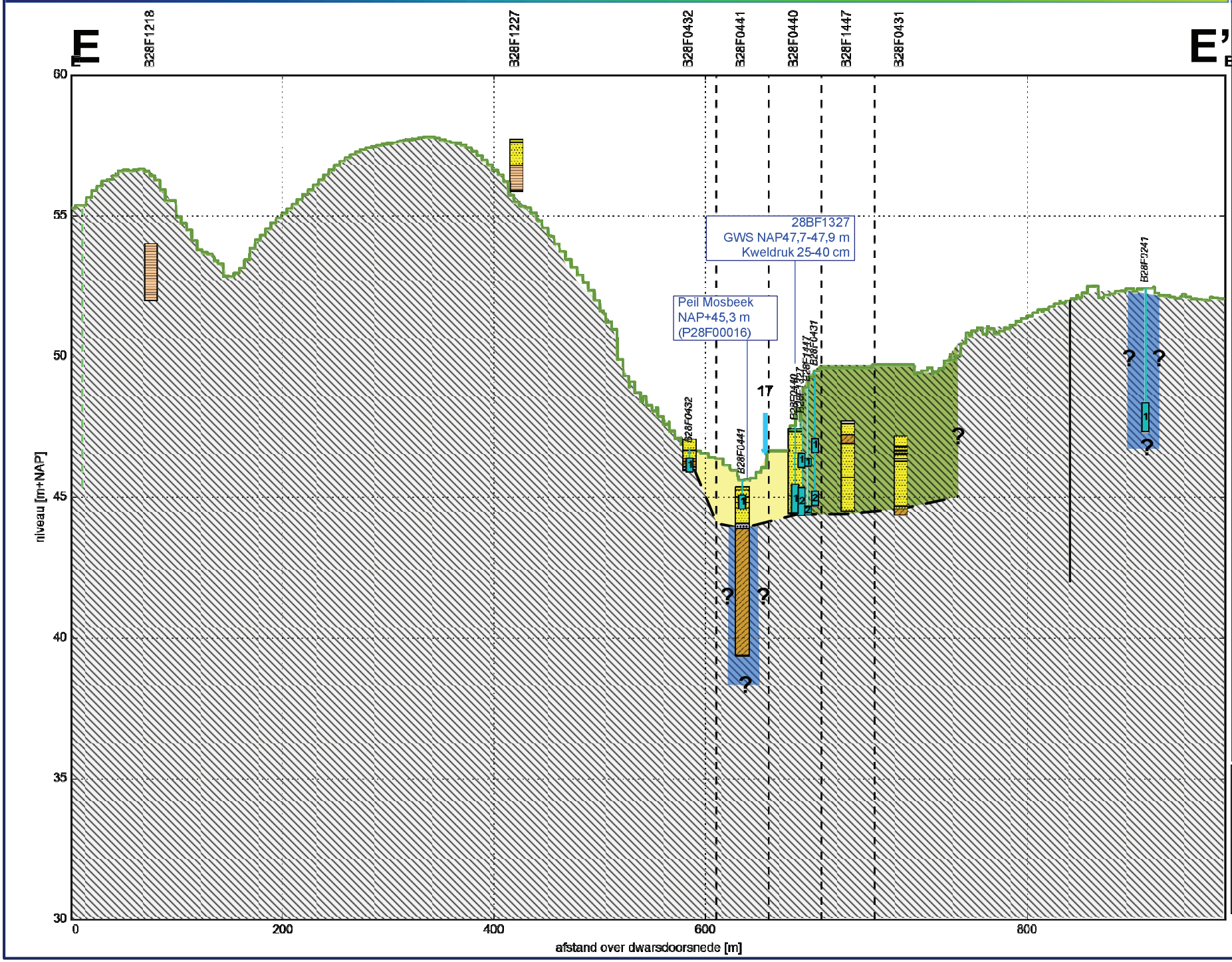
Gestuwde afzettingen:

- Gestuwd zand Midden pleistoceen (GMO)
- Gestuwd mioceen zand (FvBreda, groenzand)
- Gestuwde tertiare klei (FvRupel en ouder)
- Gestuwd zand, leem en klei. Pleistoceen en tertiair. Lithologie en structuur onbekend (GMOt)

Peilfilter met nr 2

lithologie
- grind
- zand
- klei
- leem
- veen
- onbekend
- maaiveldhoogte

Bijlage 3.5: Geohydrologische dwarsdoorsnede E-E' Schraalland van de Bels (noord-zuid, andere vert. schaal)



Legenda

Niet gestuwde zanden:

- FvBoxtel (vh FvTwente) — BX
- FvDrente (Fluvioglaciale afzettingen) — Dr7
- FvAppelscha (vh FvUrk en Enschede) en FvPeize (vh FvScheemda)
- FvOosterhout — Oo
- FvBreda — Br

Morene:

- FvDrente (leem en zand) — Dr6

Niet gestuwde klei:

- Rupel Formatie — Ru

Gestuwde afzettingen:

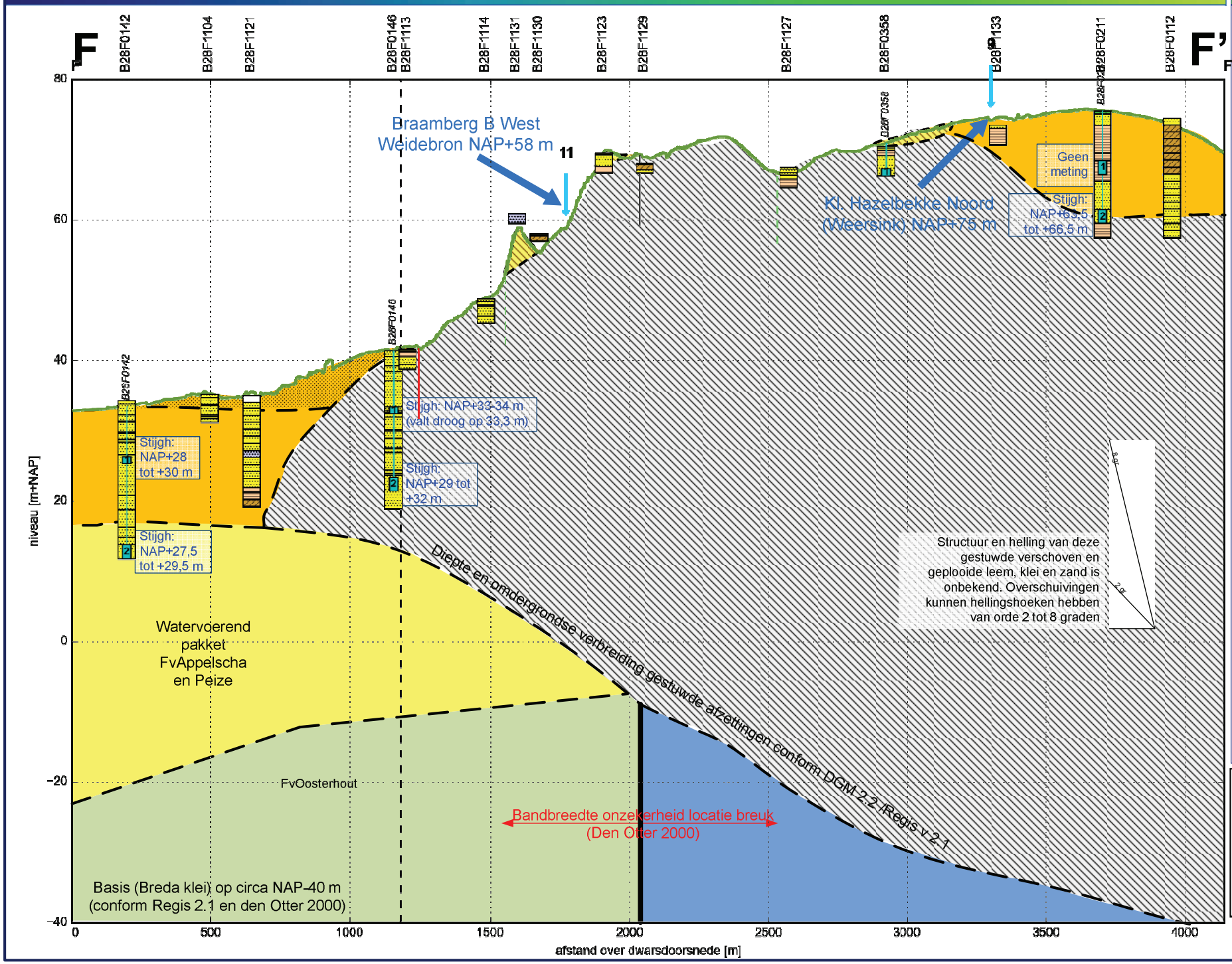
- Gestuwd zand Midden pleistoceen (GMO)
- Gestuwd mioceen zand (FvBreda, groenzand)
- Gestuwde tertiare klei (FvRupel en ouder)
- Gestuwd zand, leem en klei. Pleistoceen en tertiair. Lithologie en structuur onbekend (GMOt)

Peilfilter met nr 2

lithologie

- grind
- zand
- klei
- leem
- veen
- onbekend
- maaiveldhoogte

Bijlage 3.6: Geohydrologische dwarsdoorsnede F-F' Vasse – Tutenberg - Paardenslenkte



Legenda

Niet gestuwde zanden:

- FvBoxtel (vh FvTwente) — BX
- FvDrente (Fluvioglaciale afzettingen) — Dr7
- FvAppelscha (vh FvUrk en Enschede) en FvPeize (vh FvScheemda)
- FvOosterhout — Oo
- FvBreda — Br

Morene:

- FvDrente (leem en zand) — Dr6

Niet gestuwde klei:

- Rupel Formatie — Ru

Gestuwde afzettingen:

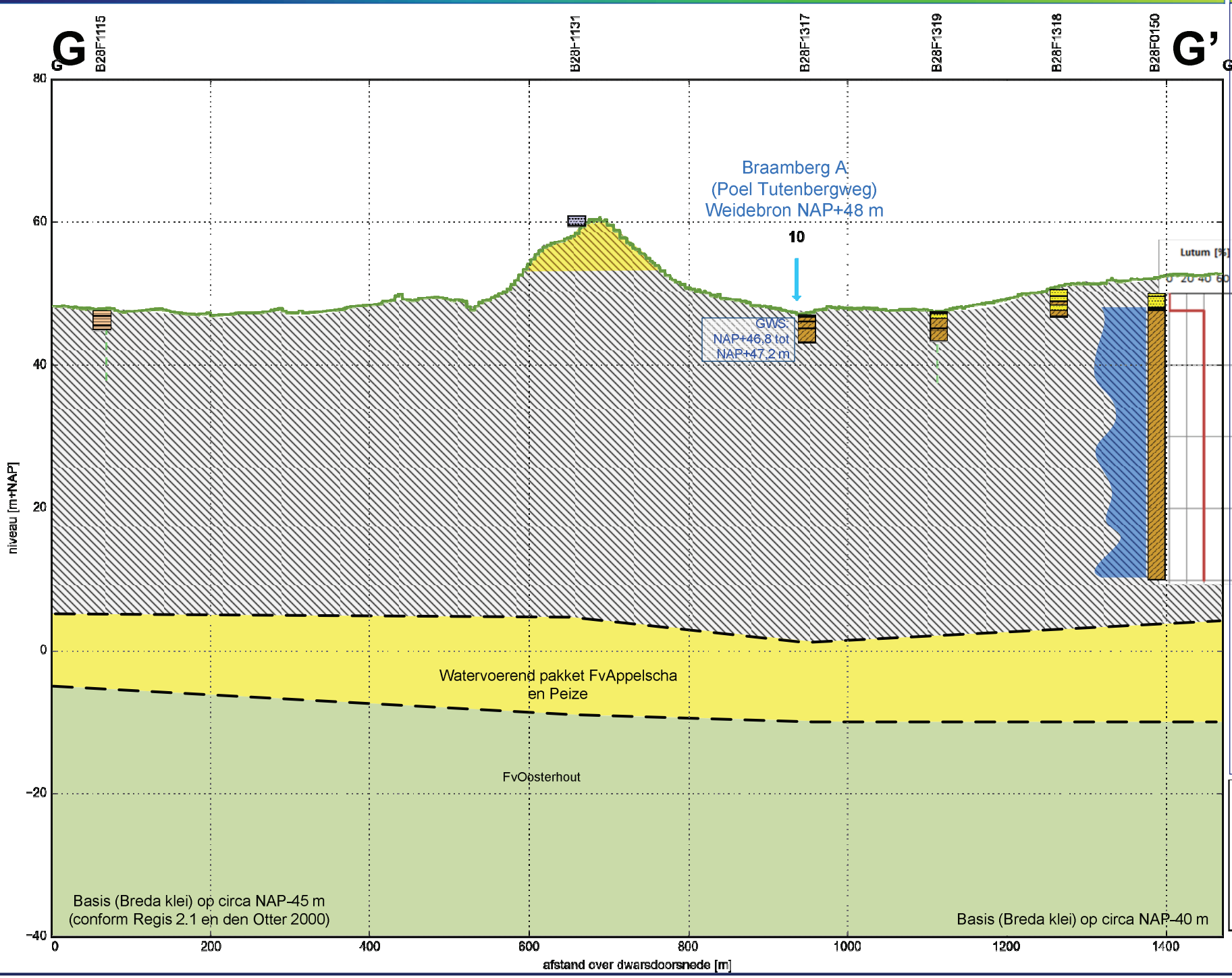
- Gestuwd zand Midden pleistoceen (GMO)
- Gestuwd mioceen zand (FvBreda, groenzand)
- Gestuwde tertiare klei (FvRupel en ouder)
- Gestuwd zand, leem en klei. Pleistoceen en tertiair. Lithologie en structuur onbekend (GMOt)

Peilfilter met nr 2

lithologie

- grind
- zand
- klei
- leem
- veen
- onbekend
- maaiveldhoogte

Bijlage 3.7: Geohydrologische dwarsdoorsnede G-G': Tutenberg (N-Z)



Legenda

Niet gestuwde zanden:

- FvBoxtel (vh FvTwente) — BX
- FvDrente (Fluvioglaciale afzettingen) — Dr7
- FvAppelscha (vh FvUrk en Enschede) en FvPeize (vh FvScheemda)
- FvOosterhout — Oo
- FvBreda — Br

Morene:

- FvDrente (leem en zand) — Dr6

Niet gestuwde klei:

- Rupel Formatie — Ru

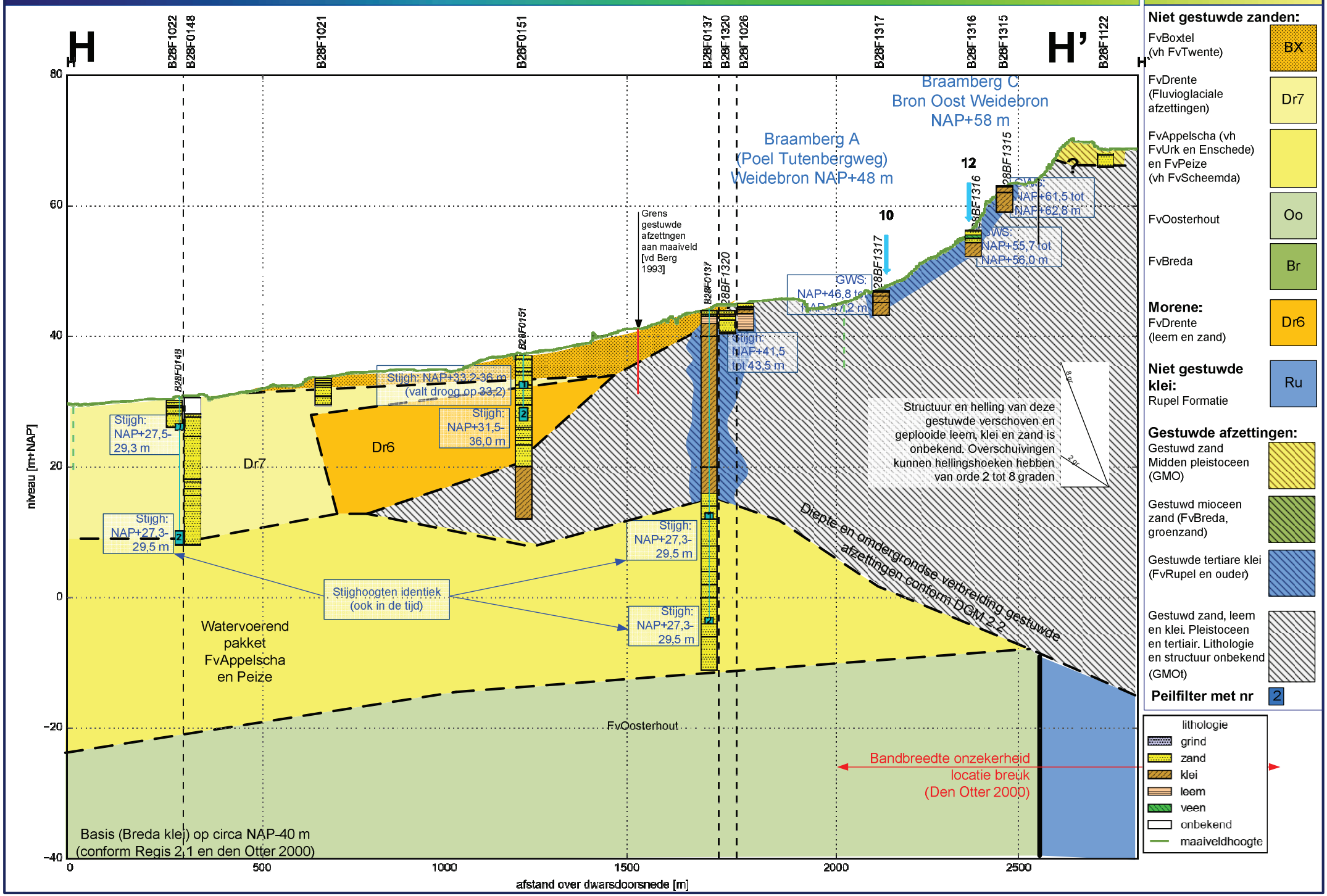
Gestuwde afzettingen:

- Gestuwd zand Midden pleistoceen (GMO)
- Gestuwd mioceen zand (FvBreda, groenzand)
- Gestuwde tertiare klei (FvRupel en ouder)
- Gestuwd zand, leem en klei. Pleistoceen en tertiair. Lithologie en structuur onbekend (GMOt)

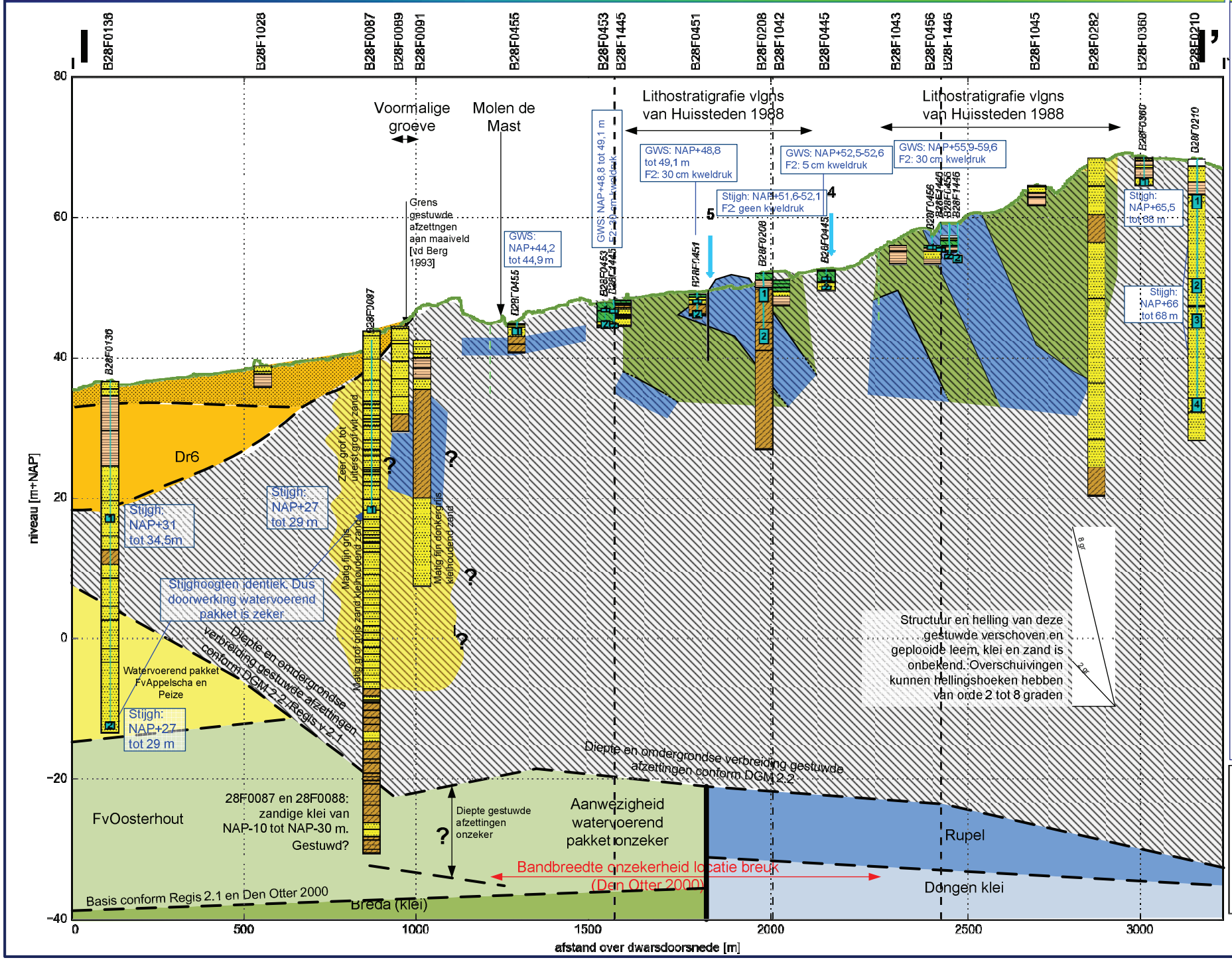
Peilfilter met nr 2

lithologie
- grind
- zand
- klei
- leem
- veen
- onbekend
- maaiveldhoogte

Bijlage 3.8: Geohydrologische dwarsdoorsnede H-H' Vasser Esch Tutenbergerbeek'



Bijlage 3.9: Geohydrologische dwarsdoorsnede I-I' Onderbeek - Hazelbekke



Legenda

Niet gestuwde zanden:

- FvBoxtel (vh FvTwente) — BX
- FvDrente (Fluvioglaciale afzettingen) — Dr7
- FvAppelscha (vh FvUrk en Enschede) en FvPeize (vh FvScheemda)
- FvOosterhout — Oo
- FvBreda — Br

Morene:

- FvDrente (leem en zand) — Dr6

Niet gestuwde klei:

- Rupel Formatie — Ru

Gestuwde afzettingen:

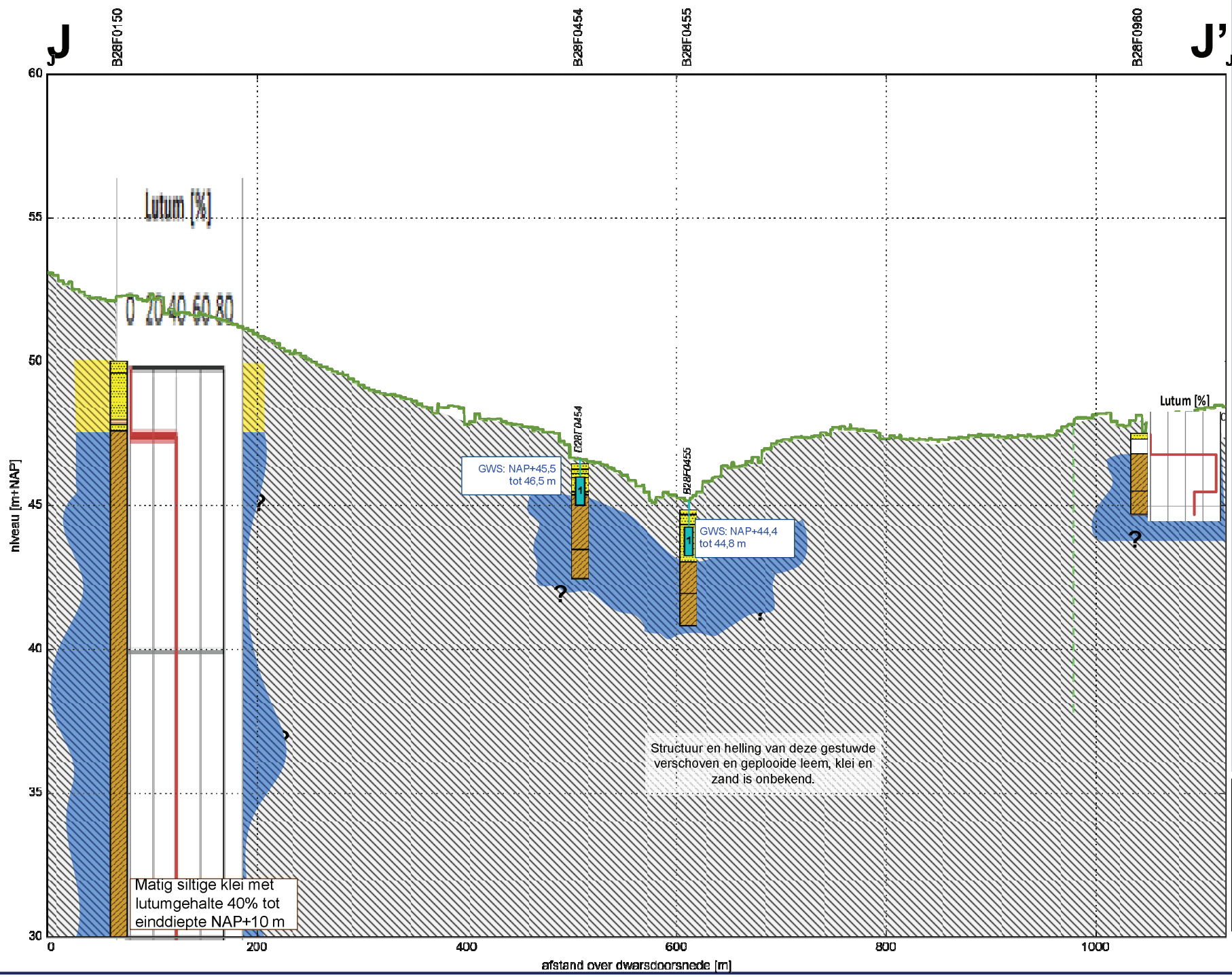
- Gestuwd zand Midden pleistoceen (GMO)
- Gestuwd mioceen zand (FvBreda, groenzand)
- Gestuwde tertiare klei (FvRupel en ouder)
- Gestuwd zand, leem en klei. Pleistoceen en tertiair. Lithologie en structuur onbekend (GMOt)

Peilfilter met nr 2

lithologie

- grind
- zand
- klei
- leem
- veen
- onbekend
- maaiveldhoogte

Bijlage 3.10: Geohydrologische dwarsdoorsnede J-J' Hazelbekke west (N-Z profiel, andere vert. schaal)



Legenda

Niet gestuwde zanden:

- FvBoxtel (vh FvTwente) — BX
- FvDrente (Fluvioglaciale afzettingen) — Dr7
- FvAppelscha (vh FvUrk en Enschede) en FvPeize (vh FvScheemda)
- FvOosterhout — Oo
- FvBreda — Br

Morene:

- FvDrente (leem en zand) — Dr6

Niet gestuwde klei:

- Rupel Formatie — Ru

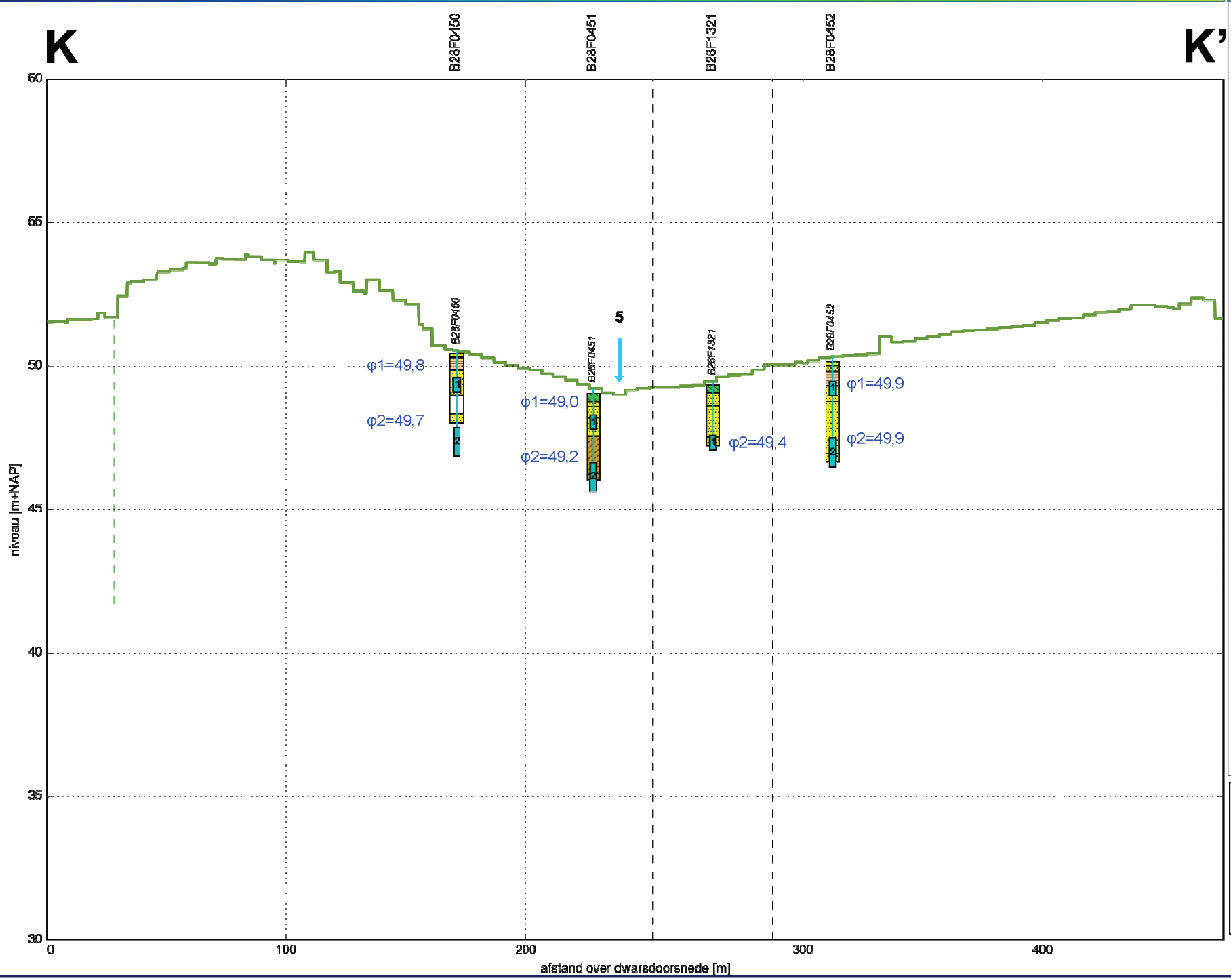
Gestuwde afzettingen:

- Gestuwd zand Midden pleistoceen (GMO)
- Gestuwd mioceen zand (FvBreda, groenzand)
- Gestuwde tertiare klei (FvRupel en ouder)
- Gestuwd zand, leem en klei. Pleistoceen en tertiair. Lithologie en structuur onbekend (GMOt)

Peilfilter met nr 2

lithologie
- grind
- zand
- klei
- leem
- veen
- onbekend
- maaiveldhoogte

Bijlage 3.11: Geohydrologische dwarsdoorsnede K-K' Hazelbekke midden (N-Z profiel, andere vert. schaal)



Legenda

Niet gestuwde zanden:

- FvBoxtel (vh FvTwente) — BX
- FvDrente (Fluvioglaciale afzettingen) — Dr7
- FvAppelscha (vh FvUrk en Enschede) en FvPeize (vh FvScheemda)
- FvOosterhout — Oo
- FvBreda — Br

Morene:

- FvDrente (leem en zand) — Dr6

Niet gestuwde klei:

- Rupel Formatie — Ru

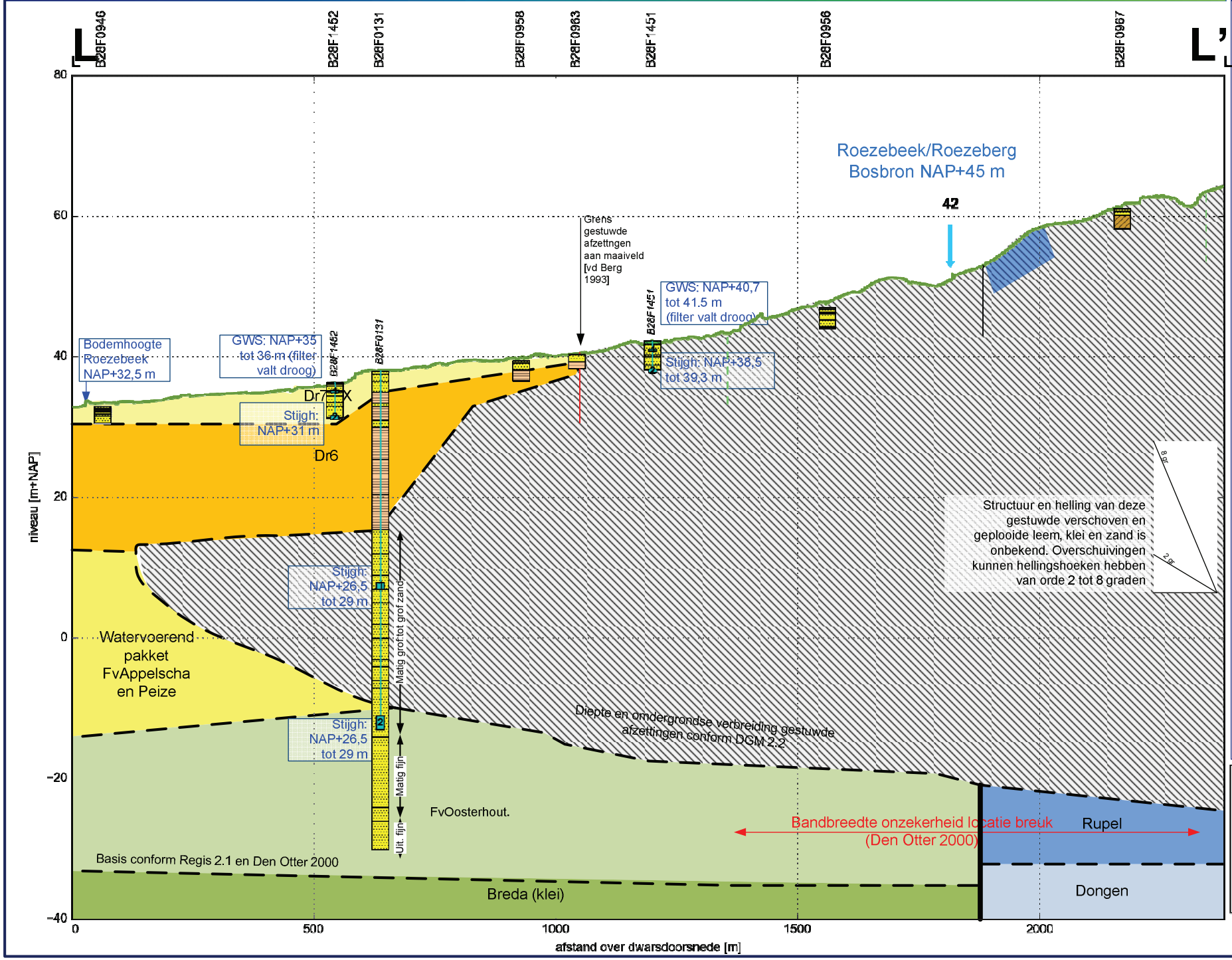
Gestuwde afzettingen:

- Gestuwd zand Midden pleistoceen (GMO)
- Gestuwd mioceen zand (FvBreda, groenzand)
- Gestuwde tertiare klei (FvRupel en ouder)
- Gestuwd zand, leem en klei. Pleistoceen en tertiair. Lithologie en structuur onbekend (GMOt)

Peilfilter met nr 2

lithologie
- grind
- zand
- klei
- leem
- veen
- onbekend
- maaiveldhoogte

Bijlage 3.12: Geohydrologische dwarsdoorsnede L-L' Roezebeek - Roezeberg



Legenda

Niet gestuwde zanden:

- FvBoxtel (vh FvTwente) — BX
- FvDrente (Fluvioglaciale afzettingen) — Dr7
- FvAppelscha (vh FvUrk en Enschede) en FvPeize (vh FvScheemda)
- FvOosterhout — Oo
- FvBreda — Br

Morene:

- FvDrente (leem en zand) — Dr6

Niet gestuwde klei:

- Rupel Formatie — Ru

Gestuwde afzettingen:

- Gestuwd zand Midden pleistoceen (GMO)
- Gestuwd mioceen zand (FvBreda, groenzand)
- Gestuwde tertiare klei (FvRupel en ouder)
- Gestuwd zand, leem en klei. Pleistoceen en tertiair. Lithologie en structuur onbekend (GMOt)

Peilfilter met nr 2

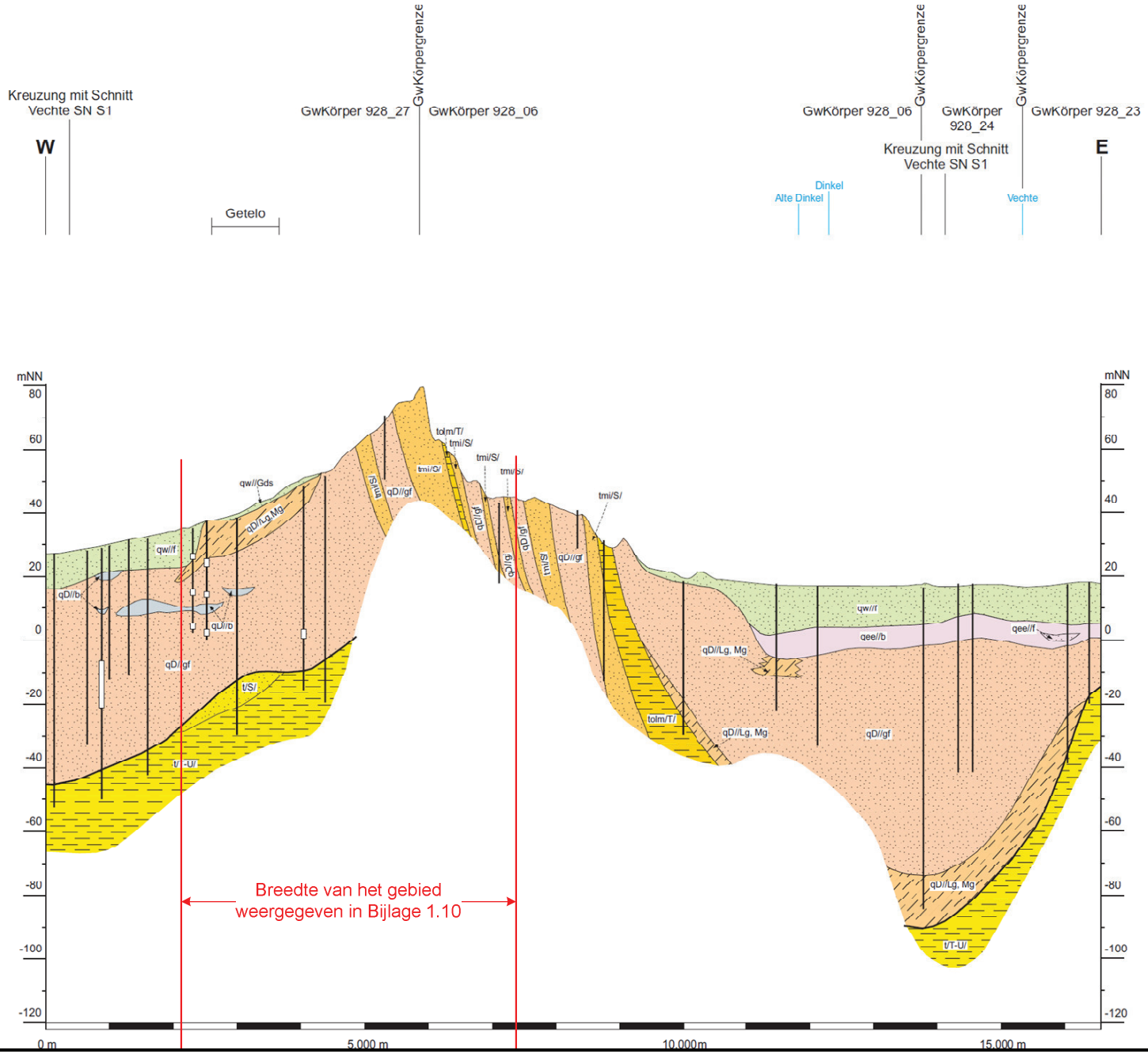
lithologie

- grind
- zand
- klei
- leem
- veen
- onbekend
- maaiveldhoogte

Itter-Uelsen

Geologischer Schnitt S1

Bijlage 3.13: Geologische dwarsdoorsnede Duitsland
(ligging weergegeven met rode lijn in Bijlage 1.10)



Legende

qw//f qw//Gds	fluviatiler Sand, Weichsel-Kaltzeit Geschiebedecksand, Weichsel-Kaltzeit
qee//b	Beckenablagerungen, Eem-Warmzeit
qee//f	fluviatiler Sand, Eem-Warmzeit
qD//Lg, Mg	Geschiebelehm, -mergel, Drenthe-Stadium
qD//b	Beckenschluff, -ton, Drenthe-Stadium
qD//gf	glazifluviatiler Sand/Kies, Drenthe-Stadium
tmi/S/	Sand, Miozän
tolm/T/	Ton, Mittel-Oligozän
t/S/	Sand, Tertiär
t/T-U/	Ton und Schluff, Tertiär
	Quartärbasis
2321HY0010 2321HY0011	Bohrung mit BID (kursiv = projiziert)
	Filterstrecke

Hydrogeologie

Itter-Uelsen
Geologischer Schnitt S1

Bearbeitung:	Datum:	Maßstab:
H. Röhm	September 2006	Länge 1 : 50.000 Höhe 1 : 1.000
Zeichnung:		
L. Ebeling		

LBEG
Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie
Stilleweg 2
30655 Hannover