

Grondwater situatie N2000-gebied Elperstroom

Onderwerp: Grondwater situatie N2000 gebied Elperstroom
Projectnummer: 358371
Referentienummer: SWNL024446

Auteurs: Iris Vreugdenhil en Sandra Schunselaar
Datum: 28-05-2019

Meetnet verdroging periode 2010-2017

Definitief

Verantwoording

Titel Grondwatersituatie N2000 gebied
Elperstroom

Subtitel Periode 2010-2017

Projectnummer 358371

Referentienummer SWNL0244446

Revisie 02

Datum 28-05-2019

Auteur(s) Iris Vreugdenhil, Sandra Schunselaar

E-mailadres Sandra.schunselaar@sweco.nl

Gecontroleerd door Sandra Schunselaar

Paraaf gecontroleerd



Goedgekeurd door Yska de Leeuw

Paraaf goedgekeurd



Inhoudsopgave

1.	Inleiding	5
1.1	Aanleiding	5
1.2	Doel	5
1.3	Werkwijze	5
1.4	Leeswijzer	6
2.	Actuele hydrologische en ecologische situatie	7
2.1	Algemeen.....	7
2.2	Algemene hydrologische systeembeschrijving.....	7
2.2.1	Situering en hoogteligging.....	7
2.2.2	Bodemopbouw	8
2.2.3	Grondwatersysteem	12
2.2.4	Oppervlakte watersysteem.....	12
2.3	Actuele grondwaterstanden (AGOR).....	14
2.3.1	Algemeen.....	14
2.3.2	Beoordelen filterstelling.....	16
2.3.3	Beoordelen meetreeksen	18
2.3.4	GLG en GVG freatische peilbuizen	19
2.4	Huidig ecologische situatie	22
2.5	Analyse huidig situatie aan de hand van de meetraai	25
2.5.1	Inleiding.....	25
2.5.2	Meetraai A (west-oost door Reitma)	25
2.5.3	Meetraai B (west-oost door Oosterma)	31
2.5.4	Meetraai C (west-oost door Stroetma)	31
2.5.5	Meetraai D (zuid-noord)	31
3.	Uitgevoerde Maatregelen	32
4.	Optimale grond- en oppervlaktewaterregime voor natuur	34
4.1	Algemeen.....	34
4.2	Optimaal grond- en oppervlaktewaterregime (OGOR) habitattypen	34
5.	Toets aan de hydrologische randvoorwaarden	36
5.1	Werkwijze	36
5.2	Resultaat toetsing	36
5.3	Kwel- Wegzijing	45
6.	Tijdreeksanalyse	49

6.1	Algemeen.....	49
6.2	Beoordeling modellen.....	49
6.3	Resultaten algemene tijdreeksanalyse.....	49
6.3.1	Ondiepe (freatische) peilbuizen	50
6.3.2	Peilbuizen watervoerend pakket (onder leemlenzen)	53
6.4	Detailanalyses	54
6.4.1	Deelgebied Reitma	54
6.4.2	Deelgebied Grevema	58
6.4.3	Deelgebied Oosterma	60
7.	Conclusies.....	63
8.	Literatuur	65

Bijlage 1 - Keilemdikte (TNO,2013)

Bijlage 2 - Bovenkant keileem (TNO,2013)

Bijlage 3 - Veenkaart Alterra (2013)

Bijlage 4 Situering diepe boringen

Bijlage 5 - Beoordeling filterstelling peilbuizen

Bijlage 6 - Beoordeling meetreeksen

Bijlage 7 - locaties vegetatiemeetpunten

Bijlage 8 - Dwarsprofielen inclusief bodemopbouw

Bijlage 9 - Uitgevoerde maatregelen

Bijlage 10 - Toelichting tijdreeksanalyses

1. Inleiding

1.1 Aanleiding

In de periode 2006 tot en met 2007 is een ontwerp gemaakt voor het Meetnet Verdroging in Noord en Oost Nederland. Hierbij is uitgegaan van de "Methode Brabant". Sinds 2008 worden de grondwaterstanden in dit meetnet met behulp van dataloggers geregistreerd.

Met dit meetnet is het mogelijk om de hydrologische situatie in de natuurgebieden te monitoren. Door de hydrologische situatie te vergelijken met de hydrologische vereisten van de vegetaties, wordt een indicatie gekregen van de huidige toestand. Met de meetreeksen kunnen bovendien trends in de grondwaterstanden worden afgeleid, welke van belang zijn voor aanwezige natuurdoelen ter plaatse.

Dit rapport betreft de grondwaterrapportage voor het N2000 gebied Elperstroom voor de periode 2010-2017. Het meetnet bestaat hier uit 13 peilbuizen (22 filters), aanvullend zijn 15 extra peilbuizen (23 filters) uit het dinoloket gedownload.

1.2 Doel

Doel van de rapportage is drieledig:

1. Een beschrijving geven van de huidige hydrologische toestand op basis van de beschikbare meetreeksen uit het meetnet verdroging voor de periode 2010-2017.
2. Een verbinding leggen tussen huidige hydrologische toestand en ter plaatse aanwezige vegetatietypen, natuurbeheertypen en habitattypen.
3. Een analyse van de sturende factoren die het al dan niet behalen van deze doelen beïnvloeden; hierbij ligt de nadruk op de hydrologische situatie.

1.3 Werkwijze

De volgende stappen zijn uitgevoerd:

- opstellen beknopte beschrijving van de actuele hydrologische en ecologische situatie per raai;
- in beeld brengen uitgevoerde maatregelen in periode 2010-2017;
- bepalen benodigde hydrologische condities om natuurdoelen te realiseren (OGOR);
- toetsen in welke mate voldaan wordt aan bovenstaande condities, inclusief een vertaling naar natuurdoelen;
- uitvoeren tijdreeksmodellering met behulp van het programma Menyanthes voor de beschikbare meetpunten- voor bepaling eventuele trends en externe invloeden over de periode 2010-2017.

1.4 Leeswijzer

Het rapport is als volgt opgebouwd:

- hoofdstuk 2: Actuele hydrologische en ecologische situatie;
- hoofdstuk 3: Uitgevoerde hydrologische maatregelen 2010-2017;
- hoofdstuk 4: Optimale grond- en oppervlaktewaterregime voor natuur;
- hoofdstuk 5: Toets aan de hydrologische randvoorwaarden;
- hoofdstuk 6: Tijdreeksmodellering;
- hoofdstuk 7: Conclusies.

2. Actuele hydrologische en ecologische situatie

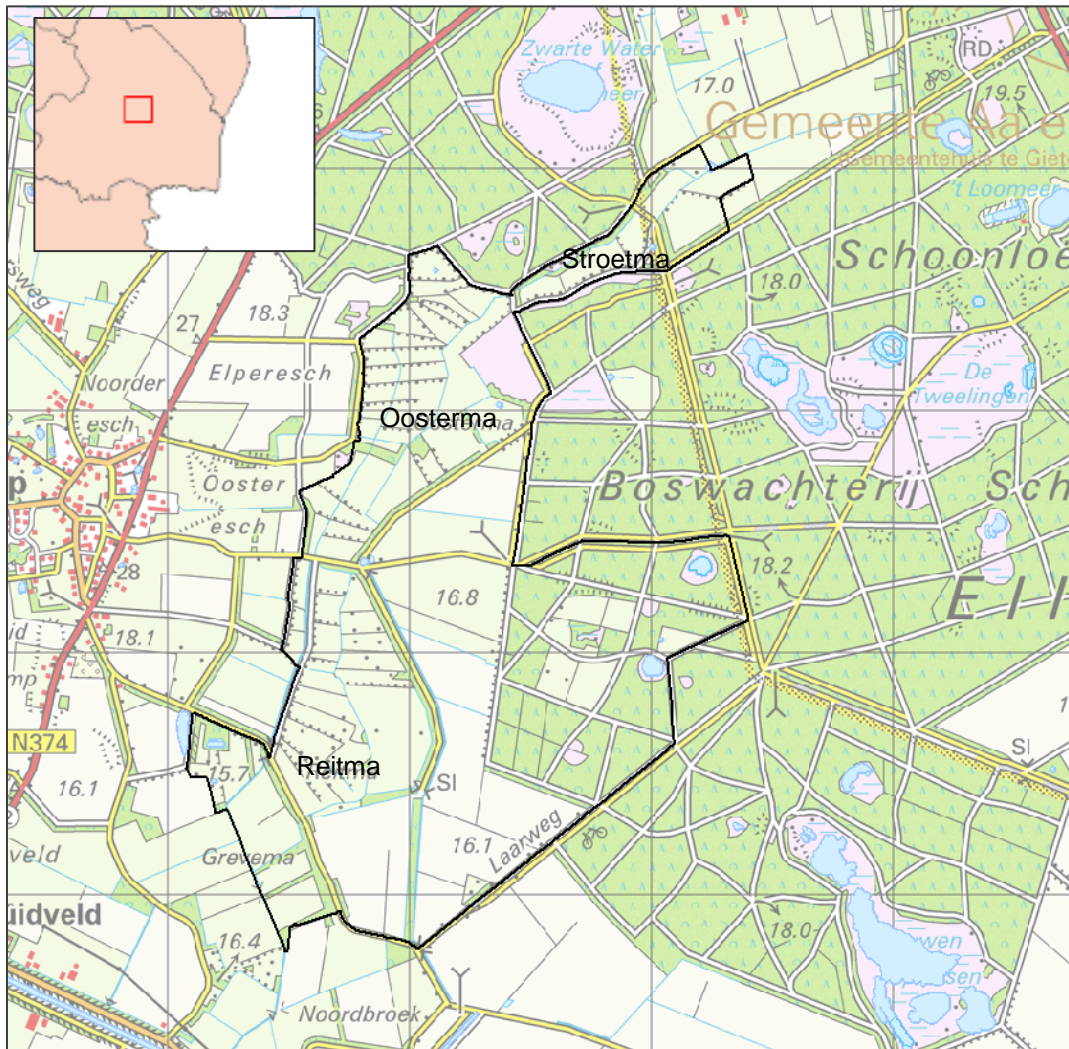
2.1 Algemeen

In dit hoofdstuk is een beknopte beschrijving gegeven van de actuele hydrologische en ecologische situatie ter plaatse van de meetpunten in het N2000 gebied Elperstroom.

2.2 Algemene hydrologische systeembeschrijving

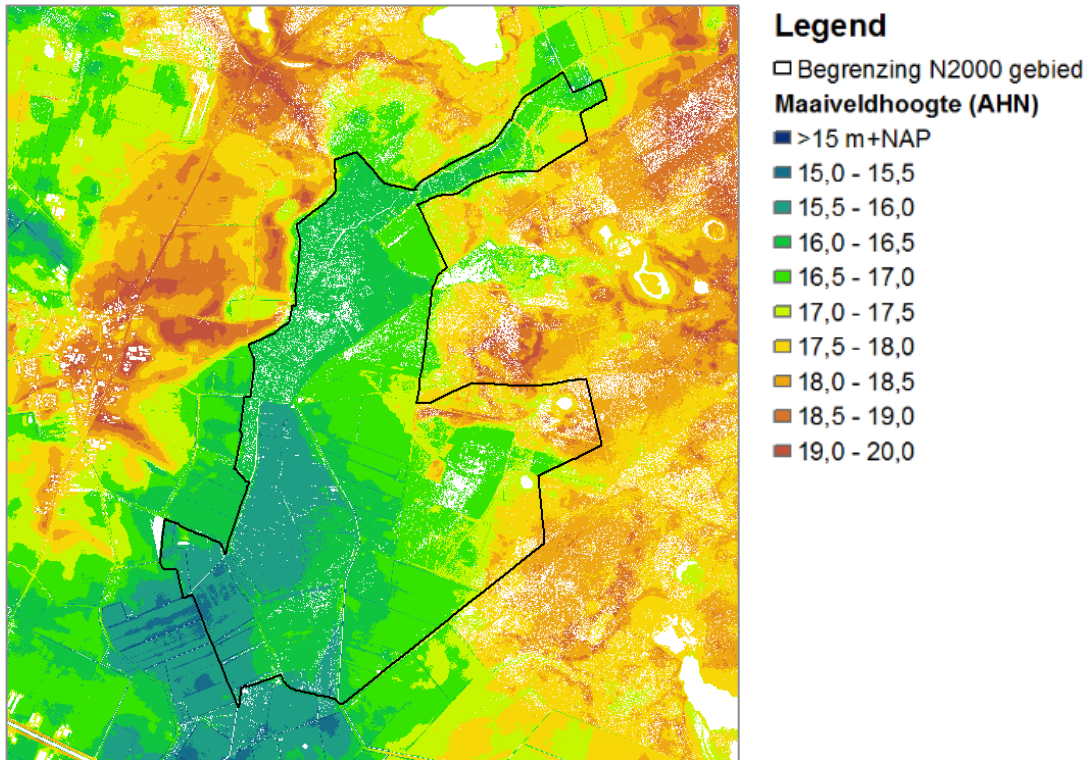
2.2.1 Situering en hoogteligging

De Elperstroom is een klein beekdal gelegen in de bovenloop van het beekdalsysteem van de Beiler (cq Westerborkerstream) op de westflank van de Hondsrug. De situering van het N2000 gebied is weergegeven in Figuur 2-1. Het gebied meet 350 ha en is eigendom van Staatsbosbeheer.



Figuur 2-1. Locatie N2000-gebied Elperstroom met naamgeving deelgebieden

De hoogteligging van het gebied ligt tussen NAP +19,6 m en NAP +15,6 m. Het beekdal heeft in verhang in overwegend zuidelijke richting. In Figuur 2-2 is de maaiveldhoogtekaart weergegeven.



Figuur 2-2. Maaiveldhoogte (AHN5x5)

2.2.2 Bodemopbouw

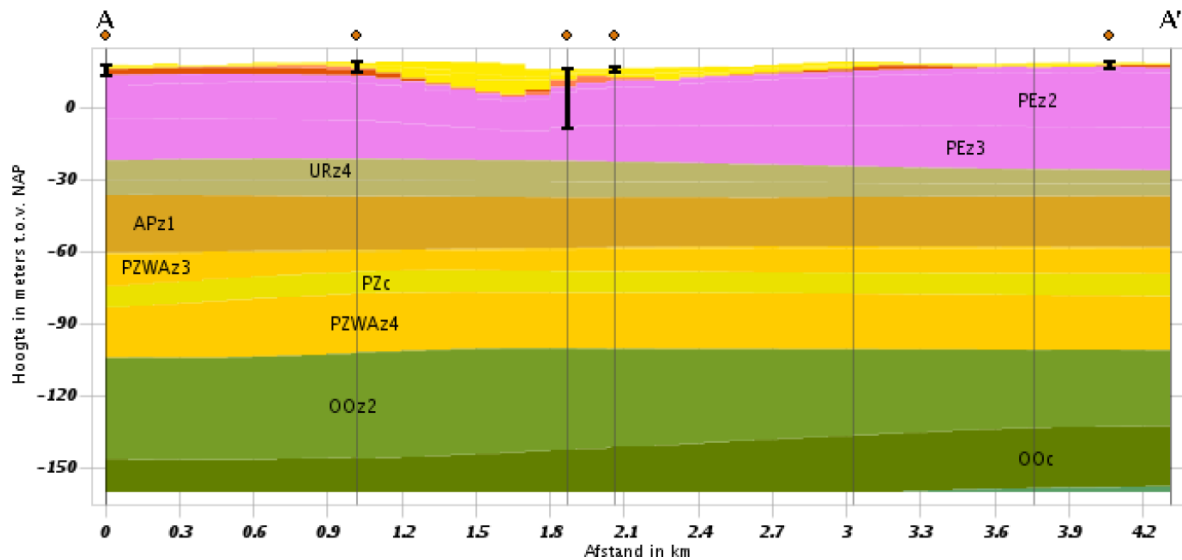
Het reservaat de Elperstroom ligt in het “Versneden keileemlandschap” aan de westzijde van de rug Sleen-Schoonlo. De ondergrond in het gebied is in grote lijnen als volgt ontstaan:

- een subglaciaal dal is uitgesleten door smeltwater gedurende de Elsterien glaciatie. Tijdens en na het terugtrekken van het ijsfront is het dal gevuld met fluvioglaciale afzettingen (Peelo Formatie);
- Na het terugtrekken van het ijs in de latere Saale ijstijd bleef een grondmorene (de Formatie van Drente, laagpakket van Gieten) meestal in de vorm van keileem achter.
- In de laatste ijstijd (Weichselien) werd het aanwezige keileem doorsneden door beekdalen, van circa 10-20 m diepte. Deze werden later in het holoceen weer opgevuld door voornamelijk fijn zand (Boxtelzanden) en veen, met lokaal beekleem.

In Figuur 2-3 is een west-Oost dwarsprofiel uit REGIS II.2 weergegeven. Onder de keileemlaag (DrGik1) komt één groot watervoerend pakket voor, hoofdzakelijk bestaande uit de zanden gerekend tot de Formaties van Peelo (PEz), Urk (Urz), Appelscha (Apz) en Peize

Waalre (PZWAz). Aan de onderzijde wordt dit dikke watervoerend pakket begrensd door Peize Complex (PC) op circa NAP -80 á -90 m.

Verticale Doorsnede REGIS II v2.2



Figuur 2-3 West-Oost dwarsprofiel Elperstroom uit REGIS II.2.

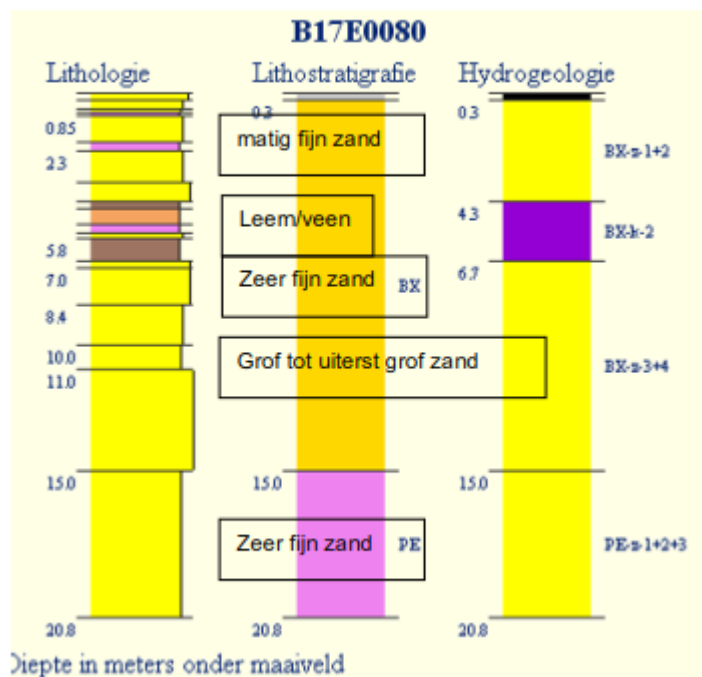
Peelklei ontbreekt in het Elperstroomgebied. Wel bestaan de Peelo zanden overwegend uit zeer fijn, soms slibhoudend zand, met een beperkte doorlatendheid. Boven de peelozanden komt hogerop op beide flanken keileem voor. De ligging van de keileem ten opzichte van maaiveld varieert tussen 0.5 en 8 m-mv. De dikte van de keileemlaag varieert tussen enkele decimeters en maximaal 3 meter, zie bijlage 1 en 2.

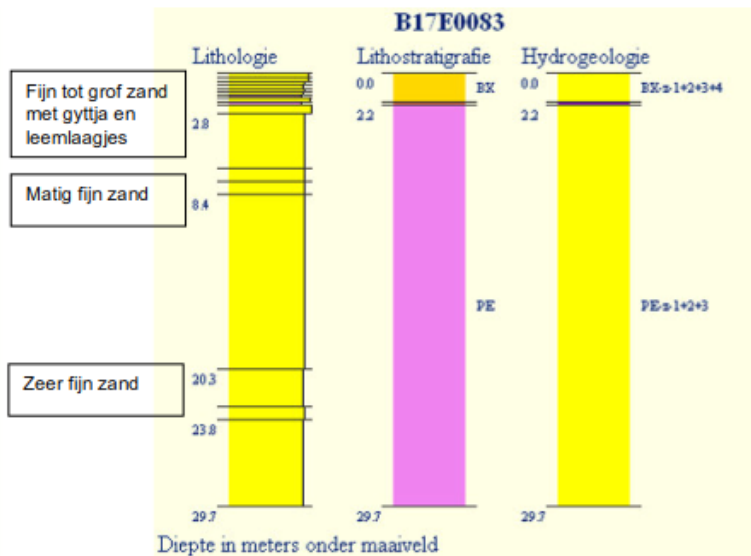
In het beekdal zelf ontbreekt de keileem, maar komen wel lokale veen en beekleem lagen voor. De veenkaart van Alterra (2013) is weergegeven in bijlage 3. De dikte van de veenlaag is volgens de veenkartering beperkt tot maximaal 1 meter.

Langs de beek (westelijk deel van de Reitma en Oosterma) komen madeveengronden voor. Het veen heeft een veraarde bovenlaag met daaronder veelal een veenlaag met weinig herkenbare plantenresten. Lokaal wordt een gyttjalaag aangetroffen. Het veen wordt getypeerd als “smeerveen” met weinig herkenbare plantenresten. De totale dikte van de veenlaag varieert van 25 cm tot circa 80 cm. In het zuidoostelijk deel van de Reitma en het oostelijk deel van de Oosterma bestaat de bovengrond uit “omgewerkte grond”. Het veen lijkt hier ten behoeve van de landbouw te zijn vermengd met zand. Op de oostgrens van de Reitma verder noordelijk is de veenlaag wel weer aangetroffen.

Onder het veen in het beekdal, komt een dunne leemlaag voor van enkele decimeters tot een meter dikte. Lokaal is deze humeus, of Gyttja-achtig. In het zuidwesten van de Reitma is deze laag bijna overal aanwezig (Romeyn, 1980). Het voorkomen in de rest van het beekdal is niet onderzocht maar speelt mogelijk een belangrijke rol in de basenrijkdom van de kwel.

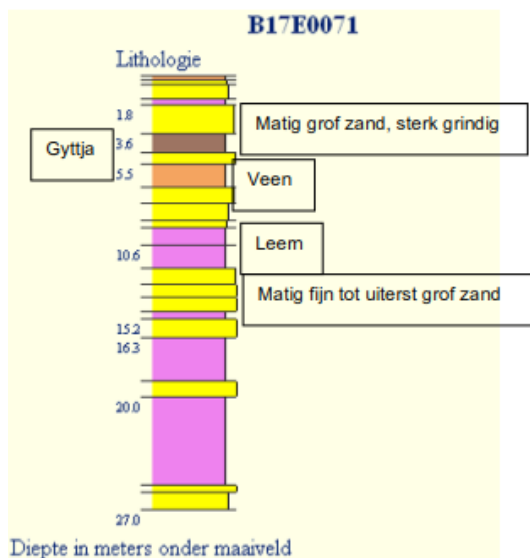
De heterogeniteit binnen het beekdal blijkt uit onderstaande boorstaten, beide gesitueerd in de Reitma.





Figuur 2-4. twee boringen in deelgebied Reitma

Enkele boringen in het gebied geven een sterk afwijkende bodemopbouw: dit betreft de boringen B17E0071, B17E0076, B17E0080 en B17E0084 (zie bijlage 4 voor de locaties van de boringen): allen gesitueerd in het westelijk deel van de Reitma. Hier zijn smalle diepe depressies aangetroffen die zijn opgevuld met smeltwaterafzettingen uit de slotfase van de Saale-ijstijd (Formatie van Drente, afwisseling van grof zand en leemlagen). De grove zanden hebben, gezien de bijmenging van glaciaal grind (en veel kalksteentjes), het karakter van smeltwaterzand, maar de tussenliggende leemlagen zijn moeilijk te karakteriseren.



Figuur 2-5. Sterk afwijkende boring B17E0071

2.2.3 Grondwatersysteem

Het hydrologisch systeem is te verdelen in een lokaal en regionaal systeem. Het lokale systeem voert vanuit de flanken ondiep grondwater, overwegend via afstroming over de keileem, aan naar het beekdal (basenarm). Op plekken waar dit grondwater aan het oppervlak komt, heersen zure, voedselarme condities. Het diepere regionale systeem zorgt voor toestroom van baserijk water richting naar het beekdal. De mate waarin dit diepere grondwater op kwelt is afhankelijk van lokale weerstand biedende laagjes in de ondergrond. Door de regionale grondwaterstroming van noord(oost) naar zuid(west), treedt naar verwachting de meeste kwel uit vanaf de oostflank.

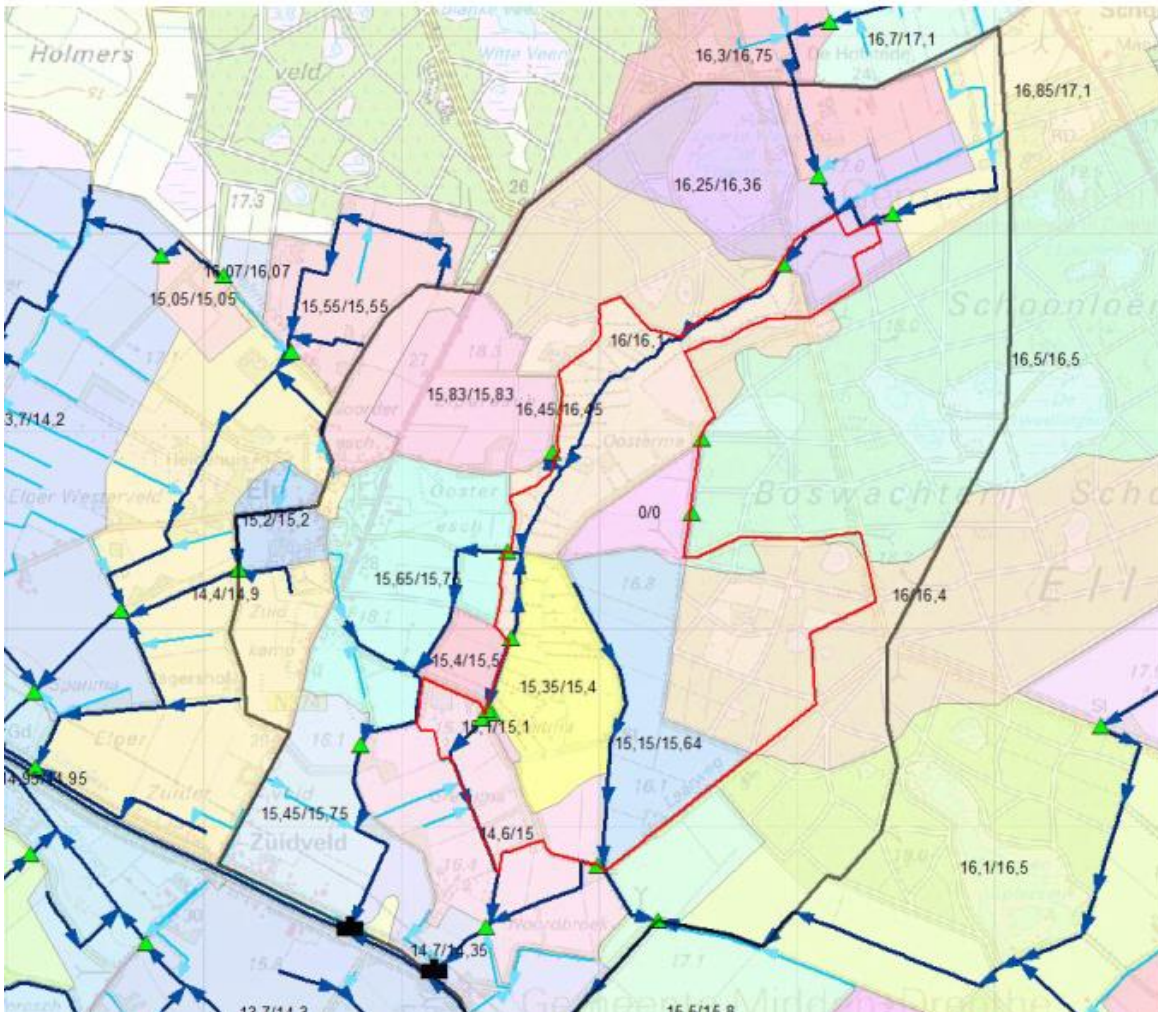
Onduidelijk is welke invloed de lokaal afwijkende boringen hebben op de regionale kwel in het beekdal. De smalle depressies met grove zanden en leem kunnen zorgen voor preferente stroombanen, maar ook voor extra weerstand en daarmee een barrière voor de grondwaterstroming. Opvallend is in ieder geval de lokale bijmenging met grind en kalksteentjes, wat een mogelijke bron is van de basenrijke kwel in de Reitma.

2.2.4 Oppervlakte watersysteem

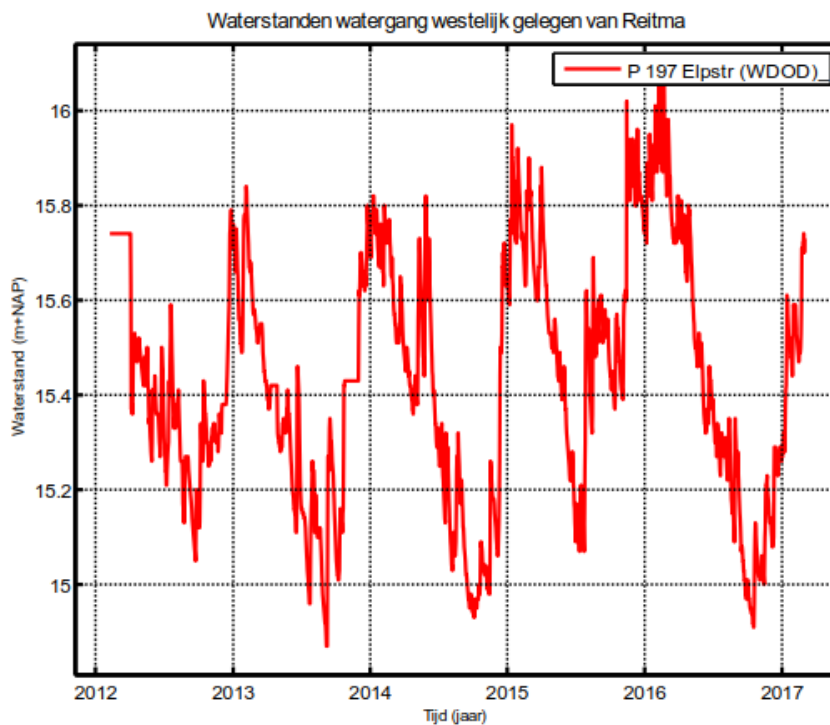
Het oppervlaktewatersysteem is weergegeven in Figuur 2-6. Het gebied watert op drie locaties af op het Oranjekanaal: bij 3 gemalen en een stuw. Doordat het water op meerdere punten verdeeld wordt, is niet eenduidig welk water via welk lozingspunt wordt afgevoerd. Het water van de oostflank werd tot voor kort afgevangen door een diepe ontwateringssloot welke nu ter hoogte van Reitma grotendeels is gedempt (najaar 2016).

De Reitma is hydrologische geïsoleerd om verdere eutrofiering van het oppervlaktewater in het beekdal tegen te gaan. Waterafvoer vind nu plaats om de Reitma heen.

Een peilschaal (in beheer bij WDOD) is aanwezig in het gebied. Deze is gesitueerd in de watergang ten westen van het deelgebied de Reitma. De gemeten waterstanden zijn weergegeven in Figuur 2-7. Opvallend is dat de waterstanden in de zomer uitzakken tot circa 50 cm onder het streefpeil van NAP +15,4/15,5 m. In de winter zijn de standen tot 50 cm hoger. De extreem hoge waterstanden in de winter van 2015-2016 zijn mogelijk het gevolg van de maatregelen die toen werden uitgevoerd in het gebied, waardoor het water tijdelijk niet goed kon worden afgevoerd. Ook zonder deze piek is echter veel dynamiek in het watersysteem.



Figuur 2-6 Oppervlaktewatersysteem Elperstroomgebied met peilvakken (min/max peilen m+NAP. 0/0= vrij afwaterend)



Figuur 2-7 Waterstanden watergang westelijk van de Reitma (streefpeil NAP+15,4 tot NAP+15,5 m

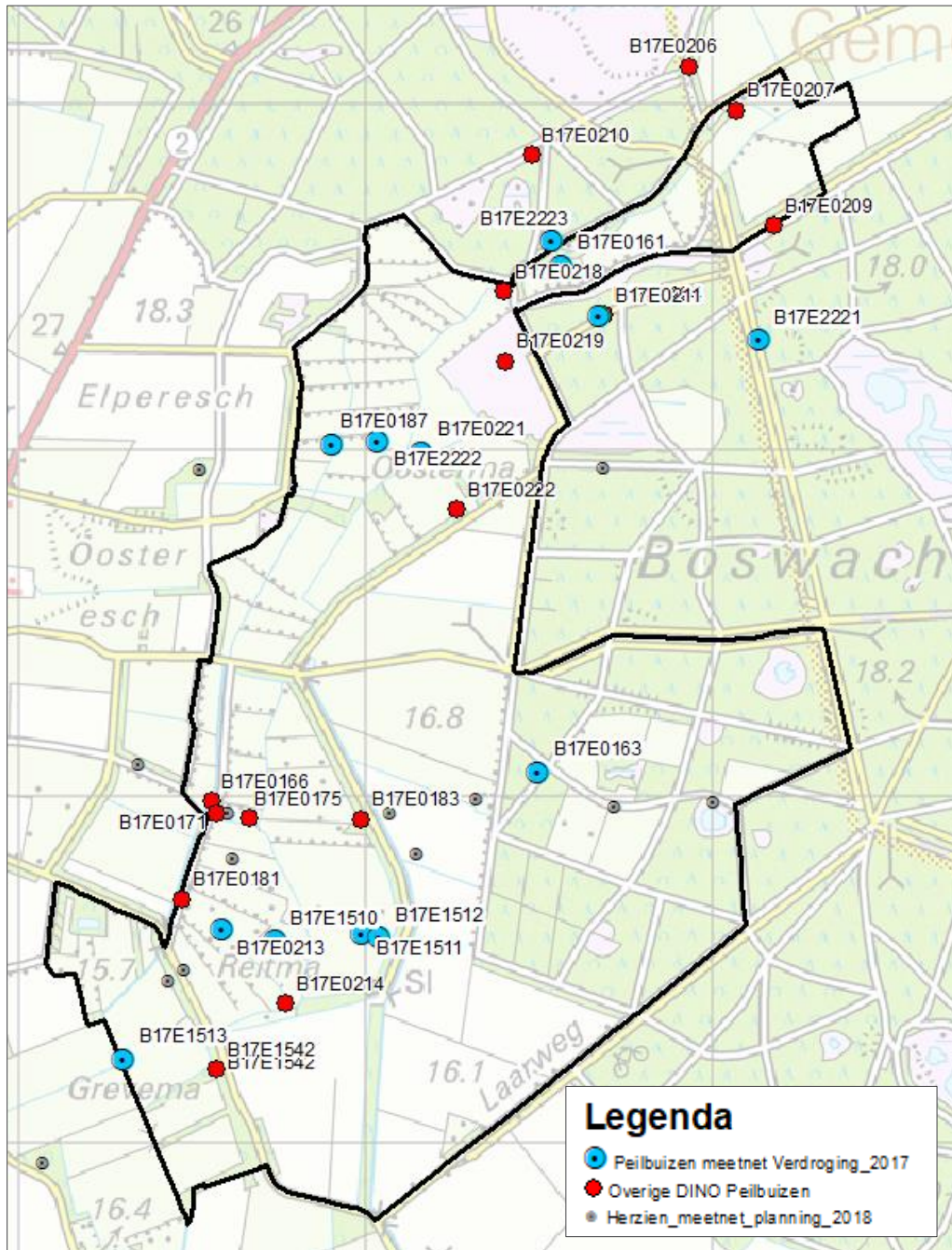
2.3 Actuele grondwaterstanden (AGOR)

2.3.1 Algemeen

In 2007 is een ontwerp meetnet verdroging opgesteld om de hydrologische situatie te monitoren, welke daarna in overleg nog meerdere malen is aangepast. Het huidige meetnet verdroging is weergegeven in Figuur 2-8. Sinds circa 2010 worden hier de grondwaterstanden gemonitord (sommige meetreeksen starten later, in 2011/2012). Voor de analyse zijn ook de beschikbare peilbuizen uit Dino-loket gedownload. Met een selectie van deze peilbuizen zijn de grondwaterstanden voor de periode 2010-2017 in beeld gebracht. Hiervoor is de volgende werkwijze gehanteerd:

1. de filterstelling is beoordeeld en filters zijn ingedeeld in de verschillende watervoerende lagen;
2. de meetreeksen zijn beoordeeld en van de betrouwbare meetreeksen zijn de GVG en GLG bepaald;
3. de resultaten zijn op kaart weergegeven en verwerkt in een raai door het gebied; opvallende zaken zijn toegelicht.

Het meetnetverdroging Elperstroom bestaat hier uit 13 peilbuizen (22 filters), aanvullend zijn 15 extra peilbuizen (23 filters) uit het dinoloket gedownload. Daarnaast zijn er een 20 nieuwe peilbuizen, welke in 2018 worden geplaatst. Van deze peilbuizen is tijdens deze analyse nog geen gegevens bekend. In Figuur 2-8 is de ligging van het meetnet weergegeven.

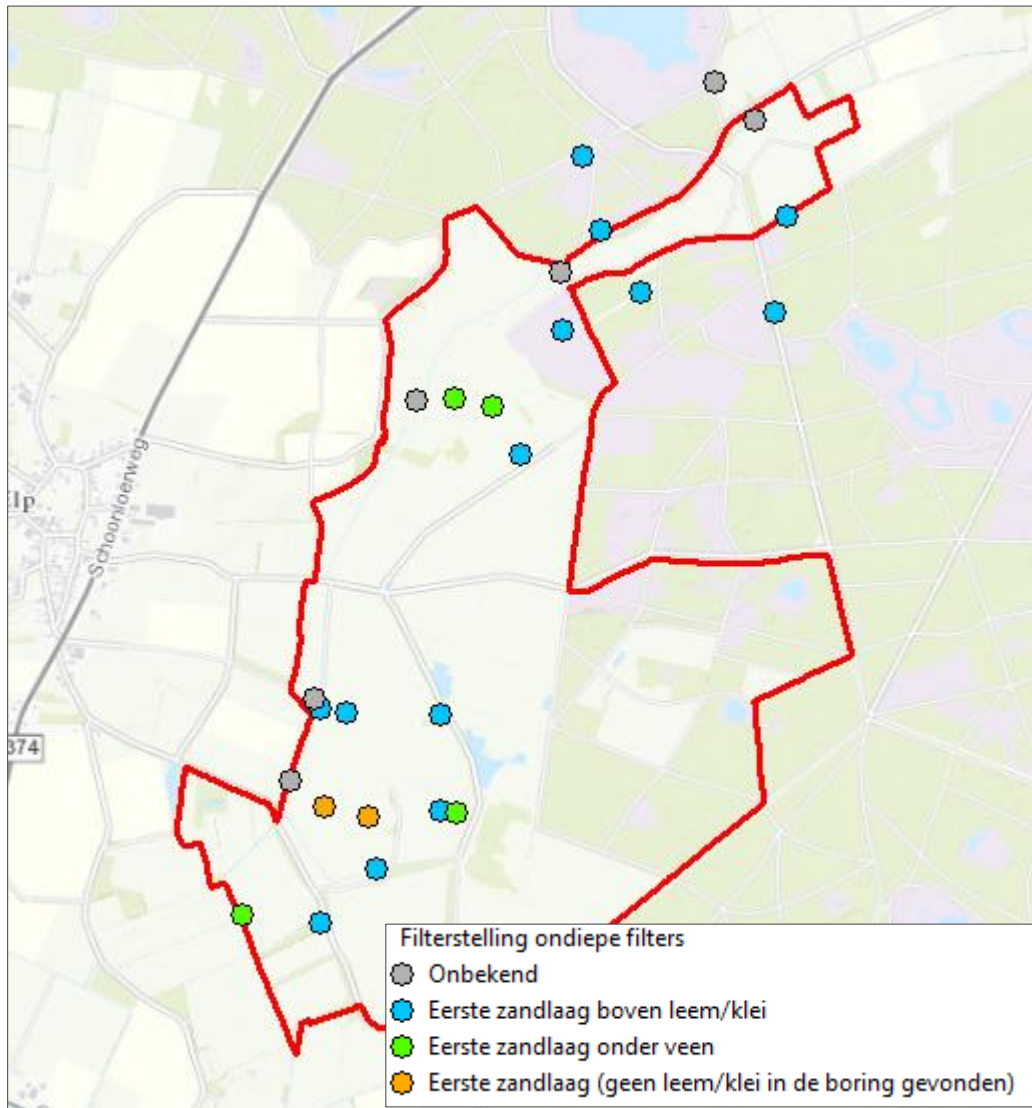


Figuur 2-8. Peilbuizen meetnet verdroging en overige Dino peilbuizen

2.3.2 Beoordelen filterstelling

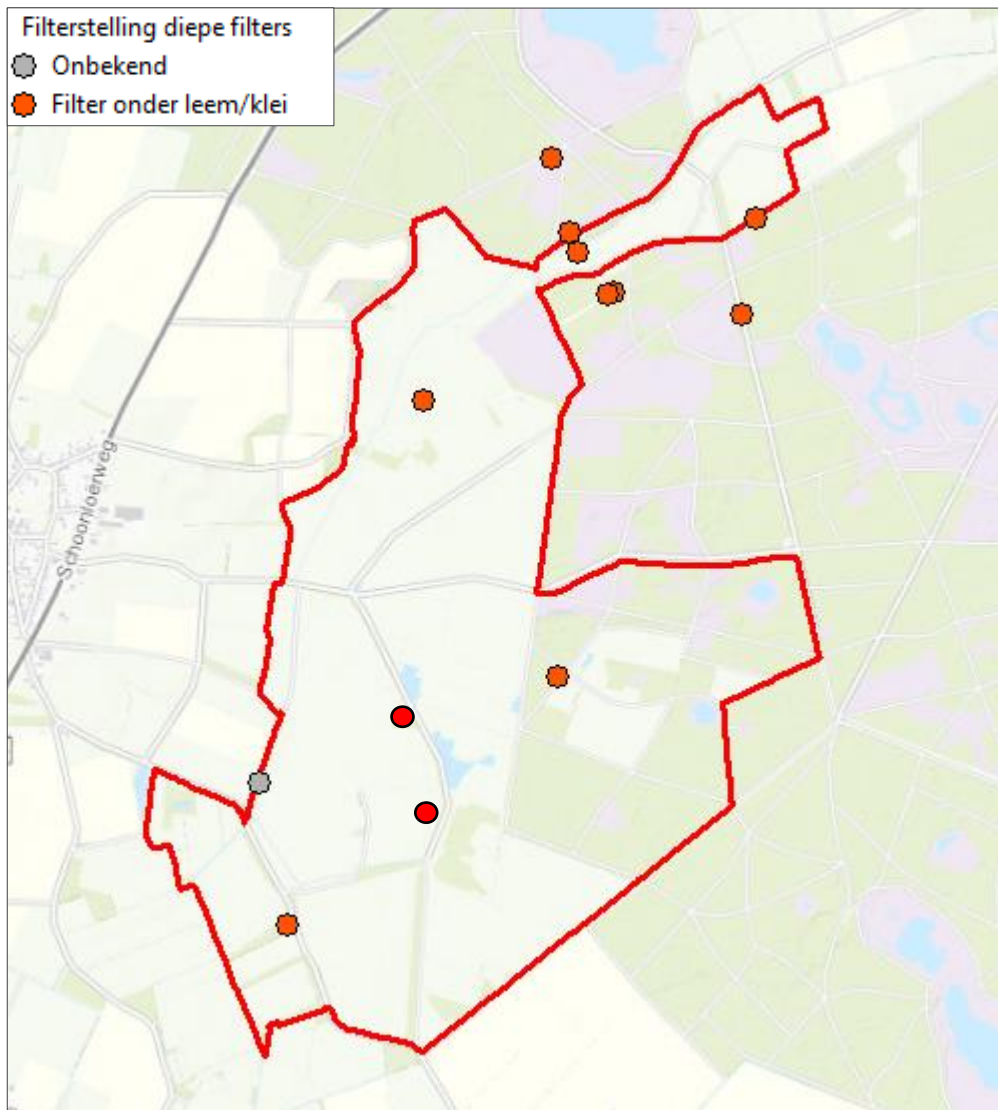
Beoordeeld is of de filters zijn gesitueerd boven of onder de keileem (op de flanken) of beekleem (in het beekdal). Ook is bepaald of het een freatisch filter betreft in of onder het veen. Dit is uitgevoerd door de filterstelling te vergelijken met de bodemopbouw in de voor alle punten beschikbare boringen ter plaatse. De filterstelling van alle filters boven de leem (keileem/beekleem/gyttja) is weergegeven in Figuur 2-9.

De buizen B15E0213 en B17E1510 staan in het zand, in de bijbehorende boringen is geen weerstand biedende laag aangetroffen; mogelijk omdat de boring niet diep genoeg is gezet. Van een aantal filters is de laagtoekenning onbekend; er waren geen boorbeschrijvingen bij deze buizen. Vier filters zijn weliswaar gesitueerd in de bovenste zandlaag boven de aanwezige leemlenzen; deze zijn wel afgedekt door veen. Dit geeft daarom geen garantie dat de peilbuizen representatief zijn voor een freatische grondwaterstand in de wortelzone.



Figuur 2-9. Filterstelling peilbuizen boven de keileem/beekleem

De filterstelling van alle filters onder de keileem is weergegeven in Figuur 2-13.



Figuur 2-10. Filterstelling peilbuizen onder de keileem/beekleem

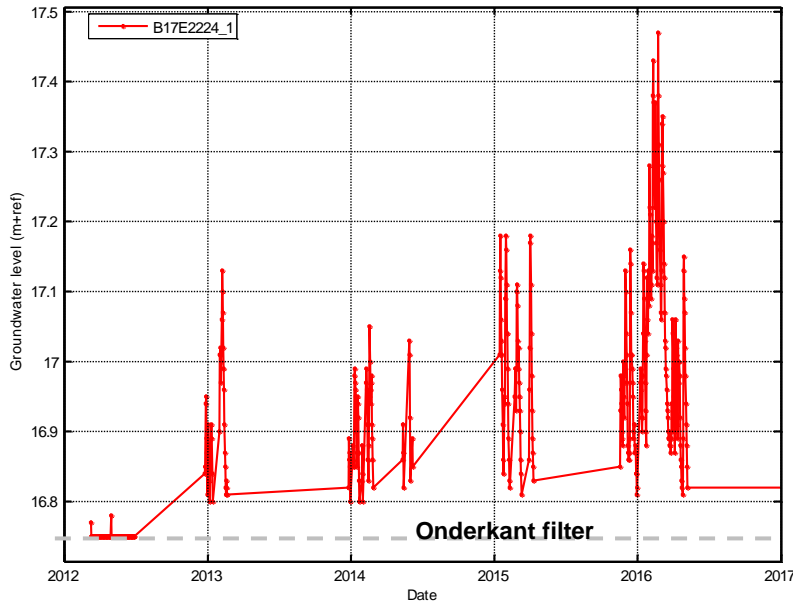
Een totaal overzicht van de beoordeling van de filterstelling van de peilbuizen is opgenomen in bijlage 5.

2.3.3 Beoordelen meetreeksen

Vervolgens zijn de meetreeksen beoordeeld op kwaliteit en volledigheid. Controle van de meetreeksen heeft plaatsgevonden op basis van de volgende punten:

- het voorkomen van onverwachte sprongen (bv een foutieve terugplaatsing van de diver of een weergave van een hydrologische maatregel in de nabije omgeving);
- uitbijters (extreme waarde die duiden op een foute meting);
- het droogvallen van een filter (grondwaterstand zakt onder het filter).

Een aantal filters vallen langdurig droog gedurende de zomer (B17E1542_1; B17E2221_1; B17E2223_1; B17E2224_1, zie voorbeeld in Figuur 2-11). Deze peilbuizen zijn niet bruikbaar voor een GxG bepaling of een tijdreeksanalyse. De rest van de metingen hebben een plausibel patroon. Wel bevatten enkele reeksen een gat in het jaar 2013.



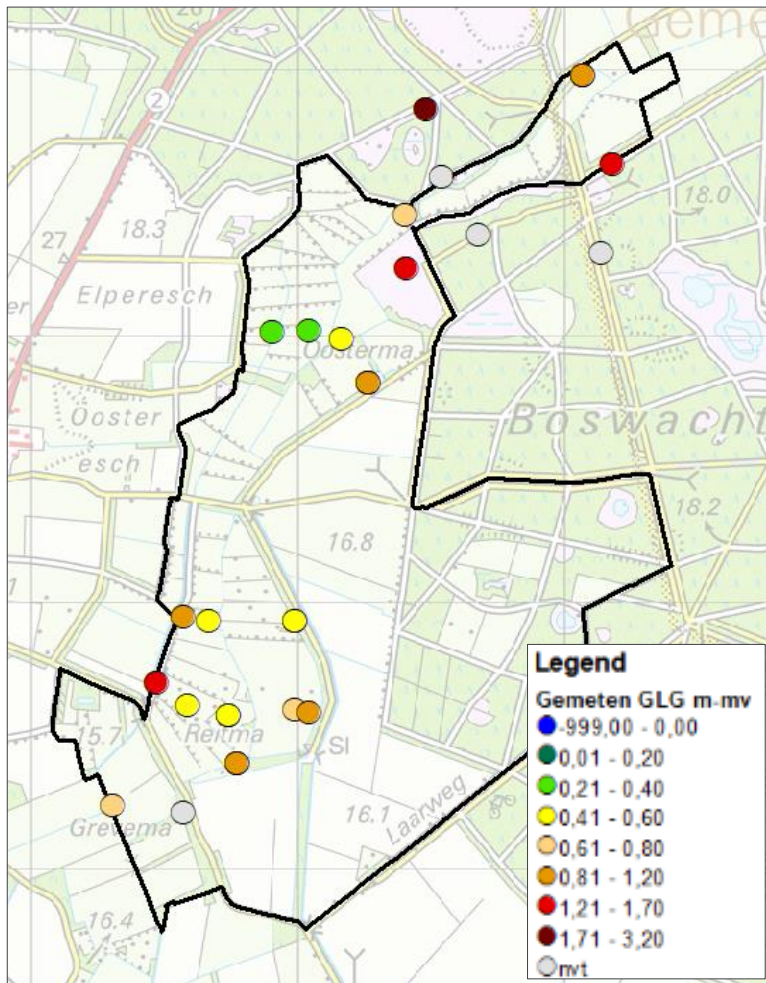
Figuur 2-11 Grondwaterfluctuatie peilbuis B17E2224_1

Een tabel met de beoordeling van de meetreeksen is opgenomen in bijlage 6.

2.3.4 GLG en GVG freatische peilbuizen

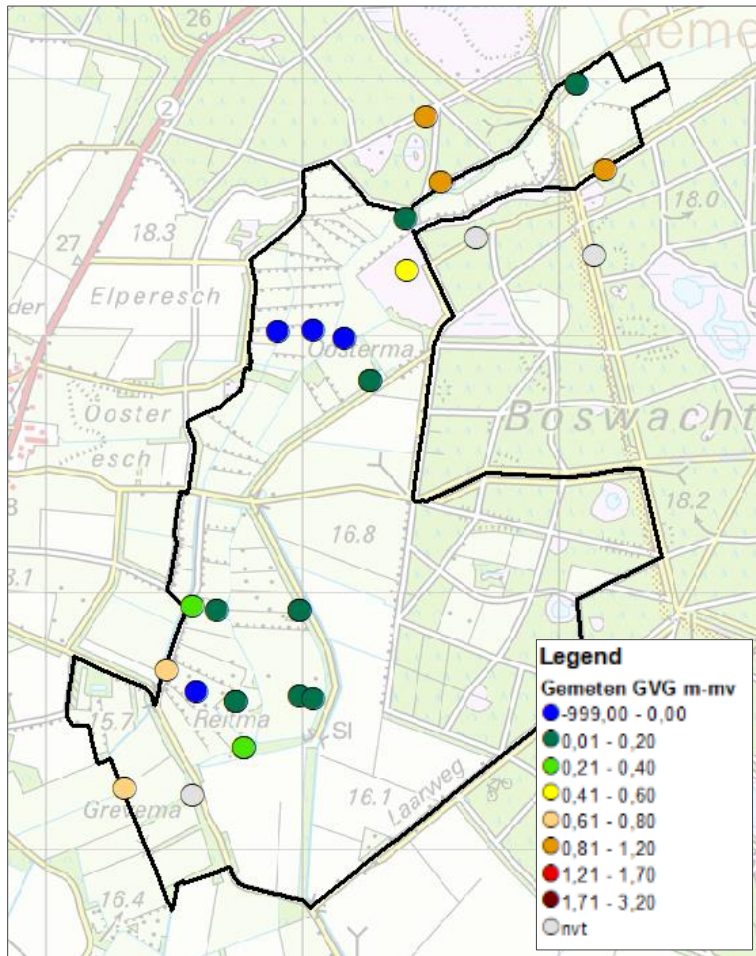
Met de meetreeksen van de ondiepe filters van het meetnet verdroging zijn de GVG (gemiddelde voorjaarssituatie) en de GLG (gemiddeld laagste grondwaterstand) bepaald voor de periode 2010-2017. De resulterende GLG en GVG van de filters in de eerste zandlaag zijn in Figuur 2-12 en Figuur 2-13 weergegeven. Hierbij dient wel te worden opgemerkt dat in deze periode maatregelen zijn uitgevoerd en sommige buizen een trend vertonen. De berekende GxG's zijn dus de gemiddelde waarden voor zowel de periode voor als na maatregelen. In het hoofdstuk tijdreeksmodellering worden deze perioden apart beschouwd.

De zomergrondwaterstanden (GLG) zakken hoger op de flanken van het beekdal ver uit, tot meer dan 1,7 m. In het beekdal zelf zakt de grondwaterstand in de zomer van circa 0,2m in het hart van de Oosterma, tot 0,4 à 0,6m in het hart van de Reitma. Naar de randen toe wordt het snel droger.



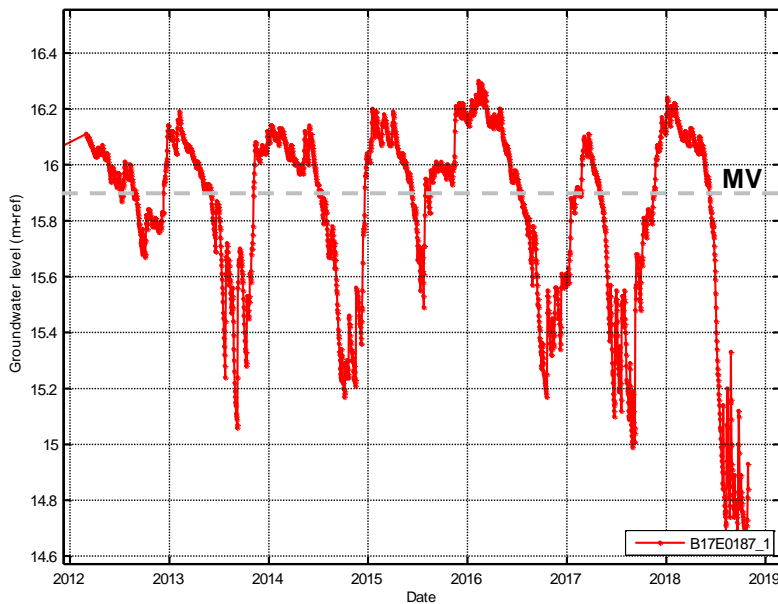
Figuur 2-12. Gemeten GLG - filters boven leemlagen voor de periode van januari 2010 – Augustus 2017 (m-mv)

De gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG) geeft over het algemeen een veel natter beeld. In het hart van de Reitma en de Oosterma is er in de GVG situatie sprake van stijghoogten boven maaiveld (kwel aan maaiveld). In het resterende deel van het N2000 gebied is de stijghoogte circa 0 tot 0,2m -mv. Aan de randen en net daarbuiten, hoger op de flanken, staat het grondwater dieper, tot circa 0,6 à 1,2 m -mv.



Figuur 2-13 Gemeten GVG filters boven leemlagen voor de periode van januari 2010 – augustus 2017 (m-mv)

Opvallend zijn de drie peilbuizen in Oosterma die in de GVG een grondwaterstand boven maaiveld meten. In Figuur 2-14 is de grondwaterfluctuatie van de peilbuis weergegeven. Gedurende de winterperiode stijgt de grondwaterstand tot circa 30 cm boven het maaiveld. Volgens het AHN2 is de maaiveldhoogte bij deze peilbuis echter 30cm hoger, namelijk NAP+ 16,22 m; de reeks wordt op deze hoogte afgetopt. Het maaiveld is op deze locatie zeer variabel. Het kan zijn dat het meetpunt wat in een kuil ligt ten opzichte van de omgeving. Er zijn echter ook in de afgelopen 10 jaar de nodige maatregelen uitgevoerd in het gebied, waardoor het AHN2 mogelijk alweer wat gedateerd is.

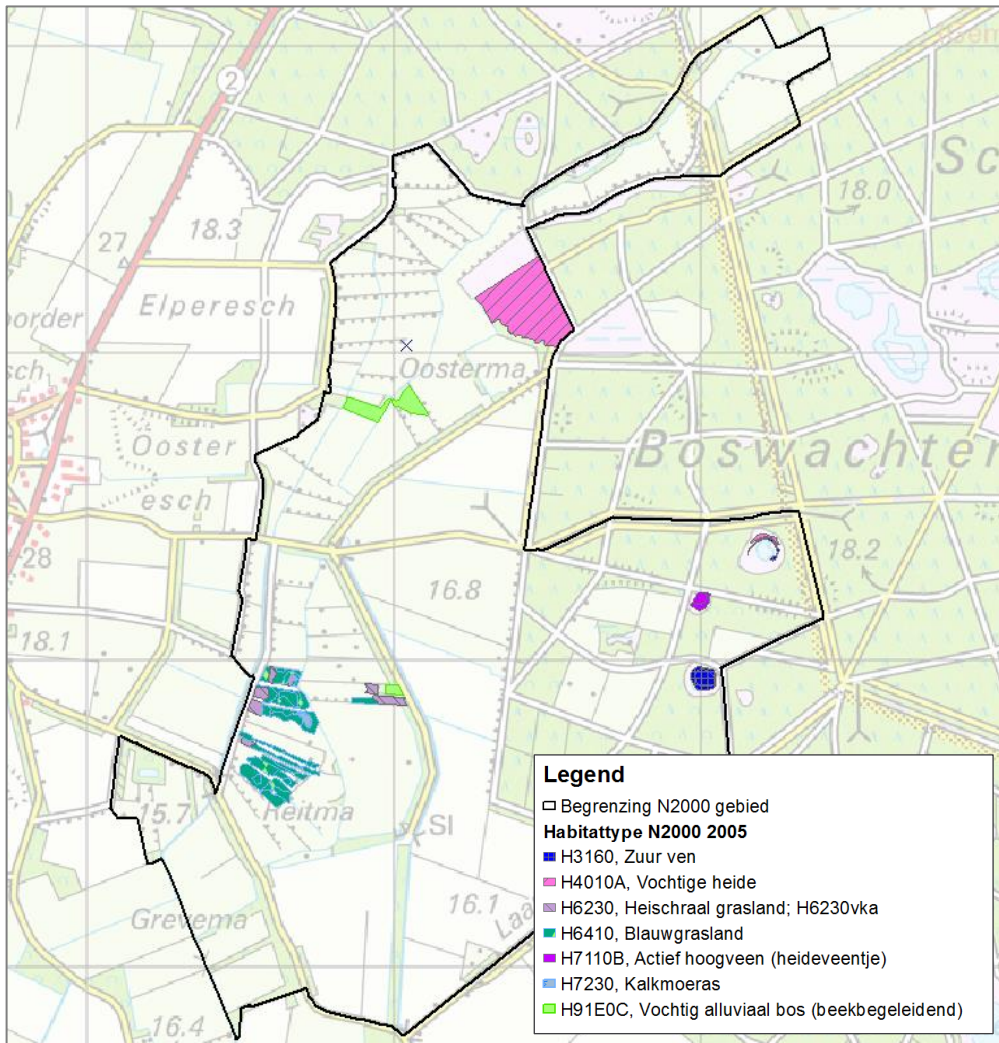


Figuur 2-14 Grondwaterstandsfluctuatie B17E0187_1

2.4 Huidig ecologische situatie

De ecologische beschrijving is uitgevoerd op basis van de voorkomende habitattypen (versie 12-09-2017) en op het gedetailleerde niveau van de vegetatietypen met bijbehorende sub-associatie.

De habitattypen (2005) zijn weergegeven in Figuur 2-15. In het Elperstroomgebied komen kwelafhankelijke habitattypen voor: Blauwgrasland en kalkmoeras. Voor blauwgrasland gaat het om de vorm met Parnassia, een soortenrijk en tegenwoordig zeer zeldzaam vegetatietype dat een hogere basenrijkdom (pH 6,0 -7,5) vereist). Daarnaast komt in het beekdal lokaal vochtige heide en vochtig alluviaal bos voor. In het bosgebied wat hoger op de flank bevindt zich ook nog een heideveentje en een zuur ven.



Figuur 2-15. Habitattypen (V3, revisie 19-07-2017)

De vegetatietypen worden gemonitord in zogeheten PQ's in het landelijk meetnet Flora, maar ook in provinciale meetnetten. Ter plaatse van deze meetpunten hebben we een gedetailleerder beeld van welke vegetatietypen er op deze plaats voorkomen, en daarmee de kwaliteit van het geclassificeerde habitatype.

In het Elperestroom zijn negen vegetatiemeetpunten gesitueerd nabij negen peilbuizen, voor de locaties van de meetpunten zie bijlage 7. In het gebied komen verschillende waardevolle vegetatietype voor als de blauwe knoop en blauwe zeggen. Op verschillende locaties wordt echter een rompgemeenschap met Pitrus aangetroffen, duidend op verdroging en/of verzuring.

De vegetatietypen worden gemonitord in zogeheten PQ's in het landelijk meetnet Flora, maar ook in provinciale meetnetten. Ter plaatse van deze meetpunten hebben we een gedetailleerder beeld van welke vegetatietypen er op deze plaats voorkomen, en daarmee de kwaliteit van het geclassificeerde habitatype.

In het Elperstroom zijn negen vegetatiemeetpunten gesitueerd nabij negen peilbuizen:

- Meetpunt V091 ligt buiten de aangewezen habitattypen dicht bij de beek in de Stroetma, op circa 7 m afstand van peilbuis B17E0161. Dit punt wordt al sinds 2001 bemeten, sinds die tijd is de vegetatie veranderd. In 2001 werd hier van de Weegbree klasse de Associatie van geknikte Vossenstaart aangetroffen (12BA01D). De associatie is resistent voor langdurige overstroming, die buiten het groeiseizoen wekenlang onder water kunnen staan. In de zomer mag de grondwaterstand diep uitzakken. Bij de laatste meting in 2016 werd de associatie van Waterpeper en Tandzaad uit de tandzaad-klasse aangetroffen (29AA01). Deze komen onder vergelijkbare omstandigheden voor als de eerdere associatie, en duidt daarmee niet op vernatting of verdroging. Het hoogte verschil tussen het vegetatiemeetpunt en de peilbuis bedraagt slechts 1 cm.
- Meetpunt V029 ligt buiten de aangewezen habitattypen, dicht bij de beek in de Oosterma, waar ruim 10 jaar geleden vernattings maatregelen zijn uitgevoerd. Het gaat om de riet-klasse, Associatie van Scherpe Zegge (08BC2B), subassociatie met Wateraardbei, op een afstand van circa 15 m van peilbuis B17E0187. Het hoogte verschil bedraagt circa 10 cm. Deze associatie groeit het best op matig tot zeer voedselrijke, in de winter overstromde en in de zomer droogvallende, zwak zure tot neutrale standplaatsen. Ontwikkeld door verlanding vanuit open water. Wordt er in de zomer gemaaid dan kan deze ontwikkelen tot Dotterbloemhooiland.
- Meetpunt V030 ligt buiten de aangewezen habitattypen, in de Oosterma, op een afstand van circa 20 m van peilbuis B17E2222. De lokale vegetatie bestaat uit een rompgemeenschap van Pitrus uit de klasse der matig voedselrijke graslanden (16RG04). Het hoogte verschil met de peilbuislocatie bedraagt circa 5 cm.
- Meetpunt V031 ligt buiten de aangewezen habitattypen, eveneens in de Oosterma. Het gaat om de rompgemeenschap van Pitrus uit de klasse der matig voedselrijke graslanden, op een afstand van circa 17 m van peilbuis B17E0221. Het hoogte verschil bedraagt circa 10 cm.
- Meetpunt V032 ligt buiten de aangewezen habitattypen. Het gaat om de rompgemeenschap van gestreepte witbol en echte koekoeksblom uit de klasse der matig voedselrijke graslanden, duidend op nat matig voedselrijk grasland op een afstand van circa 20 m van peilbuis B17E0181. Het hoogte verschil bedraagt circa 12 cm.
- Meetpunt V033 ligt binnen het habitatype blauwgrasland. De nabijgelegen peilbuis (B17E0213, op ca 10 m van dit meetpunt) ligt buiten dit habitatype. De lokale vegetatie bestaat uit de rompgemeenschap van zwarte zegge en moerasstruisgras uit de klasse der kleine zeggen (16RG05 en 09RG02, beide in 2010). Het hoogte verschil bedraagt circa 10 cm. De rompgemeenschappen duiden op sterke wisselingen in de waterhuishouding in relatief voedselarme omstandigheden;
- Meetpunt V034 ligt buiten de aangewezen habitattypen, op een afstand van circa 20 m van peilbuis B17E1510. Het gaat om de rompgemeenschap van blauwe zegge en blauwe knoop, Het hoogte verschil bedraagt circa 3 cm;
- Meetpunt V035 ligt buiten de aangewezen habitattypen op een afstand van circa 5 m van peilbuis B17E1511. Het gaat om de rompgemeenschap van Pitrus uit de klasse der

matig voedselrijke graslanden (16RG04). Tevens is 10DG01 met Pitrus en veenmos uit de Klasse der Hoogveenslenken aangetroffen;

- Meetpunt V036 ligt buiten de aangewezen habitattypen. Het gaat om de rompgemeenschap van Pitrus uit de klasse der matig voedselrijke graslanden, op een afstand van circa 5 m van peilbuis B17E1512. Het hoogte verschil bedraagt circa 3 cm.

2.5 Analyse huidige situatie aan de hand van de meetraai

2.5.1 Inleiding

Aan de hand van regionale meetraai is de relatie in beeld gebracht tussen de huidige grondwaterstanden, filterstelling, de landschappelijke ligging en de vegetatie. In dit hoofdstuk wordt de actuele situatie beschreven voor de GxG's voor de periode 2010-2017. Voor de toetsing aan de hydrologische vereisten van de habitattypen wordt verwezen naar hoofdstuk 4.

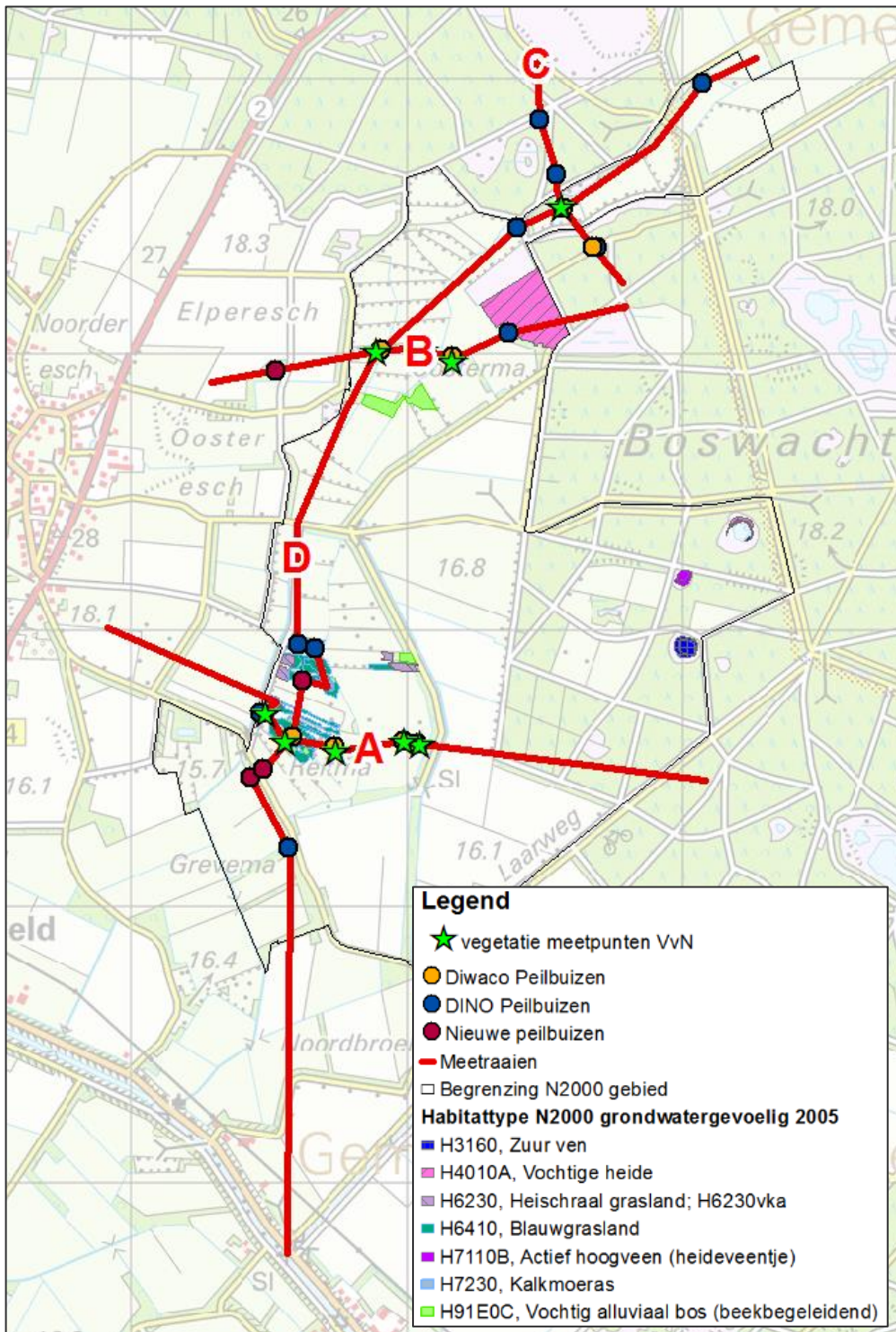
De situering van de raaien is weergegeven in Figuur 2-16. De exacte ligging is hierbij zo gekozen dat zoveel mogelijk bestaande peilbuizen en habitattypen binnen de raaien vallen. Bovendien zijn raai A, B en C gesitueerd dwars op de regionale grondwaterstroming. Raai D ligt in de lengterichting door het beekdal. De dwarsprofielen van de raaien zijn weergegeven in Figuur 2-17 t/m Figuur 2-20. Bij situering van de raaien is al geanticipeerd op een aanvulling van het meetnet verdroging dat in naar verwachting in 2019 gerealiseerd gaat worden.

Een totaal overzicht van de raaien, inclusief de bodemopbouw in lokale boringen en de GxG's in de diepe filters is weergegeven in bijlage 8.

2.5.2 Meetraai A (west-oost door Reitma)

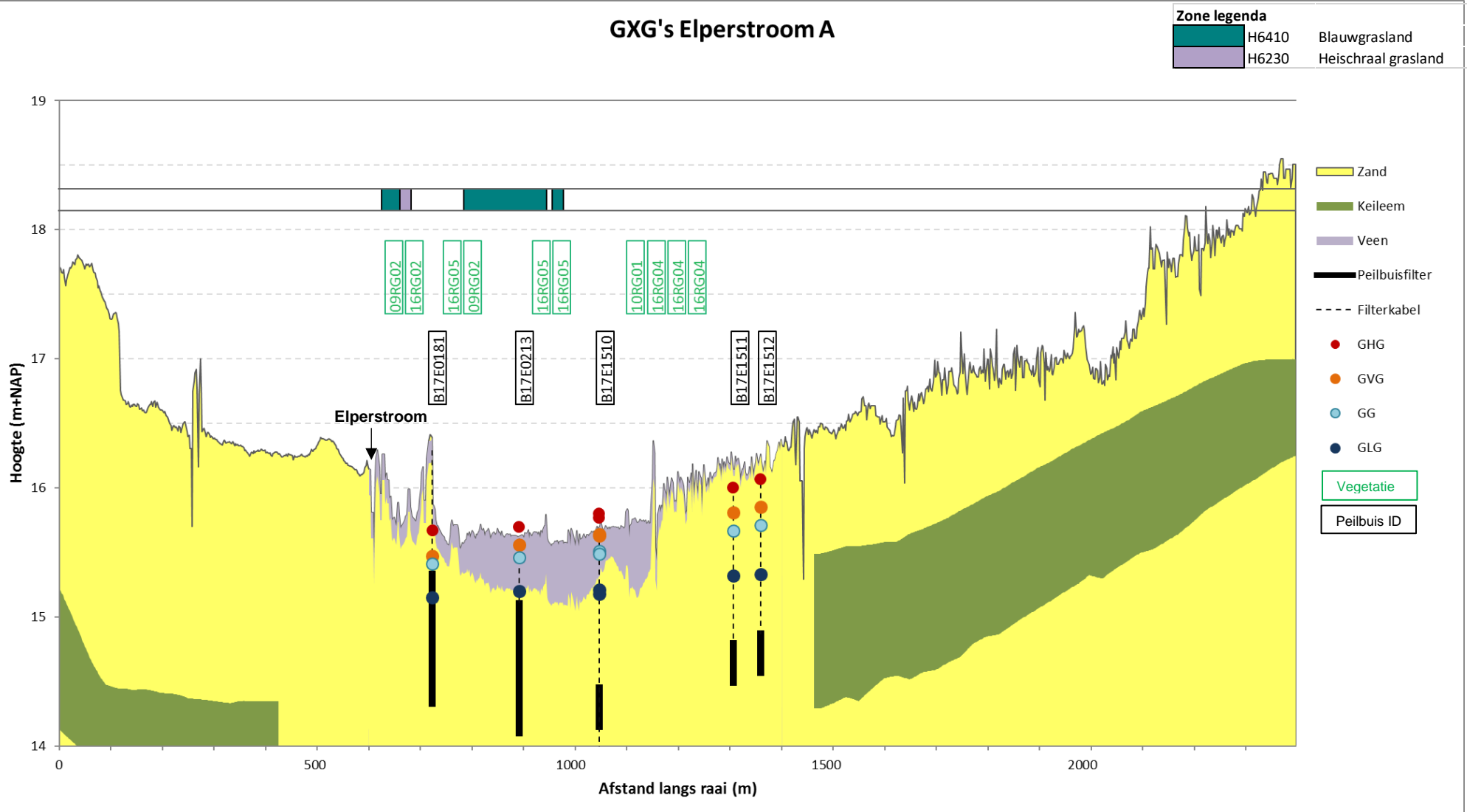
Deze meetraai loopt vanaf Zuidkamp tot aan de Laarweg en doorkruist hiermee het beekdal ter hoogte van de Reitma. Er is een keileem laag aanwezig aan weerszijde op de flanken. In de Reitma ontbreekt de keileem, maar komt wel veen voor (en beekleem, maar daar is geen kartering van beschikbaar). De grondwaterstanden reiken een groot deel van het jaar tot in het veen, maar zakken in de GLG situatie uit tot onder de veenlaag. Door het gebied liggen een groot aantal ondiepe slotjes met een bodemhoogte van circa 0,5m-mv. De balk boven de raai geeft aan waar de habitattypen en vegetatietypen zich bevinden langs de raai. Meetraai A doorkruist: blauw grasland en Heischraal grasland. Kijken we naar de achterliggende vegetatietypen dan zien we vooral rompgemeenschappen, duidend op verzuurde en/of verdroogde omstandigheden.

De Elperstroom snijdt op 600 m het maaiveld in. In het oosten (op circa 1400 en 1600 m) liggen nog twee beken die sterk in het maaiveld insnijden. Deze beken zijn inmiddels verondiept dan wel gedempt (zie hoofdstuk 2.5.3; maatregelen).



Figuur 2-16. Situering van de meetraaien

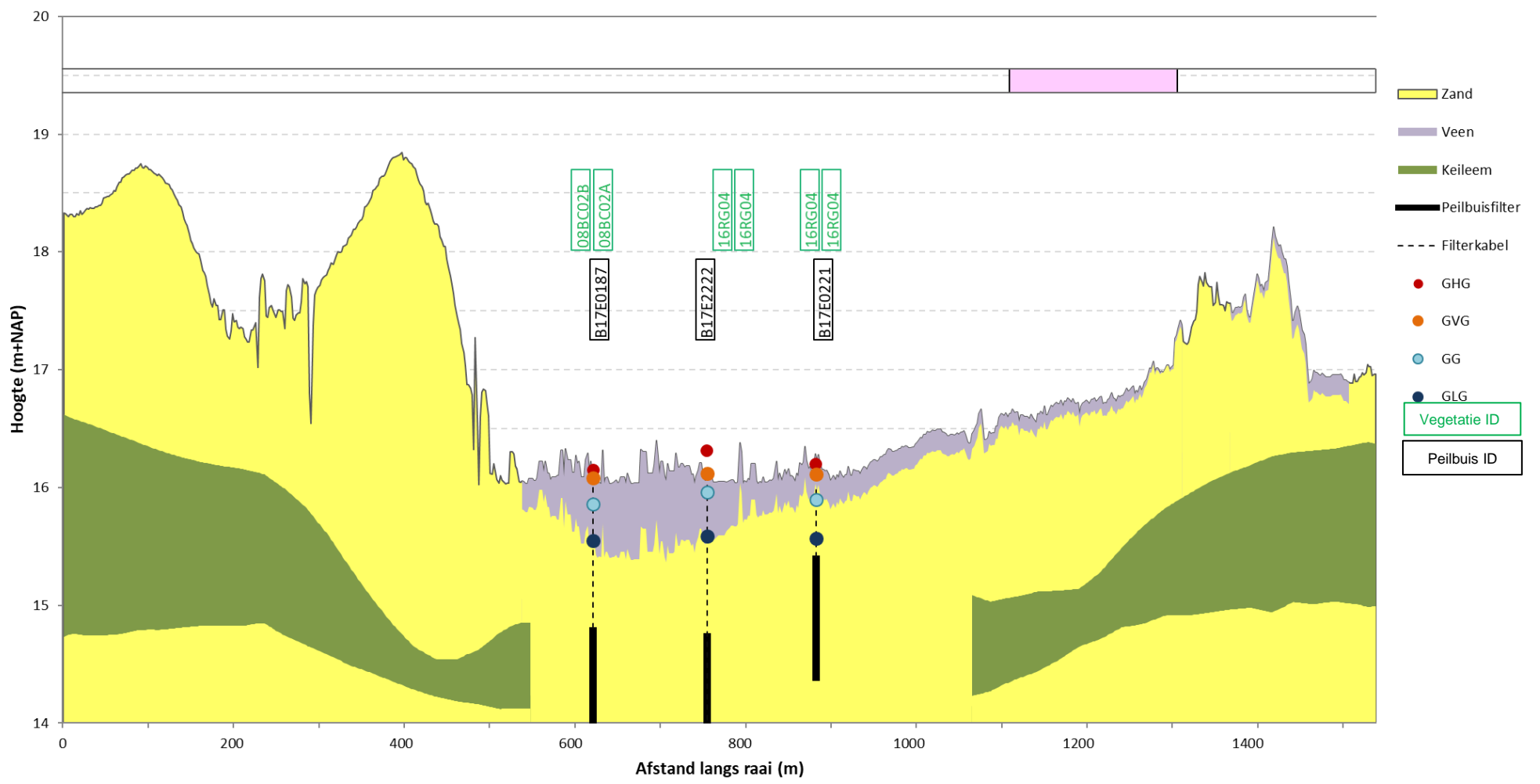
GXG's Elperstroom A



Figuur 2-17 GxG's ondiepe filters, raai A- West-Oost door de Reitma

GXG's Elperstroom B

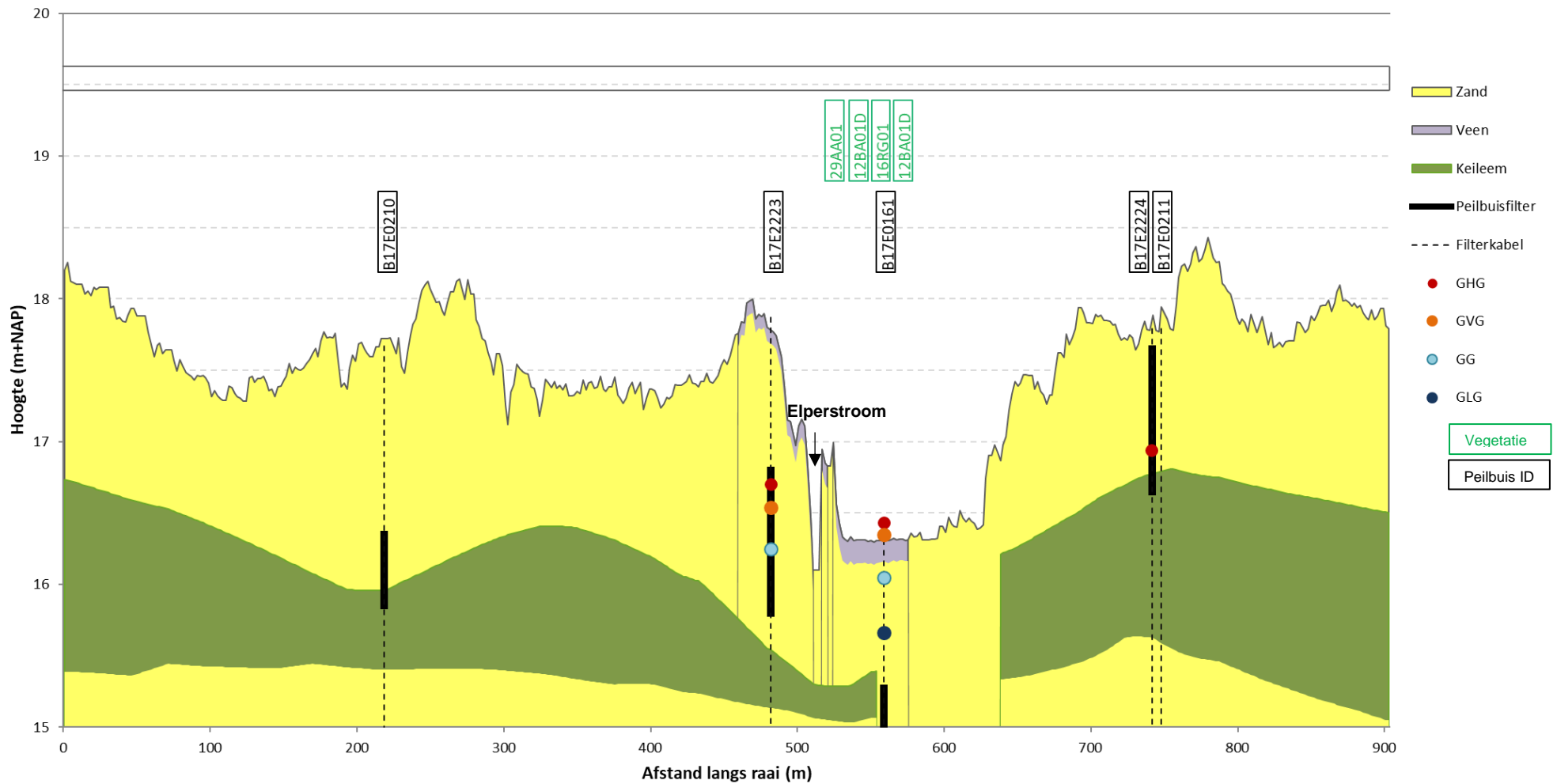
Zone legenda
H4010A Vochtige Heide



Figuur 2-18 GxG's ondiepe filters, raai B West-oost door Oosterma

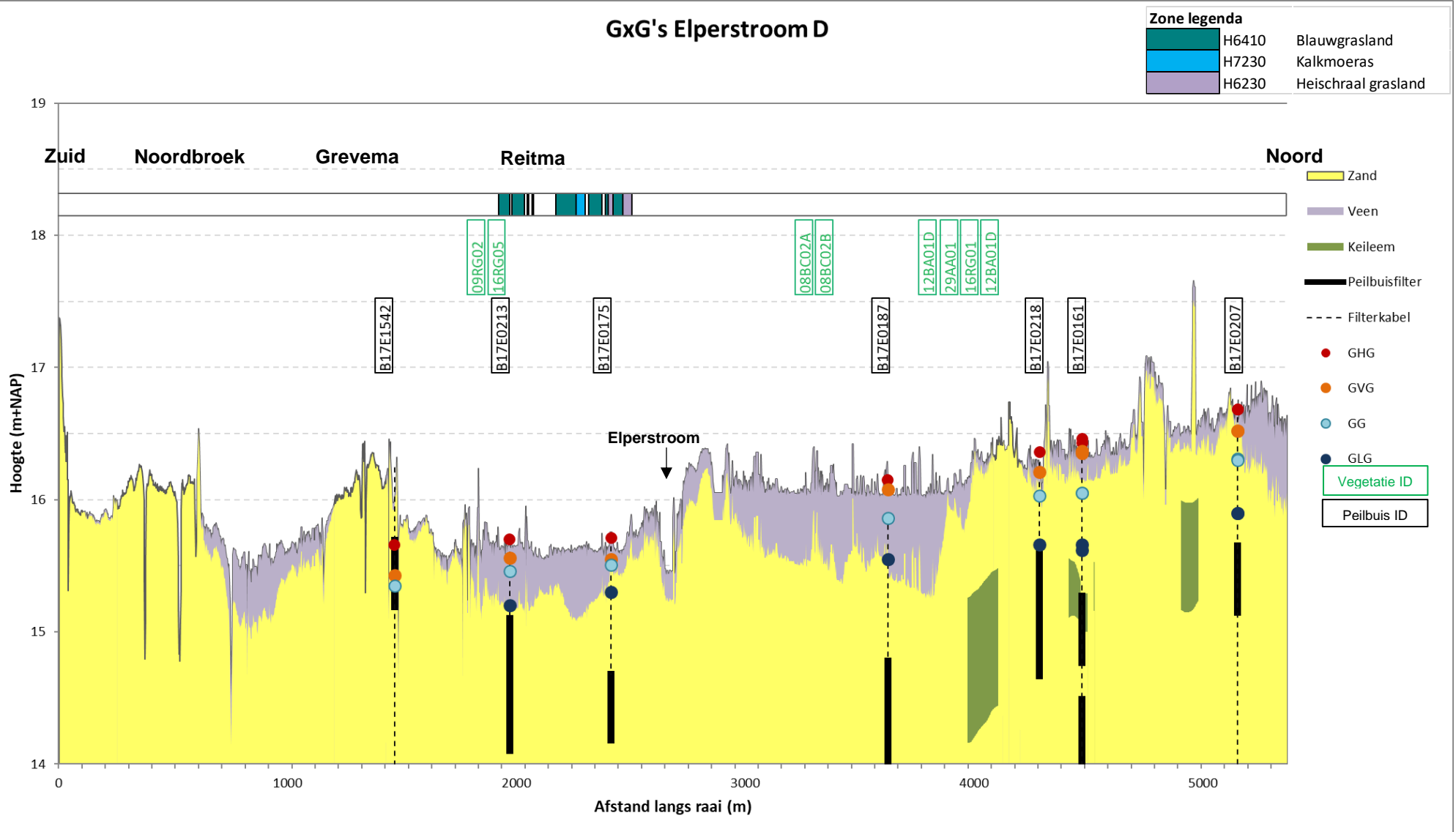
GXG's Elperstroom C

Zone legenda
 H0000 Geen habitatype



Figuur 2-19. GxG's ondiepe filters, raai C. Noordwest-Zuidoost door Stroetma

GxG's Elperstroom D



Figuur 2-20 GxG's ondiepe filters, raai Zuid-Noord door Elperstroom

2.5.3 Meetraai B (west-oost door Oosterma)

De raai loopt vanaf de Elperesch tot aan de rand van de Schoonloerveld. Het laag gelegen middelste deel van de raai (de Oosterma) wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van een veenlaag. Op een paar meter onder maaiveld zit zowel aan de west als aan de oost flank een keileem laag. Uit boringen blijkt dat in het middelste deel ook lokale leemlaagjes voorkomen.

Ten aanzien van de situatie van de raai en de ondergrond valt het volgende op:

- in het beekdal wordt in het voorjaar en de winter de grondwaterstand aan maaiveld afgetopt;
- de vegetatiemeetpunten met Rompgemeenschap met Paddenrus (Dotterbloemverbond. 16RG04) en Scherpe Zegge (met wateraardbei, 08BC02), duiden op in de winter overstromend en zomers droogvallend, zwak zuur tot neutrale omstandigheden;
- het veenpakket in het beekdal heeft een dikte van maximaal één meter. Richting het oosten neemt de dikte af. In het oosten zakt de grondwaterstand zowel in de zomer uit tot onder het veenpakket;
- op de Oostflank komt het habitatype vochtige heide voor.

2.5.4 Meetraai C (west-oost door Stroetma)

Raai C doorkruist de noordelijkste uitstulping van het Natura2000 gebied. De meetraai doorkruist een vegetatiepunt waar Pijpenstro (16RG01) en vossenstaart (12BA01D) voorkomt.

Ten aanzien van de situatie van de raai en de ondergrond valt het volgende op:

- het beekdal is hier smal met steile flanken;
- de veendikte in het beekdal is hier beperkt tot enkele decimeters;
- de filters B17E2224_1 en B17E2223_1 vallen in de zomer droog waardoor de GLG niet goed kan worden ingeschat.

2.5.5 Meetraai D (zuid-noord)

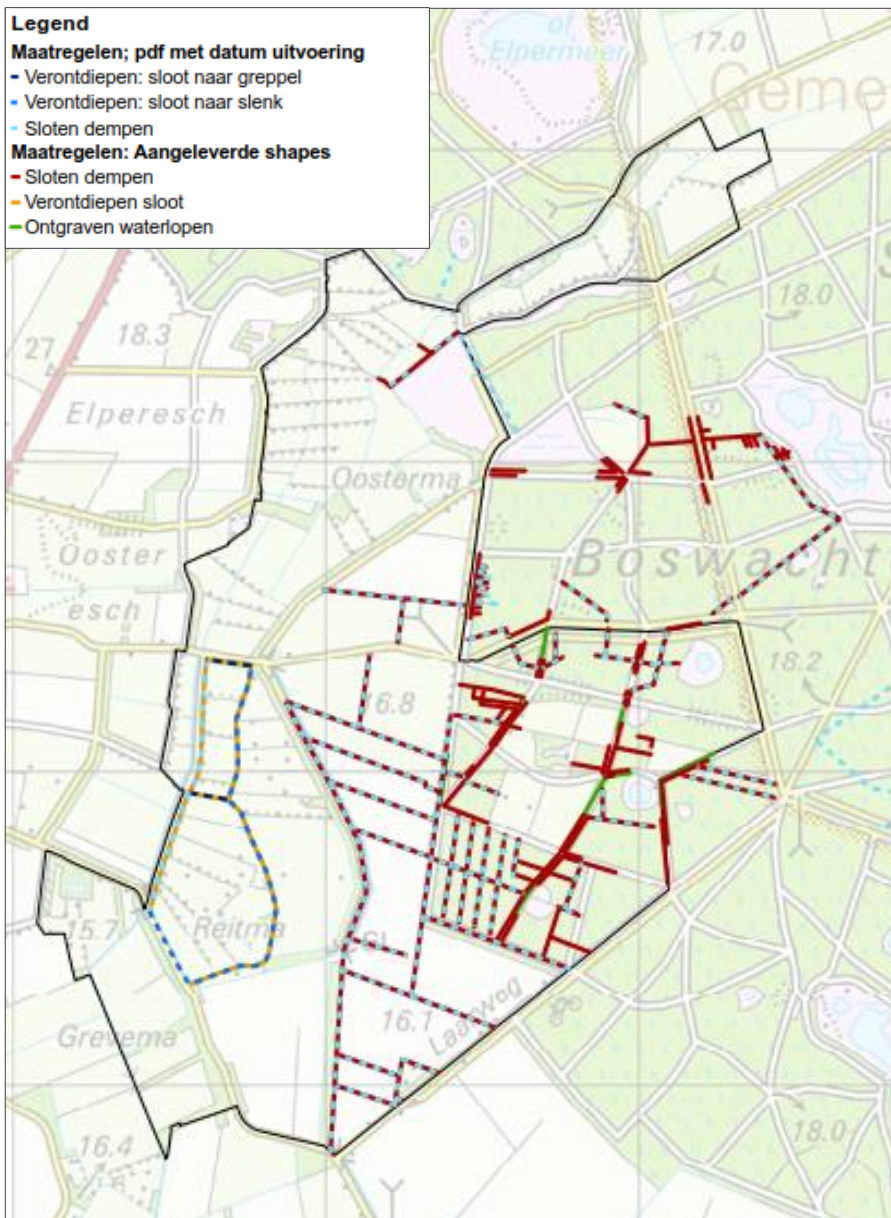
Meetraai D ligt evenredig aan de waterloop welke het N2000 gebied in noordelijke richting doorkruist. Hij loopt vanaf Noordbroek en eindigt ter hoogte van de Hofstede en volgt hiermee het beekdal. Hij doorkruist het totale veengebied waar de habitatype blauwgrasland, heischraal grasland en kalkmoeras voorkomen.

Ten aanzien van de situatie van de raai en de ondergrond valt het volgende op:

- de natte habitatype (blauwgrasland, heischraal grasland en kalkmoeras) worden in de laagste delen van het beekdal gevonden;
- de stijghoogte reikt zowel in de winter als in het voorjaar tot aan maaiveld. In de zomer zakt de grondwaterstand uit tot de onderkant van het veenpakket;
- filter B17E1542_1 valt gedurende de zomer droog, hierdoor kan geen goede inschatting worden gemaakt van de GLG en is de GLG ook niet weergegeven in het dwarsprofiel.

3. Uitgevoerde Maatregelen

In overleg met de terreinbeheerders is geïnventariseerd welke maatregelen zijn uitgevoerd in de periode 2010-2017 die van belang zijn voor de hydrologische situatie (Figuur 3-1). De maatregelen omvatten het dempen en verondiepen van een aantal greppels en sloten. Hierdoor worden de freatische grondwaterstanden in natte periode verhoogd en zakt de grondwaterstand minder snel uit in droge periodes. In bijlage 9 staat een overzichtskaart met datum uitvoering van de verschillende maatregelen.



Figuur 3-1 Maatregelenkaart

In september/oktober 2014 zijn in de Reitema de sloten verondiept. In de periode oktober 2014 tot en met december 2015 zijn de oostelijk gelegen sloten gedempt. In de periode tussen september november is de Elperstroom gedempt. Dit heeft tot een sterke vernatting geleid welke ook zichtbaar is in de luchtfoto's (Figuur 3-2).

Naast de bovengenoemde maatregelen is op grote schaal bos gekapt. Dit is zichtbaar wanneer luchtfoto's van 2008 en 2018 worden vergeleken (Figuur 3-2); in de oosthoek nabij staat bos waar in 2018 dit braakliggend grond.



Figuur 3-2 Luchtfoto google maps 2008 (links) en 2018 (rechts)



Figuur 3-3. Situatie 2 mei 2015 oostelijk van Reitma

4. Optimale grond- en oppervlaktewaterregime voor natuur

4.1 Algemeen

Om een verbinding te kunnen leggen tussen de huidige hydrologische toestand en de ontwikkeling van ter plaatse aanwezige vegetatietypen en habitattypen is het van belang inzicht te krijgen in de sturende (hydrologische) factoren die het al dan niet behalen van de natuurdoelen beïnvloeden. De optimale bandbreedten waarbinnen deze fluctuaties zich moeten bevinden noemen we de OGOR (Optimaal Grond- en Oppervlaktewaterregime).

De OGOR is op verschillende detail niveaus bepaald: voor zowel het habitatype in totaal als ook op het meer gedetailleerde niveau van de vegetatietype.

Gebruik is gemaakt van de Synbiosis database op internet. Per type is vastgesteld wat de bandbreedte is voor optimale voorjasgrondwaterstand (GVG) en hoe diep de grondwaterstand mag uitzakken in de GLG situatie. Waar ook een bovengrens van de GLG is vastgesteld, is deze wel in de tabellen opgenomen, maar hier is niet aan getoetst. Voor de meeste habitatype en vegetatietypen is deze namelijk niet maatgevend.

4.2 Optimaal grond- en oppervlaktewaterregime (OGOR) habitattypen

In het Elperstroomgebied komen kwelafhankelijke habitattypen voor: Blauwgrasland en kalkmoeras. Voor blauwgrasland gaat het om de vorm met Parnassia, een soortenrijk en tegenwoordig zeer zeldzaam vegetatietype dat een hogere basenrijkdom vereist. Daarnaast komt in het beekdal lokaal vochtige heide en vochtig alluviaal bos voor. In het bosgebied wat hoger op de flank bevindt zich ook nog een heideveentje en een zuur ven.

Voor de OGOR natuur wordt uitgegaan van hydrologische vereisten per habitatype zoals opgenomen in de Synbiosis database. Deze is landelijk bepaald. Voor enkele (specifieke regionale) typen is in overleg met de ecologen van de provincie Drenthe en SWECO hier van afgeweken, zie Tabel 4-1 weergegeven in rood.

Voor de GVG is een bandbreedte bepaald waarbinnen de grondwaterstand mag fluctueren. GVGmin geeft de bovengrens aan (hoe nat het mag worden); GVGmax geeft de ondergrens weer, tot hoe ver de grondwaterstand mag uitzakken. Voor de GLG is (met uitzondering van Heischraal grasland-klokjesgentiaan) alleen een ondergrens bepaald. Een negatieve waarde betekent een grondwaterstand boven maaiveld, ofwel: de mate van inundatie.

Tabel 4-1. Hydrologische randvoorwaarden voor habitattypen

Habitatype (code)	Habitatype (naam)	Opt GVGmin (cm-mv)	Opt GVGmax (cm-mv)	Opt GLGmin (cm-mv)	Opt GLGmax (cm-mv)
H0000	nog geen HT toegekend	-9999	-9999	-9999	-9999
H3160	Zuur ven	-50	-20	-9999	20
H4010A	Vochtige heide	-10	40	-9999	170
H6230	Heischraal grasland-klokjesgentiaan	5	25	30	60
H6410	Blauwgraslanden (nat)	-5	25	-9999	40
H7110B	actief hoogveen (heideveentjes)	-5	25	-9999	50
H7230	Kalkmoerassen	-20	40	-9999	60
H91E0C	Vochtig alluviale bossen	-20	40	-9999	60

Voor blauwgrasland is afgeweken van de voorgeschreven maximale GLG, aangezien hier een natte (kwelafhankelijke) variant voorkomt. De maximale bandbreedte van het grondwaterregime voor blauwgraslanden is klein. De maximale GLG is 40cm-mv. Voor kalkmoeras is de toegestane bandbreedte groter, echter de kwaliteit van het water speelt een belangrijke rol voor de ontwikkeling van dit habitattype: Basenrijk grondwater is van groot belang. Inundaties zijn toegestaan in een natte winter, maar met een duur van maximaal 3 weken.

Bij het inzoomen op de vegetatietypen is uitgegaan van de meest kritische variant van de beoogde habitattypen en niet de huidige vegetatietypen. Dit om te voorkomen dat we een OGOR bepalen van verdroogde rompgemeenschappen. Dit is weergegeven in onderstaande tabel.

Vegetatiepunt	Associatie	Nederlandse naam	GvG min (cm-mv)	GvG max (cm-mv)	GLG min (cm-mv)	GLG max (cm-mv)
V029	08BC02B	Associatie van Scherpe zegge; subassociatie met Wateraardbei	0,05	0,5	0,2	0,5
V029	08BC02A	Associatie van Scherpe zegge; typische subassociatie	-0,1	0,5	0,2	0,5
V030	16RG04	RG Pitrus [Pijpenstrootje-orde/Zilverschoon-verbond]	-0,05	0,25	0,1	0,5
V031	16RG04	RG Pitrus [Pijpenstrootje-orde/Zilverschoon-verbond]	-0,05	0,25	0,1	0,5
V032	09RG02	Schubzegge-associatie	-0,05	0,25	0,1	0,5
V032	16RG02	RG Gestreepte witbol en Echte koekoeksbloem [Pijpenstrootje-orde]	-0,05	0,25	0,1	0,5
V033	16RG05	RG Blauwe knoop en Blauwe zegge [Verbond van Biezenknoppen en Pijpenstrootje]	-0,05	0,25	0,3	0,6

5. Toets aan de hydrologische randvoorwaarden

5.1 Werkwijze

Voor de peilbuizen gelegen in een nat habitatype/vegetatietype, is bepaald of de GxG ter plaatse van de freatische peilbuizen vallen binnen de toegestane bandbreedten van het grondwaterregime.

Een aantal randvoorwaarden zijn opgesteld die betrekking hebben op de toetsing:

- voor het bepalen of een peilbuis representatief is qua locatie, is voor deze analyse uitgegaan van een maximale afstand van 30 m tussen peilbuis en het vegetatiemeetpunt;
- peilbuizen met een droogvallend filter hebben een onjuiste of zelfs geen GXG/bepaling. Voor de toetsing van deze peilbuizen is de diepte van de onderkant van het betreffende peilbuisfilter tov maaiveld genomen: de GLG lager ligt in ieder geval lager dan dit punt.

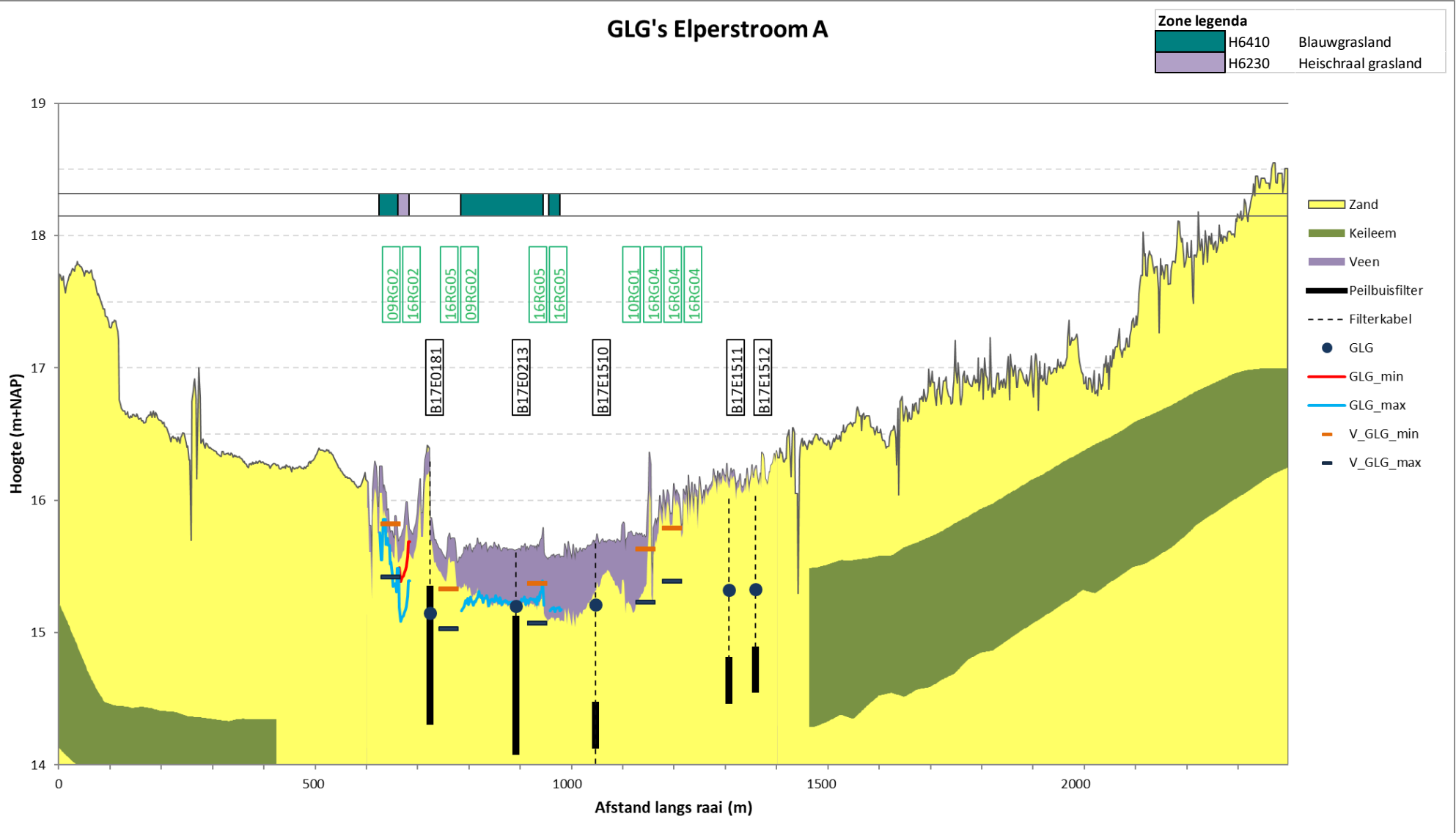
5.2 Resultaat toetsing

Het resultaat van de toetsing voor de GLG-situatie op zowel het niveau van het vegetatietype als het habitatype is weergegeven in Figuur 5-1 t/m Figuur 5-4 . In Figuur 5-5 t/m Figuur 5-8 zijn de resultaten voor de GVG weergegeven.

Algemeen kan worden gesteld dat de GLG in alle raaien op de ondergrens of onder het toegestane bereik ligt voor de aanwezige habitatypen en vegetatietypen. De grondwaterstand zakt in droge perioden te diep uit. In de natte GVG situatie is het beeld aanzienlijk gunstiger: de gemeten GVG's vallen overal binnen het toegestane bereik. Lokaal neigt het zelfs naar te nat. Verder vernatting is hier niet noodzakelijk.

Om de condities voor de vegetatietypen te verbeteren dient met name de GLG te worden verhoogt. Voor de GVG dient te worden gewaakt dat het niet te nat wordt, en het (zuurdere) regenwater niet te lang in het gebied blijft staan.

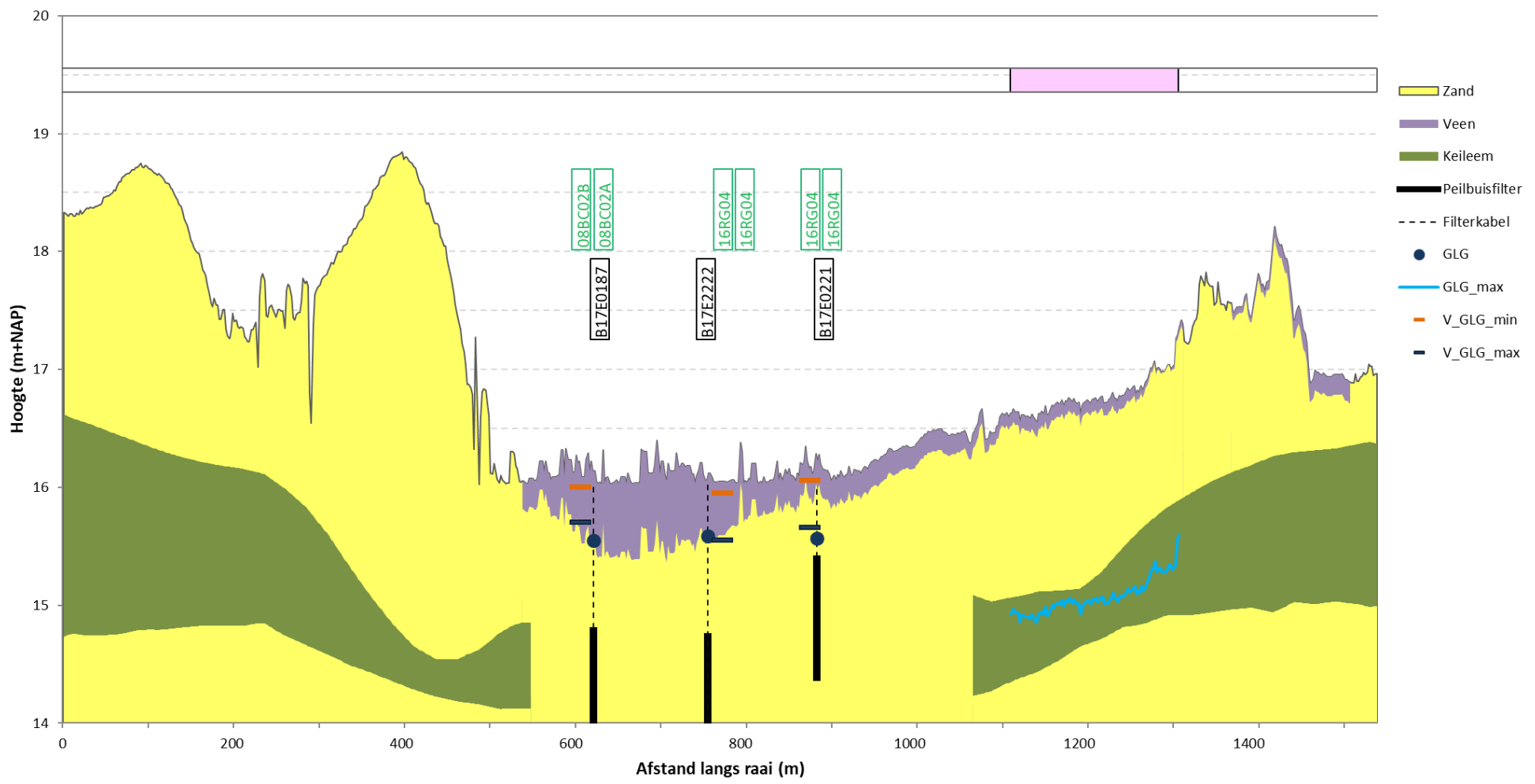
GLG's Elperstroom A



Figuur 5-1. Resultaten van de toetsing van de actuele GLG en optimale GLG, raai A Reitma

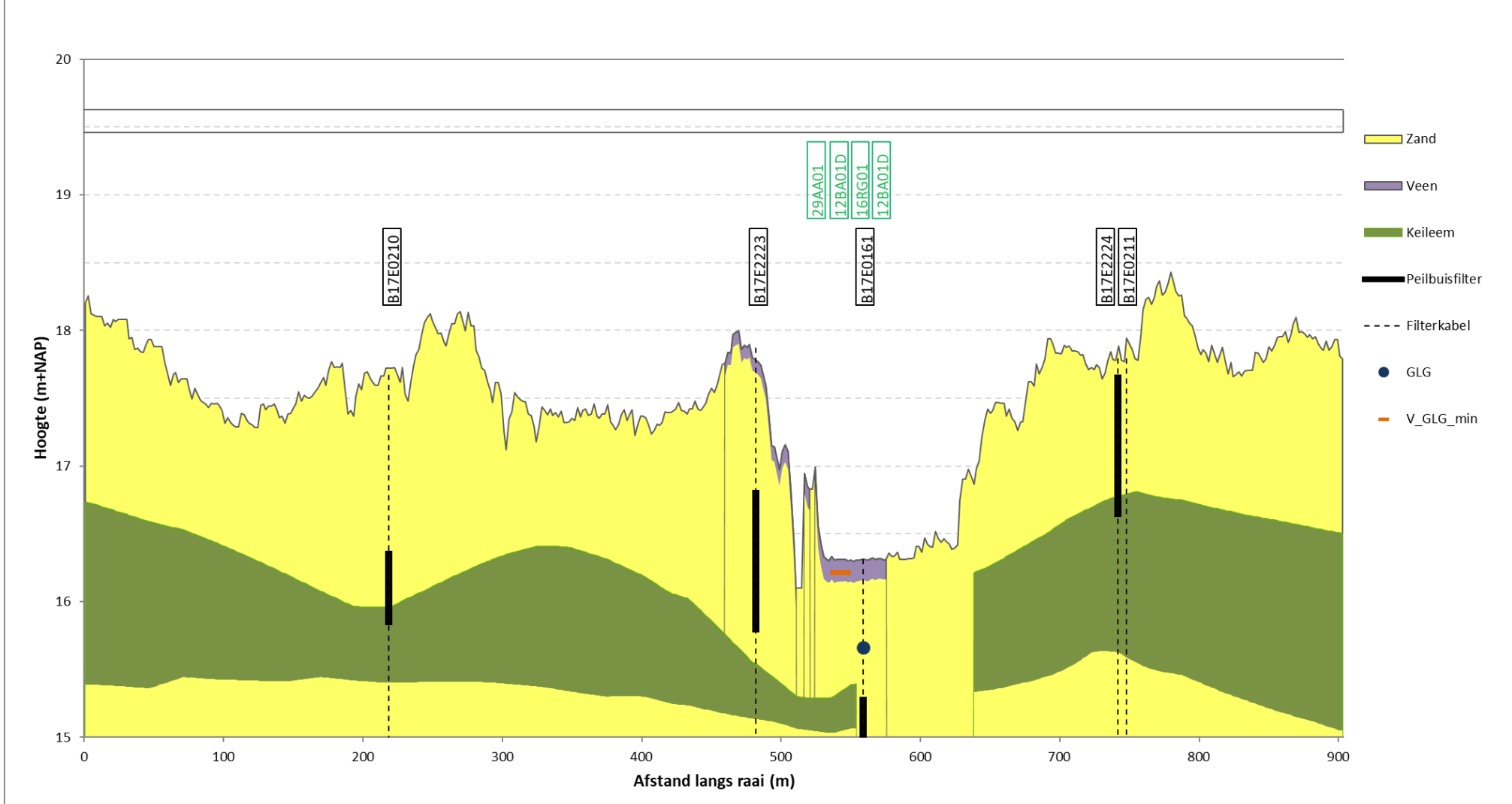
GLG's Elperstroom B

Zone legenda
H4010A Vochtige Heide



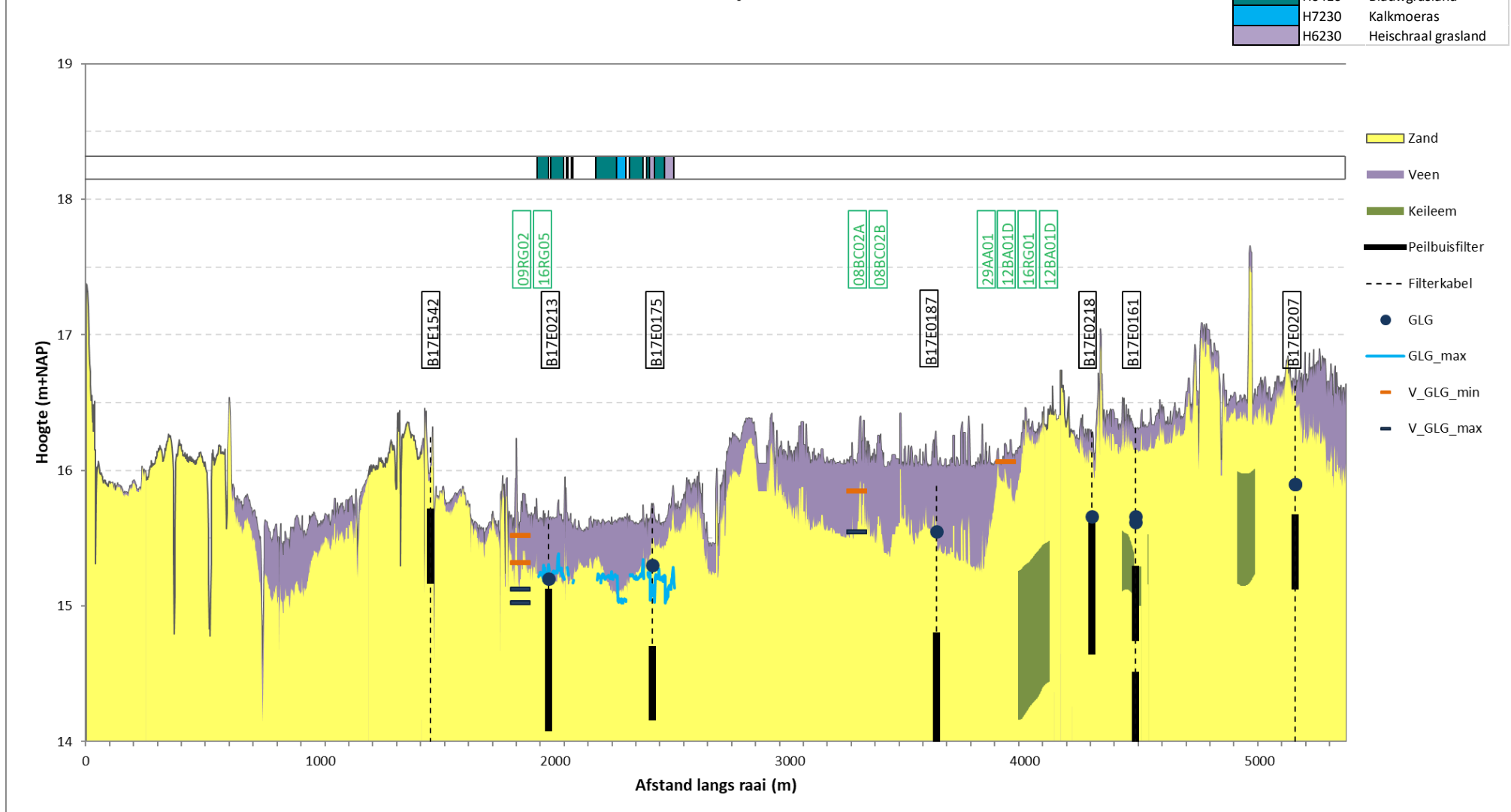
Figuur 5-2. Resultaten van de toetsing van de actuele GLG en optimale GLG, raai B Oosterma

GXG's Elperstroom C



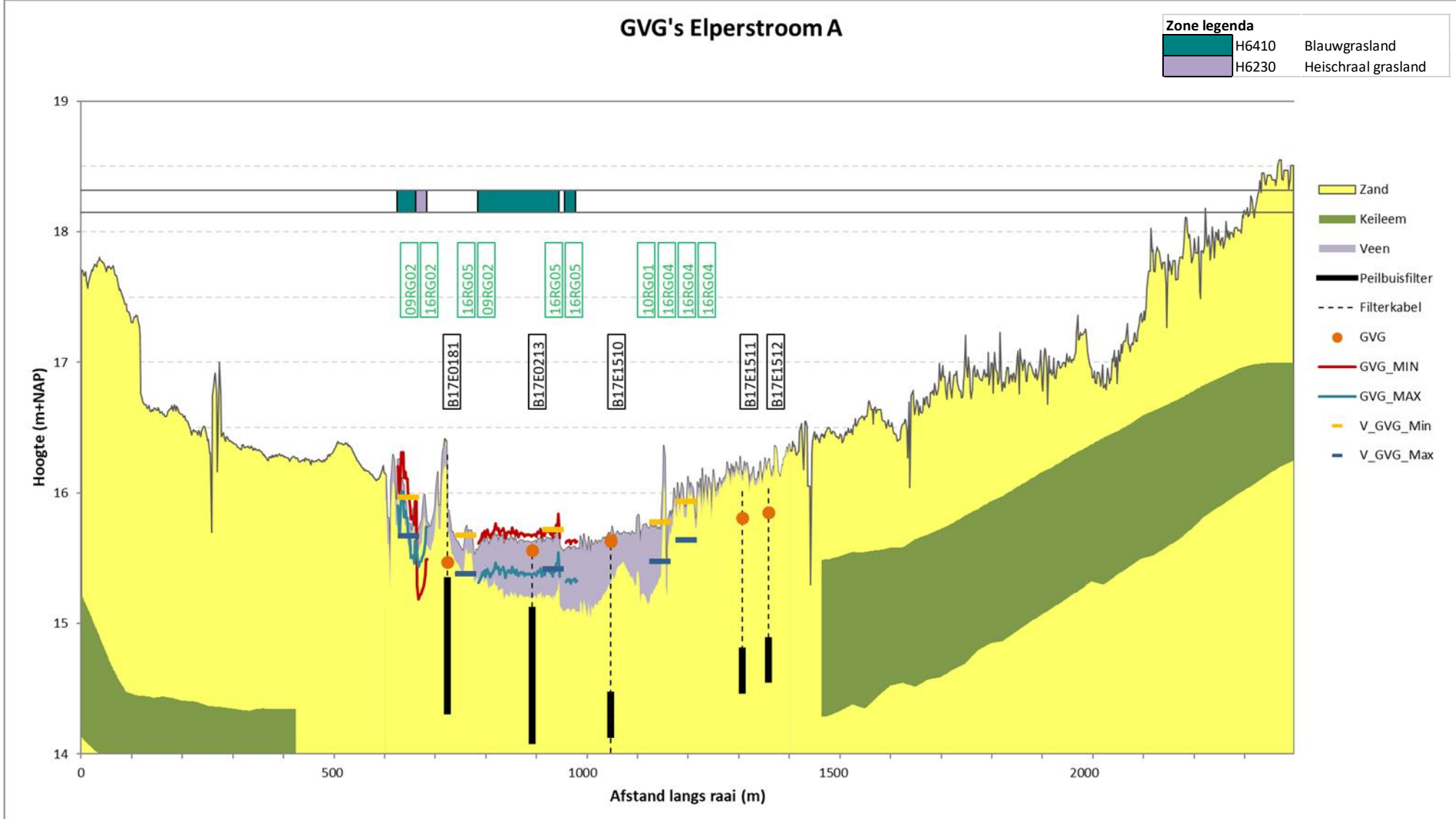
Figuur 5-3. Resultaten van de toetsing van de actuele GLG en optimale GLG, raai C Stroetma

GLG's Elperstroom D



Figuur 5-4 Resultaten van de toetsing van de actuele GLG en optimale GLG, raai D Zuid-Noord beekdal

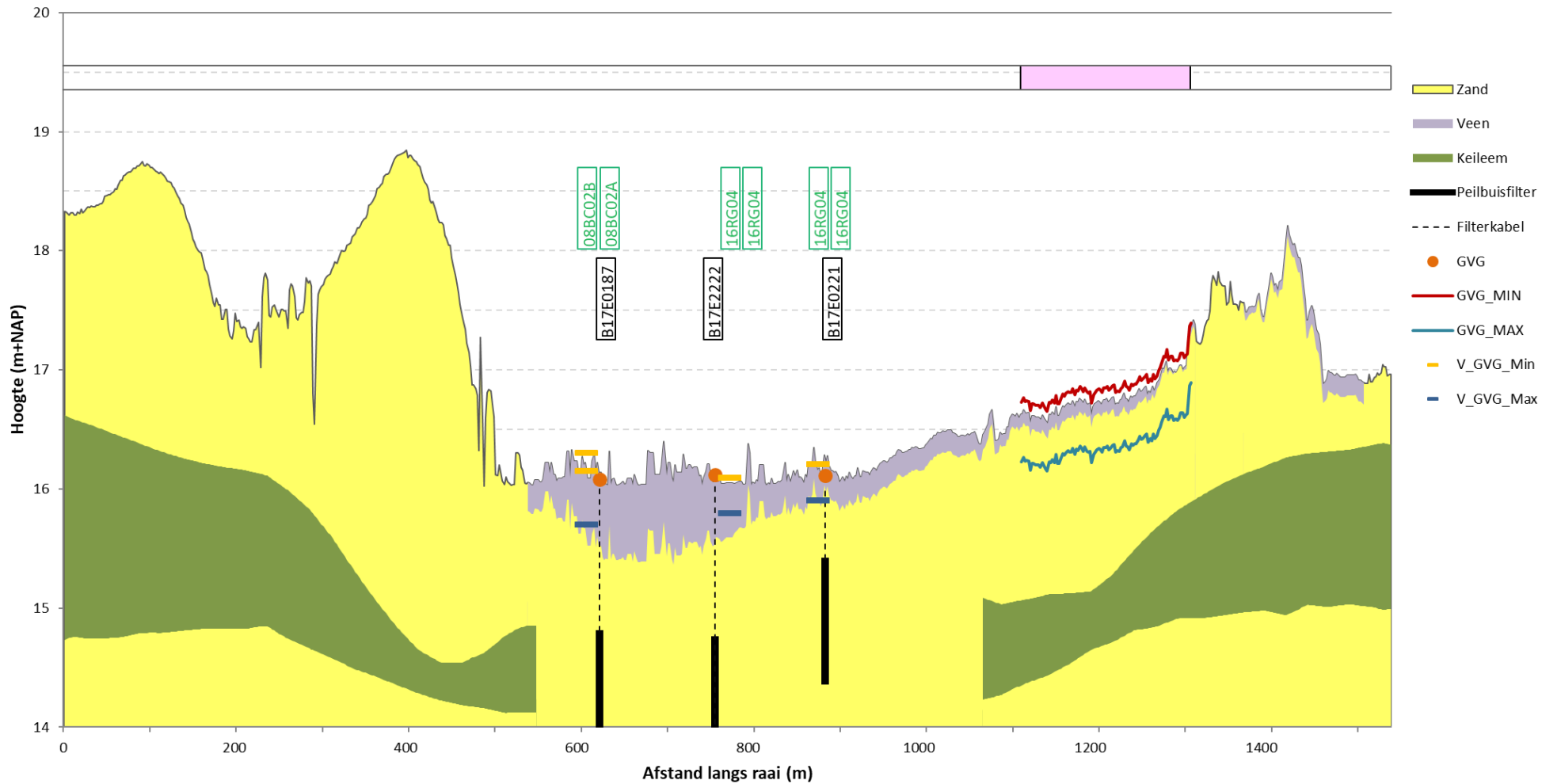
GVG's Elperstroom A



Figuur 5-5 Resultaten van de toetsing van de actuele GVG en optimale GVG, raai A

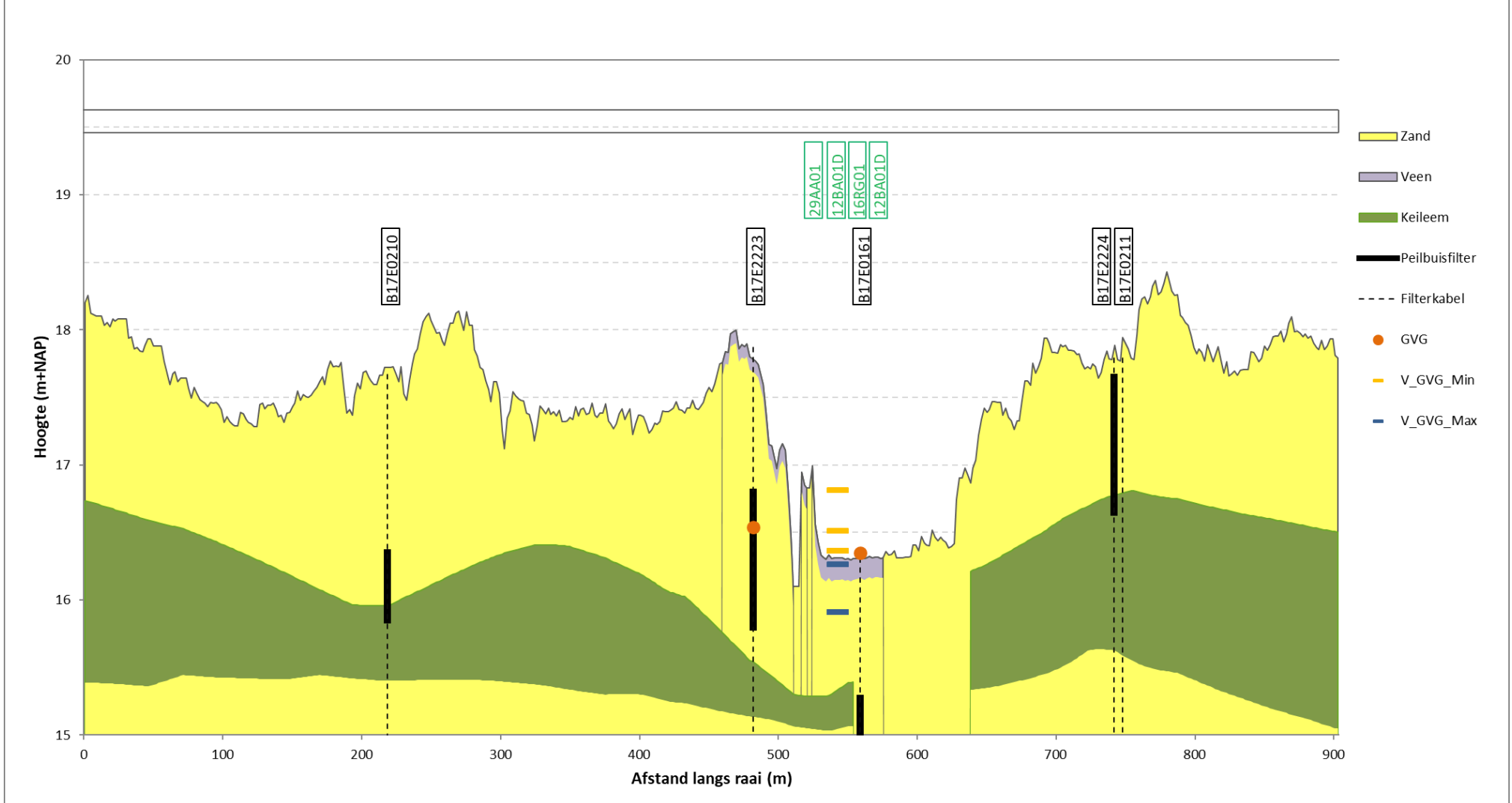
GVG's Elperstroom B

Zone legenda
 H4010A Vochtige Heide



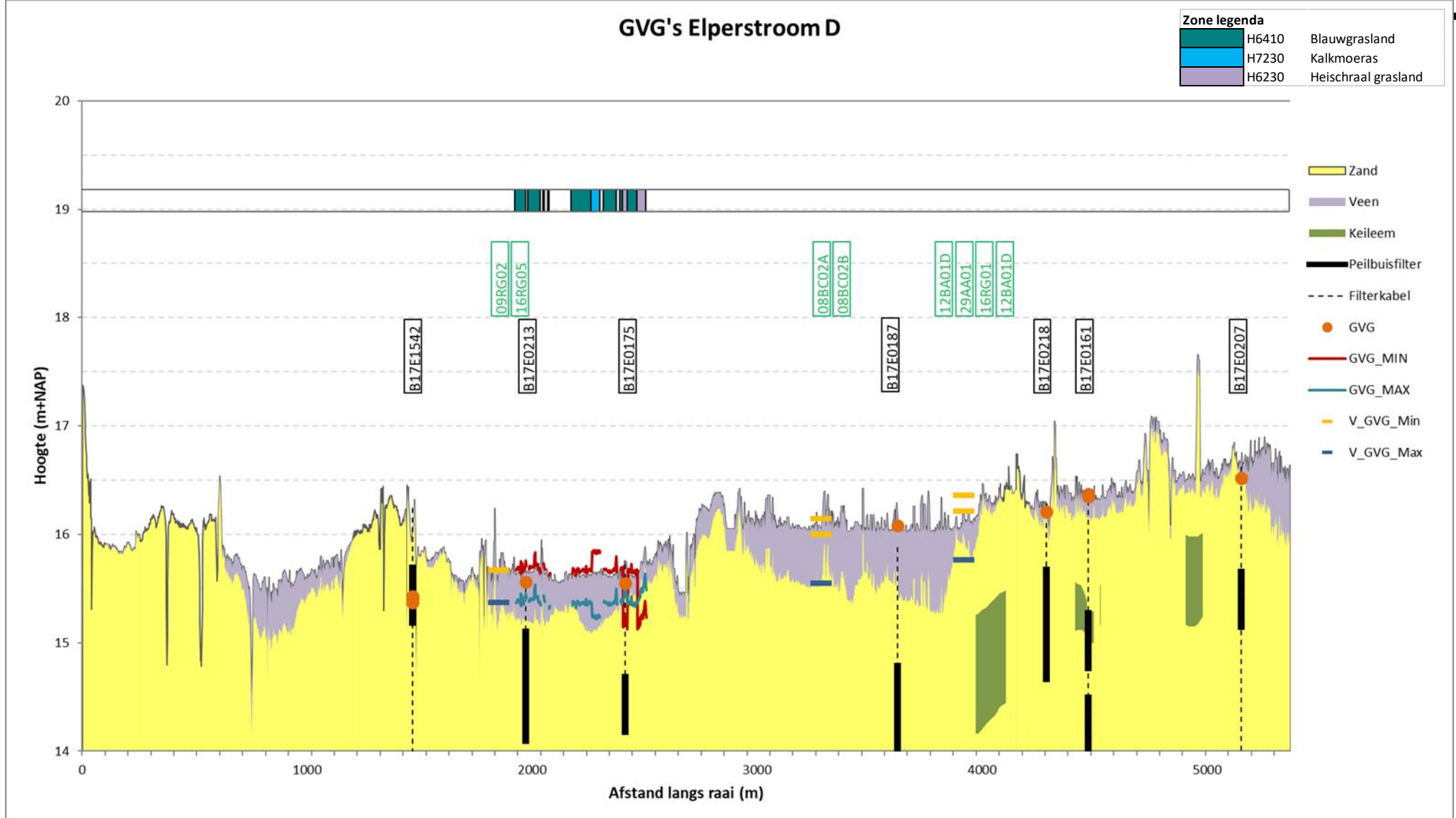
Figuur 5-6 Resultaten van de toetsing van de actuele GVG en optimale GVG, raai B

GVG's Elperstroom C



Figuur 5-7 Resultaten van de toetsing van de actuele GVG en optimale GVG, raai C

GVG's Elperstroom D



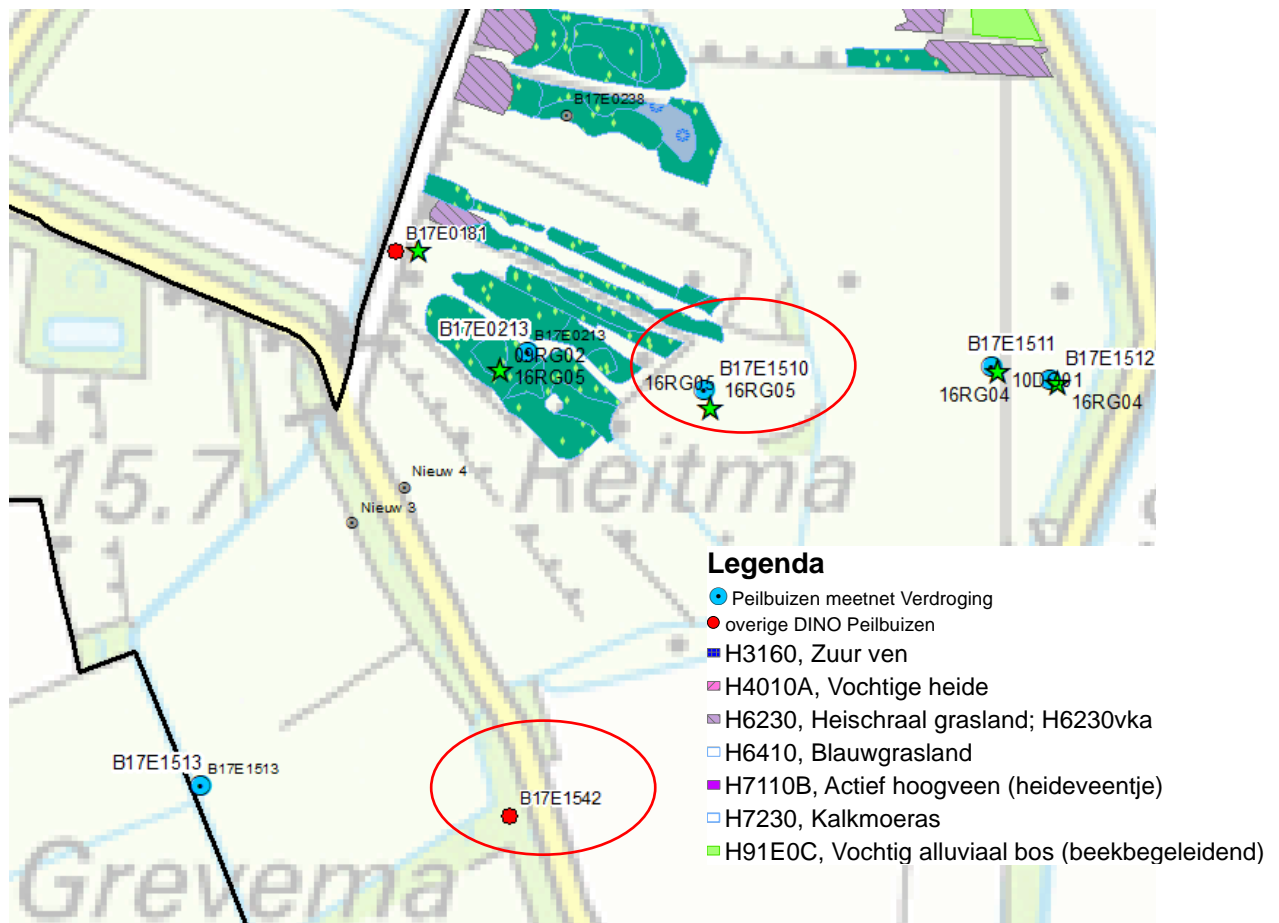
Figuur 5-8 Resultaten van de toetsing van de actuele GVG en optimale GVG, raai D

5.3 Kwel- Wegzijing

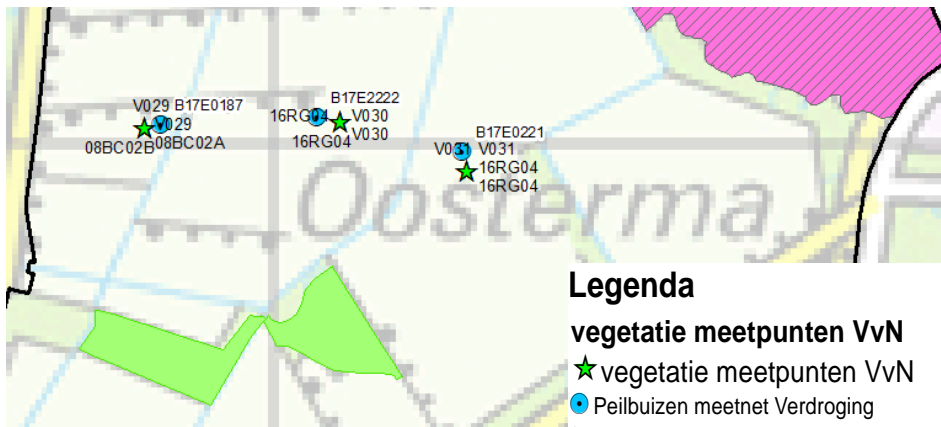
Het voorkomen van basenrijke kwel in de wortelzone van de vegetatie is een noodzakelijke randvoorwaarde voor een goede ontwikkeling van de beoogde habitattypen en in het bijzonder voor kalkmoeras. Het beoordelen van de kwel-wegzijing op basis van de GxG's is te kort door de bocht. Door alle uitgevoerde maatregelen zitten er op het oog al de nodige sprongen in de meetreeksen. Er is daarom ingezoomd op 3 locaties om de kwel-wegzijing nader te beoordelen:

1. peilbuis B17E1510 met een dubbele filterstelling (1,5 en 8m-mv) in de Reitma ten oosten van het blauwgrasland. Nabij vegetatiemeetpunt met rompgemeenschap blauwe zegge en blauwe knoop in 2010;
2. peilbuis B17E1542 met 4 filters (1, 10, 29 en 50m -mv) op de rand van de Grevema;
3. peilbuis B17E2222 met 2 filters in de Oosterma, nabij een vegetatiemeetpunt met rompgemeenschap van Pitrus in 2010.

De locaties zijn weergegeven in Figuur 5-9 en Figuur 5-10

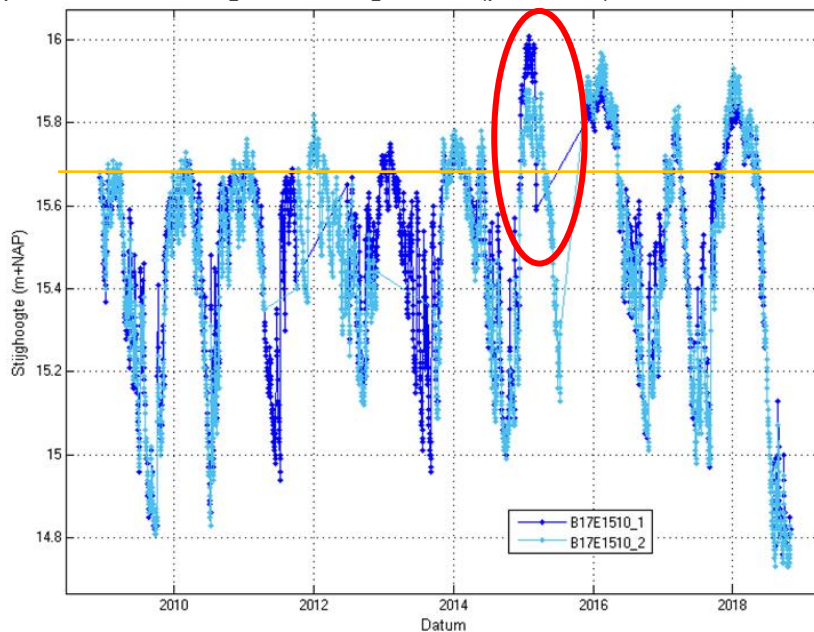


Figuur 5-9. Zoom peilbuizen beoordeling kwel Reitma



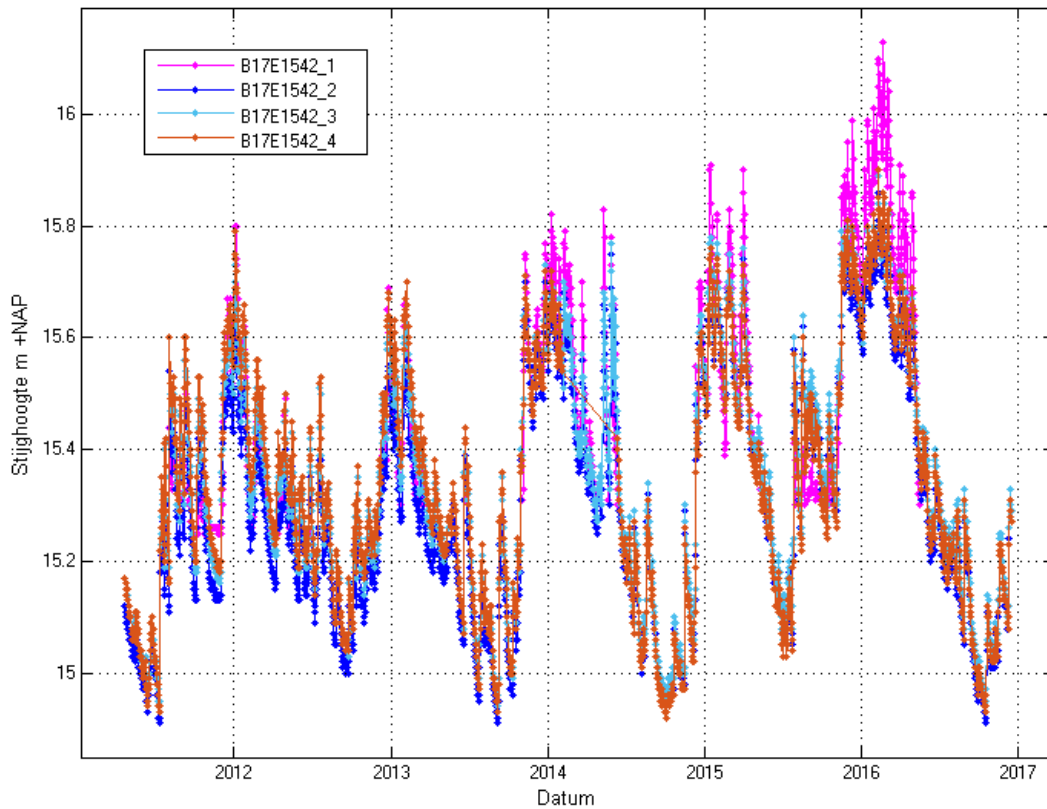
Figuur 5-10. Zoom peilbuis beoordeling kwel Oosterma

In Figuur 5-11 zijn de tijd-stijghoogten weergegeven van peilbuis B17E1510 voor zowel het ondiepe als het diepere filter. In natte perioden was er algemeen sprake van kwel van het diepe naar het ondiepe grondwater (diepe stijghoogte is iets hoger). In één jaar (2015), tijdens de uitvoeringsperiode van vernattingsmaatregelen op de oostflank, sloeg de kwel echter om naar wegzijging. Dit had te maken met de volgorde van het dempen van sloten in het gebied, dat ongelukkig samenviel met een extreem nat najaar. Hierdoor heeft het gebied een aantal weken onder water gestaan, wat zeer onwenselijk is voor de kwetsbare vegetaties in de Reitma. De jaren erna is de kwelsituatie gelukkig hersteld. In de zomer slaat de kwel wel om naar wegzijging. Dit was echter ook al het geval in de periode voor de maatregelen. Sowiezo zakt de grondwaterstand te diep uit in de zomer voor een optimale ontwikkeling van blauwgrasland (parnassia).



Figuur 5-11. Stijghoogten B17E1510 (mv= NAP 15,67m) in de Reitma

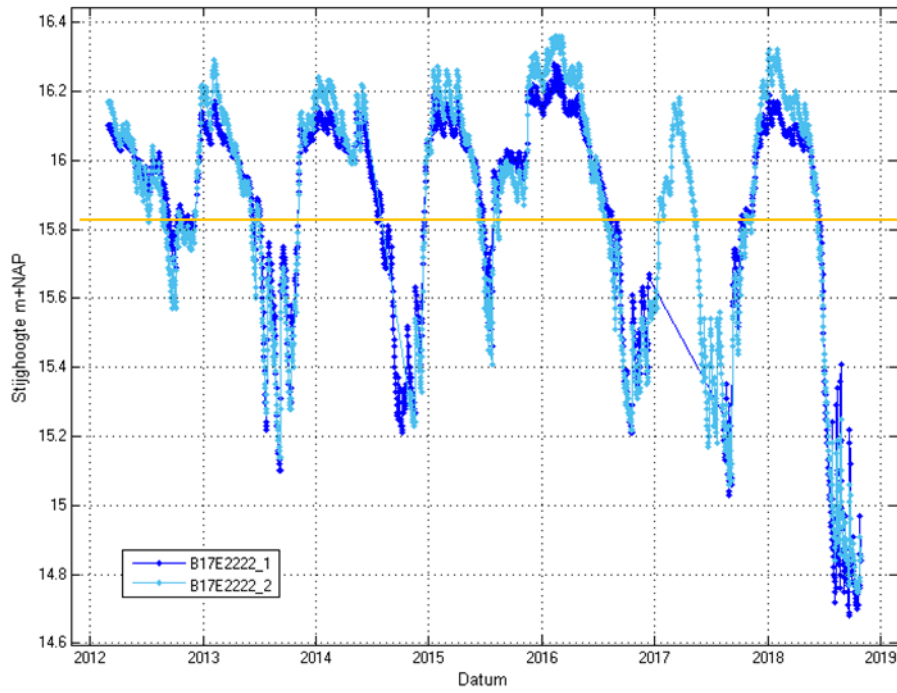
In het deelgebied van de Grevema, net benedenstrooms van de Reitma is het beeld wisselender, zie Figuur 5-12. Voor 2014 had het diepste filter jaarrond de hoogste stijghoogten, duidend op regionale, diepe kwel. De laatste jaren zien we dat de pieken in natte perioden hoger zijn geworden, maar dat in natte perioden het ondiepe filter 1 de hoogste waarden heeft gekregen, en er dus sprake is van wegwijzing. In drogere perioden lijken kwel en wegzijging elkaar af te wisselen en is er geen eenduidig beeld.



Figuur 5-12. Stijghoogten B17E1542 in deelgebied Grevema

De oorzaak van de afname van de kwel is niet met zekerheid te zeggen. In het gebied zijn tal van vernattingsmaatregelen uitgevoerd. Mogelijk hebben deze maatregelen vooral effect gehad op het ondiepe grondwater, en daarmee de diepe kwel weggedrukt. Het is echter ook mogelijk dat er sprake is van een regionale invloed, waardoor de diepe stijghoogte lager is geworden.

In het deelgebied de Oosterma is de omslag van kwel naar wegzijging niet waargenomen, zie Figuur 5-13



Figuur 5-13. Tijdstijghoogten B17E2222 in de Oosterma

6. Tijdreeksanalyse

6.1 Algemeen

De fluctuatie van de grondwaterstand in de tijd wordt veroorzaakt door onder andere neerslag, verdamping, etc. Bij tijdreeksanalyse wordt gezocht naar een *verband* tussen een reeks van grondwaterstandmetingen en deze zogenaamde *verklarende meetreeksen* (neerslag, verdamping, oppervlaktewaterpeil etc). Op deze manier kan het effect van hydrologische maatregelen en externe invloeden in beeld worden gebracht.

In eerste instantie is voor alle peilbuizen gekeken of er een geschikt tijdreeksmodel te maken valt. Idealiter dient hiervoor een periode gekozen te worden waarin geen maatregelen zijn uitgevoerd en de meetreeksen met alleen neerslag en verdamping kunnen worden verklaard. In dit gebied zijn gedurende de periode van de meetreeksen wel degelijk maatregelen uitgevoerd en zijn in de reeksen soms al opvallende sprongen zichtbaar. Voor een eerste analyse zijn desondanks toch de hele meetreeksen gemodelleerd. Een analyse van de modelresiduen kan daarbij ook al een eerste indruk geven van het effect van de uitgevoerde maatregelen.

Vervolgens is een selectie gemaakt van een aantal peilbuizen waar een nadere detailanalyse heeft plaatsgevonden. Het doel hiervan was om het effect van de uitgevoerde maatregelen in de periode 2014-2016 te bepalen.

De tijdreeksanalyse is uitgevoerd met het programma Menyanthes (versie 2.x.g.m) van KWR Watercycle Research Institute. Er is onderscheid te maken tussen lineaire en niet-lineaire modellen. Bij niet-lineaire systemen reageert de grondwaterstand niet altijd hetzelfde op een verklarende reeks. Het effect van neerslag zal bijvoorbeeld anders zijn wanneer de grondwaterstand uitzakt tot onder de bodem van een (droogvallende) greppel of stijgt tot boven maaiveld. Gezien de periodieke inundaties en ondiepe greppels, is de verwachting dat niet-lineaire modellen de reeksen het beste verklaren. Met de toolbox van Sweco kunnen automatisch zowel lineaire als niet-lineaire modellen worden beoordeeld. Per peilbuislocatie is daarom achteraf beoordeeld of het lineaire model voldoende presteert of dat het niet-lineair model beter is.

6.2 Beoordeling modellen

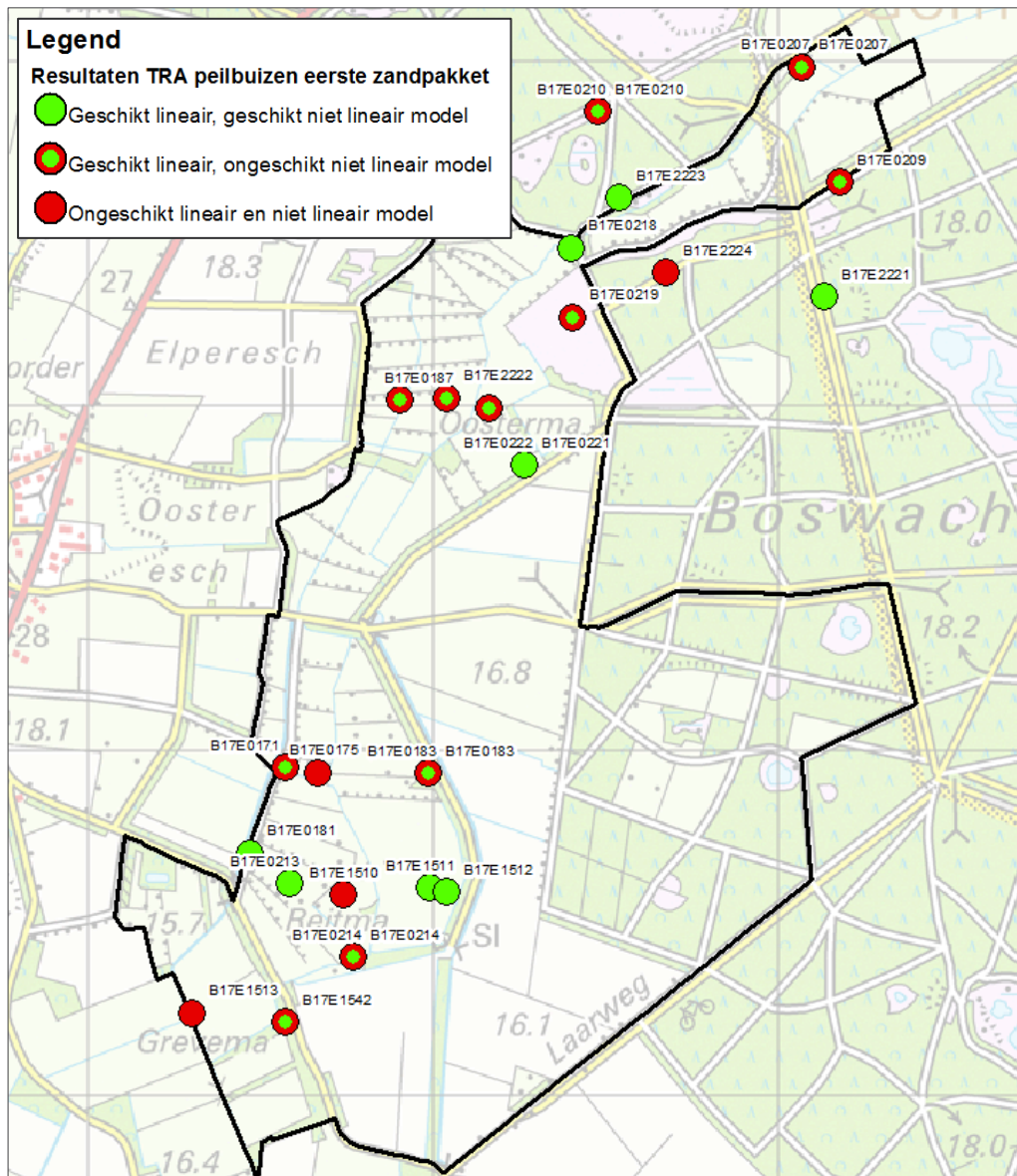
Alle meetreeksen zijn beoordeeld op geschiktheid voor tijdreeksanalyse. Om hierover een onderbouwde uitspraak te kunnen doen, zijn diverse controles uitgevoerd die inzicht geven in de (statistische) betrouwbaarheid van het model. Hierbij is onderscheid gemaakt in de correctheid van de pasvorm, de statistische geschiktheid en de hydrologische plausibiliteit. Een toelichting op de uitgevoerde controles is opgenomen in bijlage 10. Bij de rapportage zijn Excel bestanden met de uitwerking van de tijdreeksanalyse per peilbuis meegeleverd.

6.3 Resultaten algemene tijdreeksanalyse

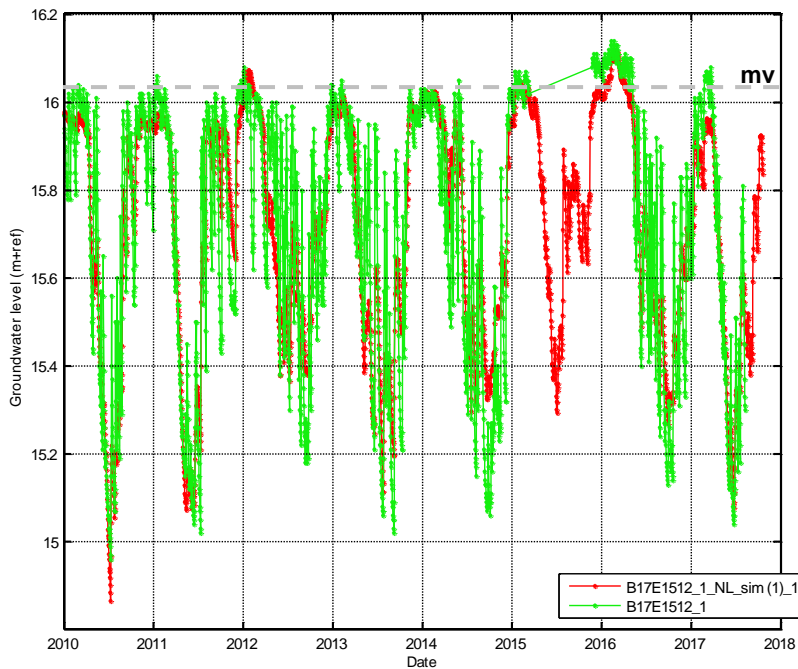
Alle 41 peilbuizen zijn beoordeeld op geschiktheid. In totaal zijn er 69 filters. Helaas konden door veelvuldige droogval en een aantal te korte reeksen van een aantal filters geen geschikte modellen gemaakt worden. Van alle filters hebben 46 een goede pasvorm, zijn statistisch geschikt en hydrologisch plausibel. Figuur 6-1 en Figuur 6-4 geven een overzicht van de geschikte lineaire en niet lineaire filters.

6.3.1 Ondiepe (freatische) peilbuizen

Van alle 30 filters in het ondiepe pakket, kan er van 22 filters een statistisch betrouwbaar en hydrologisch plausibel lineair model worden gemaakt (Figuur 6-1). Van tien filters is tevens een statistisch betrouwbaar en hydrologisch plausibel niet-lineair model te maken. In veel van deze filters reikt de grondwaterstand periodiek aan maaiveld, wat per definitie een niet-lineair model vereist. Opvallend is daarom er toch meer geschikte lineaire modellen zijn. Een voorbeeld van een niet-lineair model is weergegeven in Figuur 6-2 waar de grondwaterstand aan maaiveld wordt afgetopt.



Figuur 6-1 Resultaat tijdreeksmodellen ondiep pakket

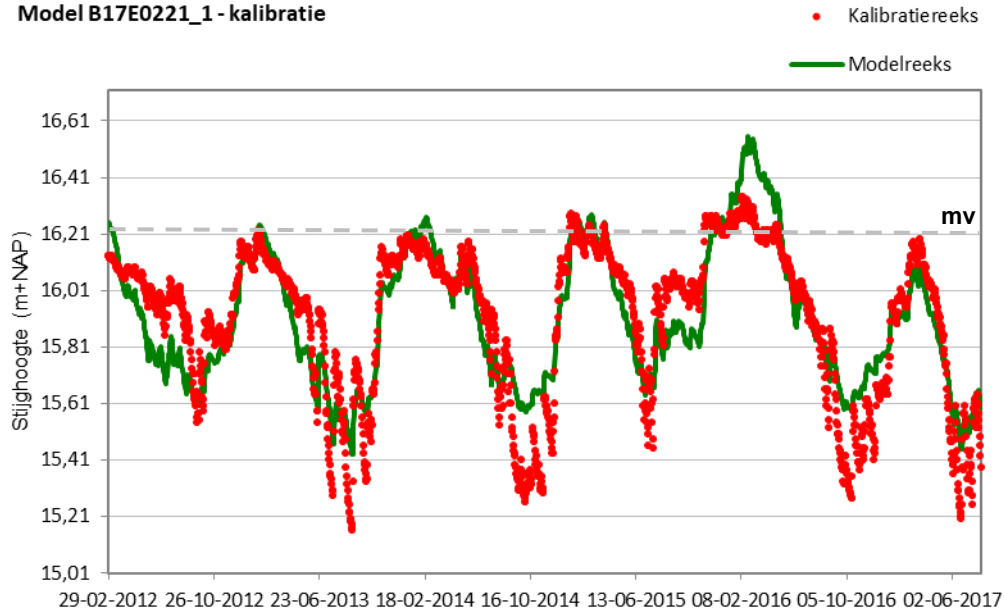


Figuur 6-2 Gemeten en gemodelleerde grondwaterstand peilbuis B17E1512 met een niet lineair model.

Van de peilbuizen B17E2224_1 B17E2221_1, B17E2222_1 en B17E2223_1 is geen geschikt model te maken, dit betreft droogvallende filters. Daarnaast geeft B17E0175 geen geschikt model. Dit is het gevolg van een sprong in de reeks in combinatie met een zeer beperkt aantal metingen.

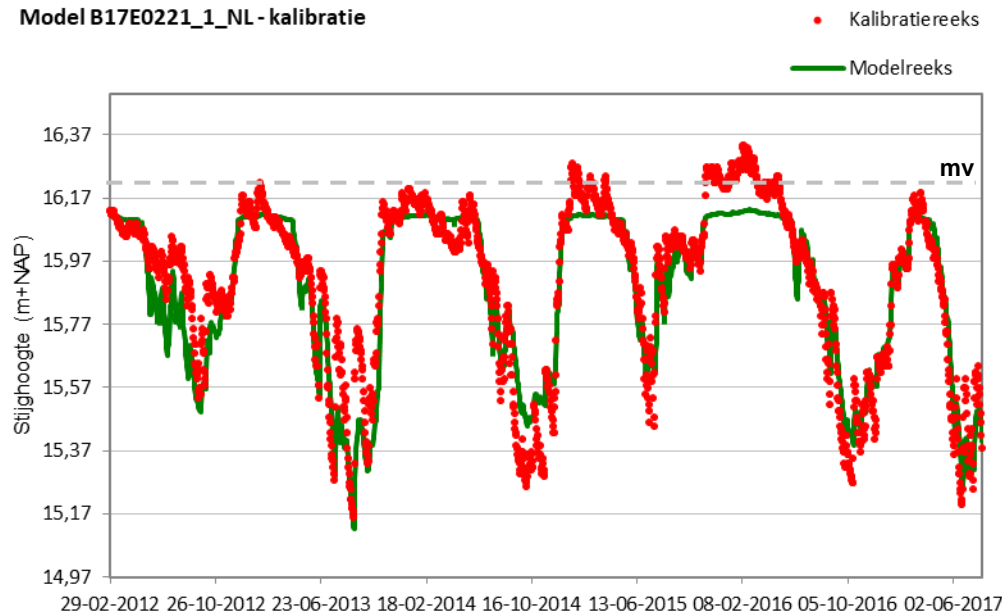
De peilbuizen B17E0187, B17E0221 en B17E0222 in de Oosterma geven wel een statistisch betrouwbaar en hydrologisch plausibel lineair model. De meetreeks laat echter zien dat het systeem dubbel-niet lineair reageert; op maaiveld wordt de reeks afgetopt en vanaf circa NAP+15,5m zakt de grondwaterstand versnelt weg. Niet lineair geeft het model een betere fit (vergeleken met lineair), maar is het model statistisch onbetrouwbaar (zie Figuur 6-3 en Figuur 6-4). Feitelijk is zowel het lineaire als het niet-lineaire model ongeschikt voor tijdreeksanalyse. Menyanthes kan namelijk maar één drainageniveau modelleren.

Model B17E0221_1 - kalibratie



Figuur 6-3 Kalibratieresiduen lineair tijdreeksmodel peilbuis B17E0221_1

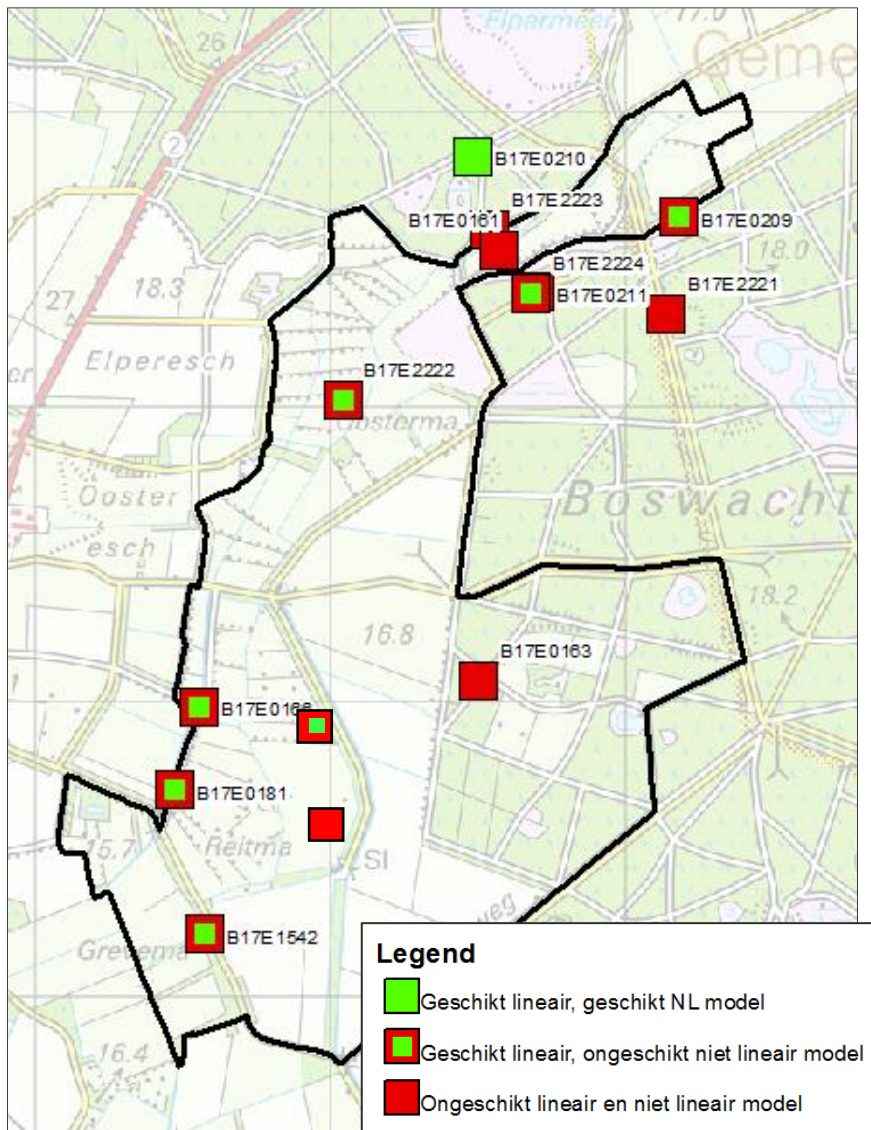
Model B17E0221_1_NL - kalibratie



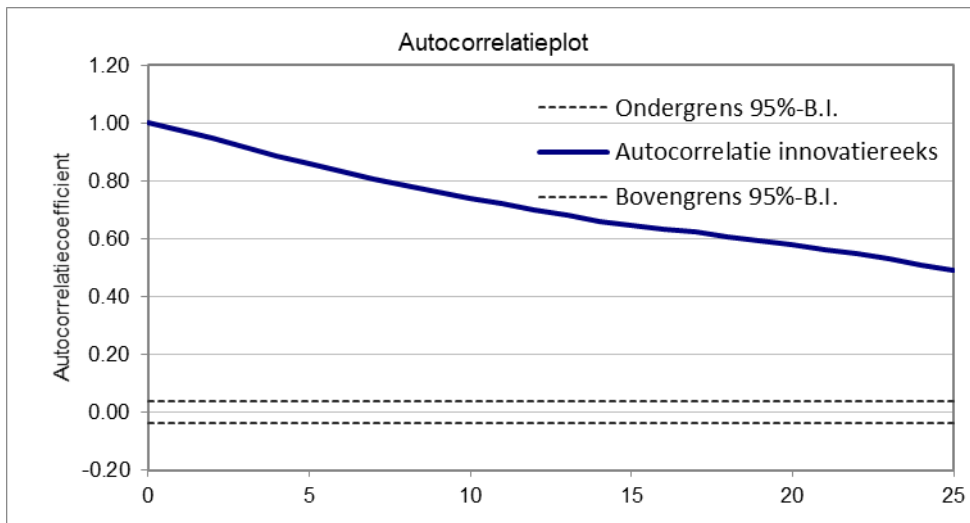
Figuur 6-4 Kalibratieresiduen niet-lineair tijdreeksmodel peilbuis B17E0221_1

6.3.2 Peilbuizen watervoerend pakket (onder leemlenzen)

Van alle 20 filters onder de keileem, kan er van 14 filters een statistisch betrouwbaar en hydrologisch plausibel lineair model worden gemaakt. Voor twee filters is het ook mogelijk een geschikt niet lineair model te maken, dit geeft echter geen significante verbetering. Van 6 filters kan dus geen geschikt tijdreeksmodel worden gemaakt. Sommige van deze modellen geven wel een goede (tot zeer goede) fit, maar geeft de auto correlatieplot van de innovatiereeks een sterk afwijkende curve, zie Figuur 6-6. Dit duidt op een mogelijk ontbrekende verklarende reeks (uitgevoerde maatregelen). Deze modellen hoeven dus niet ongeschikt te zijn.



Figuur 6-5 Resultaat tijdreeksmodellen diepe filters onder de keileem/beekleem



Figuur 6-6. Autocorrelatieplot B17E0163_2

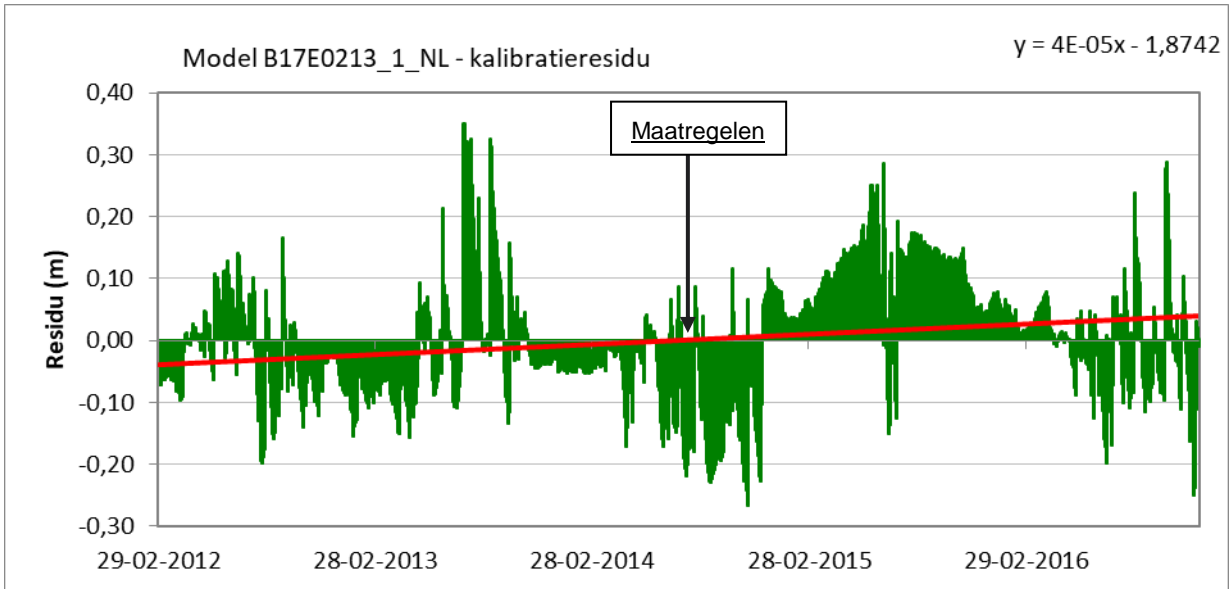
6.4 Detailanalyses

In vier peilbuizen was op het oog een sprong in de meetreeksen zichtbaar, in dezelfde periode waarin ook maatregelen zijn uitgevoerd. Deze peilbuizen zijn daarom nader geanalyseerd. Het betreft de volgende buizen:

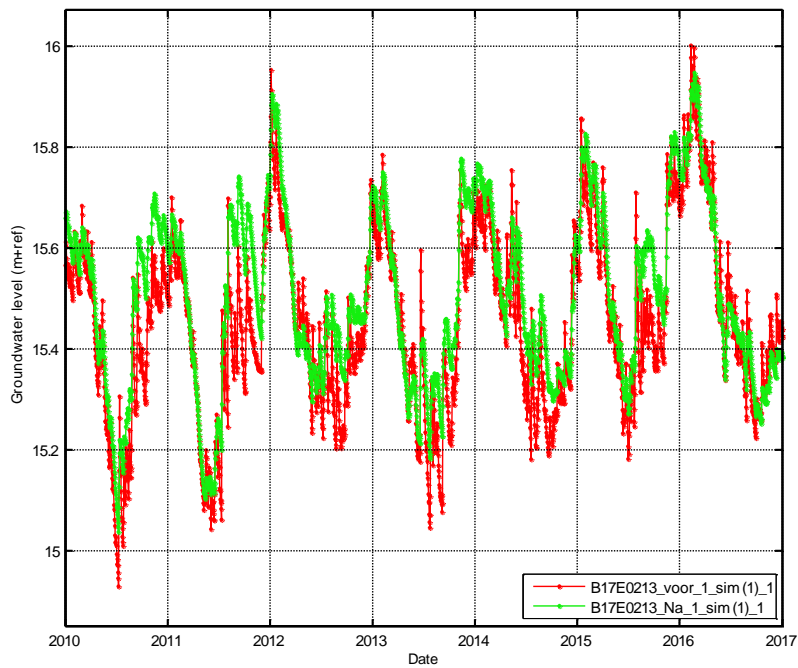
- B17E0213 (Freatisch filter in deelgebied Reitma);
- B17E1510 (Ondiep en diep filter in deelgebied Reitma);
- B17E1542 (vier filters gelegen op de rand van de Grevema);
- B17E0221 (Freatisch filter in deelgebied Oosterma).

6.4.1 Deelgebied Reitma

De kalibratieresiduen van peilbuis B17E0213, gelegen in de Reitma boven een leemlaag, laten een positieve trend zien. In kalibratieresiduen van peilbuis B17E0213_1 is een stijgende trend zichtbaar; de modelresiduen worden in tijd positiever (Figuur 6-7). Dit duidt op een vernattend effect van de maatregelen. Deze reeks is opgeknipt in de periode voor en na maatregelen (dempen van waterlopen in september/oktober 2014) en vervolgens zijn beide reeksen voor de periode 2010-2017 gesimuleerd. Op deze manier worden mogelijke weersinvloeden eruit gefilterd en zijn de reeksen onderling vergelijkbaar. De reeks na uitvoering van de maatregelen geeft een hogere grondwaterstand (Figuur 6-8). De GxG van de gesimuleerde reeksen indiceert dat het systeem natter is geworden. Zowel in de GLG als in de GHG is de grondwaterstand gestegen.



Figuur 6-7 Kalibratieresiduen niet-lineair tijdreeksmodel peilbuis B17E0213

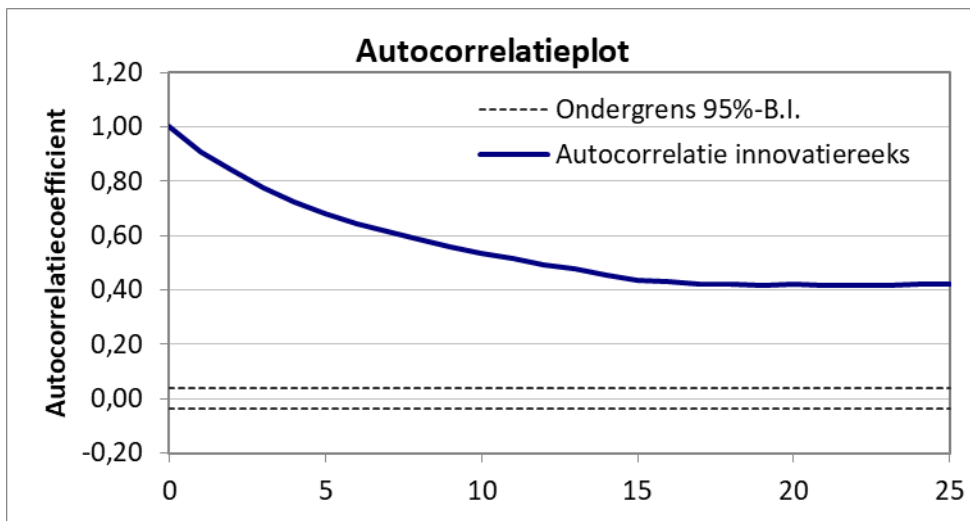


Figuur 6-8 Gesimuleerde lineaire meetreeks van voor en na- uitvoering maatregelen voor peilbuis B17E0213

Tabel 6-1 Verschil in de berekende GxG's (grondwaterstand na uitvoering maatregelen min uitvoering grondwaterstand voor uitvoering maatregelen) B17E0213

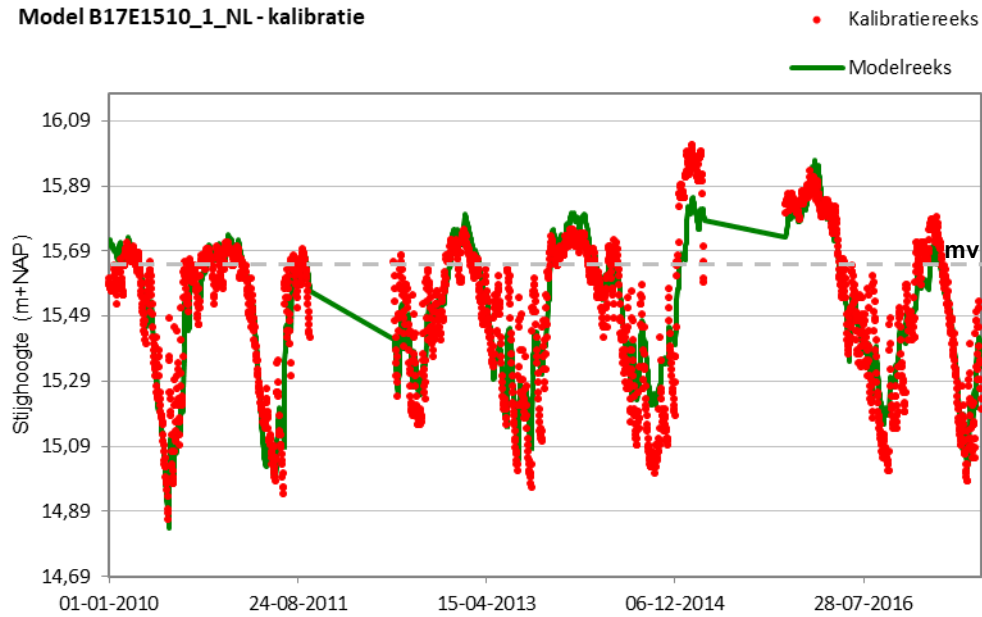
Filter	GLG	GG	GVG	GHG
1	0,07	0,05	0,02	0,04

Peilbuis B17E1510, gelegen in Reitma, laat in de kalibratieresiduen geen positieve trend zien. Wel is er in de innovaties autocorrelatie aanwezig wat betekent dat er nog patronen aanwezig zijn in de innovaties (Figuur 6-9). Dit kan er op duiden dat externe factoren (anders dan neerslag en verdamping) invloed hebben op de reeks. Daarnaast is een sprong in de reeks zichtbaar rond oktober/november 2014 (Figuur 6-10). Op deze datum zijn een aantal nabij gelegen greppels gedempt. Wanneer deze reeks wordt opgeknipt in twee reeksen (voor en na maatregelen) en over de periode 2010-2017 wordt gesimuleerd is ook een stijging zichtbaar in de GG en GHG. Opvallend is wel een daling van de GLG na uitvoering van de maatregelen. Hier is geen directe verklaring voor, verdere analyse is hiervoor noodzakelijk.

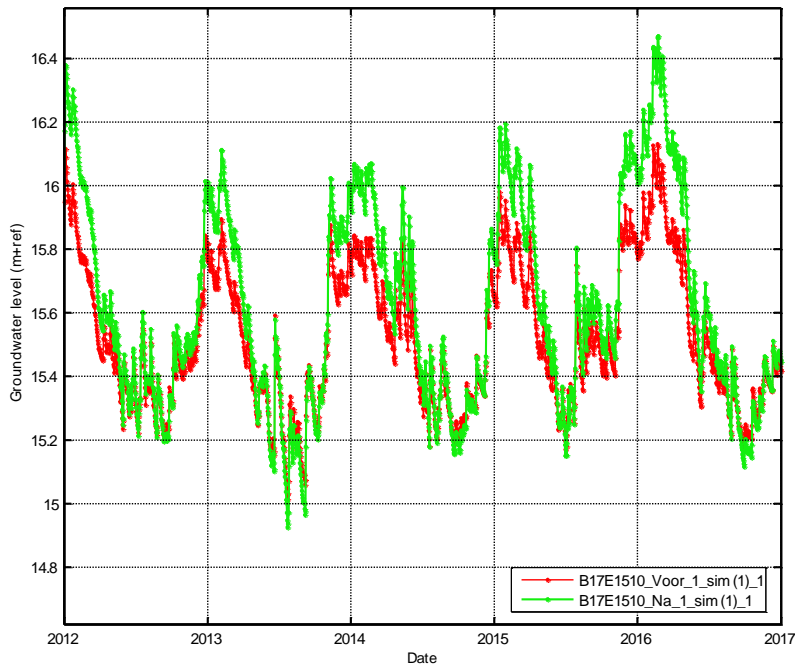


Figuur 6-9 Autocorrelatie lineair model B17E1510_1

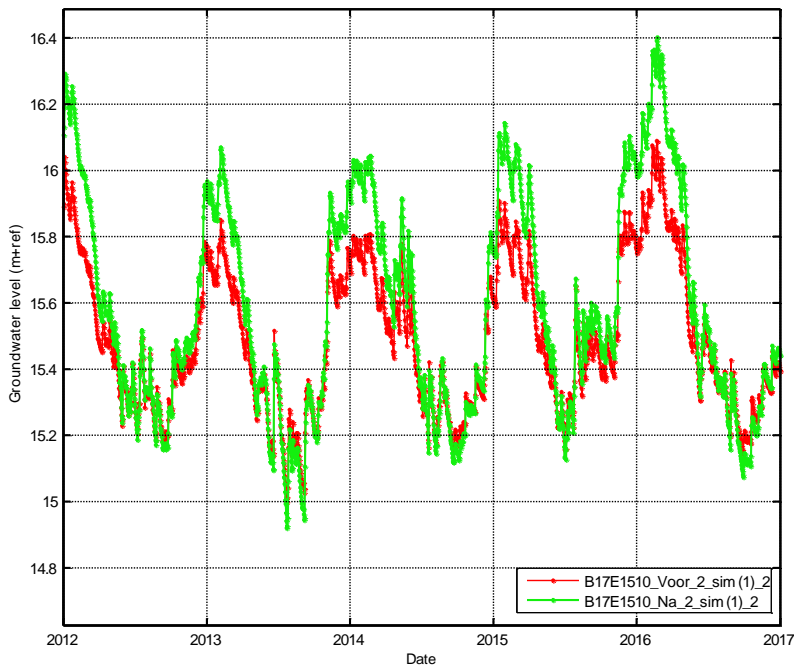
Model B17E1510_1_NL - kalibratie



Figuur 6-10 Model en kalibratiereeks peilbuis B17E1510



Figuur 6-11 Gesimuleerde lineaire meetreeks van voor en na- uitvoering maatregelen voor peilbuis B17E1510_1



Figuur 6-12 Gesimuleerde lineaire meetreeks van voor en na- uitvoering maatregelen voor peilbuis B17E1510_2

Tabel 6-2 Verschil in de berekende GxG's (grondwaterstand na uitvoering maatregelen min uitvoering grondwaterstand voor uitvoering maatregelen) B17E1510

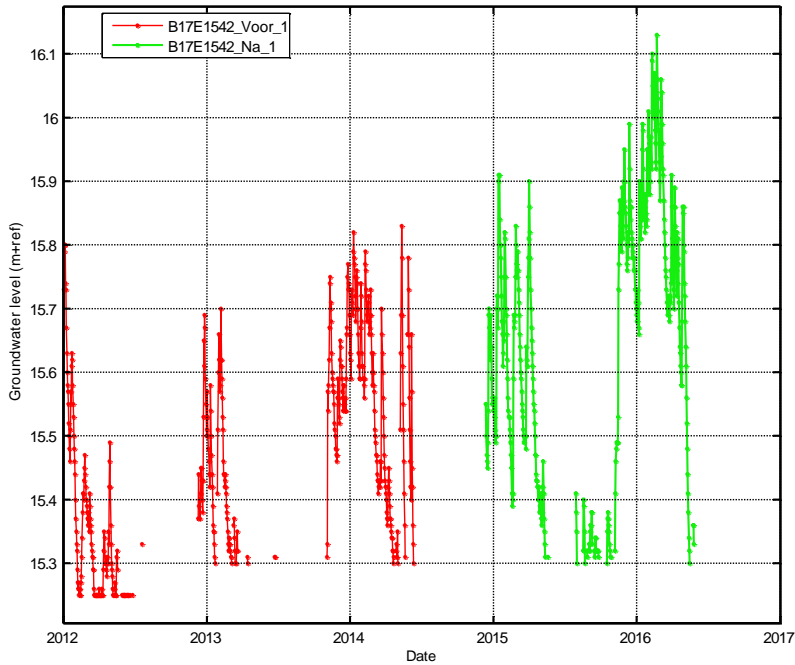
Filter	GLG	GG	GVG	GHG
1	-0,05	0,08	0,16	0,21
2	-0,06	0,08	0,16	0,21

Peilbuizen gelegen in de Reitma laten een vernatting zien als gevolg van de uitgevoerde maatregelen. Deze vernatting beïnvloedt met name de hogere grondwaterstanden (GHG en GVG). De GLG laat bij sommige buizen (B17E1510 en B17E1542) een verdroging zien, onduidelijk is waar deze verdroging door wordt veroorzaakt.

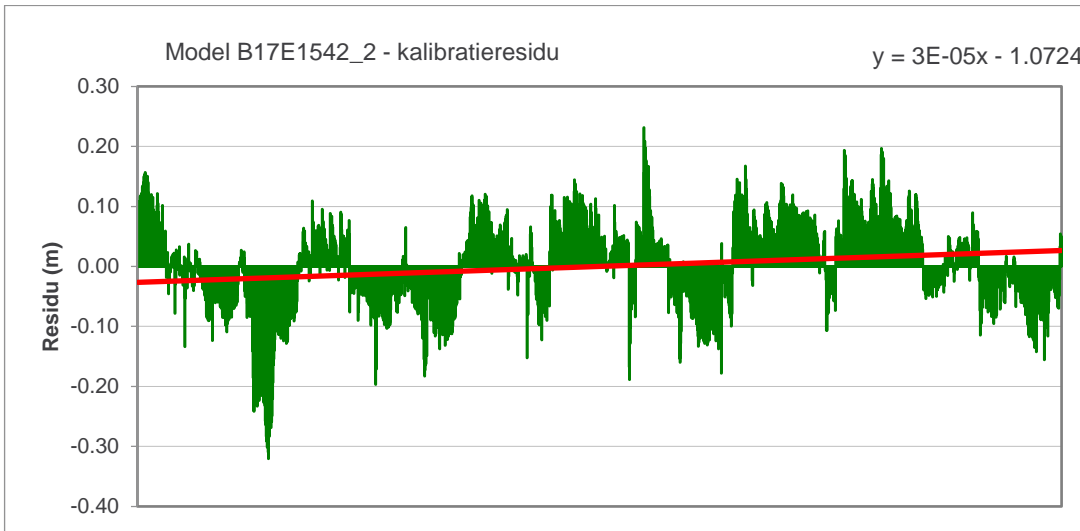
6.4.2 Deelgebied Grevema

Peilbuis B17E1542 heeft vier filters en is gelegen op de rand van de Grevema. In het boorprofiel zijn geen weerstand biedende lagen aangetroffen. De stijghoogte in het eerste filter is gedurende de winter periode iets hoger in vergelijking met de overige drie filters. De verschillen in stijghoogte tussen filter 2, 3 en 4 is klein.

Het eerste filter valt droog en is hiermee minder geschikt voor tijdreeksanalyse. Wel laat de reeks een positieve trend zien in de grondwaterstanden (Figuur 6-13) wat duidt op een mogelijke vernatting. Voor de overige filters zijn de reeksen opgeknipt en is de GxG bepaald voor beide gesimuleerde reeksen (voor en na uitvoering maatregelen). Met name de GHG lijkt na uitvoering maatregelen in de ondiep filters toe te nemen. Opvallend is ook hier de daling van de GLG; na uitvoering van de maatregelen lijkt de grondwaterstand in de zomer uit te zakken.



Figuur 6-13 Meetreeks voor en na- uitvoering maatregelen voor peilbuis B17E1542_1



Figuur 6-14 Lineair model en kalibratiereeks peilbuis B17E1542



Figuur 6-15 Gesimuleerde meetreeksen (voor en na- uitvoering maatregelen) voor peilbuis B17E1542_2

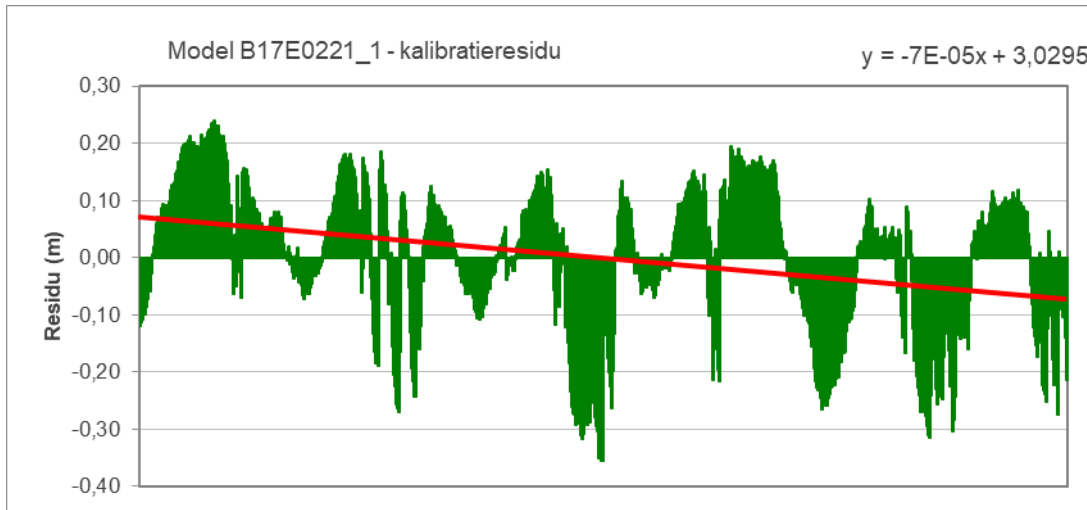
Filter	GLG	GG	GVG	GHG
1				
2	-0,03	0,04	0,06	0,10
3	-0,06	0	0,03	0,07
4	-0,06	-0,01	0,01	0,04

Gecontroleerd is of de berekende daling in de GLG statistisch significant is. Hierbij is gebruik gemaakt van een stochastenmethode in combinatie met een uitgevoerde t-toets voor een steekproef. De volgende nulhypothese is getoetst: de GLG voor uitvoering maatregelen is gelijk aan de GLG na uitvoering maatregelen. Het resultaat van de toets is dat de GLG na uitvoering maatregelen significant lager is dan de GLG voor uitvoering maatregelen. Hoewel er sprake is van een statistische significantie is er nog geen hydrologische verklaring van deze verlaging gevonden. Een nadere onderbouwing van de uitgevoerde t-toets is opgenomen in bijlage 10

6.4.3 Deelgebied Oosterma

Opvallend zijn het kalibratieresidu van peilbuis B17E0221_1. Van deze peilbuis valt geen goed model te maken. Het systeem reageert dubbel niet-lineair. Menyanthes kan alleen rekenen met een enkel drainage-niveau. Wat wel opvalt is dat de kalibratieresiduen hier een sterk negatieve trend laten zien.

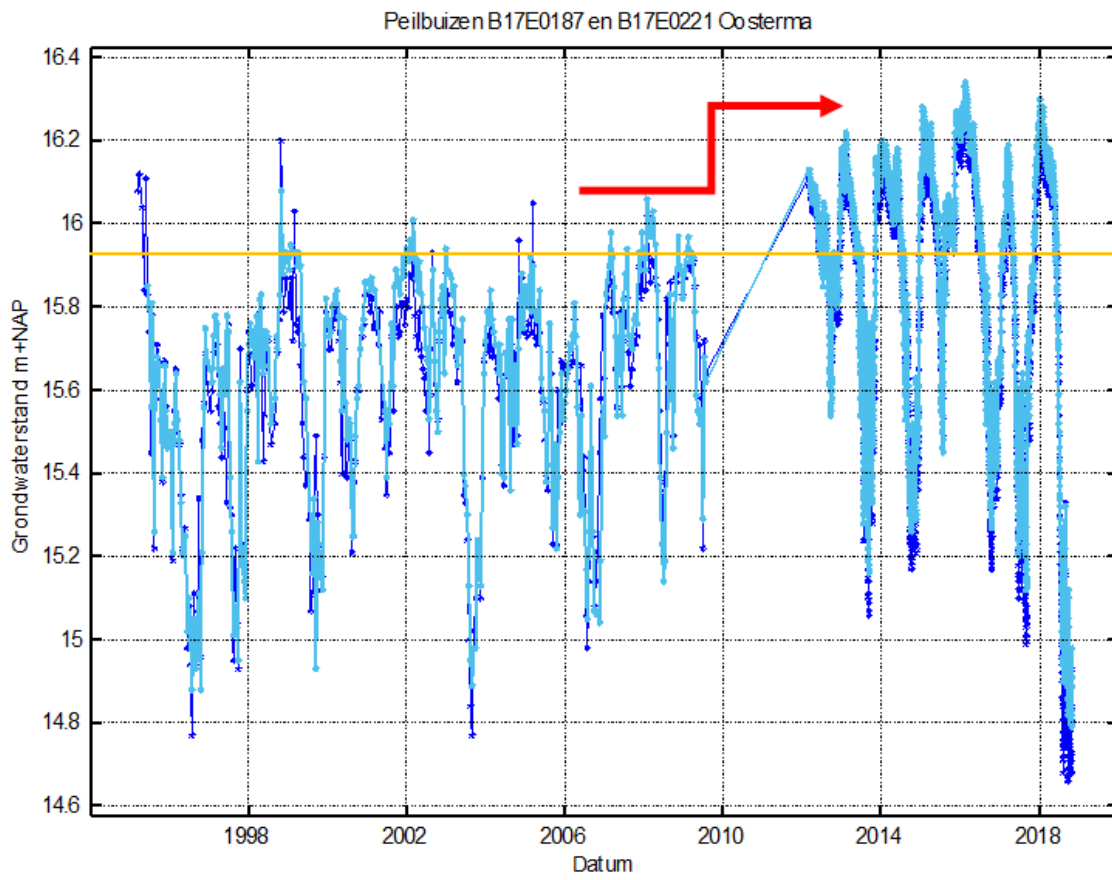
Ook andere peilbuizen in Oosterna (oa B17E0187_1 en B17E2222_1) laten een negatieve trend in het kalibratieresidu zien, wat mogelijk juist duidt op verdroging. Ondanks dat er van deze reeksen geen geschikt tijdreeksmodel te maken valt, is dit verdacht. Een verklaring voor deze mogelijke trend is niet bekend; een nadere analyse zal moeten uitwijzen wat hiervan de oorzaak is.



Figuur 6-16 Model en kalibratiereeks peilbuis B17E0221

In het noordelijk deel van de Elperstroom (Oosterna en verder noordelijk) is er geen vernatting gemeten. In het kalibratieresidu van enkele van deze peilbuizen is zelfs een negatief effect zichtbaar wat kan duiden op verdroging echter is het tijdreeksmodel hiervan onbetrouwbaar.

In het deelgebied Oosterna zijn wel in een eerder stadium (rond 2010) maatregelen uitgevoerd. Dit betrof o.a. het omvormen van bos naar heide op de flank en het dempen/verondiepen van delen van de beek. Het effect van deze maatregelen lijken wel op het oog zichtbaar in de meetreeksen, maar zijn geen onderdeel van deze studie.



Figuur 6-17. Tijd stijghoogten B17E0187 en B17E0221 in Oosterma (mv= NAP +15,88m en NAP +15,98m)

7. Conclusies

De Elperstroom is een klein beekdal gelegen in de bovenloop van het beekdalsysteem van de Beiler (cq Westerborkerstream) op de westflank van de Hondsrug. Het gebied is als N2000 gebied aangewezen met instandhoudingsdoelstellingen voor de habitatype vochtige heiden, heischrale graslanden, blauwgraslanden en kalkmoeras. Deze habitatypes zijn grondwaterafhankelijk, maar vooral ook afhankelijk van basenrijke kwel die met name toestroomt vanuit het noordoosten (regionale stromingsrichting). Afgelopen jaren zijn een groot aantal maatregelen uitgevoerd om de grondwaterstanden en stijghoogten in en rond het gebied te verhogen. Doel was om de regionale kwel in de wortelzone te herstellen en hiermee de condities voor blauwgrasland en kalkmoeras te verbeteren.

De ondergrond in het gebied bestaat uit een enkele meters dikke zandlaag met eolische zanden met daaronder fijne peelozanden. Door inslijten van de beek is keileem in het beekdal zelf weg geërodeerd en zijn dunne laagjes beekleem, soms met gyttja afgezet in de lagen delen. Hogerop de flanken komt wel keileem voor. Aan het oppervlak van het beekdal bevindt zich veen. De leemlenzen of andere weerstand biedende lagen zijn mogelijk van belang voor het lokaal aanwezige blauwgrasland en kalkmoeras. In dat kader is het belangrijk te noemen dat er lokaal in de Reitma en Oosterma smalle diepe depressies zijn aangetroffen, die zijn opgevuld met smeltwaterafzettingen uit de slotfase van de Saale-ijstijd (Formatie van Drente, afwisseling van grof zand met bijmenging van glaciaal grind/ kalksteentjes en leemlagen). Deze kunnen zorgen voor preferente stroming met basenrijk water.

Het meetnetverdroging Elperstroom bestaat hier uit 13 peilbuizen (22 filters). Aanvullend zijn 15 extra peilbuizen (23 filters) uit het dinoloket gedownload en betrokken bij de analyses. Daarnaast is bij de situering van de raaien rekening gehouden met 20 nieuwe peilbuizen, welke in 2018/2019 worden geplaatst.

In de huidige situatie bevindt de voorjaarsgrondwaterstand (GVG) zich al tussen de optimale grenzen voor de desbetreffende habitatypes. Lokaal is deze zelfs aan de natte kant. Gedurende de zomer (GLG situatie) zakt de grondwaterstand echter in de periode 2010-2017 te diep weg.

Verschillende maatregelen (o.a. omvorming bos, dempen en het verondiepen van greppels en sloten) zijn uitgevoerd rond 2014-2016 met de intentie de grondwaterstand (met name in de GLG) te laten stijgen en de regionale kwel te herstellen. In de Reitma en Grevema hebben de maatregelen een vernattend effect gehad op de grondwaterstand. Middels tijdreeksanalyses is het effect van de maatregelen op de grondwaterstand (onafhankelijk van weersinvloeden) gekwantificeerd. In zowel de GHG als in de GVG is een stijging van de grondwaterstand en stijghoogten onder de leemlagen zichtbaar tot maximaal 20cm. Een stijging in de GLG blijft echter uit. Bij enkele peilbuizen laat de GLG zelfs een statistisch significant dalende trend zien. Er is nog geen hydrologische verklaring voor deze daling (behalve achtergrondverdroging).

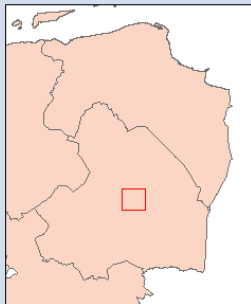
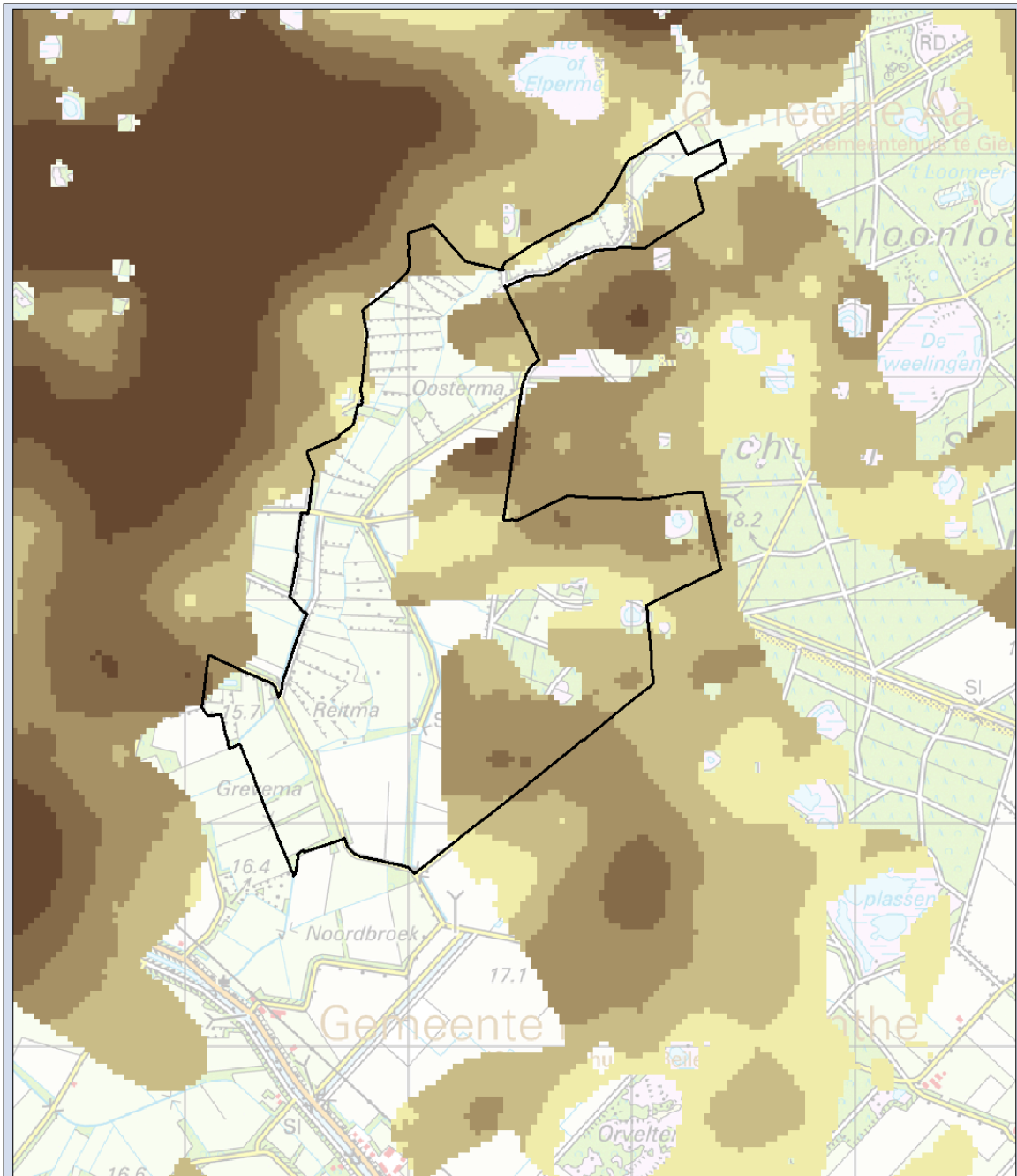
Daarnaast is er een zorgwekkende ontwikkeling geconstateerd ten aanzien van de kwel: In de Reitma is gedurende het uitvoeren van de maatregelen op de oostflank de kwel geheel weggedrukt. Dit had te maken met de volgorde van het dempen van sloten in het gebied, dat ongelukkig samenviel met een extreem nat najaar. Hierdoor heeft het gebied een aantal weken onder water gestaan, wat onwenselijk is voor de kwetsbare vegetaties in de Reitma. De jaren erna is de kwelsituatie gelukkig hersteld. In de zomer slaat de kwel wel om naar wegzijging. Dit was echter ook al het geval in de periode voor de maatregelen. Sowieso zakt de grondwaterstand te diep uit in de zomer voor een optimale ontwikkeling van blauwgrasland (parnassia).

Op de grens met de Grevema zien we eveneens een toename van de freatische grondwaterstand in natte perioden. In deze natte situaties is de kwel omgeslagen naar wegzijging. Ook een paar jaar na maatregelen bleef deze wegzijging in stand.

8. Literatuur

1. Berekening en drainage onderzoekszone N2000-gebied Elperstroom. SWECO, 2017
2. RGD rapportages BP 10573 (1985), BP 10594 (1986) en BP 10725 (1987);
3. 'Over de achteruitgang van het blauwgrasland 'De Reitma' bij Elp'; Karin Romeijn, 1977.

Bijlage 1 - Keileemdikte (TNO,2013)



Legenda

- Dikte keileem**
- 0,0 - 0,5
 - 0,5 - 1,0
 - 1,0 - 1,5
 - 1,5 - 2
 - 2,0 - 2,5

Dikte Keileem

Elperstroom
Opdrachtgever: Provincie Drenthe
Projectnummer: 358371

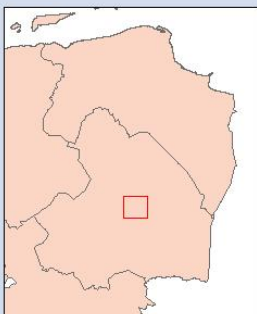
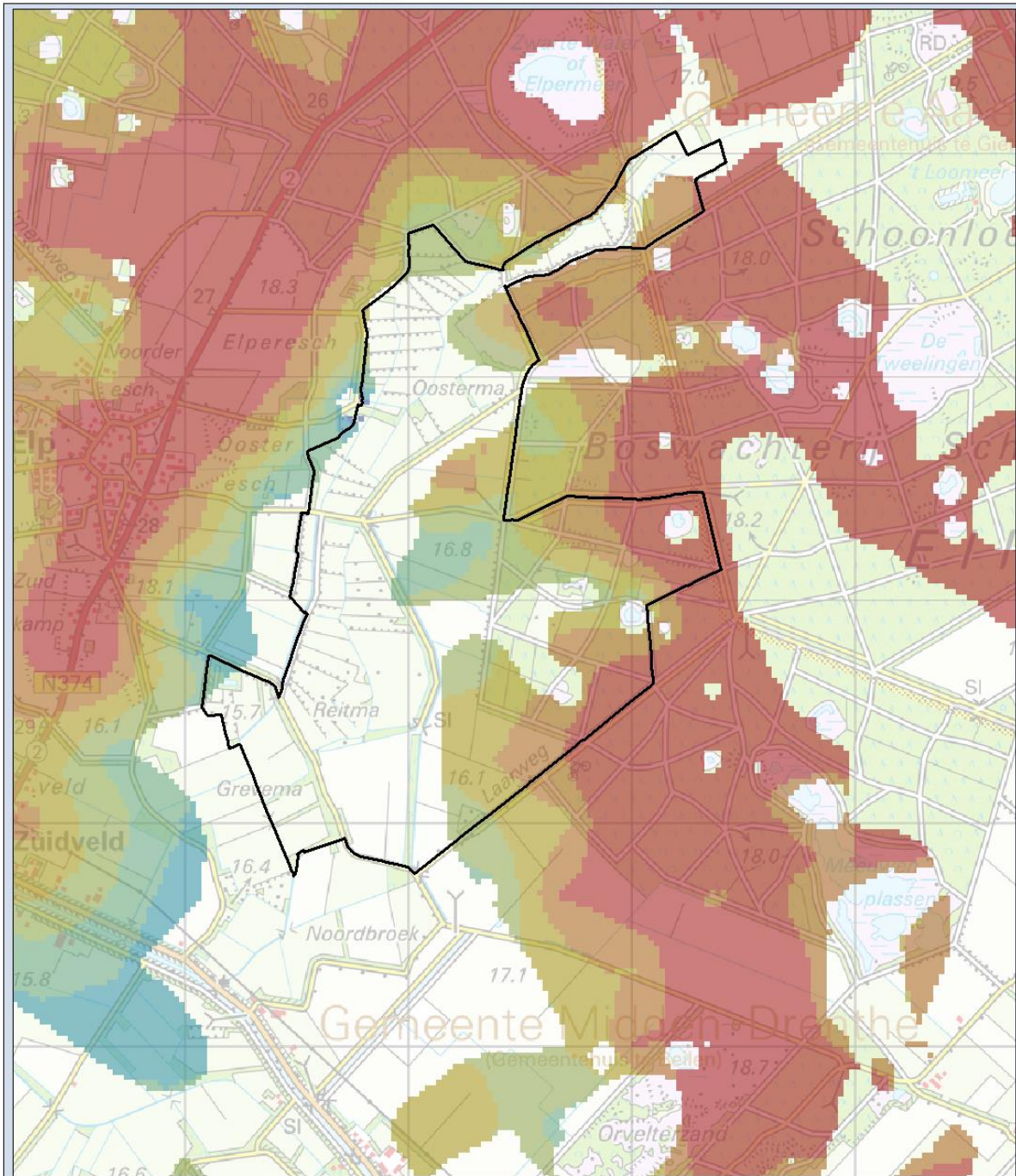
Status: definitief
Datum: 05.12.2018
Get: IV - Gec: SS



SWECO Noord-Hard B.V.
Rozenburgaan 11, 9727 DL Groningen
Postbus 7007, 9701 JB Groningen
T +31 88 811 5111
www.gronthe.nl

Foto: Gemeente Elperstroom, Gemeente Giertrich, Gemeente Looze, Gemeente Schoonlooze, Gemeente De Weelingen, Gemeente Orvelte, Gemeente Elperstroom, Gemeente Giertrich, Gemeente Looze, Gemeente Schoonlooze, Gemeente De Weelingen, Gemeente Orvelte, Gemeente Elperstroom

Bijlage 2 - Bovenkant keileem (TNO,2013)



Legenda

Top keileem (m+NAP)

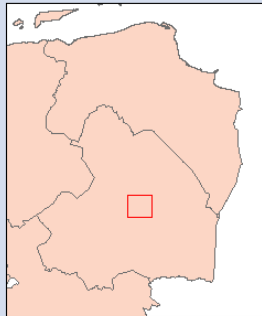
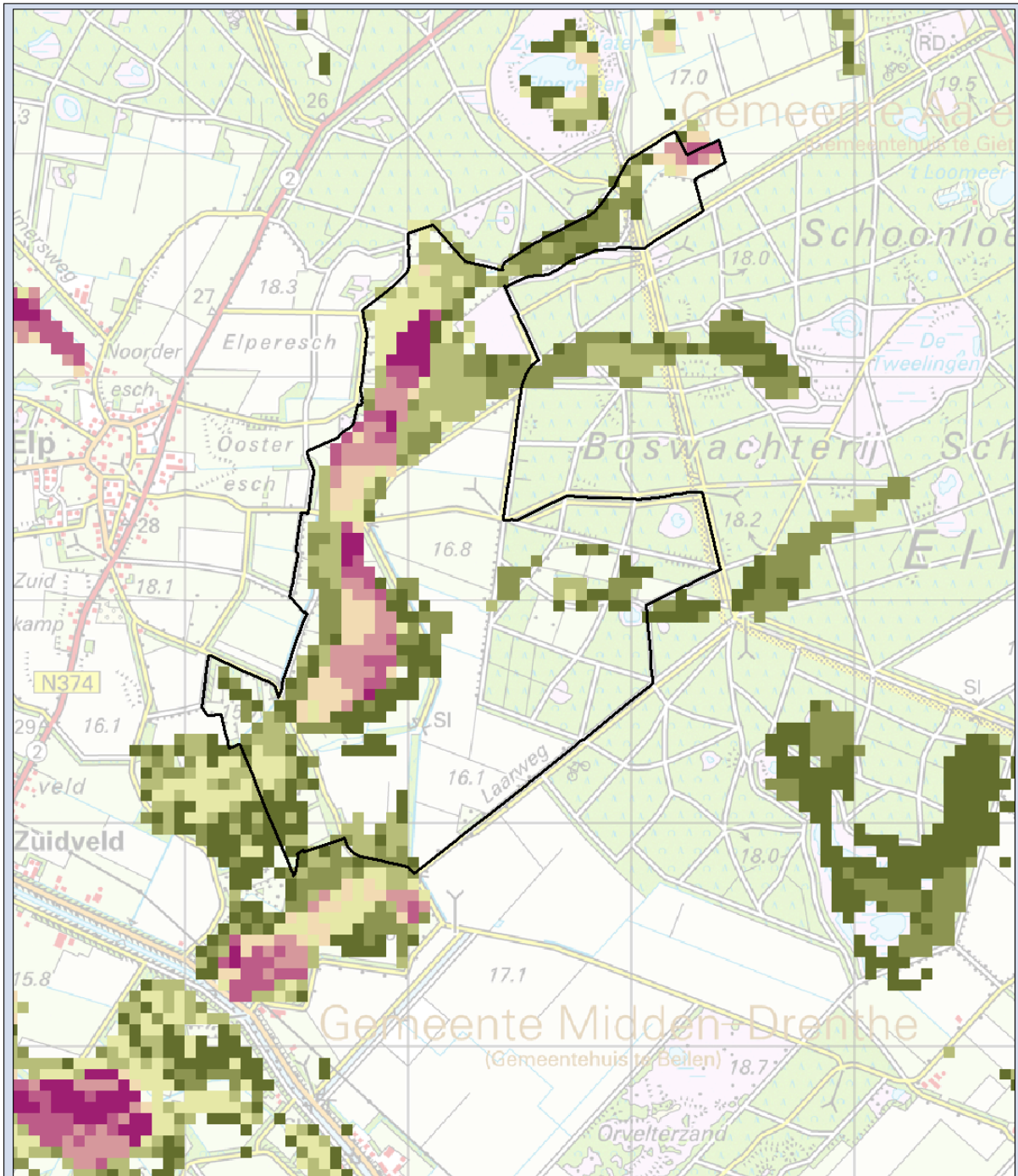
- < 13,5
- 13,5 - 14,0
- 14,0 - 14,5
- 14,5 - 15
- 15,0 - 15,5
- 15,5 - 16
- 16,0 - 16,5
- > 16,5

Top Keileem

Elperstroom
Opdrachtgever: Provincie Drenthe
Projectnummer: 358371

Status: definitief
Datum: 05-12-2018
Get: IV - Gec: SS

Bijlage 3 - Veenkaart Alterra (2013)



Legenda

Veendikte (m)

- 0,0 - 0,1
- 0,1 - 0,2
- 0,2 - 0,3
- 0,3 - 0,4
- 0,4 - 0,5
- 0,5 - 0,6
- 0,6 - 0,7
- 0,7 - 0,8

Veendikte

Elperstroom
Opdrachtgever: Provincie Drenthe
Projectnummer: 358371

Status: definitief
Datum: 05-12-2018
Get: IV - Gec: SS

Bijlage 4 Situering diepe boringen



Boringen REGIS II kartering (rest wel in DINO, maar niet gebruikt voor REGIS II)

Bijlage 5 - Beoordeling filterstelling peilbuizen

PB	Datum Start	Datum eind	X-coord	Y-coord	Maaiveld (m+NAP)	Topfilter (m+NAP)	Onderkant filter (m+NAP)	Diepte tov mv (m)	Locatie filter	laagtoekenning*
B17E2223_1	9-3-2012	10-8-2017	241539	545603	17,87	16,80	15,80	-2,070	zandlaag boven de leem	freatisch
B17E2223_2	9-3-2012	10-8-2017	241539	545603	17,87	13,78	12,78	-5,090	zandlaag onder de leem	1wvp
B17E0161_1	14-6-1995	10-8-2017	241566	545533	16,31	15,27	14,77	-1,540	zandlaag onder de leem	1wvp
B17E0161_2	14-6-1995	10-8-2017	241566	545533	16,31	11,92	11,41	-4,900	zandlaag onder de leem	1wvp
B17E2224_1	9-3-2012	7-5-2016	241674	545386	17,79	17,65	16,65	-1,140	zandlaag boven de leem	freatisch
B17E2224_2	9-3-2012	10-8-2017	241674	545386	17,79	13,70	12,70	-5,090	zandlaag onder de leem	1wvp
B17E2221_1	11-12-2011	28-3-2017	242136	545317	18,16	17,69	16,69	-1,470	zandlaag boven de klei	freatisch
B17E2221_2	7-9-2011	10-8-2017	242136	545317	18,16	12,15	11,15	-7,010	zandlaag onder de leem	1wvp
B17E2221_3	7-9-2011	10-8-2017	242136	545317	18,16	0,20	-1,80	-19,960	zandlaag onder de leem	1wvp
B17E2221_4	7-9-2011	10-8-2017	242136	545317	18,16	-19,82	-21,82	-39,980	zandlaag onder de leem	1wvp
B17E2222_1	29-2-2012	9-8-2017	241038	545023	15,82	14,73	13,73	-2,090	zandlaag onder de leem	1wvp
B17E2222_2	29-2-2012	9-8-2017	241038	545023	15,82	11,68	10,68	-5,140	zandlaag onder de leem	1wvp
B17E0187_1	14-3-1995	9-8-2017	240904	545017	15,88	14,78	13,78	-2,100	geen boorbeschrijving	
B17E0221_1	14-6-1995	10-8-2017	241163	544994	15,98	15,39	14,39	-1,590	zandlaag onder veen	Freatisch/1wvp
B17E0163_1	14-4-1988	9-8-2017	241500	544070	17,16	9,88	8,88	-8,280	zandlaag onder de leem	1wvp
B17E0163_2	14-4-1988	9-8-2017	241500	544070	17,16	-10,66	-12,16	-29,320	zandlaag onder de leem	1wvp
B17E0213_1	14-6-1995	16-12-2016	240586	543615	15,60	15,10	14,10	-1,500	zandlaag (geen slechtdoorlatende lagen aangetroffen)	freatisch
B17E1511_1	11-12-2008	9-8-2017	240989	543602	16,01	14,79	14,49	-1,520	zandlaag boven de leem	freatisch
B17E1512_1	11-12-2008	10-8-2017	241040	543590	16,03	14,87	14,57	-1,460	zandlaag onder veen	Freatisch/1wvp
B17E1510_1	11-12-2008	11-8-2017	240740	543581	15,67	14,45	14,15	-1,520	zandlaag onder veen	Freatisch/1wvp
B17E1510_2	11-12-2008	12-8-2017	240740	543581	15,67	8,74	7,74	-7,930	zandlaag onder de leem	2wvp
B17E1513_1	11-12-2008	12-8-2017	240303	543239	15,50	13,50	13,20	-2,300	zandlaag onder veen	Freatisch/1wvp
B17E0218_1	13-11-2012	29-5-2017	241400	545457	16,28	15,67	14,67	-1,610	geen boorbeschrijving	
B17E1542_4	3-1-2011	16-12-2016	240570	543212	16,24	-31,74	-33,74	-49,980	zandlaag onder de leem	1wvp
B17E1542_3	3-1-2011	16-12-2016	240570	543212	16,24	-10,74	-12,74	-28,980	zandlaag onder de leem	1wvp
B17E1542_2	3-1-2011	16-12-2016	240570	543212	16,24	8,26	6,26	-9,980	zandlaag onder de leem	1wvp
B17E1542_1	3-1-2011	16-12-2016	240570	543212	16,24	15,69	15,19	-1,050	zandlaag boven de leem	freatisch
B17E0166_1	12-11-2012	29-5-2017	240554	543986	16,18	14,46	13,96	-2,220	geen boorbeschrijving	
B17E0171_1	12-11-2012	29-5-2017	240571	543950	15,94	14,84	14,34	-1,600	zandlaag boven de leem	freatisch
B17E0175_1	12-11-2012	29-5-2017	240666	543936	15,72	14,68	14,18	-1,540	zandlaag boven de leem	freatisch

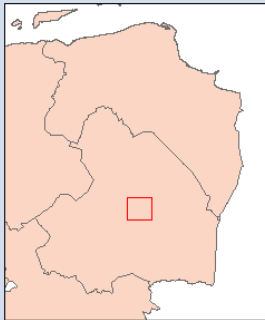
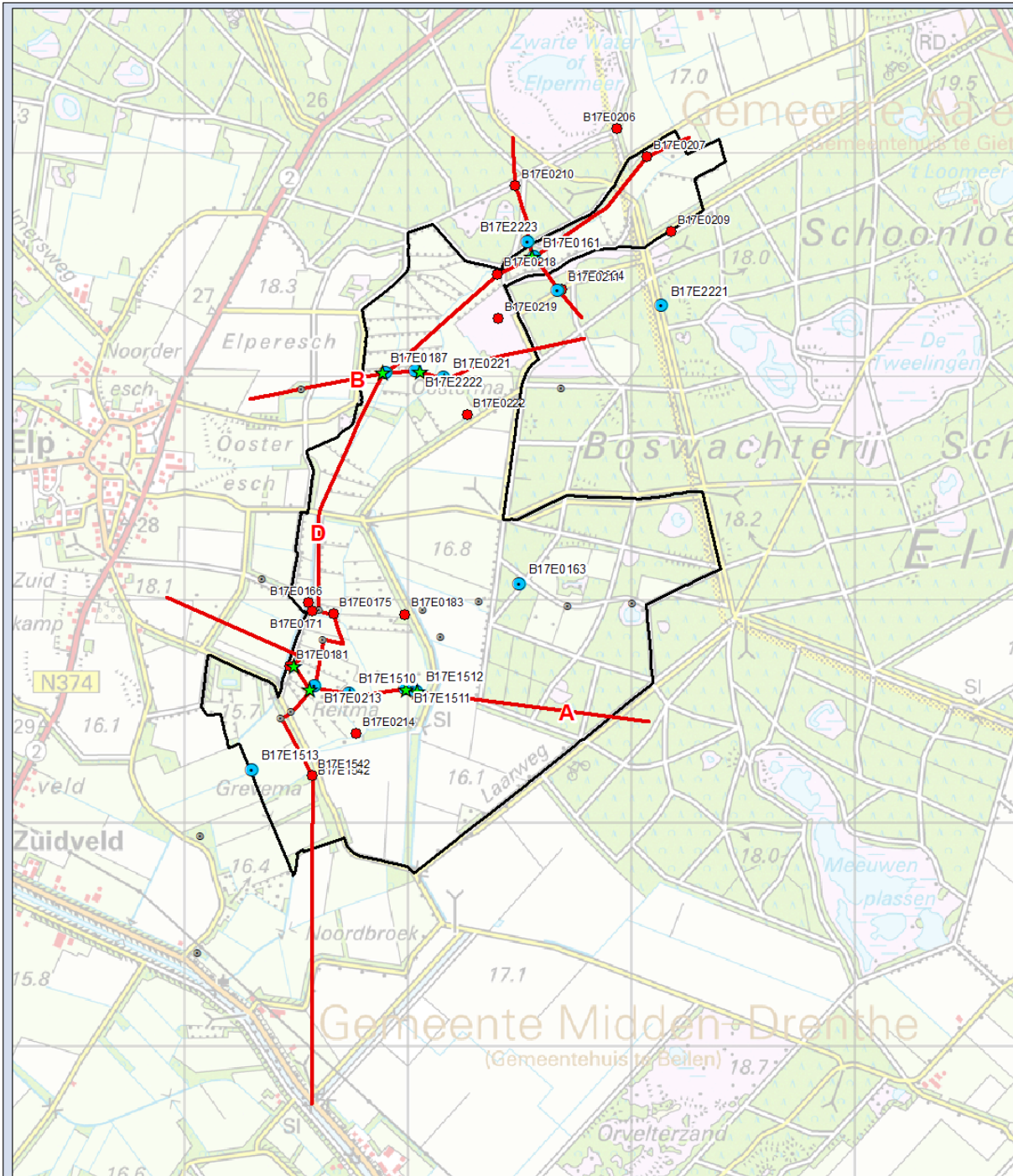
B17E0181_2	12-11-2012	29-5-2017	240471	543702	16,33	8,72	8,22	-8,110	geen boorbeschrijving	
B17E0181_1	1-3-1995	29-5-2017	240471	543702	16,29	15,33	14,33	-1,960	geen boorbeschrijving	
B17E0183_2	12-11-2012	29-5-2017	240986	543933	15,75	7,72	7,22	-8,530	zandlaag onder de leem	2wvp
B17E0183_1	12-11-2012	29-5-2017	240986	543933	15,75	14,80	14,30	-1,450	zandlaag boven de leem	freatisch
B17E0206_1	12-11-2012	29-5-2017	241934	546108	17,83	16,75	16,25	-1,580	Filter staat in kleilaag	
B17E0207_2	12-11-2012	20-10-2017	242069	545982	16,62	12,07	11,57	-5,050	geen boorbeschrijving	
B17E0207_1	12-11-2012	20-10-2017	242069	545982	16,62	15,65	15,15	-1,470	geen boorbeschrijving	
B17E0209_2	12-11-2012	29-5-2017	242178	545647	17,44	12,93	12,43	-5,010	zandlaag onder de leem	1wvp
B17E0209_1	12-11-2012	29-5-2017	242178	545647	17,44	15,88	15,38	-2,060	zandlaag boven de leem	freatisch
B17E0210_1	12-11-2012	29-5-2017	241479	545853	17,67	12,97	12,47	-5,200	zandlaag onder de klei	1wvp
B17E0210_2	12-11-2012	29-5-2017	241479	545853	17,67	16,35	15,85	-1,820	zandlaag boven de klei	freatisch
B17E0211_2	1-3-1995	29-5-2017	241690	545390	17,79	13,39	12,89	-4,900	zandlaag onder de klei	1wvp
B17E0214_1	12-11-2012	29-5-2017	240769	543400	15,99	14,85	14,35	-1,640	zandlaag boven de leem	freatisch
B17E0214_2	12-11-2012	29-5-2017	240769	543400	15,99	12,07	11,57	-4,420	zandlaag boven de leem	freatisch
B17E0219_1	13-11-2012	29-5-2017	241404	545257	16,80	16,06	15,06	-1,740	zandlaag boven de klei	freatisch
B17E0222_2	13-11-2012	29-5-2017	241264	544827	16,31	11,72	11,22	-5,090	zandlaag boven de leem	freatisch
B17E0222_1	13-11-2012	29-5-2017	241264	544827	16,31	15,80	15,30	-1,010	zandlaag boven de leem	freatisch






Bijlage 6 - Beoordeling meetreeksen

PB	Datum start	Maaiveld (m+NAP)	Onderkant filter (m+NAP)	GLG (cm-mv)	GVG (cm-mv)	GHG (cm-mv)	Locatie filter	Laagtoekenning	Opmerking
B17E2223_1	9-3-2012	17,87	15,80	15,78	16,45	16,94	zandlaag boven de leem	freatisch	
B17E2223_2	9-3-2012	17,	12,78	15,63	16,17	16,63	zandlaag onder de leem	1wvp	
B17E0161_1	14-6-1995	16,31	14,77	15,56	16,09	16,41	zandlaag onder de leem	1wvp	
B17E0161_2	14-6-1995	16,31	11,41	15,55	16,08	16,45	zandlaag onder de leem	1wvp	
B17E2224_1	9-3-2012	17,79	16,65	16,63			zandlaag boven de leem	freatisch	Filter valt droog
B17E2224_2	9-3-2012	17,79	12,70	15,69	16,29	16,83	zandlaag onder de leem	1wvp	
B17E2221_1	11-12-2011	18,16	16,69	17,21			zandlaag boven de klei	freatisch	Filter valt droog
B17E2221_2	7-9-2011	18,16	11,15	15,89	16,44	17	zandlaag onder de leem	1wvp	
B17E2221_3	7-9-2011	18,16	-1,80	15,86	16,38	16,91	zandlaag onder de leem	1wvp	
B17E2221_4	7-9-2011	18,16	-21,82	15,7	16,25	16,77	zandlaag onder de leem	1wvp	
B17E2222_1	29-2-2012	15,82	13,73	15,54	15,92	16,13	zandlaag onder de leem	1wvp	
B17E2222_2	29-2-2012	15,82	10,68	15,56	15,95	16,21	zandlaag onder de leem	1wvp	
B17E0187_1	14-3-1995	15,88	13,78	15,49	15,91	16,14	geen boorbeschrijving		
B17E0221_1	14-6-1995	15,98	14,39	15,42	15,84	16,08	zandlaag onder de veen	1wvp	
B17E0163_1	14-4-1988	17,16	8,88	14,85	15,39	15,84	zandlaag onder de leem	1wvp	
B17E0163_2	14-4-1988	17,16	-12,16	14,86	15,4	15,85	zandlaag onder de leem	1wvp	
B17E0213_1	14-6-1995	15,60	14,10	15,11	15,47	15,62	zandlaag (geen slechtdoorlatende lagen aangetroffen)	freatisch	
B17E1511_1	11-12-2008	16,01	14,49	15,23	15,68	15,98	zandlaag boven de leem	freatisch	
B17E1512_1	11-12-2008	16,03	14,57	15,2	15,7	16,01	zandlaag onder de veen	1wvp	
B17E1510_1	11-12-2008	15,67	14,15	15,09	15,48	15,7	zandlaag onder de veen	1wvp	
B17E1510_2	11-12-2008	15,67	7,74	15,06	15,45	15,71	zandlaag onder de leem	2wvp	
B17E1513_1	11-12-2008	15,50	13,20	14,73	14,86	15	zandlaag onder de veen	1wvp	
B17E0218_1	13-11-2012	16,28	14,67	15,54	16,02	16,29	geen boorbeschrijving		
B17E1542_4	3-1-2011	16,24	-33,74	15,09	15,37	15,63	zandlaag onder de leem	1wvp	
B17E1542_3	3-1-2011	16,24	-12,74	15,07	15,35	15,61	zandlaag onder de leem	1wvp	
B17E1542_2	3-1-2011	16,24	6,26	15,04	15,31	15,57	zandlaag onder de leem	1wvp	
B17E1542_1	3-1-2011	16,24	15,19	15,19			zandlaag boven de leem	freatisch	Filter valt droog
B17E0166_1	12-11-2012	16,18	13,96	15,17	15,62	15,93	geen boorbeschrijving		

B17E0171_1	12-11-2012	15,94	14,34	15,12	15,52	15,77	zandlaag boven de leem	freatisch	
B17E0175_1	12-11-2012	15,72	14,18	15,16	15,5	15,66	zandlaag boven de leem	freatisch	
B17E0181_2	12-11-2012	16,33	8,22	15,04	15,43	15,71	geen boorbeschrijving		
B17E0181_1	1-3-1995	16,29	14,33	15,05	15,41	15,62	geen boorbeschrijving		
B17E0183_2	12-11-2012	15,75	7,22	15,3	15,68	15,94	zandlaag onder de leem	2wvp	
B17E0183_1	12-11-2012	15,75	14,30	15,3	15,65	15,86	zandlaag boven de leem	freatisch	
B17E0206_1	12-11-2012	17,83	16,25	0	0	0	Filter staat in kleilaag		Te weinig metingen
B17E0207_2	12-11-2012	16,62	11,57	15,81	16,3	16,65	geen boorbeschrijving		
B17E0207_1	12-11-2012	16,62	15,15	15,82	16,3	16,65	geen boorbeschrijving		
B17E0209_2	12-11-2012	17,44	12,43	15,78	16,31	16,76	zandlaag onder de leem	1wvp	
B17E0209_1	12-11-2012	17,44	15,38	15,78	16,32	16,78	zandlaag boven de leem	freatisch	
B17E0210_1	12-11-2012	17,67	12,47	15,56	16,12	16,57	zandlaag onder de klei	1wvp	
B17E0210_2	12-11-2012	17,67	15,85	15,94	16,45	16,95	zandlaag boven de klei	freatisch	
B17E0211_2	1-3-1995	17,79	12,89	15,53	16,15	16,64	zandlaag onder de klei	1wvp	
B17E0214_1	12-11-2012	15,99	14,35	15,1	15,59	15,93	zandlaag boven de leem	freatisch	
B17E0214_2	12-11-2012	15,99	11,57	15,11	15,49	15,76	zandlaag boven de leem	freatisch	
B17E0219_1	13-11-2012	16,80	15,06	15,5	16,05	16,44	zandlaag boven de klei	freatisch	
B17E0222_2	13-11-2012	16,31	11,22	15,41	15,96	16,3	zandlaag boven de leem	freatisch	
B17E0222_1	13-11-2012	16,31	15,30	15,48	15,95	16,23	zandlaag boven de leem	freatisch	

Bijlage 7 - locaties vegetatiemeetpunten



- Legenda**
-  vegetatie meetpunten VvN
 -  Peilbuizen meetnet Verdroging_2017
 -  overige DINO Peilbuizen
 -  Herzien_meetnet_planning_2018
 -  Meettraaien

Meetnet verdroging
Elperstroom
 Opdrachtgever: Provincie Drenthe
 Projectnummer: 358371

Status: definitief
 Datum: 05-12-2018
 Get: IV - Gec: SS



- 3 meetpunten raai Oosterma:
 - Rompgemeenschap met Paddenrus (Dotterbloemverbond. 16RG04)
 - Scherpe Zegge (met wateraardbei, 08BC02).

- Winter overstromend en zomers droogvallend
- Zwak zuur tot Neutraal

Legenda

vegetatie meetpunten VvN

- ★ vegetatie meetpunten VvN
- Peilbuizen meetnet Verdroging
- overige DINO Peilbuizen
- H3160, Zuur ven
- H4010A, Vochtige heide
- H6230, Heischraal grasland; H6230vka
- H6410, Blauwgrasland
- H7110B, Actief hoogveen (heideveentje)
- H7230, Kalkmoeras
- H91E0C, Vochtig alluviaal bos (beekbegeleidend)

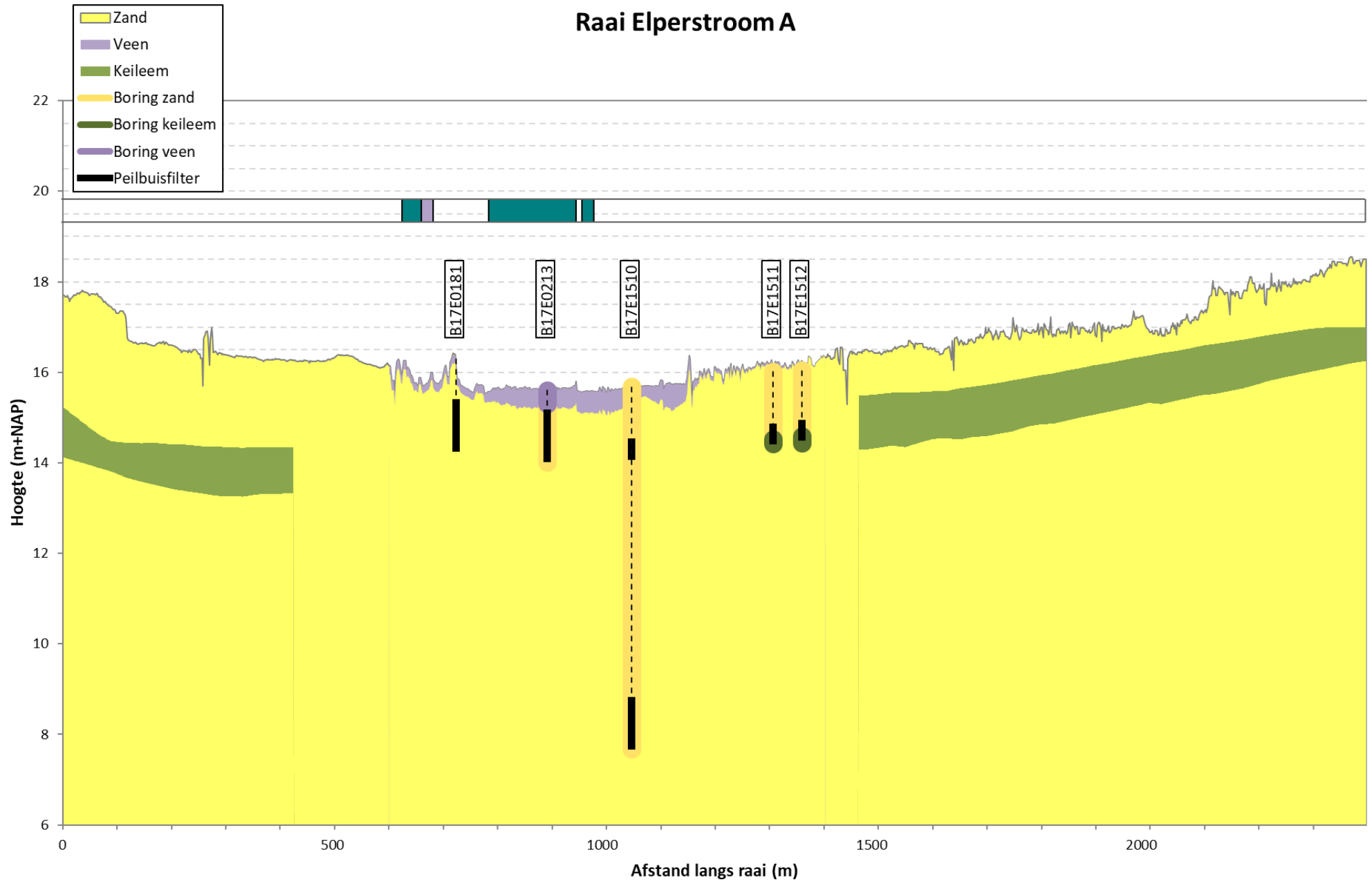
- 5 meetpunten raai Reitma:
 - Blauwgrasland
 - Heischraal grasland
 - Alleen rompgemeenschappen
 - Pitrus en veenmos (10DG01)
 - Pijpestrootje (09RG02)
 - Paddenrus (16RG04)
 - verzuurd en verdroogd



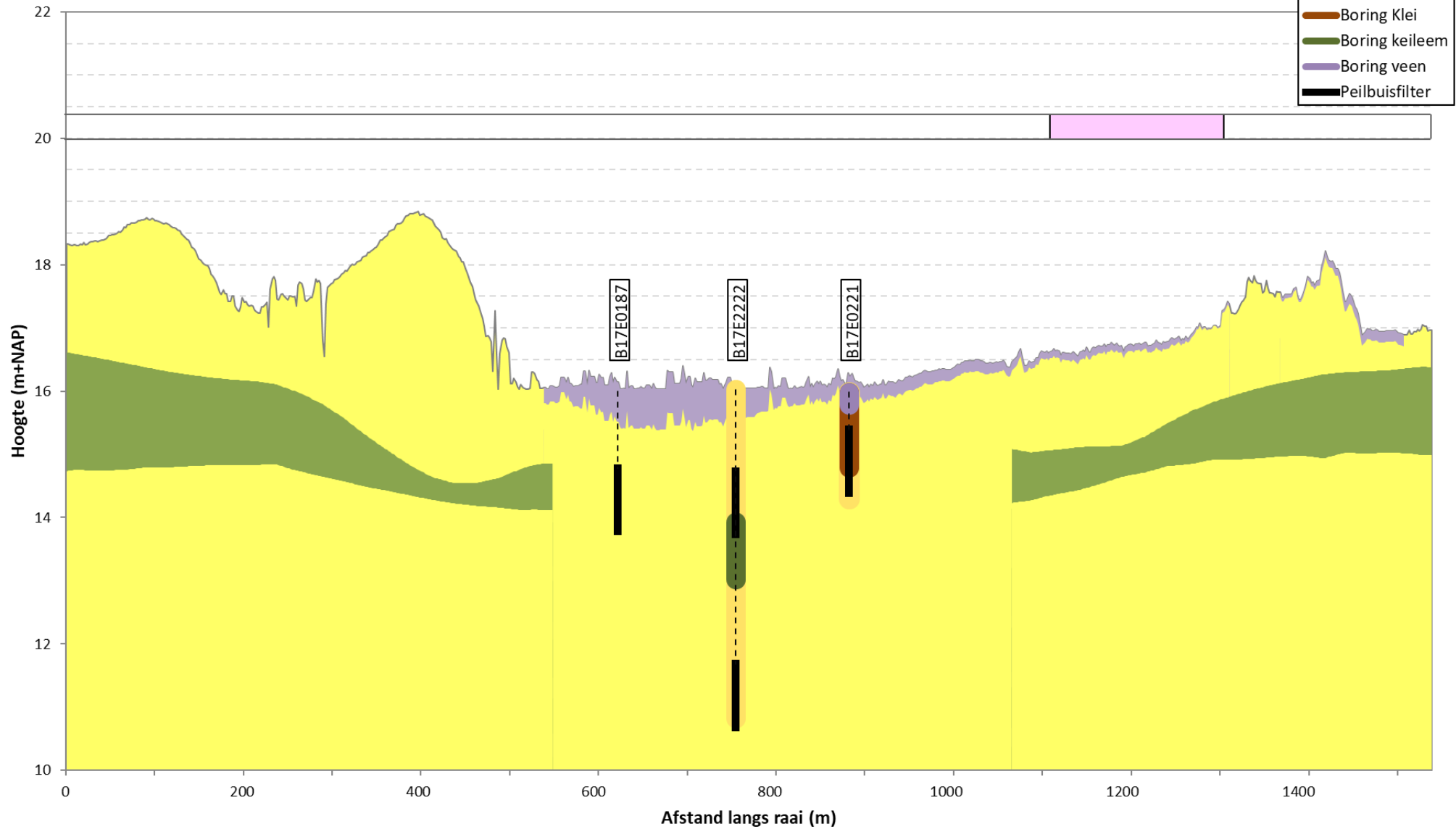
Bijlage 8 - Dwarsprofielen inclusief bodemopbouw

Opmerking: in de boorstaten van boringen in het beekdal is regelmatig sprake van keileem.
Onduidelijk is of dit echt keileem (Formatie van Drenthe) betreft, of eigenlijk beekleem is.
Algemeen wordt aangenomen dat keileem in het beekdal ontbreekt.

Raai Elperstroom A

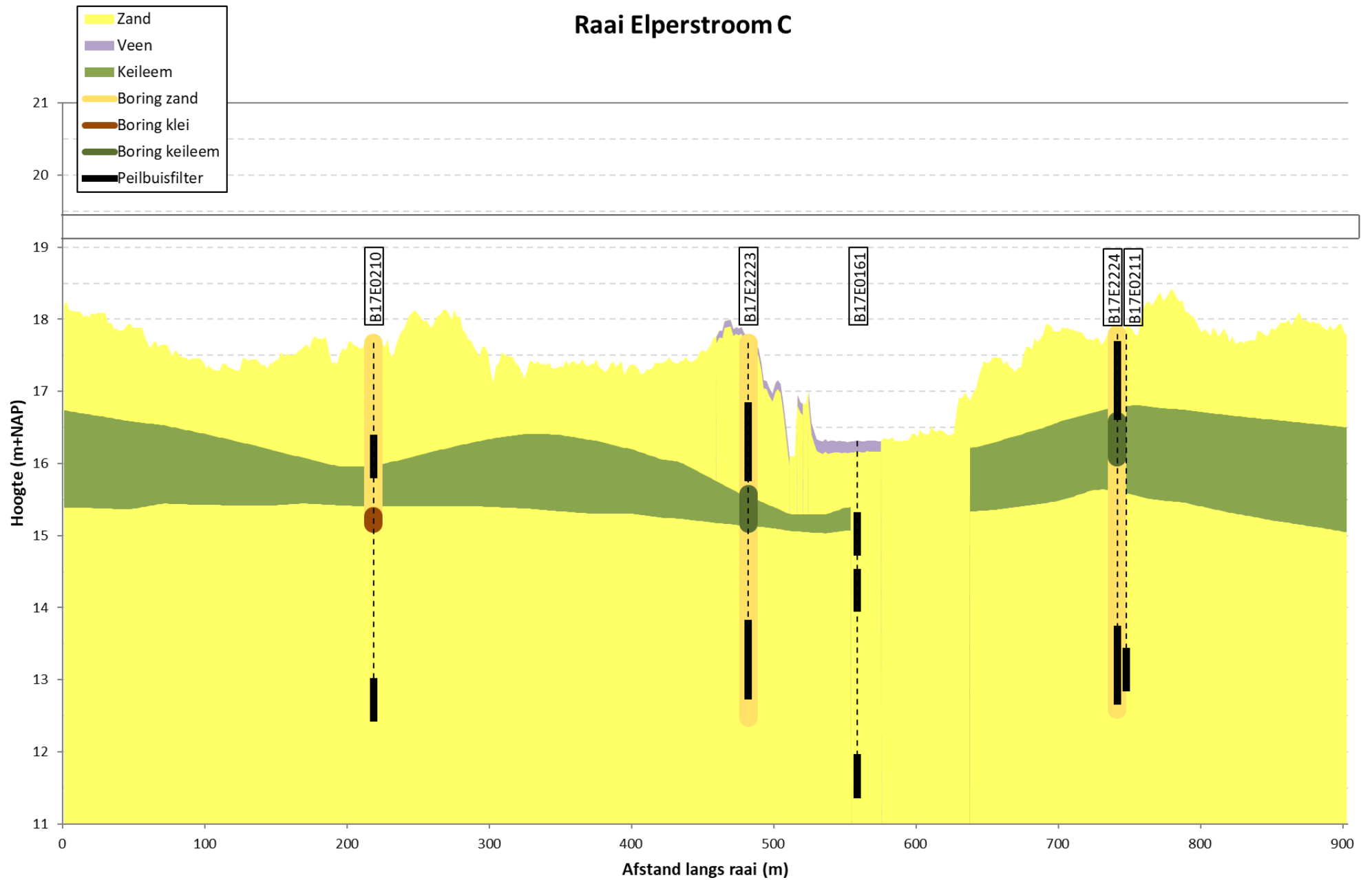


Raai Elperstroom B

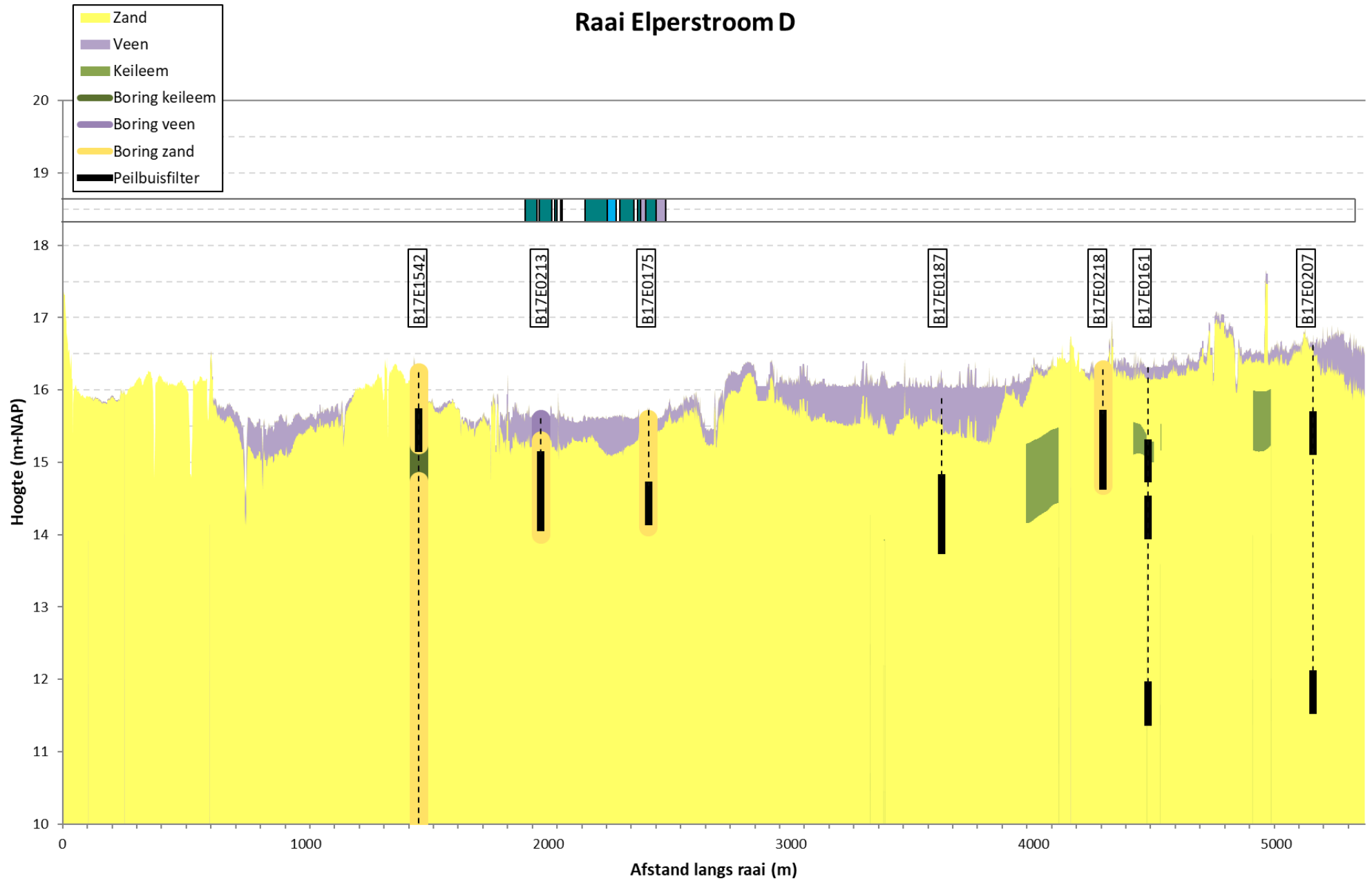


- Zand
- Veen
- Keileem
- Boring zand
- Boring Klei
- Boring keileem
- Boring veen
- Peilbuisfilter

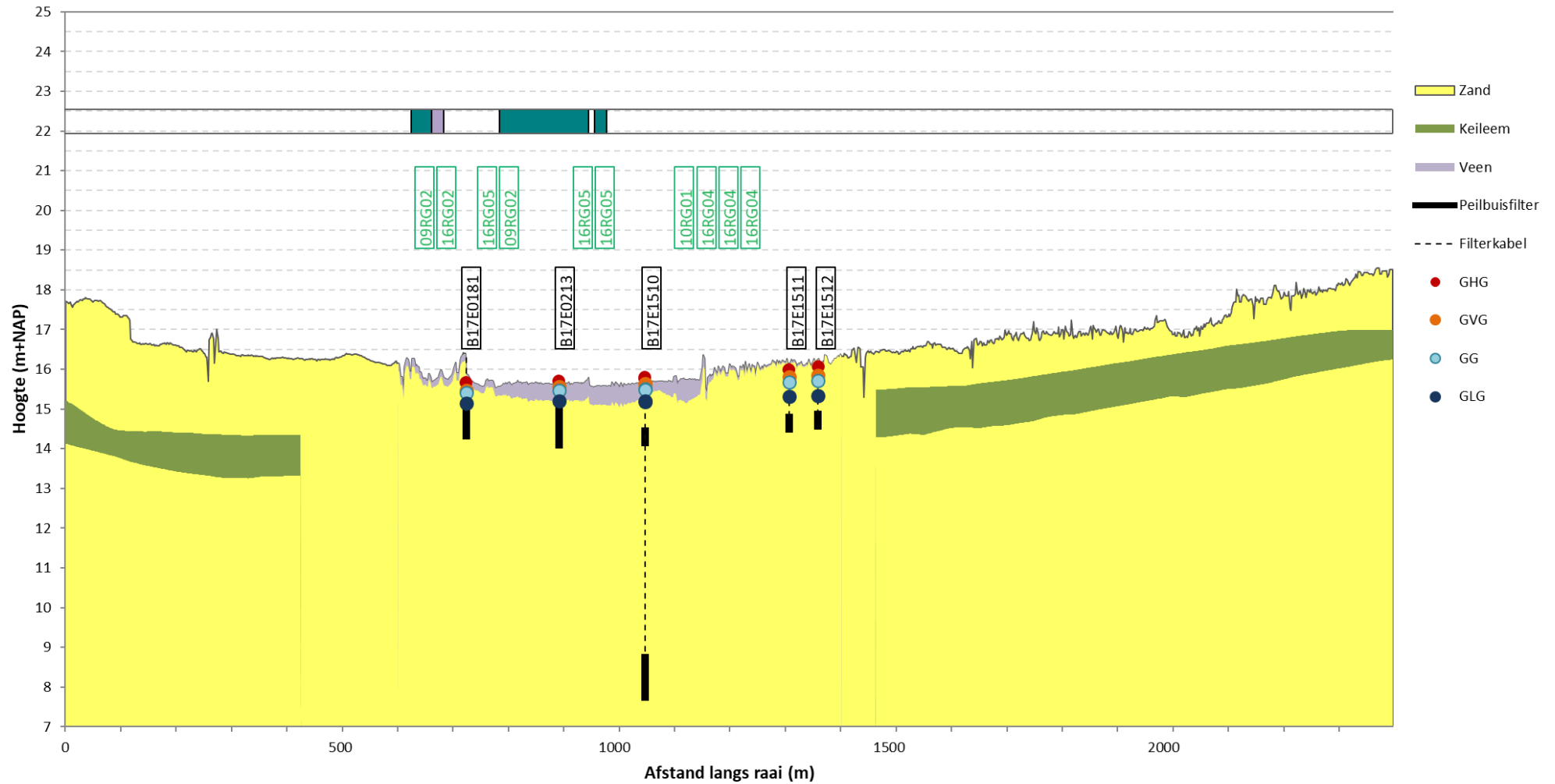
Raai Elperstroom C



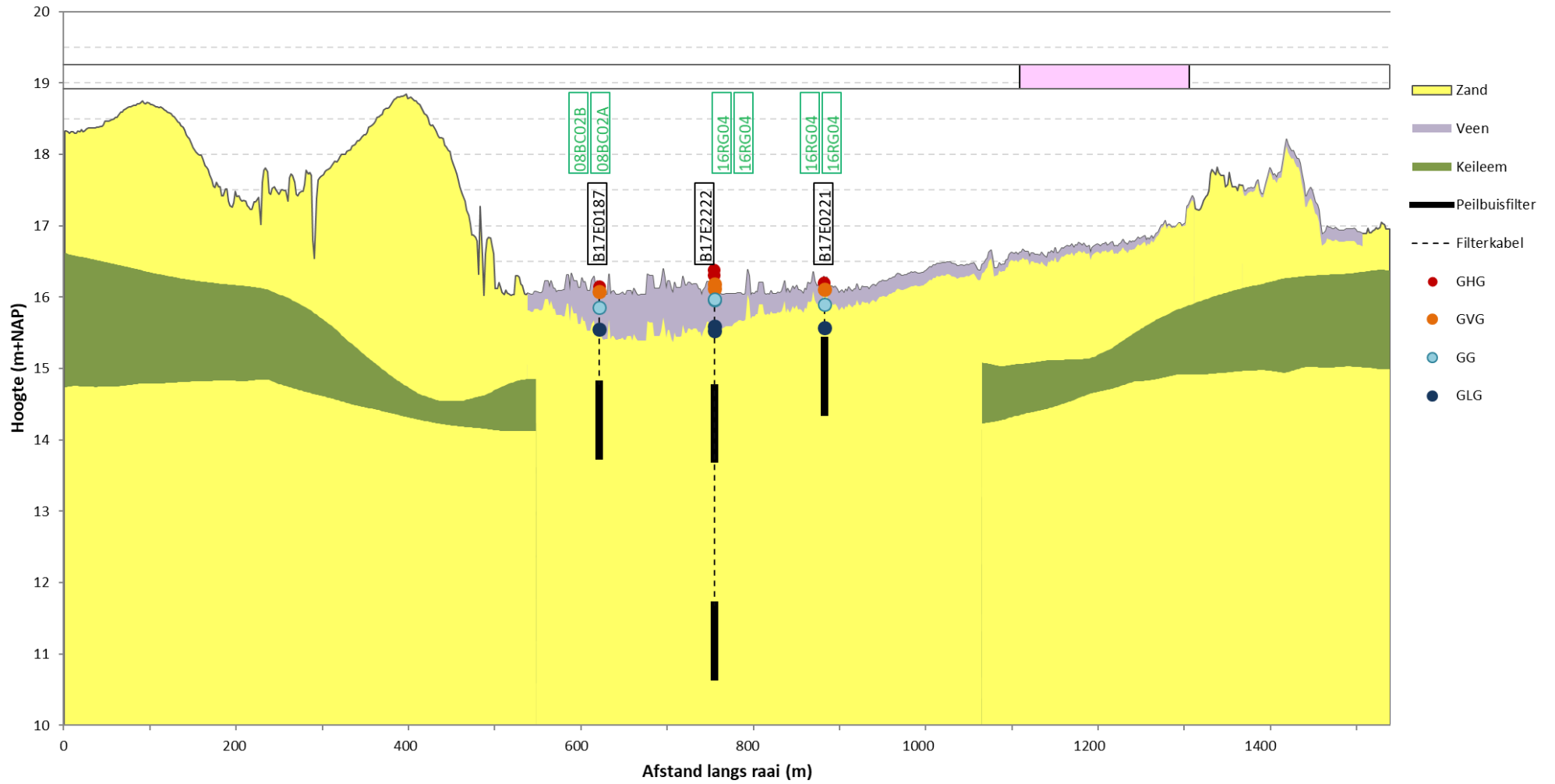
Raai Elperstroom D



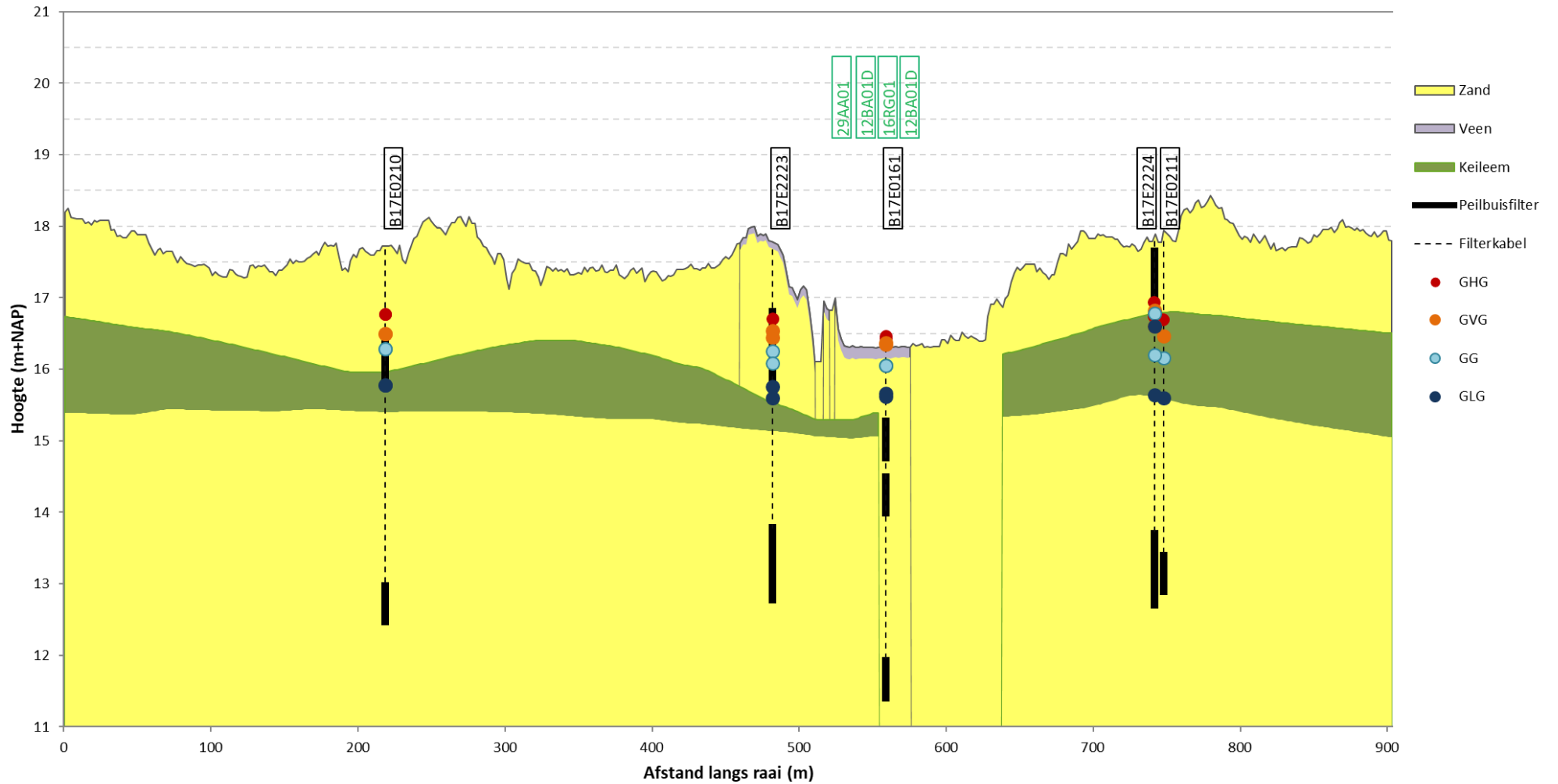
GXG's Elperstroom A



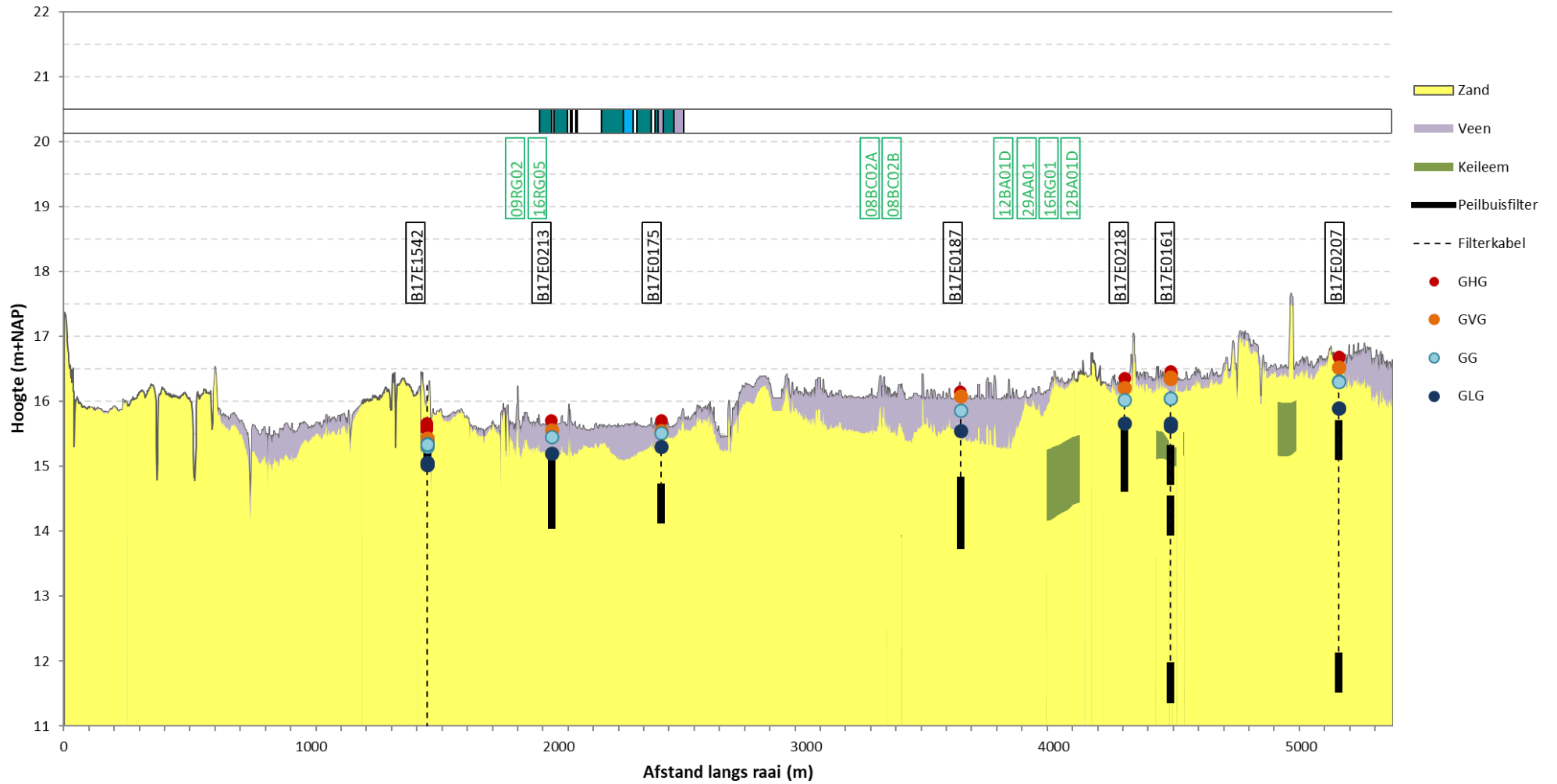
GXG's Elperstroom B



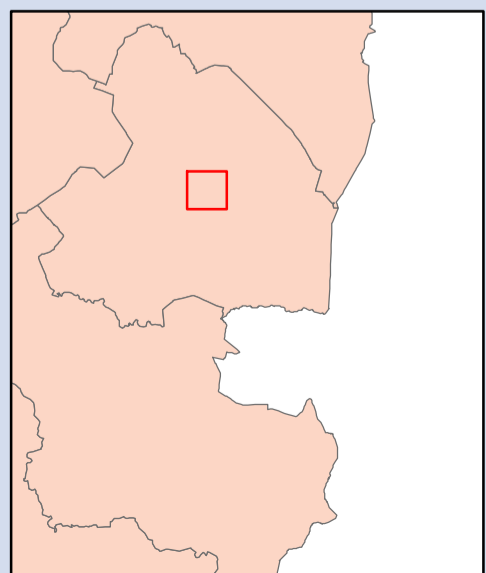
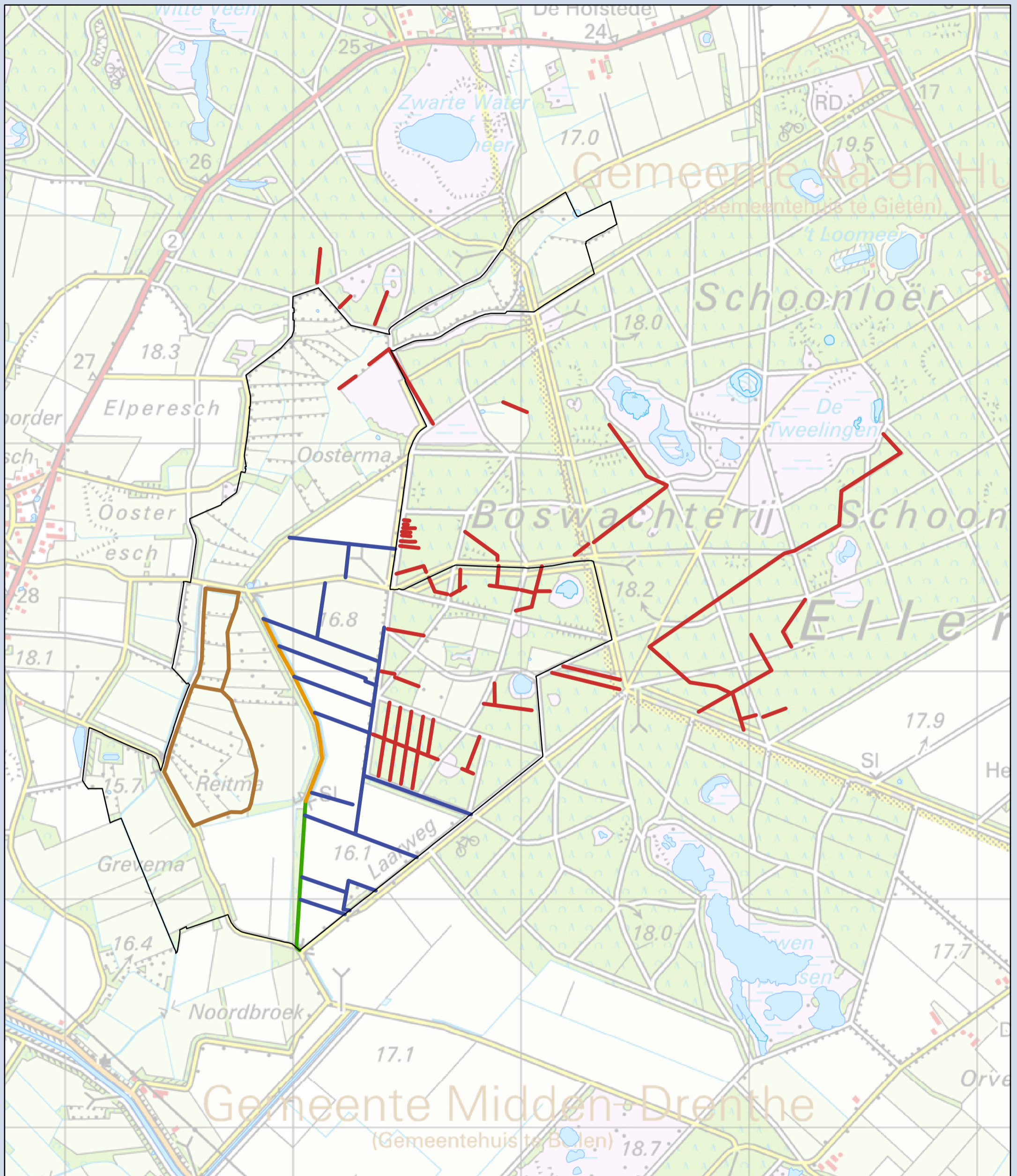
GXG's Elperstroom C



GxG's Elperstroom D



Bijlage 9 - Uitgevoerde maatregelen



- Legend**
- Begrenzing N2000 gebied
- Datum uitvoering maatregelen**
- sep 2014 - okt 2014
 - okt 2014 - mrt 2015
 - sep 2015 - dec 2015
 - sep 2016 - okt 2016
 - okt 2016 - nov 2016

Datum uitvoering maatregelen
Elperstroom
 Opdrachtgever: Provincie Drenthe
 Projectnummer: 358371

Status: definitief
 Datum: 15-01-2018
 Get: IV - Gec: SS



Sweco Nederland B.V.
 Rozenburglaan 11, 9727 DL Groningen
 Postbus 7057, 9701 JB Groningen
 T +31 88 811 5111
 www.grontmij.nl

Bijlage 10 - Toelichting tijdreeksanalyses

Algemeen

De fluctuatie van de grondwaterstand in de tijd wordt veroorzaakt door onder andere neerslag, verdamping, etc. Bij tijdreeksanalyse wordt gezocht naar een *verband* tussen een reeks van grondwaterstandmetingen en deze zogenaamde *verklarende meetreeksen* (neerslag, verdamping, oppervlaktewaterpeil et cetera). Op deze manier kan men de effecten van toekomstige hydrologische maatregelen en externe invloeden in beeld brengen. In dit stadium is voor alle peilbuizen is gekeken of ze geschikt zijn voor tijdreeksanalyse en effectbepaling, ofwel of er een goed model van de maken is. De tijdreeksanalyse is in dit onderzoek uitgevoerd met het programma Menyanthes (versie 2.x.g.m) van KWR Watercycle Research Institute. Menyanthes is in Nederland inmiddels het meest toegepaste programma voor tijdreeksanalyse van grondwaterstandreeksen.

Er is onderscheid te maken tussen lineaire en niet-lineaire modellen. Bij niet-lineaire systemen reageert de grondwaterstand niet altijd hetzelfde op een verklarende reeks. Het effect van neerslag zal bijvoorbeeld anders zijn als de grondwaterstand stijgt tot boven het oppervlaktewaterpeil of de onderkant van een droogvallende greppel. Per peilbuislocatie is bepaald of het lineaire model voldoende presteert of dat een niet-lineair model beter past.

Beoordeling modellen

De gemaakte tijdreeksmodellen zijn beoordeeld op geschiktheid voor tijdreeksanalyse. Om hierover een onderbouwde uitspraak te kunnen doen is het nodig diverse controles uit te voeren die inzicht geven in de (statistische) betrouwbaarheid van het model. Hierbij is onderscheid gemaakt in:

1. de correctheid van de pasvorm;
2. de statistische geschiktheid;
3. de hydrologische plausibiliteit.

Bij de rapportage is een Excel bestand met de volledige uitwerking van de tijdreeksanalyse per peilbuis meegeleverd.

Ad.1 Controle op de pasvorm

Dit betreft controles die inzicht geven in de mate waarin de met het tijdreeksmodel berekende grondwaterstandreeks overeenkomt met de gemeten grondwaterstandreeks. Hierbij wordt voor dit project gecontroleerd dat:

- a) De verklaarde variantie (EVP, een maat voor de relatieve pasvorm) is groter dan 70%;
- b) De Root Mean Square Error (RMSE, een maat voor de absolute pasvorm) $< 0,2m$.

Ad.2 Controle op statistische geschiktheid

Dit betreft enerzijds controles die het model en de invoer puur statistisch beoordelen op geschiktheid en anderzijds controles op enkele statistische randvoorwaarden voor het doen van uitspraken over statistische significantie. Een gevonden relatie is statistisch significant wanneer:

- De modelresiduen onafhankelijke trekkingen vormen uit dezelfde normale kansverdeling. Men spreekt dan van 'witte ruis'. Dit is in dit onderzoek geverifieerd aan de hand van een visuele controle van de autocorrelatieplot en van een histogram van de innovaties.

- De bij de modellering betrokken mogelijke verklarende variabelen niet gecorreleerd zijn aan relevante variabelen die niet betrokken zijn bij de modellering. Als dit wel het geval is, zullen de geschatte relaties sterk vertekend raken en kan niet geconcludeerd worden dat een gevonden relatie enkel is toe te schrijven aan de betrokken verklarende variabele. De autocorrelatieplot geeft een indicatie van het ontbreken van verklarende variabelen.
- De meetreeksen voldoende lang zijn en voldoende meetwaarden bevatten gelijkmatig verdeeld in de tijd. Een indicator voor een acceptabele lengte is dat de lengte van de grondwaterstandreeks groter is dan de responstijd of het geheugen van het systeem (snel reagerende systemen vereisen een minder lange tijdreeks dan trage systemen). Het geheugen van het systeem wordt bepaald door Menyanthes als onderdeel van de tijdreeksmodellering.

Daarnaast zijn de volgende overige statistische controles gehanteerd die inzicht geven in de geschiktheid van het tijdreeksmodel:

- De waarde voor de 'drainageweerstand' (de gain, ofwel M_0 , een maat voor de stationaire invloed) van het tijdreeksmodel is statistisch significant: $M_0 > 2 \cdot SD(M_0)$. Voor de trage component van niet-lineaire modellen wordt deze eis losgelaten.
- De autocorrelatie van het ruismodel wijkt niet significant af van nul. Wanneer dit niet het geval is geeft dit een indicatie van eventuele ontbrekende invloeden.
- Correlatie onderliggende parameters: wanneer deze zeer hoog is kan het namelijk lijken dat een parameter een hoge SD heeft en onbetrouwbaar is. In dat geval is het soms mogelijk een van deze parameters uit te sluiten.

Ad.3 Controle op hydrologische plausibiliteit

Controles op de hydrologische plausibiliteit. Als een model een goede pasvorm heeft en voldoet aan alle statistische controles wil dit nog niet zeggen dat het model een goede representatie geeft van het onderliggende grondwatersysteem. Een statistisch verband duidt niet noodzakelijk op een fysisch verband. Daarom voeren we ook een aantal controles uit op de hydrologische geschiktheid van het model. Hierbij wordt het model beoordeeld op:

- De drainagebasis is plausibel. Dit is de grondwaterstand die wordt bereikt wanneer de invloed van neerslag, verdamping en **overige** gebruikte variabelen wegvalt). Deze drainagebasis moet bijvoorbeeld overeen komen met het omringende oppervlaktewaterpeil. En sterk afwijkende waarde kan duiden op een ontbrekende invloed.
- De verdampingsfactor ligt tussen 0,5 en 2,0. Grotere of kleinere waarden kunnen duiden op het ontbreken van invloeden die worden gecompenseerd met de verdamping.

Toets op statistische significantie effecten

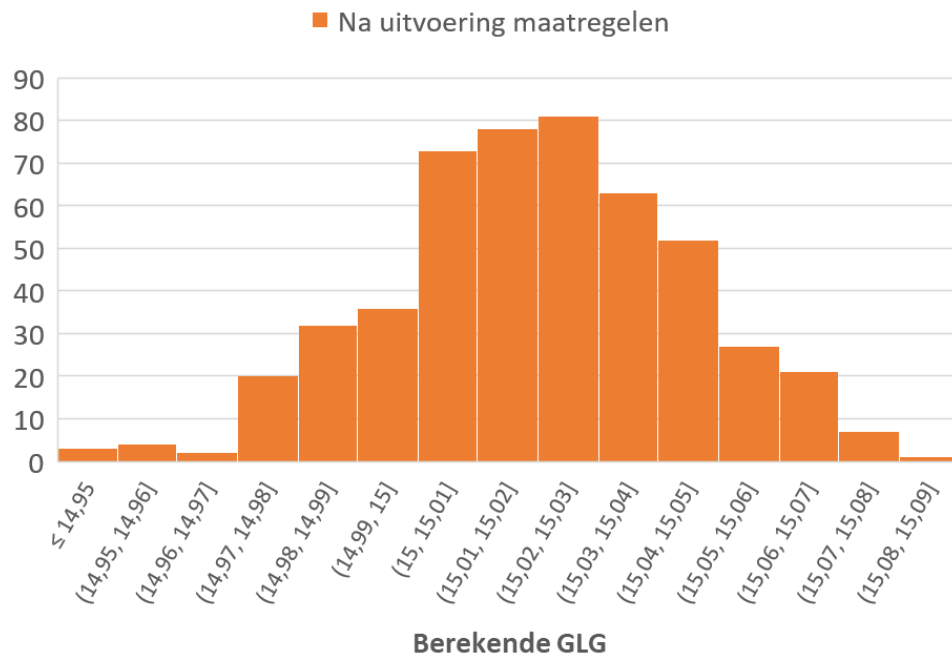
Gecontroleerd is of de berekende daling in de GLG in delen van de Elperstroom statistisch significant is.

Menyanthes berekent op basis van neerslag en verdampingsdata de grondwaterstandfluctuatie. Wanneer er metingen zijn in de gesimuleerde periode zal Menyanthes enkel een interpolatie uitvoeren voor de periode tussen twee meetwaardes in. Hierdoor is de afwijking en onzekerheid in het gesimuleerde model in vergelijking met de meetreeks in dezelfde periode zeer klein.

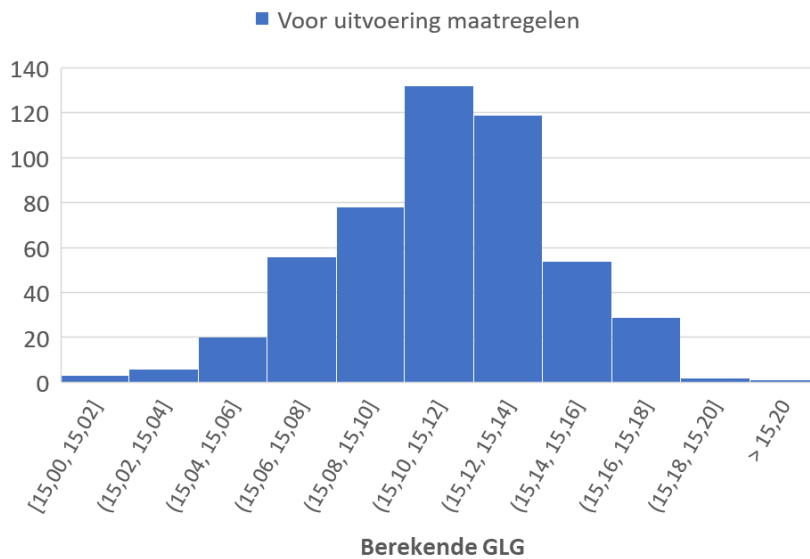
Wanneer de reeks wordt geëxtrapoleerd naar een andere periode, waarvan geen metingen bekend zijn, dan neemt de onzekerheid toe. Om te kunnen concluderen of er een significant verschil is in de grondwaterstand in de periode voor en na uitvoering maatregelen kunnen twee vergelijkingen worden gemaakt:

1. 2011-2014; de meetperiode voor uitvoering maatregelen. Hierbij worden middels de stochastenmethode de reeks na uitvoering van de maatregelen voor de periode 2011-2014 gesimuleerd met het tijdreeksmodel op basis van neerslag en verdamping (500 simulaties). Deze resultaten worden vergeleken met de werkelijke metingen in de periode 2011-2014.
2. 2015-2017: de meetperiode na uitvoering maatregelen. Hierbij worden middels de stochastenmethode de reeks voor uitvoering van de maatregelen voor de periode 2015-2017 gesimuleerd met het tijdreeksmodel op basis van neerslag en verdamping (500 simulaties). Deze resultaten worden vergeleken met de werkelijke metingen in de periode 2015-2017.

Voor beide periodes en beide reeksen worden middels stochastische simulatie 500 modellen gedraaid en is voor elke simulatie afzonderlijk de GLG bepaald. De resultaten zijn weergegeven in Figuur 1 en Figuur 2; de resultaten zijn normaal verdeeld. Daarnaast zijn van beide reeksen (voor en na uitvoering maatregelen) een statistisch betrouwbaar en hydrologisch plausibel lineair model gemaakt.



Figuur 1. Berekende GLG voor 500 simulaties in de periode 2011-2014, voor de berekeningen na uitvoering maatregelen



Figuur 2 Berekende GLG voor 500 simulaties in de periode 2015-2017, voor de berekeningen voor uitvoering maatregelen

Op basis van de via simulatie bepaalde GLG-waarden is een t-toets voor een steekproef uitgevoerd. De volgende nulhypothese is getoetst: de GLG voor uitvoering maatregelen is gelijk aan de GLG na uitvoering maatregelen. Om dit te toetsen zijn 500 stochastische simulaties gedraaid. Het verschil in GLG (gemeten – gemiddelde GLG van de 500 stochastische simulaties) in de periode 2011-2014 bedraagt 5 cm (standaardafwijking van 2 cm), in de periode 2015-2017 9 cm (standaardafwijking van 3 cm). Er wordt getoetst op een significantieniveau van $\alpha = 0,05$. Zoals zichtbaar in Figuur 1 en Figuur 2 zijn de gesimuleerde GLG normaal verdeeld met verwachting μ en de standaardafwijking σ . De nulhypothese is:

$$H_0: \mu = \mu_0$$

Hierbij is de toetsingsgrootheid T gelijk aan

$$T = \frac{X - \mu_0}{S} \sqrt{n}$$

Waarin $X = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n X_i$ het steekproefgemiddelde is en $S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - X)^2}$ de

steekproefstandaardafwijking. Uit de steekproef volgt voor T een waarde van -40 voor de periode 2011-2014 en een waarde van -59 in de periode 2015-2017. Onder de nulhypothese heeft T een t-verdeling met n-1 vrijheidsgraden. Hieruit volgt

$$P(T \leq T_{\alpha,v}; H_0) = 1,17 * 10^{-159} \quad \text{periode 2011-2014}$$

$$P(T \leq T_{\alpha,v}; H_0) = 6,54 * 10^{-229} \quad \text{periode 2015-2017}$$

Aangezien in beide gevallen P kleiner is dan 5% kan de nulhypothese worden verworpen.

Dit betekent dat de GLG na uitvoering maatregelen significant lager is dan de GLG voor uitvoering maatregelen.