Rapport

Projectnummer: 364919
Referentienummer: SWNL0277359
Datum: 01-06-2021

Hydrologische effectbepaling grondwaterwinning Luxwoude

MIPWA-v4 studie ten behoeve van Milieu Effect Rapportage

Definitief

Opdrachtgever:
Vitens N.V.
T.a.v. de heer F. D. Bonnema
Postbus 1205
8001 BE ZWOLLE

Sweco
Robijnstraat 11
1812 RB Alkmaar
Postbus 214
1800 AE Alkmaar

T +31 88 811 66 00
www.sweco.nl

Sweco Nederland B.V.
Alkmaar
Handelsregister 30129769
Statutair gevestigd te De Bilt

Robin Opdam
Adviseur Geohydrologie

M +31 6 51 40 08 07

Revisiebeheer

Revisie	Datum	Status	Belangrijkste wijzigingen
C1	11-11-2020	Concept	
C2	26-01-2021	Concept	Opmerkingen Vitens op C1 verwerkt
C3	23-02-2021	Concept	Opmerkingen Vitens op C2 verwerkt
C4	05-03-2021	Eindconcept	Opmerkingen Provincie op C3 verwerkt
D1	01-06-2021	Definitief	Berekening grondwaterbeschermingsgebied met definitieve putconfiguratie

Verantwoording

Titel	Hydrologische effectbepaling grondwaterwinning Luxwoude
Subtitel	MIPWA-v4 studie ten behoeve van Milieu Effect Rapportage
Projectnummer	364919
Referentienummer	SWNL0277359
Revisie	D1
Datum	01-06-2021
Auteur	Robin Opdam, Sandra Schunselaar
E-mailadres	robin.opdam@sweco.nl
Gecontroleerd door	Sandra Schunselaar
Paraaf gecontroleerd	
Goedgekeurd door	Yska de Leeuw
Paraaf goedgekeurd	

Inhoudsopgave

1 Inleiding 7
1.1 Aanleiding 7
1.2 Doel 8
1.3 Werkwijze 8
1.4 Opbouw rapport 9
2 Modelbouw huidige situatie 10
2.1 Algemeen 10
2.2 Opbouw lagenmodel 10
2.2.1 Modelgebied 10
2.2.2 Basis detaillagenmodel MIPWA v4 Luxwoude 11
2.2.3 Lokale verbeteringen en optimalisatie ondergrondmodel 12
2.2.4 Schematisatie naar modellagen 14
2.3 Toekennen topsysteem en onttrekkingen 16
2.3.1 Leggerwaterlopen Wetterskip 16
2.3.2 Onttrekkingen 17
2.3.3 Buisdrainage 17
2.3.4 Zandwinplas Luxwoude 17
2.4 Van stationair naar niet-stationair 17
2.5 Validatieset 18
2.6 Modelresultaten en validatie 18
2.6.1 Inleiding 18
2.6.2 Pompproef (stationair) 19
2.6.3 Berekende stijghoogten en isohypsenbeeld 19
2.6.4 Residuen berekend- gemeten GxG's (niet-stationair) 20
2.6.5 Berekende GxG's t.o.v. maaiveld versus veldschattingen Alterra (niet-stationair) 23
2.6.6 Gesimuleerde tijdreeksen (niet-stationair) 25
2.6.7 Afvoer Fjouwer Kriten (niet-stationair) 27
2.6.8 Samenvatting validatie 28
3 Effecten winning Luxwoude 2028 29
3.1 Algemeen 29
3.2 Gebruik verlagingscontouren 29
3.3 Referentiesituatie 2028 30
3.4 Basisscenario 1: Onttrekking Luxwoude 2028 30
3.4.1 Schematisatie basisscenario 30
3.4.2 Verlagingen freatisch grondwater 30
3.4.3 Verlagingen stijghoogte bepompt pakket 32

3.4.4 Effect op kwel- en wegzijgingsfluxen 34
3.4.5 Effect op afvoer Fjouwer Kriten 35
3.5 Scenario 2: Inrichtingsalternatief 35
3.6 Scenario 3: Mitigerende maatregelen 36
3.6.1 Schematisatie mitigerende maatregelen 36
3.6.2 Verlagingen freatisch grondwater 37
3.6.3 Verlagingen stijghoogte bepompt pakket 38
3.6.4 Effect op kwel- en wegzijgingsfluxen 39
3.6.5 Effect op afvoer Fjouwer Kriten 39
4 Effecten winning Luxwoude 2050 41
4.1 Algemeen 41
4.2 Referentiesituatie 2050 41
4.2.1 Inleiding 41
4.2.2 Klimaatverandering 41
4.2.3 Bodemdaling 42
4.2.4 Hydrologische situatie 2050 43
4.3 Basisscenario 1: Onttrekking Luxwoude 2050 44
4.3.1 Verlagingen freatisch grondwater 44
4.3.2 Verlagingen stijghoogte bepompt pakket 45
4.3.3 Effect op kwel- en wegzijgingsfluxen 47
4.3.4 Effect op de afvoer van de Fjouwer Kriten 47
5 Stroombaananalyses voorkeursalternatief 49
5.1 Algemeen 49
5.2 Bepaling intrekgebied 50
5.3 Bepaling reistijd vanaf zandwinplas 51
5.4 Leeftijdsverdeling onttrokken water 53
5.5 Bepaling grondwaterbeschermingsgebied 54
5.6 Bepaling 60-dagenzone 55
6 Hydrologische effecten op omliggende belangen 56
6.1 Inleiding 56
6.2 Effecten op natuur 56
6.2.1 N2000 56
6.2.2 NNN en overige natuur 56
6.3 Effecten op landbouw 57
6.4 Effecten op verzilting 58
6.5 Kans op zettingen 61
7 Conclusies en aanbevelingen 63

7.1 Conclusies 63
7.2 Aanbevelingen 65
8 Literatuurlijst 66

Bijlage 1 Doorlaatvermogen (kD) en weerstanden (C) modellagen
Bijlage 2 Zomer- en winterpeil model huidige situatie (HUIDIG_DEF)
Bijlage 3 Inschatting aanwezigheid drainage (Wetterskip)
Bijlage 4 Peilbuizen in validatieset
Bijlage 5 Berekende verlagingen pompproef model huidige situatie
Bijlage 6 Berekende GxG's model huidige situatie
Bijlage 7 Residuen GxG's model huidige situatie
Bijlage 8 MetaSWAP analyse MIPWA v3
Bijlage 9 Gesimuleerde tijdreeksen model huidige situatie
Bijlage 10 Effect winning AWARE
Bijlage 11 GxG's referentiesituatie 2028 (REF28)
Bijlage 12 Kwel- en infiltratiefluxen (WVL1-4) referentiesituatie 2028 (REF28)
Bijlage 13 Kwel- en infiltratiefluxen (WVL1-4) winning 2028
Bijlage 14 Freatische verlagingen winning 2028 met peilopzet
Bijlage 15 Kwel- en infiltratiefluxen (WVL1-4) winning 2028 met peilopzet
Bijlage 16 Verandering kwel- en wegzijgingsfluxen (WVL1-4) winning 2028 met peilopzet
Bijlage 17 Klimaatscenario's
Bijlage 18 Bodemdaling als gevolg van gaswinning
Bijlage 19 Gemiddelde bodemdaling per peilvak referentiesituatie 2050
Bijlage 20 Verlaging in peilen en bodemhoogte referentiesituatie 2050
Bijlage 21 GxG's referentiesituatie 2050
Bijlage 22 Kwel- en wegzijgingsfluxen (WVL1-4) referentiesituatie 2050
Bijlage 23 Kwel- en wegzijgingsfluxen (WVL1-4) winning 2050
Bijlage 24 Verandering kwel- en wegzijgingsfluxen (WVL1-4) winning 2050
Bijlage 25 Intrekgebied vanaf grondwaterpeil voorkeursalternatief
Bijlage 26 100-jaarszone in het bepompt pakket voorkeursalternatief
Bijlage 27 Hydrologische effecten t.o.v. ligging N2000-gebieden
Bijlage 28 Hydrologische effecten t.o.v. ligging NNN-gebieden
Bijlage 29 Hydrologische effecten t.o.v. ligging overige natuur
Bijlage 30 Effecten op GxG's veldschattingen
Bijlage 31 Effecten op landbouw: Basisregistratie Percelen 2020
Bijlage 32 Combinatie effecten AWARE en Luxwoude
Bijlage 33 Kans op zettingen

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Vitens wil een nieuwe grondwaterwinning opstarten in centraal Friesland ten behoeve van de drinkwaterproductie. Er is een verkenning uitgevoerd naar mogelijke geschikte locaties. Gedurende deze verkenning is reeds een kansrijke locatie naar voren gekomen. Dit betreft een terrein van Staatsbosbeheer langs de A7 tussen Heerenveen en Gorredyk, nabij het buurtschap Luxwoude, zie Figuur 1.1. Vitens heeft een Notitie Reikwijdte en Detailniveau (NRD)[1] laten opstellen waarin de verkenning is beschreven. Conform de uitkomsten van deze verkenning ligt in voorliggend rapport de focus op deze locatie.



Figuur 1.1: Zoekgebied binnen Centraal Friesland zoals gehanteerd in NRD (rood omlijnd), met beoogde locatie van Staatsbosbeheer (blauwe ovaal)

De nieuwe winning (grondwateronttrekking) in Luxwoude is MER-beoordelingsplichtig. Vitens heeft er voor gekozen een gecombineerde project- en plan-MER-procedure te doorlopen. Een belangrijke overweging hierbij is dat de procedure houvast biedt voor het zorgvuldig doorlopen van de verschillende procedurestappen en het verantwoorden van gemaakte keuzes.

Voor de voorgenomen locatie Luxwoude geldt ten behoeve van de vergunningaanvraag in het kader van de Waterwet een winning van 6,5 miljoen m^3 per jaar als uitgangspunt.
De onderhavige rapportage bevat de hydrologische effectbepaling van de beoogde winning en dient als input voor de MER.

1.2 Doel

Het doel van voorliggende studie is het berekenen van de hydrologische effecten van de voorgenomen winning met behulp van het meest actuele MIPWA v4-model (iMOD 4.4) voor Luxwoude, en het beschrijven van deze effecten vanuit het oogpunt van de volgende belangen/aspecten:

- Landbouw.
- Natuur.
- Verzilting.
- Zettingen.

De resultaten hiervan dienen als input voor het MER-proces, waarin ook de vertaling van de hydrologische effecten naar deze belangen wordt meegenomen.

Dit rapport kan worden gezien als technisch achtergronddocument voor het MER.

1.3 Werkwijze

In 2019 en 2020 is door SWECO een stationair en niet-stationair model gebouwd, uitgaande van het MIPWA v3 instrumentarium. Dit model was geactualiseerd met de REGISII v2.2 ondergrondschematisatie en gedetailleerd met aanvullende gebiedskennis.

Gedurende het project is de (concept)versie van het MIPWA v4 instrumentarium beschikbaar gekomen. MIPWA v4 maakt gebruik van open-source tools en scripts, waarmee lagenmodellen op transparante wijze en volledig herleidbaar naar basisdata opgebouwd kunnen worden. In deze MIPWA-versie zijn de meest actuele modelconcepten en beschikbare basisdata verwerkt. De werkgroep voor de modellering Luxwoude, bestaande uit Vitens, Provincie Fryslân, Wetterskip Fryslân, heeft zich in juli 2020 positief uitgesproken om het lagenmodel voor Luxwoude opnieuw met deze MIPWA v4-routine op te bouwen, als vertrekpunt voor de nog uit te voeren gevoeligheidsanalyses/ parameteroptimalisatie en (niet-stationaire) validatie van het eindmodel.

Met het geoptimaliseerde eindmodel zijn de scenarioberekeningen ten behoeve van het MER voor Luxwoude uitgevoerd. Daarbij zijn zowel scenario's voor het huidige klimaat (situatie 2028) als toekomstige klimaat (situatie 2050) doorgerekend. Voor de klimaatverandering is daarbij uitgegaan van het Wh-klimaatscenario van het KNMI en het huidige vastgestelde beleid dat uitgaat van "waterpeil volgt maaivelddaling".

Bij de beoordeling van effecten dient voor de vergunningaanvraag en het MER te worden uitgegaan van de *huidige vergunde* situatie. Vanuit dat perspectief zijn effecten van de beoogde winning Luxwoude in beeld gebracht ten opzichte van een referentiesituatie waarbij de vergunde winning AWARE (1Mm^3/jaar) operationeel is. AWARE maakt op dit moment geen gebruik van de deze winning. Verwachting is ook niet dat zij hier gebruik van gaan maken. Echter, hij is wel vergund, dus onderdeel van de huidige vergunde situatie. In deze rapportage is ook het effect van de winning Aware in beeld gebracht om inzicht te krijgen in het gecombineerde effect van beide waterwinningen. Dit voor het geval Aware gebruik mocht gaan maken van de aan haar verleende winvergunning.

De effecten van de beoogde winning Luxwoude zijn in beeld gebracht met het niet-stationaire model, voor de GHG- (gemiddeld hoogste grondwaterstand), GVG- (gemiddelde voorjaars grondwaterstand) en GLG-situatie (gemiddeld laagste grondwaterstand). Hierbij zijn de GVG- en GLG-situatie maatgevend voor de effecten op omliggende belangen.

1.4 Opbouw rapport

Voorliggend rapport is als volgt opgebouwd:

- Hoofdstuk 2: Bouw niet-stationaire model.
- Hoofdstuk 3: Hydrologische effecten winning 2028.
- Hoofdstuk 4: Hydrologische effecten winning 2050.
- Hoofdstuk 5: Stroombanen voorkeursalternatief.
- Hoofdstuk 6: Hydrologische effecten op omliggende belangen.
- Hoofdstuk 7: Conclusies en aanbevelingen.
- Hoofdstuk 8: Literatuurlijst.

2 Modelbouw huidige situatie

2.1 Algemeen

In dit hoofdstuk is de bouw van het MIPWA v4 model voor Luxwoude beschreven.

Vertrekpunt is de concept versie van het MIPWA v4 instrumentarium (juli 2020), dat in een samenwerking tussen RHDHV en SWECO en in opdracht van het MIPWA consortium (bestaande uit de noordelijke provincies, waterschappen en waterleidingbedrijf Vitens) is gebouwd. Het MIPWA v4 lagenmodel bestaat uit het meest recente ondergrondmodel van TNO (REGIS II v2.2), aangevuld met lokale en regionale gebiedskennis. Met deze set basisdata is (na een groot aantal controles) een nieuw (detail)lagenmodel gegenereerd. Hierbij is gebruik gemaakt van de NHI Lagenmodule ontwikkeld door Deltares en RHDHV en de SIF toolbox (Sweco iMOD Framework) van Sweco. De gebruikte scripts zorgen er samen met de NHI-lagentool voor, dat de volledige projectaanpak reproduceerbaar en herleidbaar is naar de basisdata. De tools en scripts zijn bij afronding van het project ter beschikking gesteld aan de MIPWA-groep[2].

Met een uitsnede uit bovenstaande detaillagenmodel is een niet-stationair MIPWA model voor Luxwoude gebouwd en gevalideerd. In het onderhavige hoofdstuk wordt dit model nader toegelicht voor de volgende onderdelen:

- Opbouw lagenmodel.
- Toekennen topsysteem.
- Van stationair naar niet-stationair.
- Validatieset.
- Modelresultaten en validatie.

Voor een uitgebreide beschrijving van de werkzaamheden en de totstandkoming van het model voor Luxwoude, wordt verwezen naar het logboek dat met het model is opgeleverd.

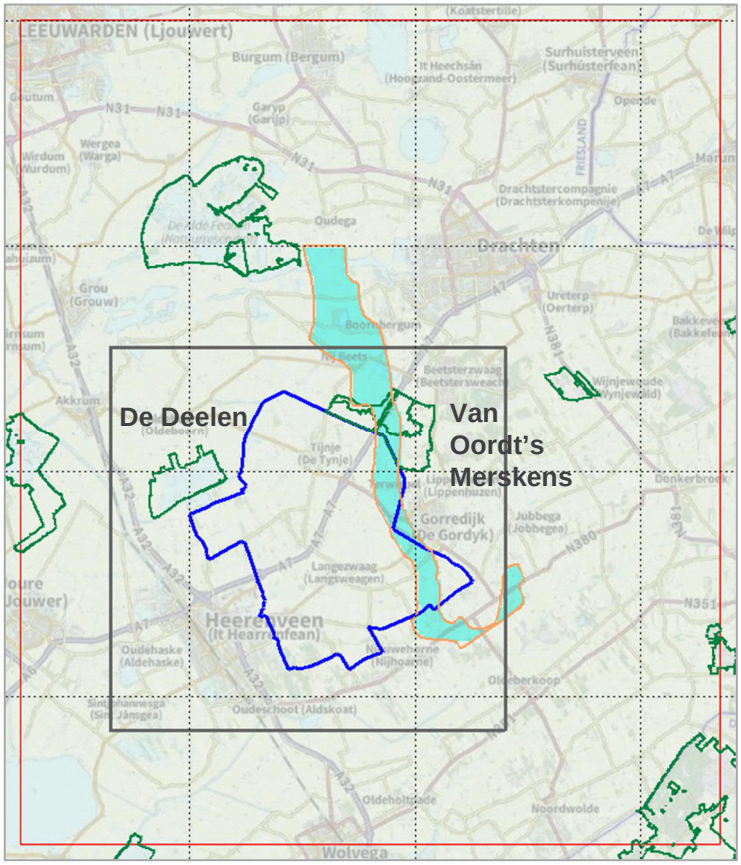
2.2 Opbouw lagenmodel

2.2.1 Modelgebied

In Figuur 2.1 zijn de voor deze studie relevante begrenzingen weergegeven.

Voor het lagenmodel is een groot gebied gekozen van Leeuwarden in het noordwesten tot het Drents-Friese Wold in het zuidoosten (rode begrenzing in Figuur 2.1). Hierbij is reeds geanticipeerd op een mogelijke toekomstige modelstudie voor Vitens nabij Boornbergum.

Het lagenmodel is te groot om niet-stationair met een resolutie van 25x25m te kunnen doorrekenen. Voor de niet-stationaire effectbepaling voor Luxwoude is daarom met een kleiner modelgebied gerekend (grijze vierkant in Figuur 2.1). Zowel de Natura2000-gebieden De Deelen en Van Oordt's Mersken, als de Peelo-geul bij Gorredijk vallen binnen dit modelgebied. Het niet-stationaire modelgebied beslaat 17,0 (N-Z) x 17,5 (W-O) km.



Figuur 2.1: Totaal modelgebied (rood), niet-stationaire modelgebied voor effectbepaling (grijs), N2000-gebieden (groen), zoekgebied winning (blauw) en begrenzing Peelo-geul (lichtblauw met oranje)

2.2.2 Basis detaillagenmodel MIPWA v4 Luxwoude

In MIPWA v4 is uitgegaan van REGIS II v2.2 (2017). Dit hydrogeologische ondergrondmodel geeft informatie over de verbreiding en waterdoorlatendheid van watervoerende en slecht doorlatende lagen met een resolutie van 100 m x 100 m. Dit ondergrondmodel is verder verfijnd met beschikbare karteringen die door het MIPWA consortium in de loop van de tijd zijn verzameld. Voor het modelgebied Luxwoude gaat het om de volgende karteringen:

1. Holocene deklaag TNO-2007; een voorloper van de GeoTOP kartering.
2. Veenkaart Alterra 2014;
3. Keileemkaart (TNO, 2013);
4. Peelo Tunneldal Gorredijk (TNO, 2017);
5. Kleilagen binnen Peize complex (TNO, 2017).

Daarnaast is gebruik gemaakt van het meer gedetailleerde 25m maaiveldgrid uit MIPWA v3.1.

De wijze waarop de Veenkaart, Keileemkaart, het Peelo tunneldal en de kleilagen binnen Peizecomplex zijn verwerkt in MIPWAv4 is 1:1 overgenomen van de eerdere bouw van het stationaire model ten behoeve van het Project Luxwoude (SWECO, 2019)[3]. De Holocene deklaag van TNO 2007 is een aanvulling die nog niet in het eerdere model voor Luxwoude was meegenomen.

2.2.3 Lokale verbeteringen en optimalisatie ondergrondmodel

Het resulterende model MIPWAv4_Luxwoude is vergeleken met het eerder gebouwde stationaire model voor Luxwoude (SWECO, 2019). Ook is een aantal gevoeligheidsberekeningen uitgevoerd. In diverse werksessies zijn analyseresultaten gepresenteerd en is in overleg met de werkgroep hydrologie beoordeeld of het model voldoende goed presteert en of verdere verbeteringen nog mogelijk zijn.

Dit heeft geresulteerd in de volgende aanpassingen aan het MIPWA v4 lagenmodel:

1. Aanpassing beekleem (Boxtel-klei 1) in het beekdal van de Oude Boorneloop;
2. Aanpassing van de weerstand van de keileem;
3. Aanpassing van de doorlatendheid in het tunneldal bij Gorredijk;
4. Actualiseren kleilagen Peizecomplex.

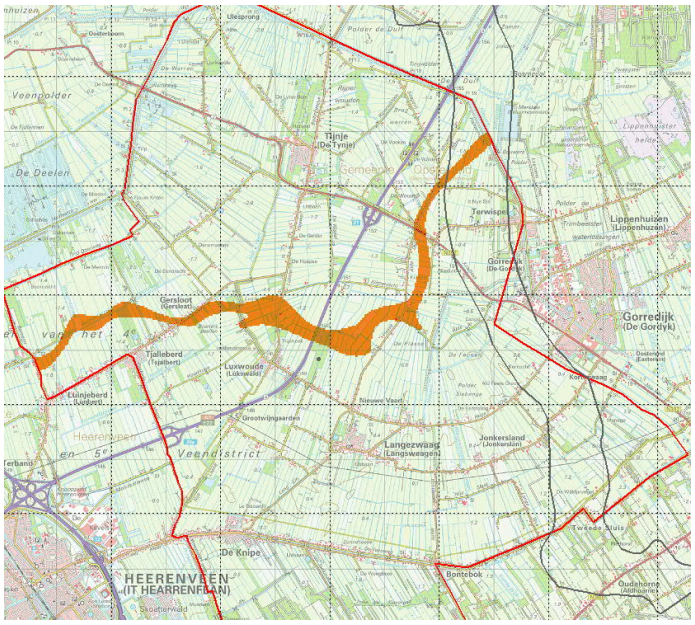
Deze zijn hieronder nader beschreven.

1. Beekleem Boorneloop

Wiertsema heeft lokaal geofysisch onderzoek uitgevoerd naar het voorkomen van leem in de directe omgeving van het puttenveld[4]. Hieruit blijkt dat langs het hele gemeten profiel een weerstand is aangetroffen. Ook de boringen die geplaatst zijn ten behoeve van de pompproef laten zien dat hier lokale kleilagen aanwezig zijn (SWECO, 2019). Op basis van REGISII v2.2 en de ontstaanswijze van de beekdalen concluderen we dat het hier gaat om beekleem (Boxtel-klei), die in REGISII v2.2 ter plaatse deels ontbreekt.

Het model is daarom als volgt aangepast, zie Figuur 2.2:

- Binnen de ligging van de Oude Boorneloop[5] is 0,5 m Boxtel-klei ingebrand binnen de onderste halve meter van de aanwezige Boxtel-zanden, waar nog geen Boxtelklei geschematiseerd was in REGISII v2.2.
- Aan deze beekleem is een weerstand van 50 dagen toegekend (ingeschatte weerstand van 100 d/m en een dikte van 0,5 m, overeenkomstig met gemiddelde weerstand berekend met uitgevoerde pompproef).



Figuur 2.2. Beekdal Olde Boorneloop met toevoeging 0,5 m beekleem

2. Weerstand keileem (Drenthe-Gieten klei 1)

In MIPWA v4 is de Drenthe Gietenklei uit REGISII v2.2 vervangen door de keileemkaart van TNO (2013). Voor de weerstand is uitgegaan van de formule van Bakker, die gebaseerd is op metingen in schijnspiegel gebieden op het Drents Plateau. Door Copray (1985)[6] zijn in het verleden specifiek voor Friesland aanzienlijk lagere waarden afgeleid. Deze lagere weerstanden komen beter overeen met de weerstanden berekend met de uitgevoerde pompproef bij Luxwoude en geven in het zoekgebied kleinere afwijkingen tussen gemeten en berekende stijghoogten.

De volgende weerstandrelatie is daarom overgenomen voor de keileem in het modelgebied Luxwoude, zie Tabel 2-1:

Tabel 2-1 Weerstand (dagen) en specifieke weerstand (dagen per meter dikte) van de keileem volgens Copray (1985)

Keileem		
Dikte (m)	Weerstand (d)	Spec. Weerstand (d/m)
1	20	20
2	80	40
4	280	70
6	600	100
10	1500	150

3. Doorlatendheid Peelo-tunneldal Gorredijk

In MIPWAv4 is het nieuw gekarteerde Peelo-tunneldal bij Gorredijk (TNO, 2017)[7] verwerkt. Het tunneldal is verdeeld over 3 Peelo-formaties (PEz2, PEk2 en PEz3) en sluit aan op het deel van het tunneldal bij Nij Beets (dat al in REGIS is opgenomen) en op de Peelo-formaties buiten het tunneldal (conform REGIS). Voor de verticale doorlatendheid van het slecht doorlatende deel van het tunneldal (PEk1) is uitgegaan van een kv van 1 m/d (op basis van inschatting TNO voor kleiige opvulling geul die niet goed aansluit op klei buiten de geul); voor de horizontale doorlatendheid van de zanden is in eerste instantie uitgegaan van 5 m/d (inschatting doorlatendheid fijne heterogene smeltwaterzanden).

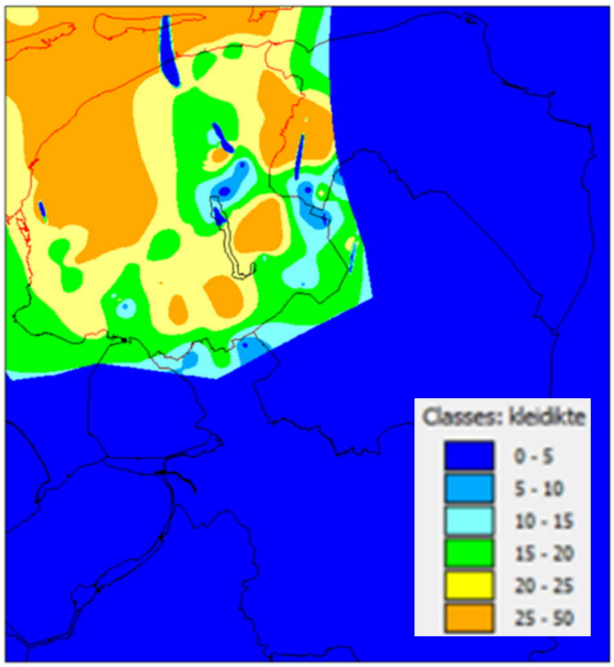
De horizontale doorlatendheid van de zandige delen van het tunneldal is voor deze studie aangepast naar respectievelijk 15 m/d (PEz2) en 25 m/d (PEz3), om de volgende redenen:

- De doorlatendheid van de zandlagen sluit beter aan op het deel van het tunneldal bij Nij Beets dat al in REGIS is opgenomen.
- De verlagingskegel van de winning Nij Beets wordt veel beter gesimuleerd.
- De afwijkingen tussen gemeten en berekende stijghoogten rondom het tunneldal zijn iets kleiner.

4. Kartering Peize-complex

In deze studie is gebruik gemaakt van de concept versie van MIPWAv4 (juli 2020). Geconstateerd was dat in deze oplevering een verouderde versie van de Peizekartering voor Friesland (TNO, 2017)[8] was ingebrand. In de definitieve oplevering van MIPWAv4 is dit hersteld. Deze correctie is ook doorgevoerd in het lagenmodel voor Luxwoude.

De juiste versie die ingebrand is, is weergegeven in Figuur 2.3.



Figuur 2.3. Begrenzing en dikte kleilagen Peizecomplex (versie TNO, 23-6-2017)

2.2.4 Schematisatie naar modellagen

Het detaillagenmodel, op het niveau van REGIS-eenheden, is vervolgens met de koppeltabel uit Tabel 2-2 ingedeeld naar modellagen. In principe is elke kleilaag geschematiseerd als een aparte slecht doorlatende modellaag. Alleen BXk2 is verwaarloosd omdat deze alleen zeer lokaal langs de westelijke grens van het totale modelgebied (nabij Grou) aanwezig is en daardoor niet relevant is voor winning Luxwoude. De zandlagen tussen de kleilagen zijn samengevoegd als watervoerende modellagen, om het aantal modellagen (en rekentijden) te beperken.

De REGIS-complexen zijn gelijkmatig verdeeld over een watervoerend en een slecht doorlatend deel, waarbij de onderzijde van het watervoerende deel van het Oosterhout-complex de geohydrologische basis vormt.

Het resultaat zijn 13 watervoerende modellagen (Aquifers) en 12 tussenliggende slecht doorlatende modellagen (Aquitards). Het doorlaatvermogen (kD-waarde) van de watervoerende lagen en de weerstanden (C-waarden) van de slecht doorlatende lagen zijn ruimtelijk weergegeven in bijlage 1. Waar tussen twee watervoerende lagen de betreffende slecht doorlatende laag afwezig is, is een minimale (dummy) C-waarde van 1 dag aangehouden. Ook is rekening gehouden met een beperkte weerstand van de zandlagen, die middels een verticale anisotropie van 0,2 wordt toegevoegd aan de weerstand van de slecht doorlatende lagen. Dit is de totale weerstand waar het model uiteindelijk mee rekent.

Ter hoogte van het puttenveld Luxwoude is sprake van één groot watervoerend pakket (WVL4-10) tussen de keileem (SDL3) en het kleiige deel van het Peize-complex (SDL10: Tegelen-klei). De keileem heeft hier een weerstand van ca. 100 dagen, de Tegelen-klei van ca. 1200 dagen. Tussen watervoerende lagen 4 en 10 zijn hier geen kleilagen aanwezig, wat de totale kD-waarde op ca. 7300 m^2/d brengt (met tussenliggende dummy C-waarden). De grootste kD-waarden zitten hier in WVL10 (ca. 4800 m^2/d).

Tabel 2-2: Indeling modellagen; WVL=watervoerende laag, SDL=slecht doorlatende laag, 0 = niet meegenomen

Nummer	Naam	Type	Deel	Modellaag
1	MV_eenheid	Aquifer	1	WVL1
2	HLc_veen	Aquitard	1	SDL1
3	HLc_TNO2007	Aquitard	1	SDL1
4	bxz2	Aquifer	1	WVL2
5	BXk1_Boorneloop	Aquitard	1	SDL2
6	bxz3	Aquifer	1	WVL3
7	bxk2	Aquitard	1	0
8	bxz4	Aquifer	1	WVL3
9	drz1	Aquifer	1	WVL3
10	drz2	Aquifer	1	WVL3
11	DRGIk1_TNO2013	Aquitard	1	SDL3
12	drz3	Aquifer	1	WVL4
13	dnz1	Aquifer	1	WVL4
14	urz1	Aquifer	1	WVL4
15	urk1	Aquitard	1	SDL4
16	urz2	Aquifer	1	WVL5
17	urk2	Aquitard	1	SDL5
18	urz3	Aquifer	1	WVL6
19	pez1	Aquifer	1	WVL6
20	pek1	Aquitard	1	SDL6
21	PEz2_geul	Aquifer	1	WVL7
22	PEk2_geul	Aquitard	1	SDL7
23	PEz3_geul	Aquifer	1	WVL8
24	urz4	Aquifer	1	WVL8
25	urk3	Aquitard	1	SDL8
26	urz5	Aquifer	1	WVL9
27	apz1	Aquifer	1	WVL9
28	pzwaz2	Aquifer	1	WVL9
29	pzk1	Aquitard	1	SDL9
30	pzwaz3	Aquifer	1	WVL10
31	PZc_zand	Aquifer	1	WVL10
32	PZc_klei	Aquitard	1	SDL10
33	pzwaz4	Aquifer	1	WVL11
34	msz2	Aquifer	1	WVL11
35	msz3	Aquifer	1	WVL11
36	msc_s1	Complex	0.5	WVL11
37	msc_s2	Complex	0.5	SDL11
38	msz4	Aquifer	1	WVL12
39	ook1	Aquitard	1	SDL12
40	ooz2	Aquifer	1	WVL13
41	ooc_s1	Complex	0.5	WVL13

2.3 Toekennen topsysteem en onttrekkingen

Aan het resulterende lagenmodel zijn vervolgens de verschillende onderdelen van het topsysteem toegevoegd. Deze onderdelen zijn grotendeels direct afkomstig uit het MIPWA v3 model, waarbij de oppervlaktewaterbestanden in de berekening automatisch opnieuw worden ingedeeld naar het 13-lagenmodel. Voor onderstaande onderdelen is eerst een bewerking op de basisdata (of uit MIPWA v3 of specifiek aangeleverd voor dit project) uitgevoerd voordat deze aan het model zijn toegevoegd.

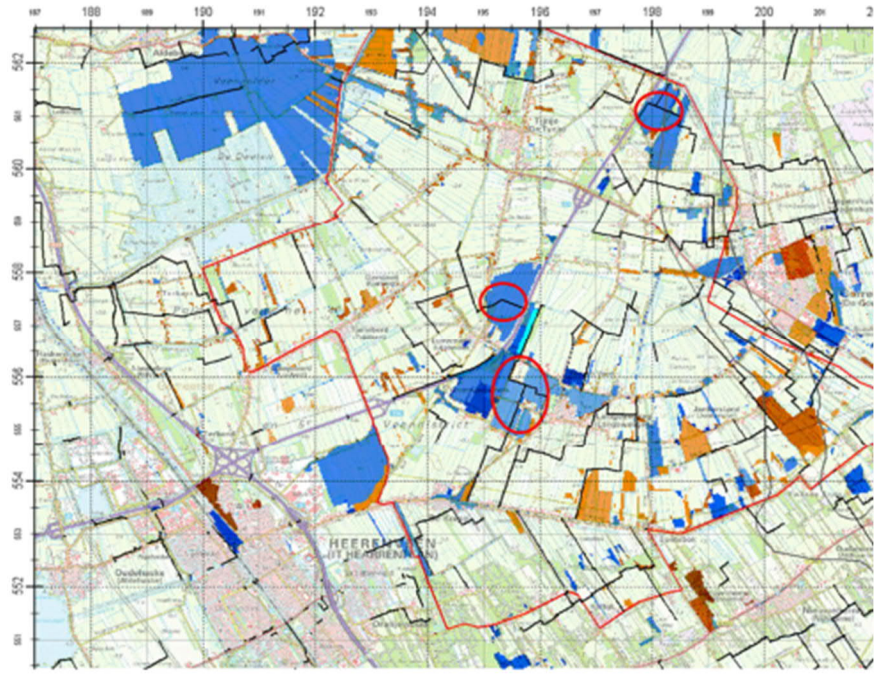
2.3.1 Leggerwaterlopen Wetterskip

In de eerdere (stationaire) MIPWA v3 modelbouw voor Luxwoude is een vergelijking uitgevoerd tussen de gemiddelde peilvakpeilen (die toegekend worden als peil van de leggerwaterlopen die daar doorheen lopen) volgens MIPWA v3 en de gemiddelde peilvakpeilen volgens de peilbeheerkaart 2019. In Figuur 2.4 zijn deze verschillen weergegeven.

Voor drie leggerwaterlopen zijn de peilen aangepast, zie de rood omcirkelde gebieden. Deze waterlopen kruisen vier peilgebieden. De overige peilgebieden zijn niet aangepast omdat:

- De afwijking kleiner was dan 10 cm.
- Er wel sprake was van een afwijking > 10 cm maar er geen leggerwaterloop in het peilvak ligt.
- Er wel sprake was van een afwijking > 10 cm maar het wetterskip heeft aangegeven dat het hogere mipwa-peil correct is.

De resulterende zomer- en winterpeilen zijn weergegeven in bijlage 2.



Figuur 2.4: Rood omcirkeld de aangepaste peilen van leggerwaterlopen waar MIPWA peilvakpeil meer dan 10 cm lager ligt dan peil volgens peilbeheerkaart (blauw: MIPWA >10 cm te laag, bruin: MIPWA >10 cm te hoog).

2.3.2 Onttrekkingen

Zowel de Vitens-onttrekkingen als de onttrekkingen uit het LGR Provincie Fryslân zijn gemiddeld voor de periode 2007-2014 en opnieuw kD-gewogen aan het 13-lagenmodel toegekend. Zie Tabel 2-3 voor de actieve winningen in het model.

Tabel 2-3: Actieve winningen in het model voor de huidige situatie

Winning	Aantal putten	Onttrekkingsdiepte (m onder NAP)	Gemiddeld debiet periode 2010-2018 (m^3/jaar)
NYB Nijbeets	8	33-101	3.315.600
OHP Oldeholtpade	17	37-105	5.892.800
GRP Garyp	6	78-131	1.719.400
Dunlop_Enerka	1	76-77	419.750
SONAC	1	83-84	572.320
SCA_hygiëne	1	88-89	266.085
CIBA Heerenveen	1	83-84	332.150

2.3.3 Buisdrainage

De verbeterde drainagekaart van het Wetterskip Fryslân, die ook in de eerdere MIPWA v3 modelbouw voor Luxwoude (SWECO, 2019) is gebruikt, is ook overgezet naar het MIPWA v4 model (zie bijlage 3). Hierin is aangegeven waar mogelijk of waarschijnlijk buisdrainage aanwezig is. Deze kaart vervangt de buisdrainagebestanden van MIPWA v3. Voor de diepte van de drainage is voor het landelijk gebied uitgegaan van een drainagediepte van 0,8 m en een drainageweerstand van 100 d. Voor de resterende drainage in het stedelijk gebied is uitgegaan van een drainagediepte van 1,2 m en een drainageweerstand van 100 dagen.

2.3.4 Zandwinplas Luxwoude

De zandwinplas Luxwoude is uit het (peilgestuurde) zandwinplassenbestand van MIPWA v3 verwijderd en opgenomen als geïsoleerde plas die mee kan fluctueren met het grondwaterpeil. Het stuwniveau van de zandwinplas (NAP -2,2 m) is opgegeven als afvoerpeil in de OLF-package. De zandwinplas snijdt in tot WVL4 (onder de keileem) en conform de MIPWA v4-werkwijze is dit geschematiseerd door de kh- en kv-waarden t/m WVL4 hier voor te corrigeren (kD>1000 m^2/d en C = 0 d).

2.4 Van stationair naar niet-stationair

De volgende aanpassingen zijn doorgevoerd om van het grote stationaire model naar het kleinere niet-stationaire modelgebied te gaan waarmee de effectbepaling voor de MER wordt uitgevoerd:

- In het niet-stationaire model wordt gerekend met MetaSWAP om de grondwateraanvulling te berekenen. De MetaSWAP-grids (maaiveldniveau, ponding diepte en nat oppervlak) zijn aangepast binnen de begrenzing van de zandwinplas Luxwoude zodat ook MetaSWAP de plas als geïsoleerd ziet en deze vult met grondwater tot het afvoerniveau van NAP -2,2 m.
- Beregening is uitgezet binnen MetaSWAP (om te voorkomen dat deze verlagingen mitigeert).
- De oppervlaktewaterpeilen wisselen tussen het zomer- en winterpeil.
- De onttrekkingen zijn als stationair beschouwd. Deze fluctueren in werkelijkheid beperkt tussen een gemiddelde zomer en winter in de doorgerekende periode.
- Eerst is het grote modelgebied niet-stationair doorgerekend op een grovere resolutie van 100 x 100 m met op de randen de dynamische stijghoogtes uit MIPWA v3, die zijn

gekoppeld aan het nieuwe lagenmodel. (De startstijghoogten uit MIPWAv4 waren op dat moment nog niet beschikbaar).
- De resultaten uit de 100 m x 100 m doorrekening zijn vervolgens gebruikt om de dynamische stijghoogte op de rand van het kleinere modelgebied met een resolutie van 25 m x 25 m vast te zetten.
- Het model is doorgerekend op dag-basis voor de periode 2000-2014 (modeluitvoer vanaf 2003) waarbij de GHG (Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand), GVG (Gemiddelde Voorjaarsgrondwaterstand) en GLG (Gemiddeld Laagste Grondwaterstand) over de laatste 8 jaar zijn bepaald (2007-2014).

2.5 Validatieset

Op basis van onderstaande stappen zijn de aangeleverde peilbuizen verwerkt tot een validatieset (zie bijlage 4), waarmee zowel de gemiddelde grondwaterstand (stationair), de berekende GxG's (GHG, GVG en de GLG), als de berekende reeksen kunnen worden gevalideerd:

- Alle peilbuizen zoals aangeleverd door Vitens en de Provincie Fryslân binnen het vastgestelde niet-stationaire modelgebied (grijze begrenzing in Figuur 2.1) zijn geselecteerd. Buizen van het Wetterskip Fryslân zijn ook opgevraagd, maar leverde geen bruikbare reeksen op in het interessegebied.
- Voor deze peilbuizen zijn alleen de buizen geselecteerd met een lange meetreeks (>8 jaar). Vervolgens zijn uitschieters en meetreeksen met een duidelijke trendbreuk binnen de validatieperiode (2007-2014) verwijderd.
- Op deze manier resteren er 160 geschikte meetreeksen binnen het niet-stationaire modelgebied. Voor deze validatieset zijn de GxG's inclusief de gemiddelde grondwaterstand voor de periode 2007-2014 uitgevoerd, samen met de dagelijkse reeksen voor de gehele modeluitvoerperiode (2003-2014).
- De dagelijkse reeksen zijn ook nog verwerkt tot een aparte validatieset met daarin reeksen op tweewekelijkse basis (op de 14^{e} en 28^{e} van elke maand).
- Bij de indeling naar iMOD-modellagen vervallen 40 meetreeksen omdat het middelpunt van het filter niet in een watervoerende modellaag valt. Omdat deze buizen zich op locaties bevinden waar al voldoende dekking is met andere peilbuizen, is geen energie gestoken om ook deze buizen aan de juiste modellagen toe te kennen. Wel zijn alle peilbuizen die in de Holocene deklaag terecht zijn gekomen (SDL1) verplaatst naar modellaag 1 (WVL1).

2.6 Modelresultaten en validatie

2.6.1 Inleiding

Het bouwen van een grondwatermodel is een iteratief proces waarbij in samenspraak met gebiedskenners modelversies gevalideerd en geoptimaliseerd worden. Op basis van deze resultaten wordt tussentijds beoordeeld of het model goed genoeg is, of nog verbetering behoeft. In het logboek is de validatie van de verschillende tussentijdse modelversies beschreven. In onderstaande paragraaf zijn de doorlopen stappen voor de modelvalidatie voor het eindmodel toegelicht.

Validatie van het model heeft plaatsgevonden op basis van de volgende gegevens:

- Uitgevoerde pompproef (Vitens, 2019)[9].
- Berekende stijghoogten en isohypsenbeeld.
- Berekende versus gemeten stijghoogten in de GxG-situaties.
- Berekende GxG's t.o.v. maaiveld versus veldschattingen Alterra.
- Afvoer Fjouwer Kriten.

- Gesimuleerde grondwaterreeksen.

De pompproef is met het stationaire model gevalideerd, de overige validaties zijn gedaan met het niet-stationaire model voor Luxwoude.

2.6.2 Pompproef (stationair)

In de periode van 17 mei tot 4 juli 2018 heeft Vitens een pompproef uitgevoerd ter plaatse van het beoogde puttenveld in Luxwoude met een onttrekkingsdebiet van 130 m^3/uur. De onttrekking vindt plaats in het grofzandige watervoerende pakket onder de keileem, boven het Peize complex (onttrekkingsfilter tussen NAP -69 m en NAP -99 m: WVL9 en WVL10). De verlagingen zijn gemeten op diverse diepten, zowel in het bepompte pakket als in het freatisch grondwater boven de keileem.

De ruimtelijk berekende pompproefverlagingen versus de metingen zijn voor zowel het bepompte pakket als het freatisch pakket weergegeven in bijlage 5. De resultaten voor het bepompte pakket zijn weergegeven in Tabel 2-4.

De verlagingen in het bepompte pakket worden goed gesimuleerd. De afwijkingen vallen in de orde van enkele centimeters, waarbij het model algemeen iets kleinere verlagingen geeft.

De maximaal berekende freatische verlaging is 14 cm, ten opzichte van 15 cm gemeten. De berekende verlaging in de zandwinplas is ca. 1 cm, ook tijdens de proef was er geen duidelijke verlaging in de plas meetbaar. Zowel het berekende als gemeten ruimtelijke verlagingsbeeld is erg grillig en lijkt sterk samen te hangen met de afstand tot sloten, die de verlagingen dempen.

Tabel 2-4: Berekende versus gemeten verlagingen in het bepompte pakket in meters

Afstand	Eindverlaging pompproef	Verlaging model
1	0,36	0,28-0,37
30	0,11	0,09
430	0,08	0,07
870	0,06	0,05
1650	0,02	0,01

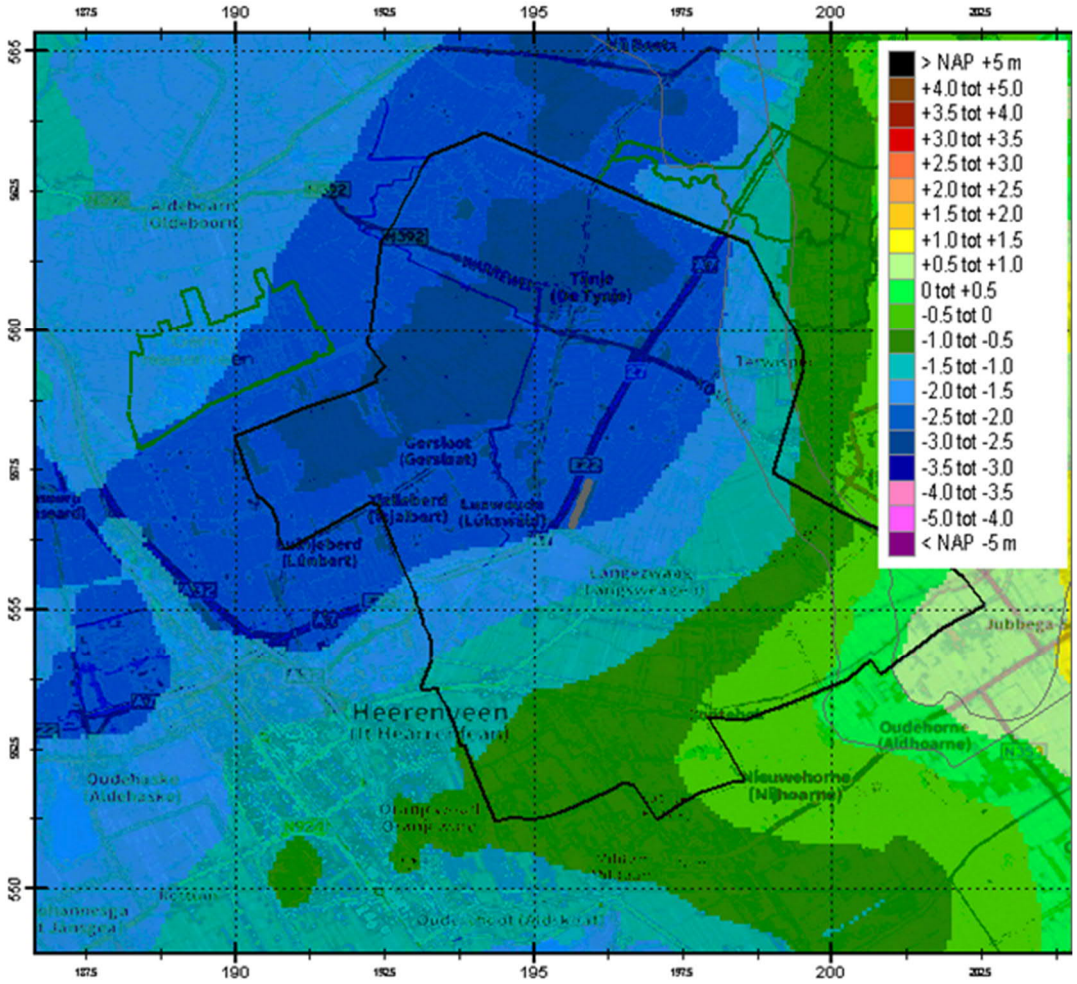
2.6.3 Berekende stijghoogten en isohypsenbeeld

In bijlage 6 zijn de berekende GxG's (2007-2014) ten opzichte van NAP weergegeven voor WVL1 (freatisch), WVL4 (deel van watervoerende pakket direct onder de keileem) en WVL10 (deel van watervoerende pakket direct boven Tegelen-klei).

Het freatische isohypsenpatroon is sterk gerelateerd aan de ligging van de waterlopen en de opbolling daartussen. De GHG ligt doorgaans 10 cm (bij de waterlopen) tot 70 cm (midden percelen) boven de GLG. In grote lijnen ligt de berekende GHG in de peilgebieden rondom het puttenveld tussen 40 en 120 cm -mv, de berekende GLG tussen 60 en 160 cm -mv. Het berekende plaspeil (WVL1) in de zandwinplas varieert tussen ca. NAP -2,17 m (GHG) en NAP -2,30 m (GLG).

In Figuur 2.5 is de berekende stijghoogte in het watervoerende pakket onder de keileem weergegeven in de GLG-situatie, waaruit de werking van het regionale geohydrologische systeem duidelijk wordt. Het diepe grondwater stroomt met name vanaf het Drents Plateau

maar ook vanuit het noordwestelijk gelegen mariene gebied richting het laagste punt van Friesland, ter hoogte van de Fjouwer Kriten (tot NAP -2,53 m).



Figuur 2.5 Berekende GLS (Gemiddeld Laagste Stijghoogte) in WVL4 (onder de keileem)

2.6.4 Residuen berekend- gemeten GxG's (niet-stationair)

De residuen (het verschil tussen de berekende en gemeten GxG's) zijn weergegeven in Tabel 2-5. De ruimtelijke residuen voor alle watervoerende modellagen zijn weergegeven in bijlage 7. Opgemerkt wordt dat de buizen sterk geclusterd zijn en niet homogeen verdeeld over het gebied. De statistieken dienen daarom vooral in de ruimtelijke samenhang beoordeeld te worden.

Binnen het zoekgebied zijn slechts 3 ondiepe peilbuizen boven de keileem (WVL1 t/m 3) aanwezig, waarvan geen één nabij het puttenveld Luxwoude. Alle overige ondiepe buizen bevinden zich in de noordoostelijke hoek van het modelgebied, nabij het N2000 gebied Van Oordt's Mersken. De statistieken boven de keileem zeggen dus vooral iets over de modelprestatie in dit gebied: het model presteert hier goed tot zeer goed in de GVG en GLG situatie met gemiddelde afwijkingen kleiner dan 10 cm. In de GHG situatie is het model boven de keileem iets te droog. In paragraaf 2.6.5 wordt dit nader verklaard.

Tabel 2-5: Residuen GxG's

GHG			
Layer	N	ME	MAE
1	4	-0.19	0.19
2	5	-0.30	0.30
3	31	-0.37	0.38
4	37	-0.03	0.16
5	11	0.00	0.27
6	5	0.07	0.21
7	13	-0.08	0.18
8	9	-0.08	0.08
9	10	-0.13	0.15
10	2	-0.17	0.17
11	2	-0.06	0.09
Total	129	-0.14	0.22

GVG			
Layer	N	ME	MAE
1	4	0.00	0.11
2	5	0.05	0.12
3	31	-0.06	0.18
4	37	0.20	0.23
5	11	0.20	0.27
6	5	0.26	0.26
7	13	0.15	0.22
8	9	0.13	0.13
9	10	0.06	0.13
10	2	-0.02	0.02
11	2	0.11	0.11
Total	129	0.10	0.19

GLG			
Layer	N	ME	MAE
1	4	0.10	0.13
2	5	0.09	0.17
3	31	-0.04	0.14
4	37	0.14	0.18
5	11	0.14	0.28
6	5	0.18	0.18
7	13	0.10	0.17
8	9	0.08	0.08
9	10	0.04	0.12
10	2	-0.09	0.09
11	2	0.07	0.12
Total	129	0.07	0.16

Layer= modellaag

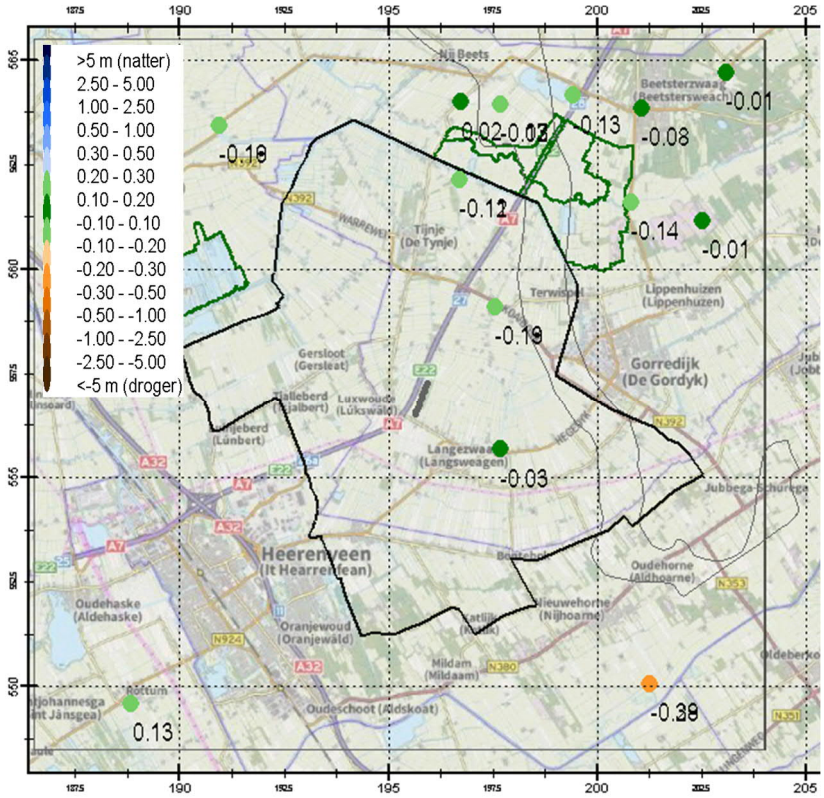
N= aantal peilbuizen

ME= Mean Error (gemiddelde afwijking)

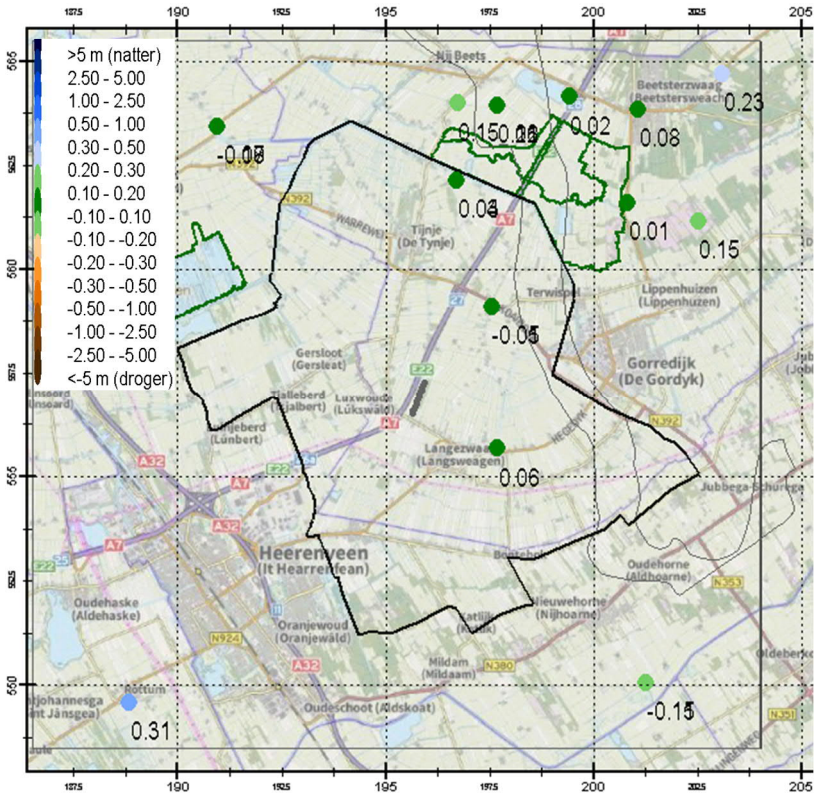
MAE = Mean Absolute Error (gemiddelde absolute afwijking)

In een groot deel van het zoekgebied Luxwoude vormen WVL4 t/m 10 één groot watervoerend pakket en kunnen de residuen als één geheel worden beschouwd. In de wijdere omgeving komen echter diverse kleilagen voor, waardoor de watervoerende pakketten zijn opgedeeld in verschillende lagen. Het meest doorlatende deel van het watervoerende pakket (WVL9 t/m WVL10) vormt daarbij het te bepompen pakket voor de winning Luxwoude.

De ruimtelijke residuen voor de GHG en GLG situatie in het te bepompen pakket (inclusief WVL8) zijn weergegeven in respectievelijk Figuur 2.6 en Figuur 2.7. In het hele modelgebied presteert het model zeer goed met residuen kleiner dan 20cm en in veel gevallen zelfs kleiner dan 10cm. Dit geldt niet alleen in de directe omgeving van Luxwoude, waar het één groot watervoerend pakket betreft, maar ook in het geologisch complexe noordoostelijke deel van het modelgebied. Alleen in het meest zuidoostelijke deel van het model is één peilbuis met een iets grotere afwijking.



Figuur 2.6: Residuen WVL8 t/m 10 in de GHG-situatie



Figuur 2.7: Residuen WVL8 t/m 10 in de GLG-situatie

In de tussenliggende (WVL4-WVL7) presteert het model in het zoekgebied Luxwoude zeer goed, maar zien we wel wat grotere afwijkingen in het gebied rondom Van Oordt's Mersken. Dit heeft alles te maken met de complexe geologie in dit gebied met een uitgesleten Peelo tunneldal en een zeer grillig voorkomen van diverse Peelo-klei lagen. Er is geen sprake van een structurele afwijking, sommige buizen hebben nagenoeg geen afwijking, sommige zijn te nat, andere te droog.

2.6.5 Berekende GxG's t.o.v. maaiveld versus veldschattingen Alterra (niet-stationair)

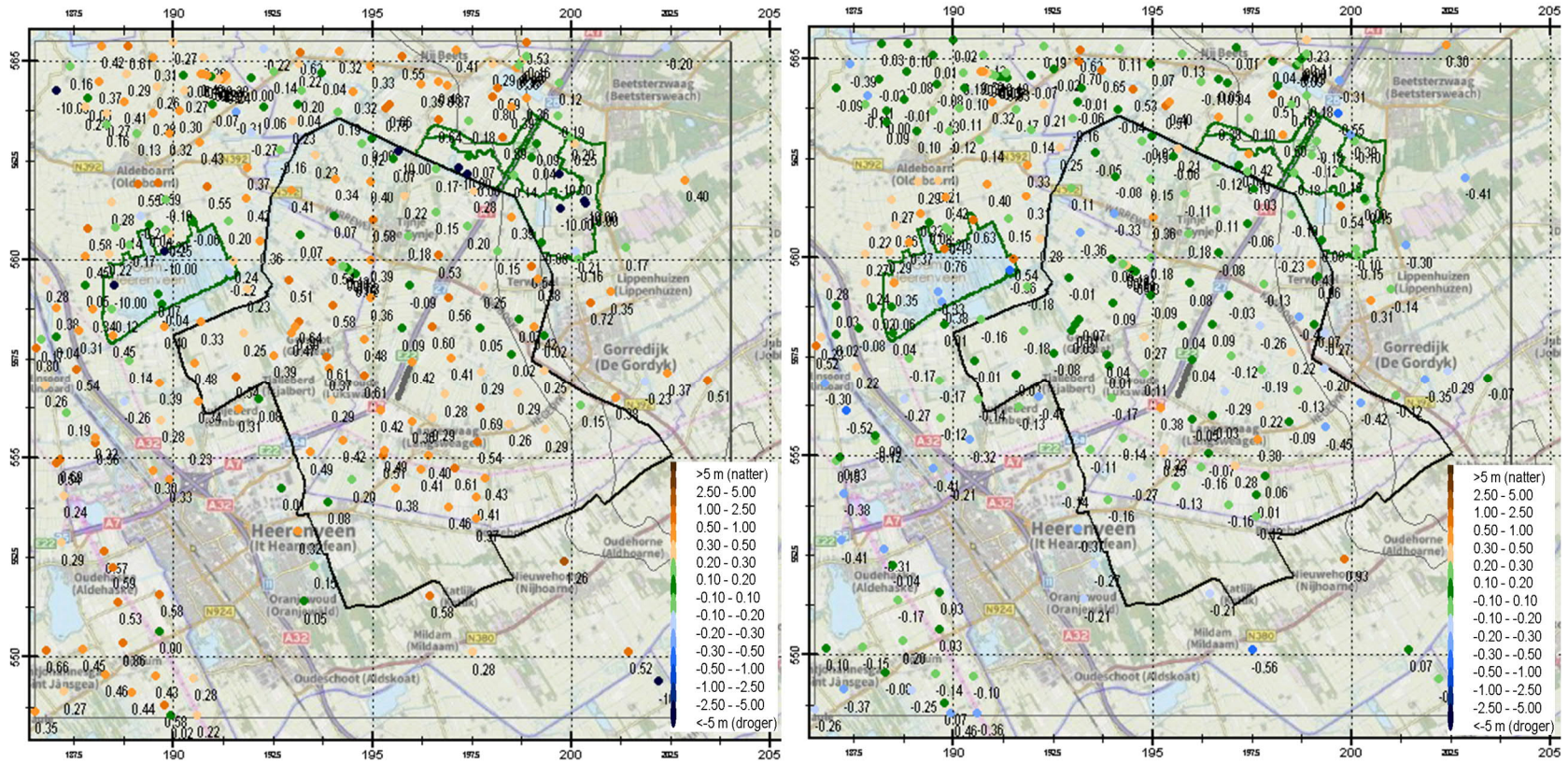
De berekende freatische GHG en GLG ten opzichte van maaiveld zijn gevalideerd met behulp van veldinschattingen die in 2013 door Alterra zijn gedaan. Hierbij dient rekening gehouden te worden met het feit dat de berekende GxG's zijn bepaald t.o.v. het MIPWA-maaiveldbestand met een resolutie van 25 m. Lokale variaties in maaiveld kunnen hier zorgen voor een verschil.

Uit Figuur 2.8 (links) blijkt dat de freatische GHG's in vrijwel het gehele zoekgebied structureel te droog worden gesimuleerd. De afwijkingen bedragen doorgaans 25 tot 50 cm. Op ca. 200 m ten noorden van het voorgenomen puttenveld is bijvoorbeeld een GHG van 25 cm -mv ingeschat, terwijl het model niet hoger dan 65 cm -mv berekent. Ter plaatse van de N2000 gebieden Van Oordt's Mersken en de Deelen wordt de GHG wel goed gesimuleerd.

Voor de te laag berekende GHG's zijn twee verklaringen:

- De onverzadigde module MetaSWAP, dat uitgaat van een "bakjes model", houdt het water te lang vast in de onverzadigde zone, voordat het wordt doorgegeven aan het freatische grondwater, zie bijlage 8. Dit kan niet eenvoudig door de modelleur worden gecorrigeerd.
- In de praktijk staat een peilbuis bij voorkeur minimaal 10 m uit een watergang, en daarmee wordt in perioden met veel neerslag een flinke opbolling tussen de sloten gemeten. Door de modelresolutie van 25 x 25 m komen deze peilbuizen in dezelfde modelcel als de sloten terecht. Het model berekent alleen een "gemiddelde opbolling" over de hele cel.

De freatische GLG's worden doorgaans wel goed gesimuleerd, met lokaal zowel enkele te natte als te droge GLG's. In de omgeving van het voorgenomen puttenveld wordt de GLG met afwijkingen < 10 cm zelfs erg goed gesimuleerd, zie Figuur 2.8 (rechts). Op 200 m ten noorden van het puttenveld komt het model met een GLG op 1,09 m -mv erg dicht in de buurt van de inschatting van 1,05 m -mv.



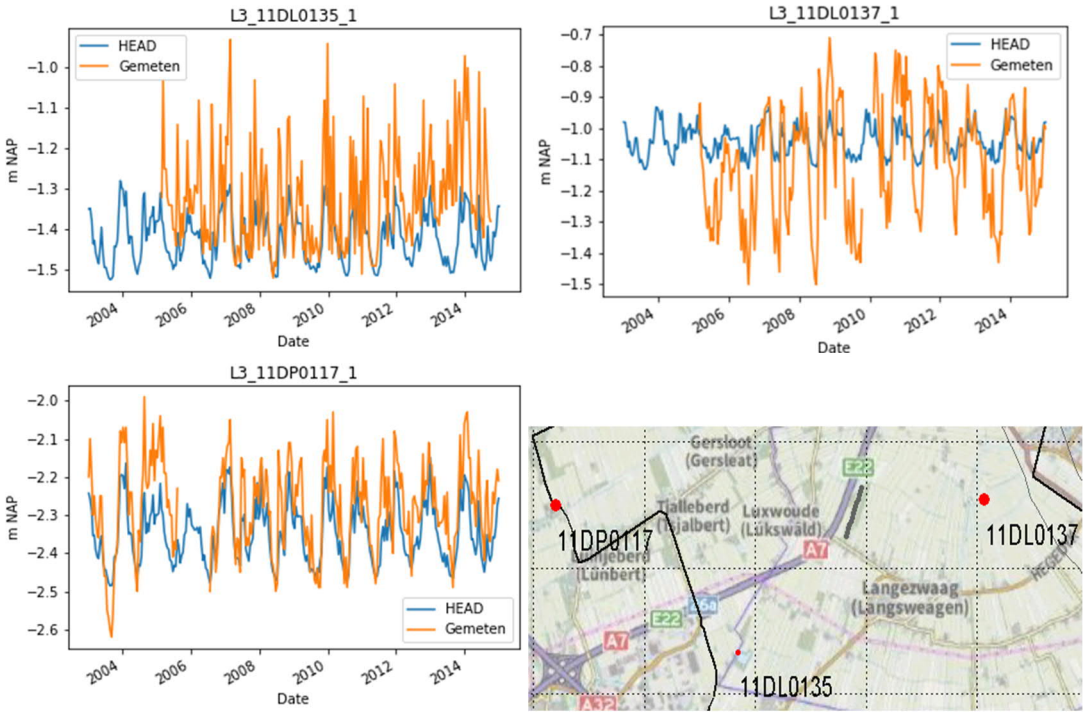
Figuur 2.8: Residuen freatische GHG (links) en GLG (rechts) t.o.v. maaiveld versus veldschattingen Alterra
-10 (donkerblauw stippen) geeft aan dat Alterra geen GHG in het veld heeft kunnen inschatten.
Positieve waarde: model te droog (oranje)
Negatieve waarde: model te nat (blauw)

2.6.6 Gesimuleerde tijdreeksen (niet-stationair)

Om te beoordelen in hoeverre het model de dynamiek in stijghoogtes goed kan simuleren, zijn de gesimuleerde tweewekelijkse stijghoogtes voor de gehele rekenperiode uitgezet tegen de daadwerkelijk gemeten stijghoogtes in de peilbuizen van de validatieset (ook op tweewekelijkse basis). In bijlage 9 zijn deze reeksen weergegeven.

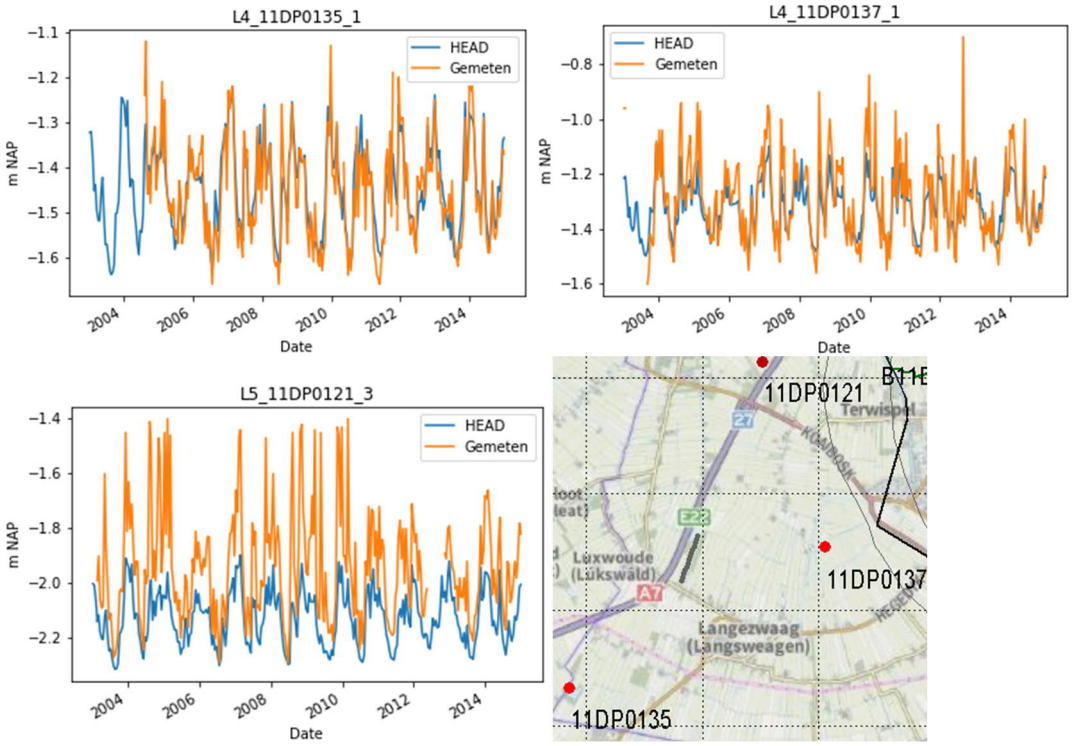
Hieronder zijn een selectie van de reeksen weergegeven die het dichtst bij het voorgenomen puttenveld liggen (Figuur 2.9: boven de keileem, Figuur 2.10: onder de keileem, Figuur 2.11: bepompt pakket).

De afwijkingen boven de keileem zijn erg grillig. Voor peilbuizen DL0135_1 en DL0137_1 wordt te weinig dynamiek gesimuleerd. Beide peilbuizen zijn modelmatig toegekend aan een cel waar ook een sloot (RIV-cel) aan toegekend is, waardoor de grondwaterstand te strak door het slootpeil wordt gedempt. De gesimuleerde tijdreeks in peilbuis DP0117_1, waar lokaal de keileem ontbreekt, benadert de gemeten tijdreeks wel erg goed.
Deze peilbuis valt niet in een RIV-cel.



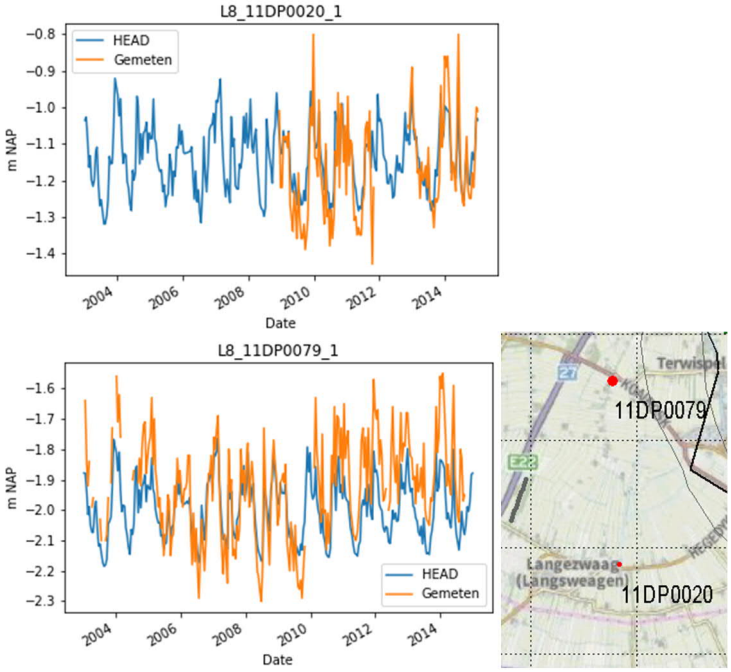
Figuur 2.9: Gesimuleerde tijdreeksen boven de keileem binnen ca. 5 km van Luxwoude

De gesimuleerde reeksen onder de keileem voor peilbuizen DL0135_1 en DL0137_1 komen goed overeen met de gemeten reeksen. De gesimuleerde tijdreeks voor peilbuis DP0121_3 mist alleen enkele natte pieken.



Figuur 2.10: Gesimuleerde tijdreeksen onder de keileem binnen ca. 4 km van Luxwoude

De dynamiek in de diepe filters van de dichtst bij het puttenveld liggende peilbuizen wordt over het algemeen ook goed gesimuleerd, zie onderstaande Figuur 2.11.



Figuur 2.11: Gesimuleerde tijdreeksen in het bepompte pakket binnen ca. 3 km van Luxwoude (gemeten reeks heeft wel een sprong, mogelijk peilwijziging?)

2.6.7 Afvoer Fjouwer Kriten (niet-stationair)

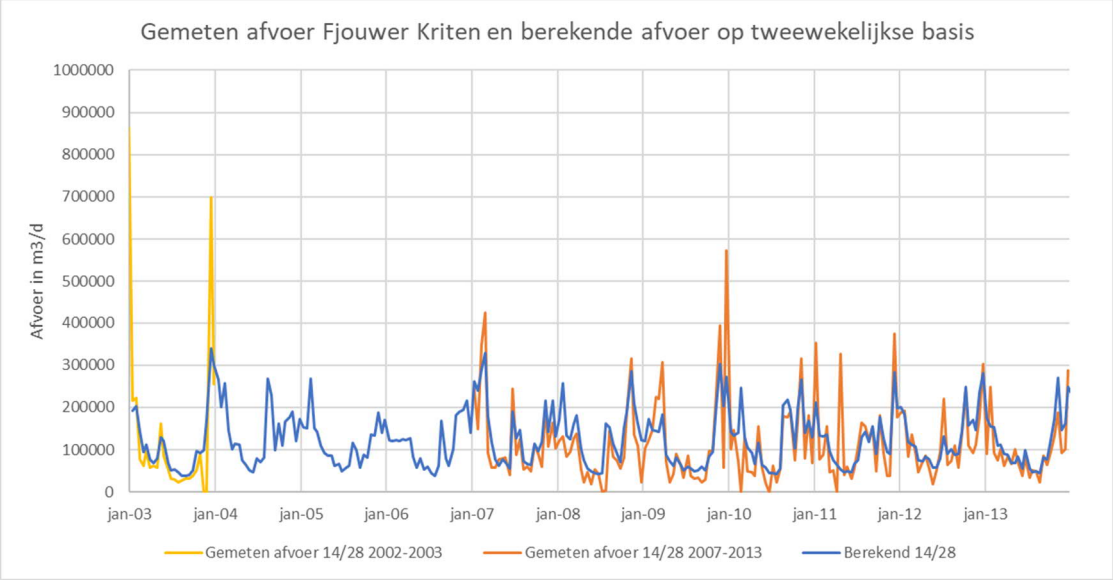
In Tabel 2-6 zijn de gemeten en berekende afvoeren weergegeven voor de uitvoerperiode. Niet voor alle jaren binnen deze periode zijn metingen beschikbaar. Op basis van de tweewekelijkse uitvoer (in m^3/dag) is de gemiddelde dagelijkse en jaarlijkse afvoer berekend.

Gemiddeld gezien is de berekende afvoer voor de beschouwde jaren ca. 5% hoger dan de gemiddeld gemeten afvoer. Zonder het extreem droge jaar 2003 is deze afwijking slechts 2%. Gemiddeld genomen zit het oppervlaktewatersysteem van de Fjouwer Kriten goed in het model. Op jaarbasis beschouwd zien we wel wat grotere variaties, met name in zeer droge jaren.

Tabel 2-6: Gemeten en berekende afvoer (op basis van tweewekelijkse uitvoer) vanuit bemalingsgebied Fjouwer Kriten

Jaar	**Afvoer gemeten (Mm^3/j)**	**Afvoer berekend (Mm^3/j)**	**Afwijking (%)**
2003	30,8	41.2	+34
2004	Onbetrouwbaar	51.1	
2005	Onbetrouwbaar	41.8	
2006	Onbetrouwbaar	40.7	
2007	54,0	52.7	-2
2008	44,8	48.0	+7
2009	42,1	42.9	+2
2010	42,0	47.3	+13
2011	43,3	42.6	-2
2012	53,2	47.4	-11
2013	35,3	41.7	+18
2014	Niet bekend	46.0	
Gemiddeld (meetjaren)	43,2	45,4	+5
Gemiddeld (2007-2013)	45,0	46,1	+2

Het feit dat met name de drogere jaren afwijken betekent dat de basisafvoer uit de Fjouwer Kriten, gedurende droge periodes met dus vooral kwel en weinig tot geen neerslag, iets te hoog is. Dit is ook terug te zien in de berekende tweewekelijkse afvoerreeksen in Figuur 2.12. Hierin is ook te zien dat de berekende afvoerpieken, gedurende natte periodes met grondwaterstanden richting GHG-waarde, iets te laag zijn. Hieruit blijkt al dat de structureel te lage GHG's niet verklaard kunnen worden door een te grote afvoer vanuit het oppervlaktewatersysteem, deze wordt in natte periodes immers ook te laag gesimuleerd. Uit Figuur 2.12 blijkt dat de gesimuleerde afvoerdynamiek de gemeten dynamiek gemiddeld genomen wel goed benadert maar dus iets te veel gedempt is.



Figuur 2.12: Gemeten en berekende tijdreeks van de afvoer van de Fjouwer Kriten op tweewekelijkse basis

2.6.8 Samenvatting validatie

Het model voor de huidige situatie is gebaseerd op de best beschikbare basisdata en kennis. Het regionale grondwatersysteem zit goed in het model verwerkt. De residuen in zowel het ondiepe grondwater als ook de diepe stijghoogten in het te bepompen pakket zijn klein. Ook de gemiddelde afvoer van de Fjouwer Kriten en de pompproef kunnen goed met het model gesimuleerd worden.

Er is gedurende het onderzoek uitgebreid aandacht besteed aan de te laag berekende GHG's boven de keileem. Hiervoor zijn twee verklaringen:

- De onverzadigde module MetaSWAP, dat uitgaat van een "bakjes model", houdt het water te lang vast in de onverzadigde zone, voordat het wordt doorgegeven aan het freatische grondwater. Dit kan niet eenvoudig zelf worden gecorrigeerd.
- In de praktijk staat een peilbuis bij voorkeur minimaal 10 m uit een watergang, en daarmee wordt in perioden met veel neerslag een opbolling tussen de sloten gemeten. Door de modelresolutie van 25 x 25 m komen deze peilbuizen in dezelfde modelcel als de sloten terecht. Het model berekent alleen een "gemiddelde opbolling" over de hele cel.

Daar komt bij dat voor de effectbepaling van de voorgenomen winning op natuur, landbouw en zettingen de GVG- en GLG-situatie maatgevend is.

In overleg met de werkgroep is dan ook besloten dat het MIPWAv4 model voor Luxwoude goed genoeg is voor het berekenen van de hydrologische effecten van de winning Luxwoude.

3 Effecten winning Luxwoude 2028

3.1 Algemeen

In deze studie is gebruik gemaakt van diverse scenarioberekeningen om de hydrologische effecten van de winning inzichtelijk te maken. Deze zijn doorgerekend voor zowel het huidige klimaat, als de situatie na klimaatverandering.

Voor de situatie met het huidige klimaat wordt uitgegaan van het jaar 2028. In dit hoofdstuk zijn de uitgangspunten en hydrologische effecten van de scenario's voor het huidige klimaat (2028) beschreven. De presentatie van de hydrologische effecten op andere belangen is beschreven in hoofdstuk 6.

De doorgerekende scenario's zijn weergegeven in Tabel 3-1, waarbij scenario 2 (inrichtingsalternatief) niet modelmatig is doorgerekend maar met een analytische inschatting is beschouwd.

Tabel 3-1: Scenario's huidig klimaat (jaar 2028)

Scenario	Omschrijving
0_2028	Referentie 2028
1_2028	Winning 6,5 Mm3/jaar (tevens voorkeursalternatief)
2_2028	Inrichtingsalternatief winning
3_2028	Winning gecombineerd met mitigerende maatregelen

Voor scenario's 1 en 3 worden de volgende hydrologische effecten weergegeven, zoals berekend voor de periode 2007-2014:

- Effect van de winning op de freatische GxG's.
- Effect van de winning op de GxG's in het diepe watervoerende pakket (bepompte pakket).
- Verandering in de kwel-/wegzijgingsfluxen. Voor natuur gaat het om kwel in de wortelzone: ofwel: opwaartse flux tussen WVL4 (onder keileem) en WVL1 (freatisch), rekening houdend met de som van de weerstanden hiertussen.
- Afname gemiddelde afvoer oppervlaktewater binnen het bemalingsgebied Fjouwer Kriten.

Voor scenario 2 is beschreven wat het verschil in verlagingen zou zijn ten opzichte van het basisscenario 1.

3.2 Gebruik verlagingscontouren

Voor de effectbepaling wordt algemeen uitgegaan van effecten tot 5 cm. Voor effecten kleiner dan 5 cm wordt aangenomen dat deze vallen binnen de onzekerheidsmarge van de (regionale) modelberekeningen en bovendien niet of nauwelijks meetbaar zijn in het veld. Vanuit N2000 wetgeving is echter een discussie ontstaan dat effecten <5 cm in uitzonderlijke situaties toch kunnen leiden tot een significant negatief effect; namelijk:

- in die situaties waar kwel net omslaat naar wegzijging;
- of, waar de freatische grondwaterstand al te laag is en het betreffende grondwatergevoelige habitattype zich nu al in een slechte staat van instandhouding bevindt.

Ook vanuit de landbouw en mogelijke droogteschade is de onderbouwing voor het gebruik van de 5 cm-verlagingscontour uitgebreid onderzocht (ASCG, 2019)[10]. In dit onderzoek is duidelijk vastgesteld dat er geen aanleiding en onderbouwing bestaat om de 5 cm-

verlagingscontour aan te passen als grens voor de afbakening van het gebied waarbinnen schade kan ontstaan door grondwateronttrekkingen. Het afleiden van de 2 cm-verlagingscontour zou te onzeker zijn en ook bedraagt de gemiddelde droogteschade bij 2 cm verlaging een fractie van het normale ondernemersrisico door het weer.

Hoewel de onderbouwing om verlagingen van minder dan 5 cm te beschouwen dus grotendeels ontbreekt, zijn vanuit zorgvuldigheidsoverwegingen en in overleg met de begeleidingscommissie de effecten tussen de 2 en 5 cm wel aanvullend weergegeven in onderstaande figuren.

3.3 Referentiesituatie 2028

De referentiesituatie gaat uit van de huidige vergunde situatie. Dit betekent dat het model voor de referentiesituatie 2028, op de toevoeging van winning AWARE na, gelijk is aan het model voor de huidige situatie. Deze winning op het Internationaal Bedrijventerrein Friesland bij Heerenveen is wel vergund (1 Mm^3/jaar), maar nu niet operationeel. De verwachting is ook niet dat dit gaat gebeuren. Deze vergunde winning valt juridisch gezien onder de autonome ontwikkeling, tenzij de vergunning ingetrokken wordt. Om deze reden is besloten om de winning AWARE mee te nemen in de referentiesituatie.

Het maximale effect (GLG-situatie) van winning AWARE op de stijghoogte in het freatisch pakket (WVL1) en bepompte pakket (WVL10) ten opzichte van de huidige situatie zijn weergegeven in bijlage 10. De GxG's in freatisch en bepompte pakket na toevoeging van deze winning zijn weergegeven in bijlage 11. De uitgangssituatie ten aanzien van ruimtelijke kwel- en infiltratiefluxen over de keileem (tussen WVL1 en WVL4) in zowel de GVG- als GLG-situatie zijn weergegeven in bijlage 12. De maatgevende gemiddelde afvoer van de Fjouwer Kriten is in de referentiesituatie 45,5 Mm^3/jaar (dit was in het model voor de huidige situatie 46,1 Mm^3/j).

3.4 Basisscenario 1: Onttrekking Luxwoude 2028

3.4.1 Schematisatie basisscenario

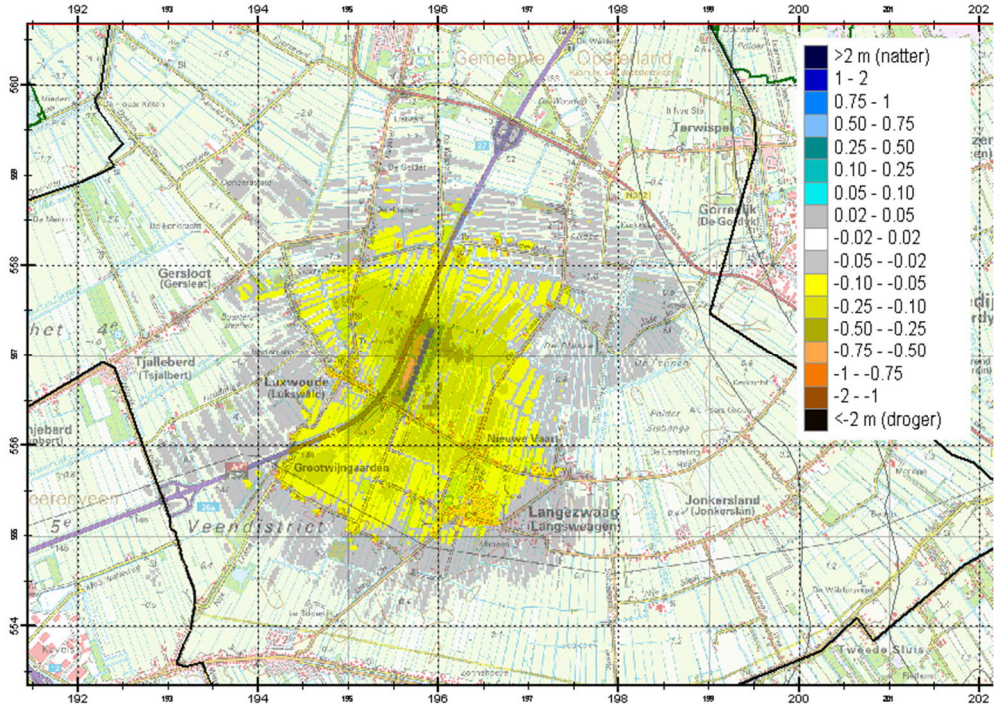
In het basisscenario wordt uitgegaan van een winning van 6,5 miljoen m^3 per jaar ter plaatse van Luxwoude, verdeeld over 14 putten.

De winning is als volgt geschematiseerd:

- Dagelijkse winning Luxwoude (17808 m^3/dag verdeeld over 14 putten).
- 55 tot 65% van het onttrokken water uit WVL9.
- 35 tot 45% uit WVL10.
- Uitgegaan is van een stationaire onttrekkingshoeveelheid voor de hele modelperiode 2000-2014, deze modelperiode is niet aangepast omdat voor situatie 2028 uitgegaan is van huidig klimaat.
- De effecten op de GxG's zijn berekend in iMOD, uitgaande van de laatste 8 jaar van de modelperiode.

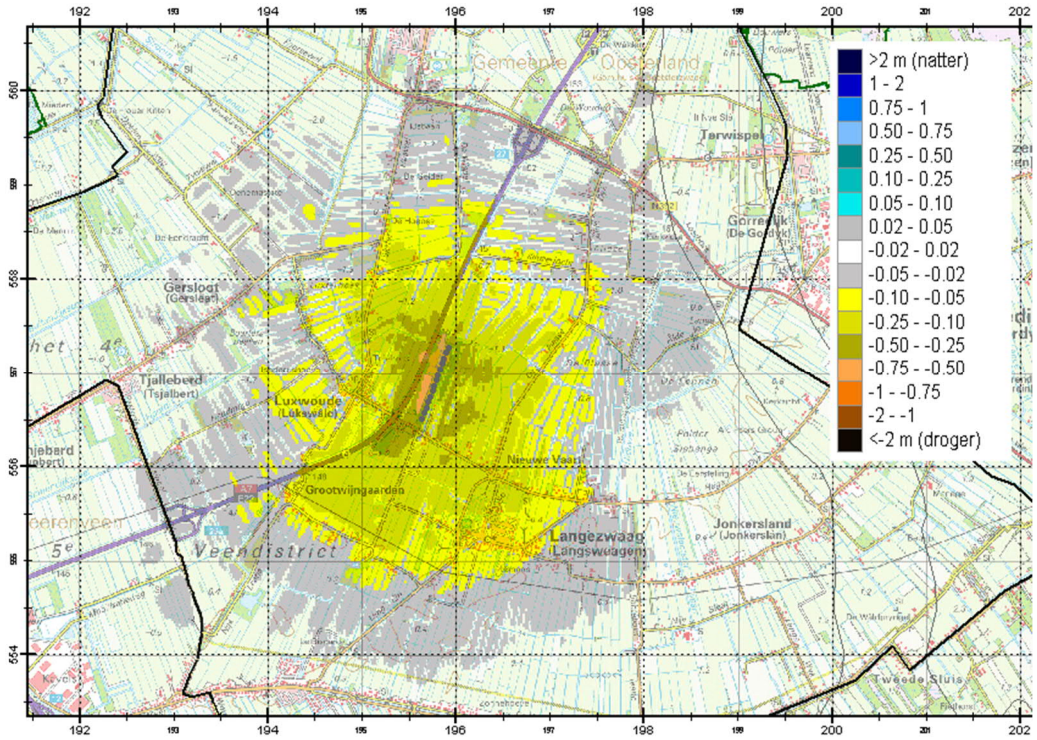
3.4.2 Verlagingen freatisch grondwater

In Figuur 3.1 zijn de freatische verlagingen als gevolg van de winning Luxwoude weergegeven voor de GVG-situatie. In de GVG-situatie zijn verlagingen van 5 cm of meer berekend binnen een straal van ca. 2 km van het middelpunt van de winning, voor de 2 cm-contour is dit ca. 3 km. De maximale verlaging van de GVG ter plaatse van het puttenveld is ca. 70 cm. Het peil van de zandwinplas zakt ca. 35 cm uit.



Figuur 3.1: Freatische verlagingen in de GVG-situatie

In Figuur 3.2 zijn de freatische verlagingen in de GLG-situatie weergegeven. Zowel de 5 cm-verlagingscontour als de 2 cm-verlagingscontour reiken tot ca. 500 m verder in deze situatie. De maximale verlaging in de GLG-situatie is ook ca. 70 cm, maar de verlagingen in de GLG-situatie zijn doorgaans 5 à 25 cm groter dan in de GVG-situatie. Het peil in de zandwinplas zakt in deze situatie ca. 55 cm uit.



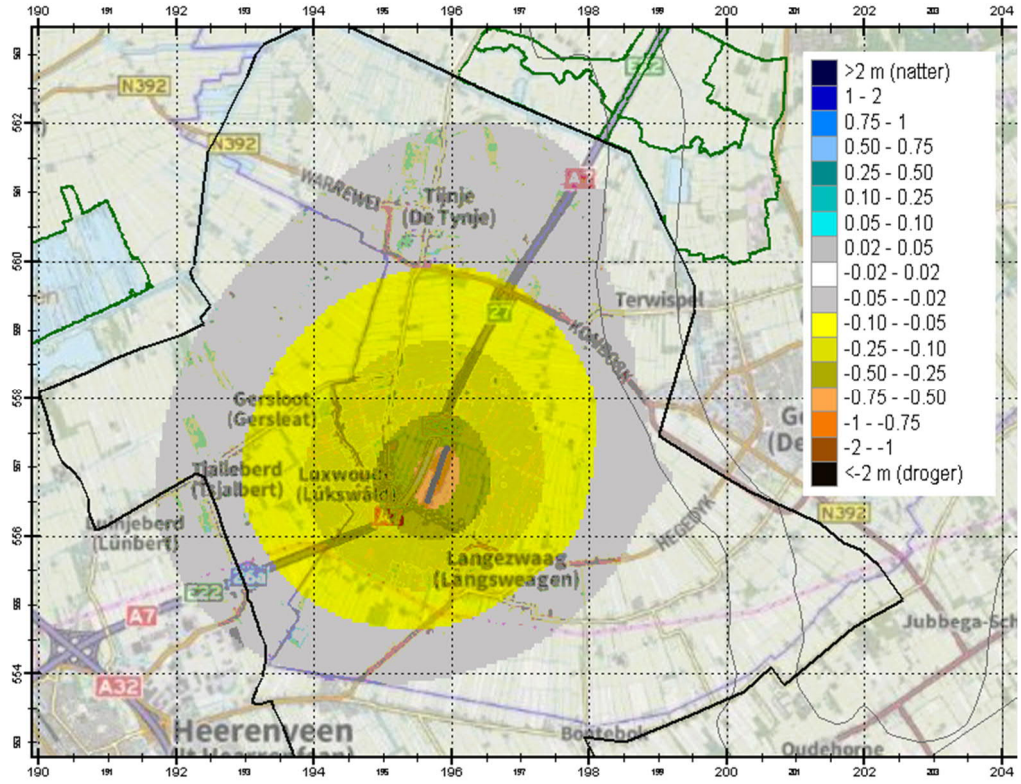
Figuur 3.2: Freatische verlagingen in de GLG-situatie

3.4.3 Verlagingen stijghoogte bepompt pakket

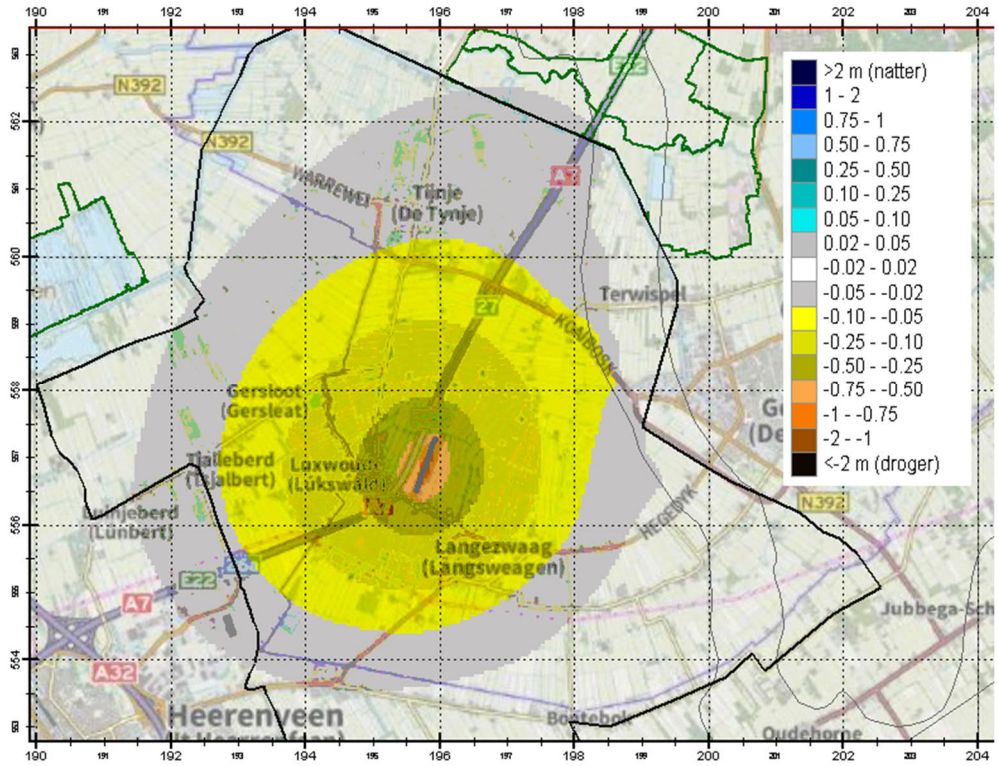
In Figuur 3.3 en Figuur 3.4 zijn de verlagingen van de stijghoogte in het bepompte pakket weergegeven, voor respectievelijk de GVG-situatie en GLG-situatie. De maximale verlaging direct bij het puttenveld is in beide situaties ca. 1,0 m (in bovenste deel bepompt pakket; WVL9). De verlagingscontouren hebben een ovale vorm en liggen in een NO-ZW oriëntatie. Deze heeft twee oorzaken:

- De 2 cm-verlagingscontour loopt in noordoostelijk richting verder uit als gevolg van de hoge potklei-weerstand (Peelo-klei 1) tussen Tijnje en Van Oordt's Mersken.
- De 2 cm-verlagingscontour wordt afgekapt door het Peelo-tunneldal bij Terwispel, wat in het model een geringere doorlatendheid heeft dan de zandlagen hierbuiten.

In de GVG-situatie reikt de 5 cm-verlagingscontour tot ca. 3 km, de 2 cm-verlagingscontour tot ca. 5 km. Daarmee reiken de verlagingscontour niet tot in N2000-gebieden Van Oordt's Mersken of De Deelen. In de GLG-situatie reiken beide contouren iets verder, met name in noordoostelijke richting. Hiermee reikt de 2 cm-verlagingscontour net tot in het zuidwestelijk deel van Oordt's Mersken. De 5 cm-verlagingscontour blijft hier ruim buiten.



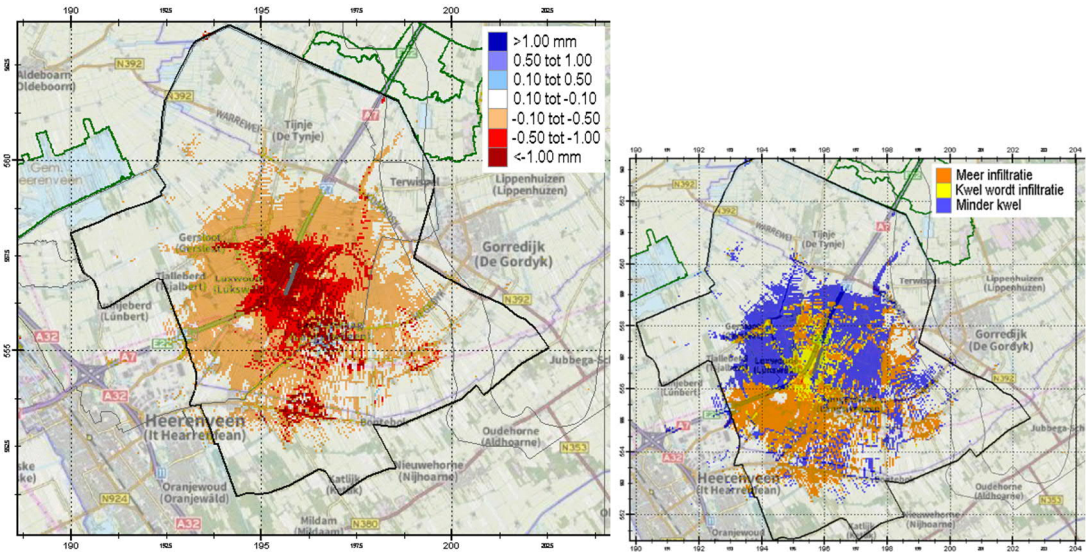
Figuur 3.3: Verlagingen in bepompt pakket (WVL10) in de GVG-situatie



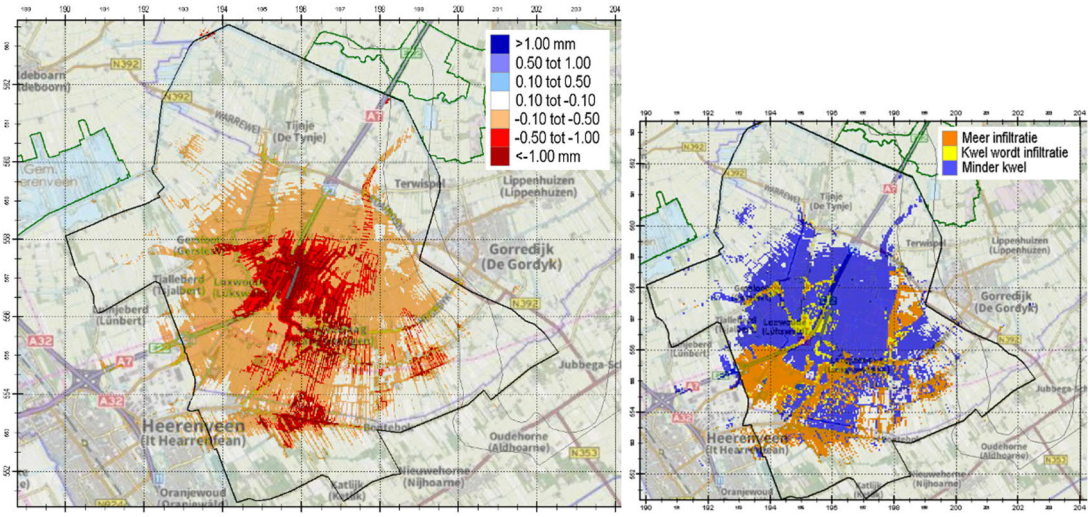
Figuur 3.4: Verlagingen bepompt pakket (WVL10) in de GLG-situatie

3.4.4 Effect op kwel- en wegzijgingsfluxen

De berekende kwel- en wegzijgingsfluxen zijn weergegeven in Bijlage 13. In Figuur 3.5 en Figuur 3.6 zijn de veranderingen in kwel- en wegzijgingsfluxen weergegeven voor zowel de GVG- als GLG-situatie. In beide gevallen slaat voor meerdere percelen direct rondom het puttenveld (tot ca. 1 km) de kwel om in een wegzijging. Verder ten westen, noorden en oosten van het puttenveld neemt de kwelflux met ca. 1,0 tot 0,1 mm/d af. Ten zuiden van het puttenveld op de hogere infiltratiegronden neemt de wegzijgingsflux met ca. 0,1 tot 0,5 mm toe. Binnen de N2000-begrenzing worden geen effecten op de kwel- en wegzijging berekend. De begrenzing van het gebied waar 0,1 mm/d of meer verandering in kwel- of wegzijgingsfluxen optreedt, is over het algemeen iets groter dan de begrenzing van de freatische 2 cm-verlagingscontour.



Figuur 3.5: Verandering in kwel- en wegzijgingsfluxen in de GVG-situatie



Figuur 3.6: Verandering in kwel- en wegzijgingsfluxen in de GLG-situatie

3.4.5 Effect op afvoer Fjouwer Kriten

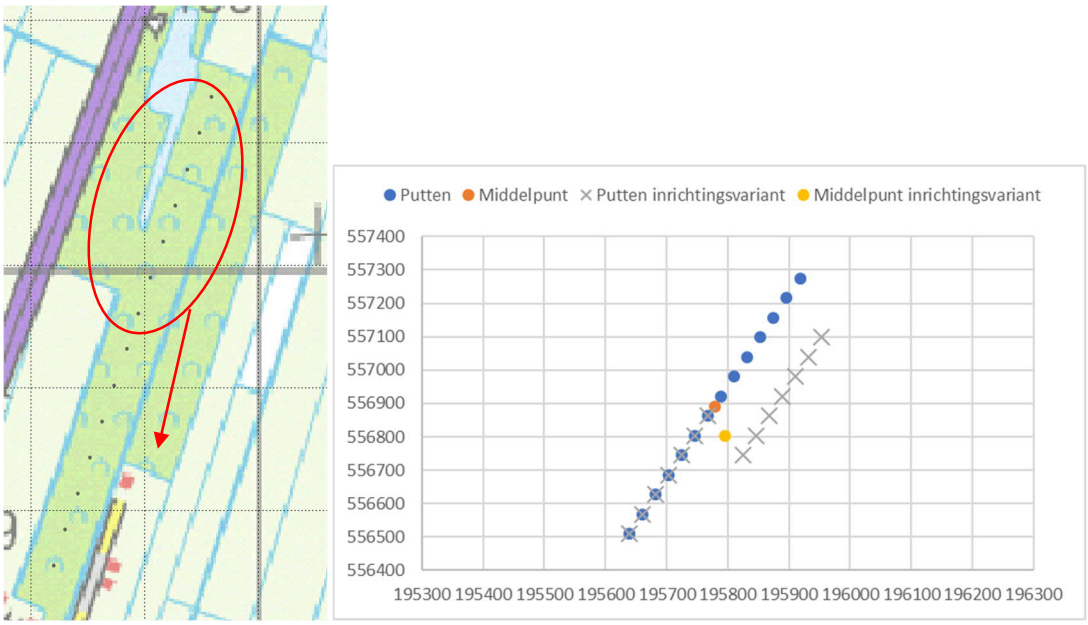
In Tabel 3-2 is de berekende afname van de afvoer van de Fjouwer Kriten weergegeven voor de laatste 8 jaar van de modelperiode. De gemiddelde afvoer neemt af van 45,5 miljoen m^3/jaar tot 41,0 miljoen m^3/jaar, een afname van 4,5 miljoen m^3/jaar (ca. 10%).

Tabel 3-2: Afname afvoer Fjouwer Kriten

Jaar	Afvoer REF28 (Mm^3/j)	Afvoer WINNING28 (Mm^3/j)
2007	52,1	47,6
2008	47,4	43,0
2009	42,3	38,0
2010	46,7	42,1
2011	42,0	37,6
2012	46,8	42,4
2013	41,1	36,8
2014	45,5	40,9
Gemiddeld (2007-2014)	45,5	41,0

3.5 Scenario 2: Inrichtingsalternatief

Een andere inrichting van het puttenveld kan mogelijkerwijs bijdragen aan het mitigeren van de effecten van de winning Luxwoude. Binnen de beperkte ruimte van het beoogde winterrein is berekend wat de maximale verschuiving van het zwaartepunt van de winning in zuidelijke richting kan zijn om zo mogelijk eventuele natuureffecten in noordoostelijke richting te verkleinen.



Figuur 3.7: Verschuiving zwaartepunt door putten zo zuidelijk mogelijk op het terrein te plaatsen

In Figuur 3.7 is te zien dat het verschuiven van de 7 meest noordelijke putten naar het naastgelegen perceel (zo zuidelijk mogelijk) ‘slechts’ resulteert in een zwaartepuntverschuiving van 20 meter in oostelijke richting en 90 meter in zuidelijke richting.

De 2 cm-verlagingscontour in het bepompte pakket reikt in de GLG-situatie nog steeds tot in Van Oordt's Mersken. In het basisscenario overschrijdt deze contour de begrenzing van Oordt's Mersken namelijk met ca. 350 m.

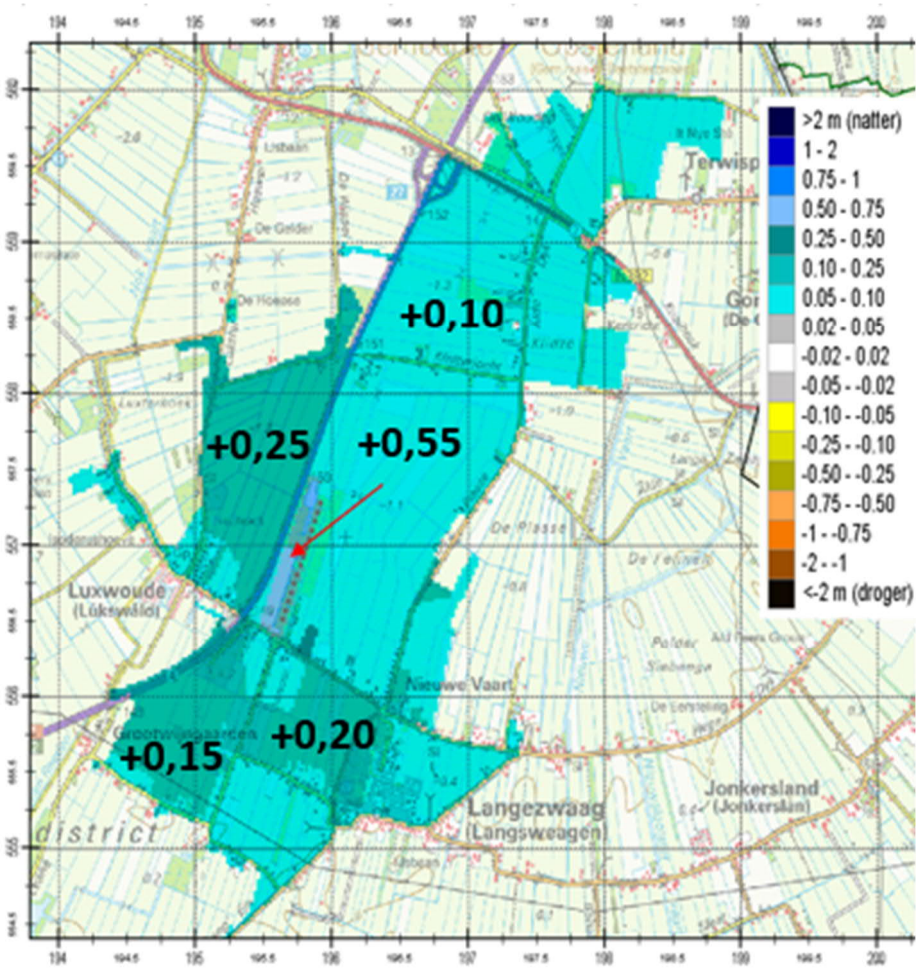
Met een inrichtingsalternatief is het daarom niet mogelijk om eventuele negatieve effecten bij Van Oordt's Mersken te mitigeren. Door de andere putopstelling zullen de verlagingen in het bepompte pakket direct bij het winveld wel iets verschuiven, waardoor de verlaging bij de noordelijke putten zal afnemen terwijl deze bij de zuidelijke zal toenemen. Het netto effect van deze verschuivingen op het freatisch systeem zal gering zijn; op de percelen nabij de zuidelijke putten zal de freatische verlaging iets groter zijn, terwijl deze op de percelen nabij de noordelijke putten juist iets kleiner zal zijn.

3.6 Scenario 3: Mitigerende maatregelen

3.6.1 Schematisatie mitigerende maatregelen

Vanuit de werkgroep is peilopzet als een mogelijk effectieve maatregel benoemd om de effecten van de winning Luxwoude te mitigeren. Door hogere peilen in het oppervlaktewatersysteem wordt minder kwelwater afgevoerd, wat de verlagingen dempt. Om het effect hiervan in beeld te krijgen, is een verkennende berekening opgesteld. Hierbij is op basis van de maximale verlagingen uit het basisscenario (GLG-situatie, zie Figuur 3.2) de mate van peilopzet in de droge periode (zomerpeil) bepaald. Hierbij is nog geen rekening gehouden met de praktische uitvoerbaarheid met betrekking tot afwatering of de wenselijkheid van deze peilverhogingen.

Op basis van de begrenzingen van de peilvakken is de gemiddelde verlaging van de GLG per peilvak bepaald. Hierbij zijn alleen de gemiddelde verlagingen van 5 cm of meer beschouwd, die daarna in stappen van 5 cm verlaging zijn ingedeeld (waar nodig is omhoog afgerond). Met deze waarden is het zomerpeil opgezet, zie Figuur 3.8. Deze peilopzet is doorgevoerd voor alle watergangen (legger, top10lijnen en top10vlakken).

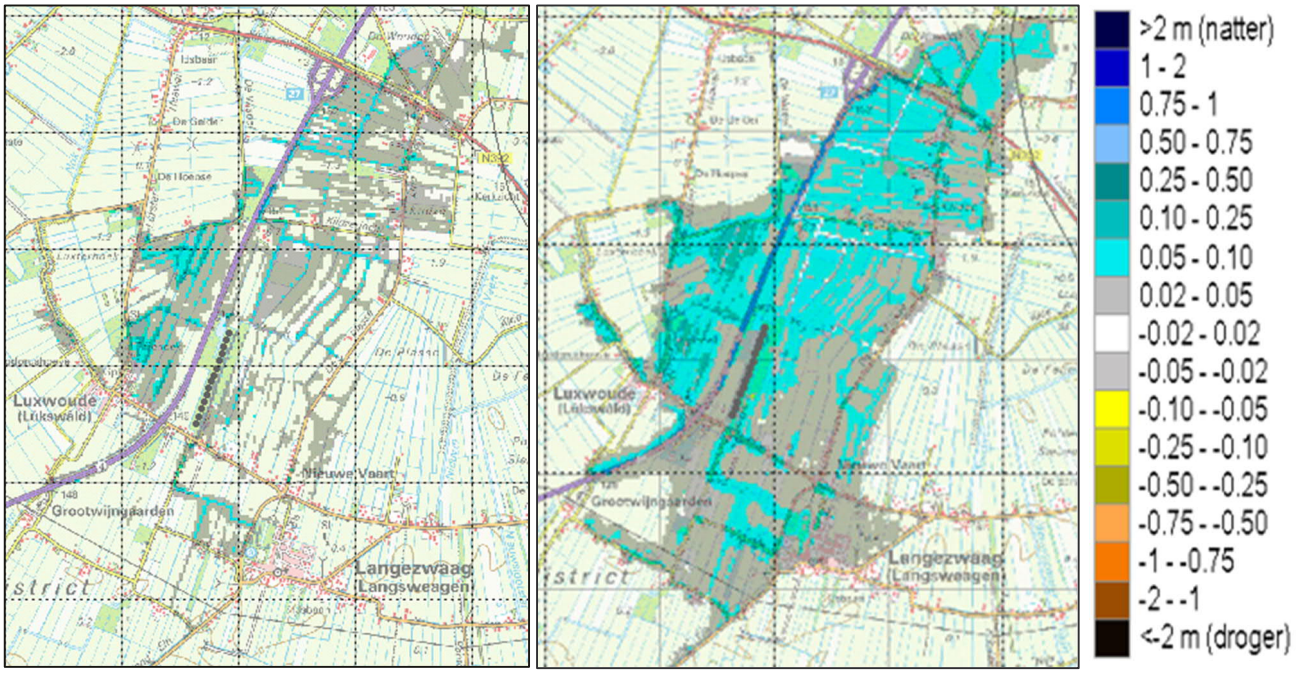


Figuur 3.8: Opzet zomerpeilen

3.6.2 Verlagingen freatisch grondwater

In bijlage 14 zijn de verlagingen van de freatische GVG en GLG weergegeven. In Figuur 3.9 zijn de verschillen ten opzichte van het basisscenario 1 weergegeven.

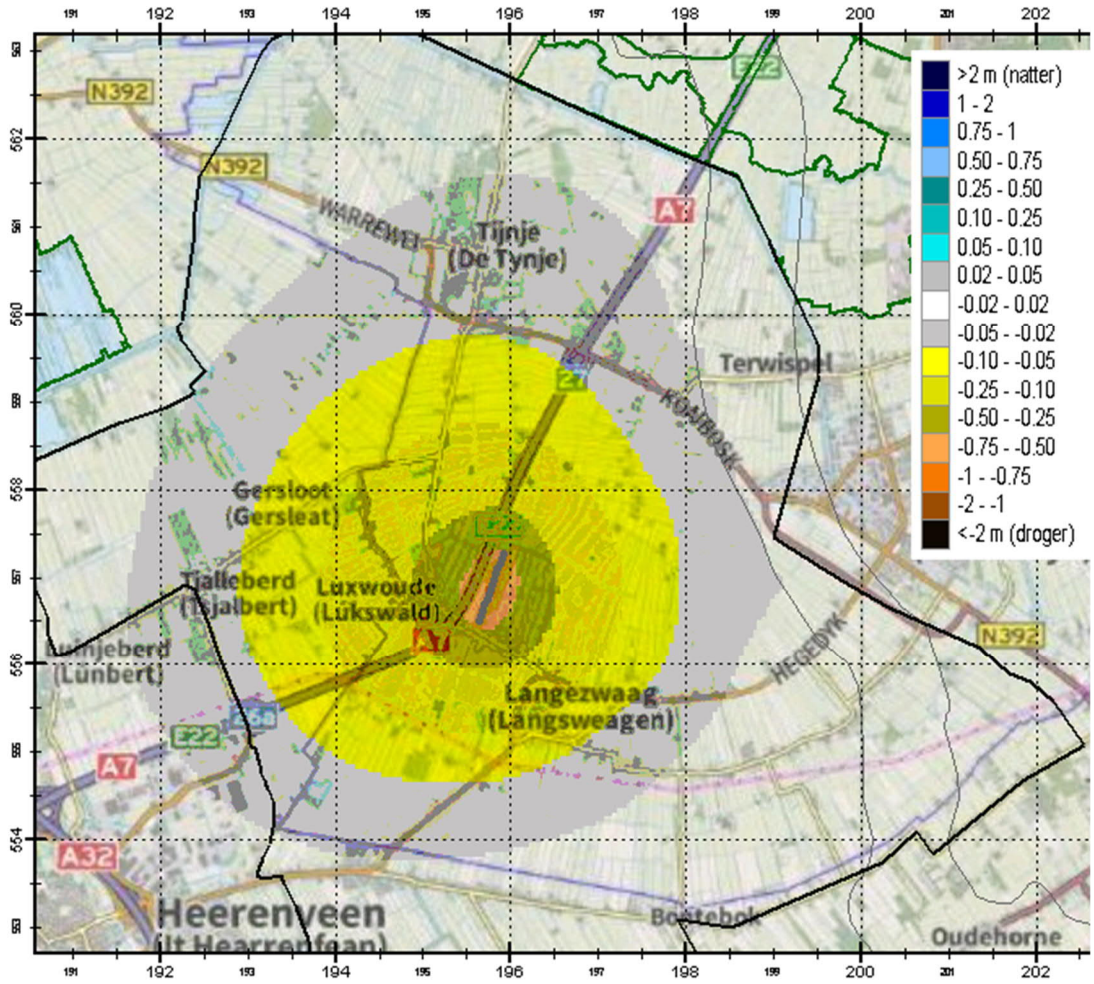
De freatische verlagingen in zowel de GVG- als GLG-situatie zijn in de meeste gevallen tot 10 cm kleiner dan zonder mitigerende maatregelen. In de GVG-situatie is dit effect grotendeels beperkt tot direct rondom de watergangen. In de GLG-situatie is dit effect meer vlak dekkend. In de GLG-situatie is te zien dat zowel de 25 cm-verlagingscontour als 5 cm-verlagingscontour (met name aan de noordzijde van het puttenveld) duidelijk kleiner zijn. Zowel ten noorden als zuiden van de N392 worden zelfs lokaal netto freatische verhogingen berekend (zie bijlage 14). Het effect van de peilopzet (gebaseerd op de gemiddelde berekende verlaging per peilvak) is hier groter dan de verlaging door de winning ter plaatse.



Figuur 3.9: Verschil in verlagingen freatische GVG (links) en GLG (rechts) ten opzichte van het basisscenario 1 door het opzetten van het zomerpeil

3.6.3 Verlagingen stijghoogte bepompt pakket

Als gevolg van het verhogen van het zomerpeil worden de verlagingscontouren in het bepompt pakket voor de GLG-situatie grotendeels gelijk aan de verlagingscontouren voor de GVG-situatie. De verlagingen in de GLG-situatie zijn weergegeven in Figuur 3.10. Met name aan de noordzijde van het puttenveld zijn zowel de 5 cm- als de 2 cm-verlagingscontour kleiner. Hiermee reikt de 2 cm-verlagingscontour niet meer tot in Van Oordt's Mersken. Daarmee is peilopzet een effectieve mitigerende maatregel om de verlagingscontouren in het bepompte pakket te beperken. Vooral peilopzet in het grote peilgebied (huidig peil NAP -2,7 m; zomerpeil modelmatig 10 cm verhoogd) ten noordoosten van het puttenveld lijkt bij te dragen aan het beperken van de 2 cm-verlagingscontour in noordelijke richting.



Figuur 3.10: Verlagingen bepompt pakket (WVL10) in de GLG-situatie met peilopzet

3.6.4 Effect op kwel- en wegzijgingsfluxen

In bijlage 15 zijn de berekende kwel- en wegzijgingsfluxen na zomerpeilopzet weergegeven voor zowel de GVG- als de GLG-situatie. In bijlage 16 zijn de veranderingen in de fluxen voor beide situaties weergegeven ten opzichte van de referentiesituatie. De zonering van de gebieden waar de fluxen meer dan 0,1 mm/d en 0,5 mm/d veranderen, zijn grotendeels onveranderd gebleven. Ten noorden van de N392 is te zien dat de fluxen (hier specifiek kwelfluxen) meer zullen afnemen dan in de situatie zonder mitigerende maatregelen, omdat de GVG en vooral GLG hier nu stijgen als gevolg van de peilopzet.

3.6.5 Effect op afvoer Fjouwer Kriten

In Tabel 3-3 is de berekende afname van de afvoer van de Fjouwer Kriten weergegeven voor de laatste 8 jaar van de modelperiode na peilopzet. De gemiddelde afvoer blijft nagenoeg gelijk aan het basisscenario (beide 41,0 Mm^3/jaar). De lagergelegen peilvakken ten noordwesten van het puttenveld zullen naar verwachting meer bepalend zijn voor de afvoer van de Fjouwer Kriten dan deze peilgebieden langs de oostelijke grens van het bemalingsgebied.

Tabel 3-3: Afname afvoer Fjouwer Kriten na peilopzet

Jaar	Afvoer REF28 (Mm^3/j)	Afvoer WINNING28 met peilopzet (Mm^3/j)
2007	52,1	47.5
2008	47,4	42.9
2009	42,3	38.0
2010	46,7	42.1
2011	42,0	37.5
2012	46,8	42.3
2013	41,1	36.8
2014	45,5	40.9
Gemiddeld (2007-2014)	45,5	41,0

4 Effecten winning Luxwoude 2050

4.1 Algemeen

De Commissie MER adviseert om naast scenario's voor het huidige klimaat, ook een doorkijk te geven naar de effecten in het jaar 2050, en daarbij rekening te houden met de mogelijke langere termijn gevolgen van klimaatverandering voor het grondwatersysteem.

Voor het toekomstige klimaat zijn de scenario's zoals weergegeven in Tabel 4-1 doorgerekend. De uitgangspunten en de hydrologische effecten voor deze scenario's zijn beschreven in dit hoofdstuk.

Tabel 4-1: Scenario's toekomstig klimaat (jaar 2050)

Scenario	Omschrijving
0_2050	Referentie 2050
1_2050	Winning 6,5 Mm3/jaar

Voor bovenstaande scenario's is een modelperiode van 2050-2064 gebruikt, waarbij conform de eerdere scenario's de GxG's en gemiddelde afvoer zijn bepaald over de laatste 8 jaar (2057-2064).

4.2 Referentiesituatie 2050

4.2.1 Inleiding

Voor het bepalen van de effecten op de langere termijn dient in de referentiesituatie rekening te worden gehouden met autonome ontwikkelingen. Naast de vergunde winning AWARE is voor de referentiesituatie 2050 rekening gehouden met de volgende twee aspecten:

1. Klimaatverandering;
2. Bodemdaling.

4.2.2 Klimaatverandering

In de Brede Grondwaterstudie Fryslân (RHDHV, 2019)[11] is voor klimaatverandering gerekend met scenario Gh (gematigd). Zowel in het Gh- als het meer extreme Wh-scenario is in 2050 het restveen in het zoekgebied Luxwoude verdwenen. Besloten is in deze studie voor het jaar 2050 uit te gaan van het worst case Wh-scenario. De verschillen tussen deze klimaatscenario's van het KNMI zijn weergegeven in bijlage 17.

Door een berekening voor het huidige klimaat (2028) en het toekomstig worst-case klimaat (2050 Wh) wordt de maximale bandbreedte van de effecten berekend. Hieronder volgen de kerncijfers van klimaatscenario 2050 Wh ten aanzien van landelijke neerslag en verdamping:

- Gemiddelde jaarhoeveelheid neerslag: +5%.
- Gemiddelde jaarhoeveelheid potentiële verdamping: +7%.
- Gemiddelde winterhoeveelheid neerslag: +17%.
- Gemiddelde zomerhoeveelheid neerslag -13% (waarbij piekbuien wel toenemen).
- Gemiddelde zomerhoeveelheid potentiële verdamping: +11%.

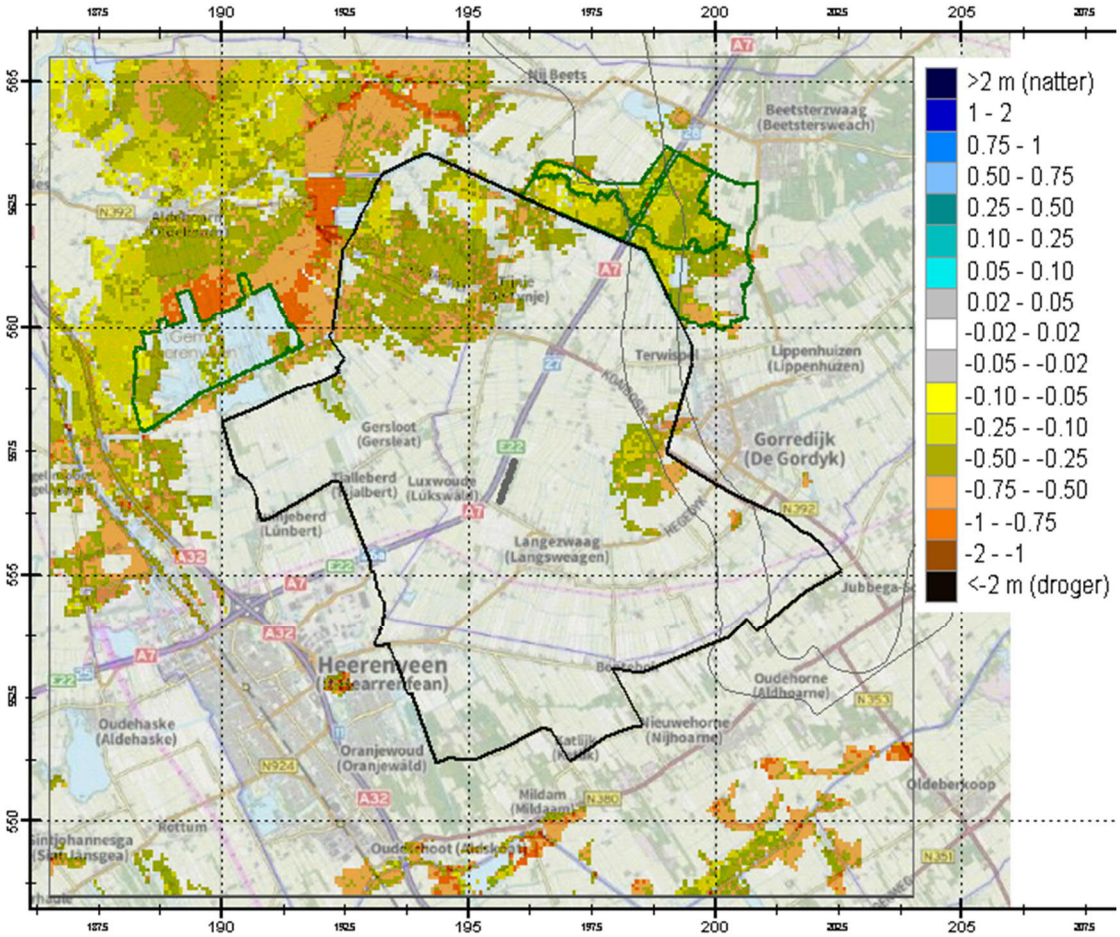
Via het KNMI Data Centre zijn de grids van de dagelijkse neerslag en verdamping voor het klimaatscenario 2050WH gedownload (periode 2035-2064) en omgezet naar het invoerformat voor MetaSWAP.

4.2.3 Bodemdaling

De bodemdaling is voor de autonome ontwikkeling in deze studie vooral relevant waar het gaat om eventuele verlagingen in het oppervlaktewaterpeil om een verminderde drooglegging door bodemdaling te compenseren.

Voor de bodemdaling door veenoxidatie is uitgegaan van het huidige vastgestelde beleid (Veenweidevisie Provincie Fryslân 2015). Deze gaat uit van oppervlaktewaterpeilen volgen bodemdaling. Ook in de Brede Grondwaterstudie Fryslân is hiervan uitgegaan.

Wetterskip Fryslân heeft de (door hen berekende) bodemdaling in 2050 voor het klimaatscenario 2050Wh aangeleverd. Deze bodemdaling is weergegeven in Figuur 4.1. De maximale bodemdaling in het modelgebied is 0,93 m, binnen het zoekgebied is dit 0,60 m. Binnen 2 km van de winning wordt geen bodemdaling verwacht. Deze bodemdaling is op pixelniveau verwerkt in het MIPWA-maaiveldbestand voor 2050.



Figuur 4.1: Bodemdaling in 2050 onder het klimaatscenario 2050Wh

Naast bodemdaling door veenoxidatie is er binnen het zuidelijke deel van het modelgebied ook sprake van bodemdaling door gaswinning bij Langezwaag. De prognose van de berekende 0,1 cm bodemdalingscontour van Vermillion Oil & Gas Netherlands BV is weergegeven in bijlage 18. Deze contour ligt buiten het beoogde puttenveld voor Luxwoude. Ook is in deze bijlage de gehele berekende bodemdalingskom weergegeven. De maximale bodemdaling door gaswinning is volgens dit figuur kleiner dan 2 cm (20 mm).

Er is hoogstens sprake van overlap tussen de eerder berekende 5 cm-stijghoogteverlagingscontour van Luxwoude (bepompt pakket) en de 1 cm-bodemdalingscontour. Bij het bepalen van de peilverlaging is daarom geen rekening gehouden met de bodemdaling door gaswinning, deze effecten zijn voor deze studie te klein.

De bodemdaling is via de volgende stappen verwerkt tot peilverlagingen:

1. De gemiddelde bodemdaling per peilvak is vastgesteld (bijlage 19).
2. Het leggerpeil (zowel zomer- als winterpeil) en de bodemhoogte is verlaagd met de gemiddelde bodemdaling zolang de bodemhoogte niet boven het peilvakpeil uitkomt (op deze manier worden dus alleen de watervoerende sloten aangepast).
3. Het peil (zowel zomer- als winterpeil) en de bodemhoogte van de top10lijn-waterlopen is verlaagd met de gemiddelde bodemdaling zolang de bodemhoogte niet boven het peilvakpeil uitkomt (op deze manier worden dus alleen de watervoerende sloten aangepast).
4. Het peil (zowel zomer- als winterpeil) en de bodemhoogte van de top10vlakken-waterlopen is verlaagd met de gemiddelde bodemdaling zolang de bodemhoogte niet boven het peilvakpeil uitkomt (op deze manier worden dus alleen de watervoerende sloten aangepast). Het Friese boezemsysteem (vast peil NAP -0,52 m) is niet aangepast en blijft dus op peil.
5. Het drainagepeil is verlaagd met de gemiddelde bodemdaling.
6. Het greppelpeil is verlaagd met de gemiddelde bodemdaling.

De verlagingen in oppervlaktewaterpeilen voor de diverse bestanden is weergegeven in bijlage 20. Zowel de maaivelddaling als de peilverlagingen voor de situatie 2050 is in het niet-stationaire model doorgevoerd voor de hele modelperiode.

4.2.4 Hydrologische situatie 2050

De GxG's in het freatische en bepompte pakket voor de referentiesituatie 2050 zijn weergegeven in bijlage 21. De uitgangssituatie ten aanzien van ruimtelijke kwel- en infiltratiefluxen over de keileem (tussen WVL1 en WVL4) in zowel de GVG- als GLG-situatie zijn weergegeven in bijlage 22.

De GVG's en GLG's zijn allen lager dan in de referentiesituatie 2028, zowel in het freatisch pakket als het bepompt pakket. Het laagste punt van Friesland ligt in de referentiesituatie 2050 iets lager (NAP -2,70 m t.o.v. NAP -2,54 m voor de GLG-situatie) en iets verder naar het noordwesten ten opzichte van de referentiesituatie 2028. Deze verschuiving komt doordat de bodemdaling ten noordwesten van het zoekgebied groter is dan de bodemdaling in het zoekgebied zelf.

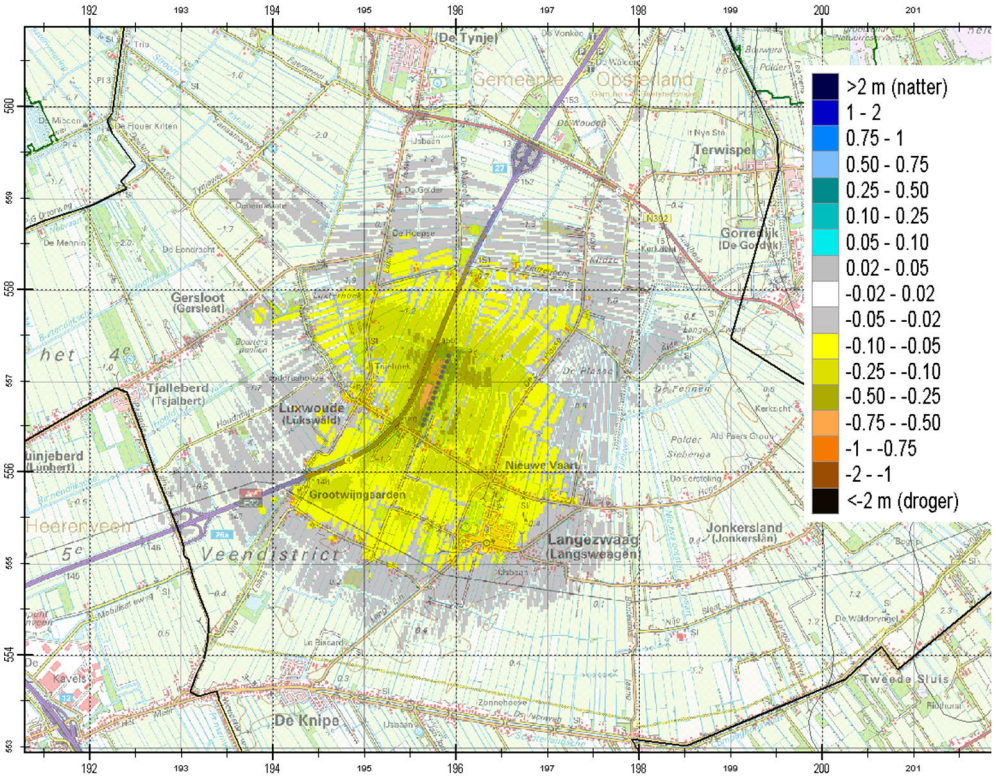
Ter plaatse van het puttenveld zijn de verschillen tussen de GxG's van beide referentiesituaties 2028 en 2050 gering. Alleen de GLG's zijn in 2050 tot 10 cm lager, zowel freatisch als in het bepompte pakket.

De maatgevende gemiddelde afvoer van de Fjouwer Kriten is in de referentiesituatie 2050 nauwelijks veranderd. Deze is 45,7 Mm^3/jaar, ten opzichte van 45,5 Mm^3/j in de referentiesituatie 2028.

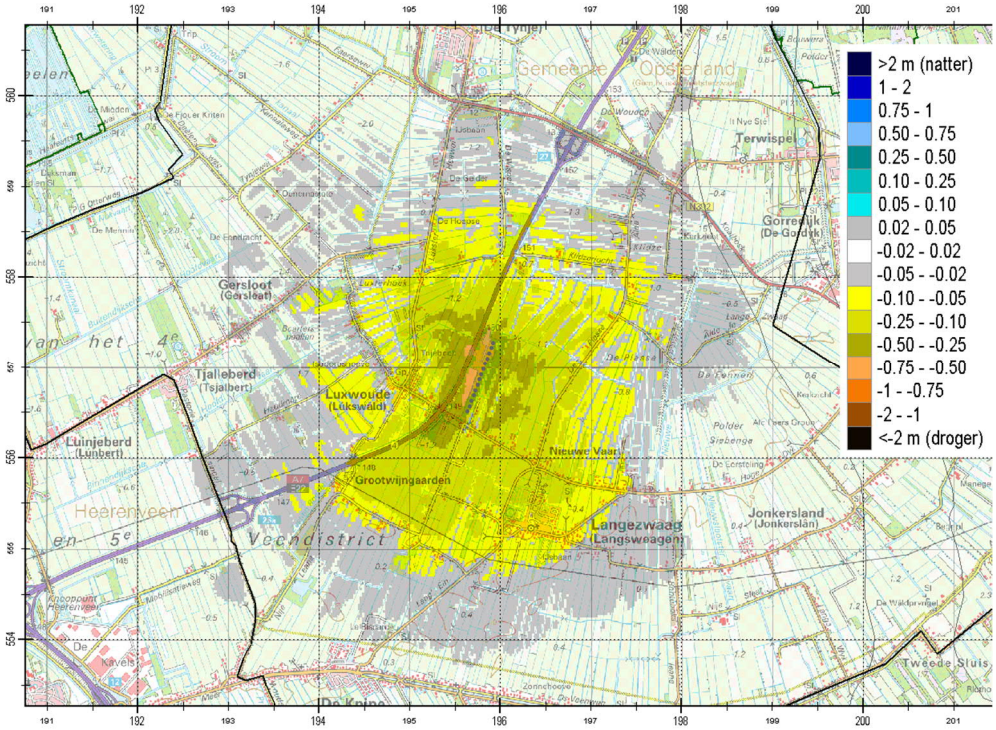
4.3 Basisscenario 1: Onttrekking Luxwoude 2050

4.3.1 Verlagingen freatisch grondwater

De freatische verlagingen in de GVG-situatie en GLG-situatie zijn weergegeven in respectievelijk Figuur 4.2 en Figuur 4.3. De verschillen ten opzichte van de freatische verlagingen in het basisscenario voor 2028 zijn gering en vallen in beide situaties bijna geheel binnen 5 cm.



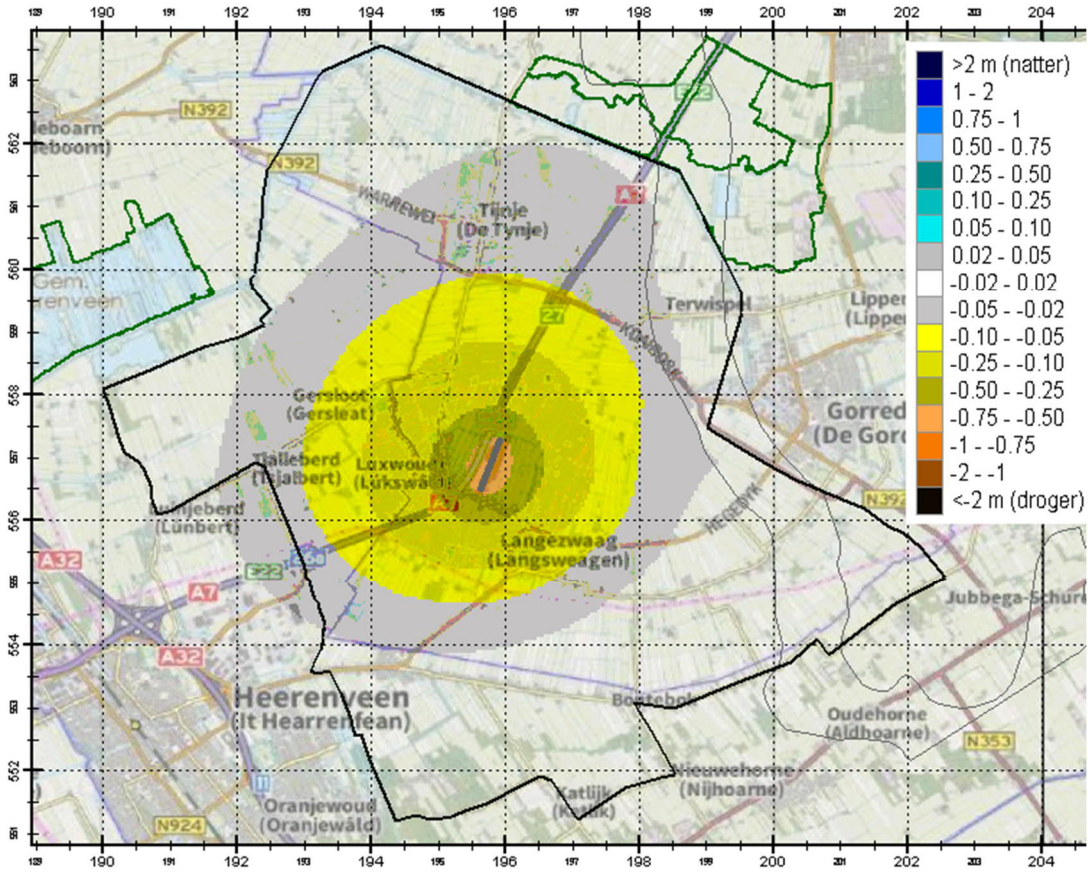
Figuur 4.2: Freatische verlagingen in de GVG-situatie van 2050



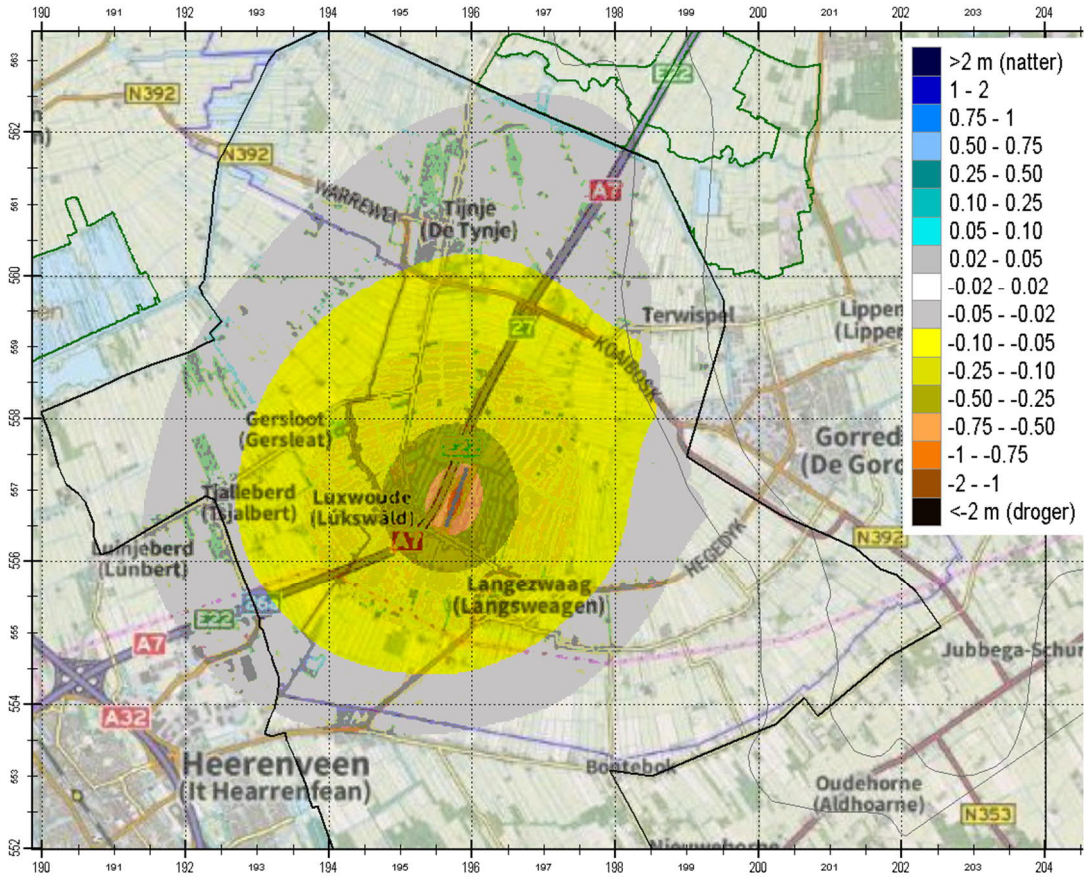
Figuur 4.3: Freatische verlagingen in de GLG-situatie van 2050

4.3.2 Verlagingen stijghoogte bepompt pakket

De verlagingen van de stijghoogte in het bepompt pakket in 2050 zijn weergegeven in Figuur 4.4 (GVG situatie) en Figuur 4.5 (GLG situatie). De verschillen ten opzichte van de eerder berekende stijghoogteverlagingen in 2028 zijn zeer gering (< 2 cm). Ook voor de GLG-situatie van 2050 worden stijghoogteverlagingen van ca. 2 cm berekend binnen Van Oordt's Mersken. De stijghoogte wordt direct bij het puttenveld verlaagd tot ca. NAP -3,25 m (verlaging GLG-situatie in bovenste deel bepompt pakket WVL9), dit was tot ca. NAP -3,20 m voor de GLG-situatie van 2028 (zie ook het onderdeel verzilting in H6).



Figuur 4.4: Verlagingen bepompt pakket (WVL10) in de GVG-situatie van 2050



Figuur 4.5: Verlagingen bepompt pakket (WVL10) in de GLG-situatie van 2050

4.3.3 Effect op kwel- en wegzijgingsfluxen

In bijlage 23 zijn de berekende kwel- en wegzijgingsfluxen weergegeven voor de winningssituatie 2050, voor zowel de GVG- als de GLG-situatie. In bijlage 24 zijn de veranderingen in de fluxen voor beide situaties ten opzichte van de referentiesituatie 2050 weergegeven. De effectgebieden zijn nagenoeg onveranderd ten opzichte van de effectgebieden voor de winningssituatie 2028 en blijven op wat geïsoleerde plekken na binnen het zoekgebied.

4.3.4 Effect op de afvoer van de Fjouwer Kriten

In Tabel 4-2 is de berekende afname van de afvoer van de Fjouwer Kriten weergegeven voor de laatste 8 jaar van de modelperiode. De gemiddelde afvoer neemt met ca. 9% af, dit is in dezelfde lijn als de afname voor het basisscenario 2028.

Tabel 4-2: Afname afvoer Fjouwer Kriten door winning Luxwoude in situatie 2050

Jaar	Afvoer REF50 (Mm^3/j)	Afvoer WINNING50 (Mm^3/j)
2007	41.5	37.5
2008	49.6	45.2
2009	41.3	37.1
2010	40.2	36.1
2011	53.1	48.7
2012	48.5	44.2
2013	44.6	40.4
2014	47.0	42.6
Gemiddeld (2057-2064)	45,7	41,5

5 Stroombaananalyses voorkeursalternatief

5.1 Algemeen

Op basis van de alternatieven heeft Vitens een voorkeursalternatief bepaald. Dit is het basisscenario 2028 met een onttrekking Luxwoude van 6,5 Mm^3/jaar, zonder mitigerende maatregelen. Uit gesprekken met de streek en overleg met de Begeleidingscommissie waterwinning Luxwoude is namelijk naar voren gekomen dat een peilverhoging als mitigerende maatregel gevoelig ligt in de streek. In een droge zomer wordt peilopzet als een prima maatregel gezien, maar het blijft maatwerk. Vitens geeft daarom aan voor nu uit te willen gaan van het basisscenario. Een peilopzet in de toekomst wordt zeker niet uitgesloten als uit het onderzoek van Aequator blijkt dat er droogteschade optreedt. Vitens is overigens zelf niet bevoegd om een peilverhoging door te voeren. Het Wetterskip is hier leidend en de provincie Fryslân is bevoegd gezag.

Voor het voorkeursalternatief zijn eerst stroombaananalyses uitgevoerd met de focus op de volgende aspecten:

- Bepaling intrekgebied vanaf grondwaterpeil (100-jaarszone).
  - Voor de effectbeschrijving is ook de 100-jaarszone in het bepompt pakket bepaald, zie het volgende hoofdstuk (Figuur 6.3).
- Analyse invloed van de nabijgelegen zandwinplas.
- Bepaling leeftijdsverdeling van het onttrokken water.

Na afronding van het eindconcept van deze rapportage heeft Vitens in mei 2021 de definitieve putconfiguratie vastgesteld. Het aantal putten is teruggebracht van 14 naar 12 en de putlocaties zijn vergelijkbaar met het inrichtingsalternatief. De filterdieptes en het totale onttrekkingsdebiet zijn hetzelfde gebleven. Conform de beschrijving bij het inrichtingsalternatief (paragraaf 3.5) hebben deze aanpassingen geen gevolgen voor de eerder berekende regionale hydrologische effecten van het voorkeursalternatief. Het zwaartepunt van de winning verschuift iets in zuidoostelijke richting waardoor de freatische verlagingen op de percelen direct ten noorden van het puttenveld iets kleiner zijn, op de percelen direct ten oosten van de winning zijn de freatische verlagingen juist iets groter. Deze verschillen zijn kleiner dan 10 cm en zijn dus slechts zeer lokaal merkbaar. Hiermee heeft deze aanpassing geen impact op de afgeleide effecten op de omliggende belangen zoals beschreven in de MER-rapportage.

De aanpassing van het puttenveld heeft dus hoogstens lokaal en met name in het bepompt pakket gevolgen. Daarom is wel een nieuwe ronde stroombaanberekeningen uitgevoerd met de focus op de volgende aspecten, deze zijn als laatste in dit hoofdstuk beschreven:

- Bepaling grondwaterbeschermingsgebied (25-jaarszone in bepompt pakket).
- Bepaling 60-dagenzone in bepompt pakket.

Bij het berekenen van de stroombanen wordt eerst achterwaarts gerekend om een grove inschatting van het herkomstgebied te maken. Vervolgens wordt hier een ruime buffer (2500 m) omheen gelegd en hier worden voorwaartse stroombanen op gestart. In onderstaande onderdelen zijn dan ook de resultaten van de voorwaartse berekeningen getoond. Bij het bepalen van de stroombanen vanuit de zandwinplas is wel direct voorwaarts gerekend.

De reistijden zijn berekend op basis van een effectieve porositeit van 0,35 voor de watervoerende modellagen en 0,10 voor de slecht doorlatende modellagen.

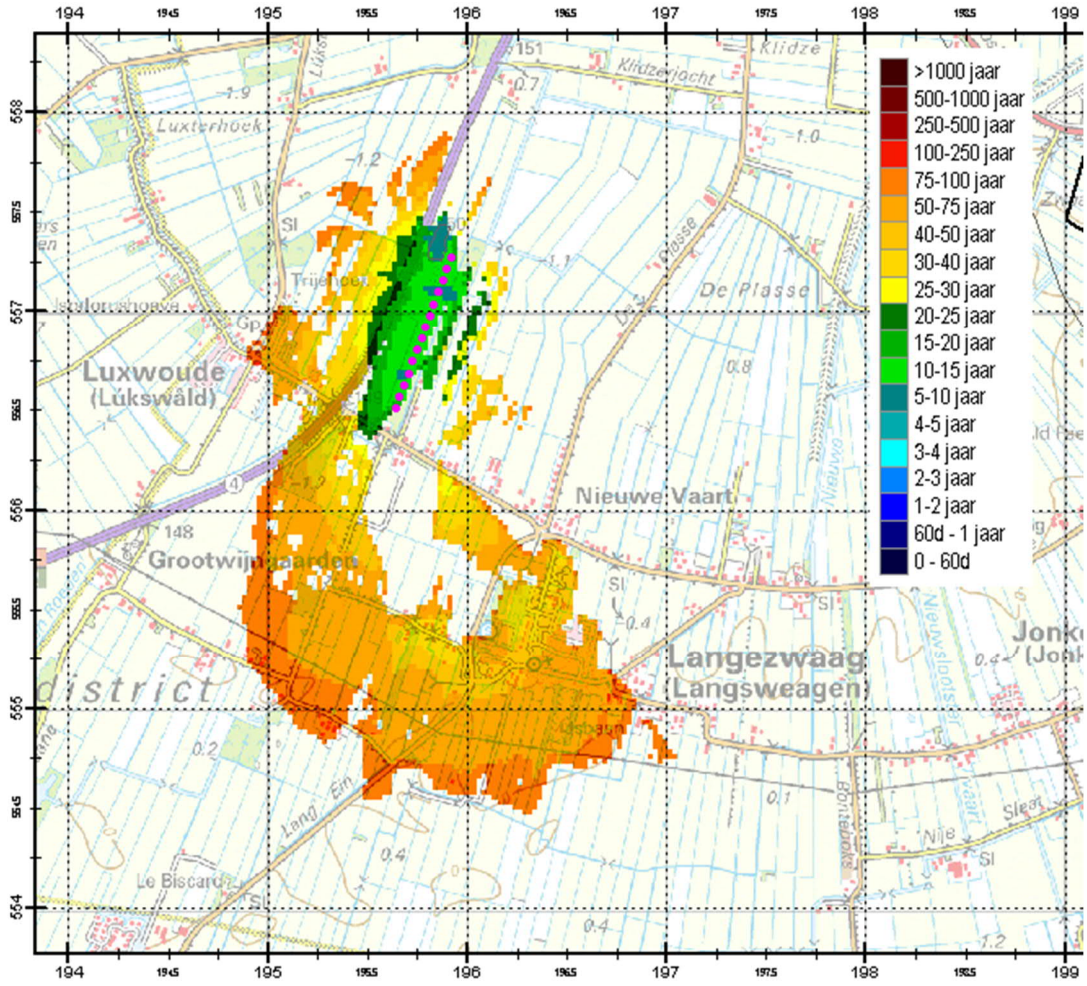
5.2 Bepaling intrekgebied

In Figuur 5.1 is het berekende intrekgebied vanaf grondwaterpeil tot een maximale reistijd van 100 jaar weergegeven. In bijlage 25 is het gehele intrekgebied vanaf grondwaterpeil weergegeven.

Het intrekgebied bestaat hoofdzakelijk uit 2 gebieden:
1. De directe omgeving van het puttenveld waar kwel omslaat in wegzijging;
2. Het hoger gelegen infiltratiegebied ten westen van Langezwaag.

In een groot deel van het omliggende landbouwgebied blijft er sprake van een netto kweldruk. Hier vangen de watergangen het water af, waardoor stroombanen niet naar de winputten lopen.

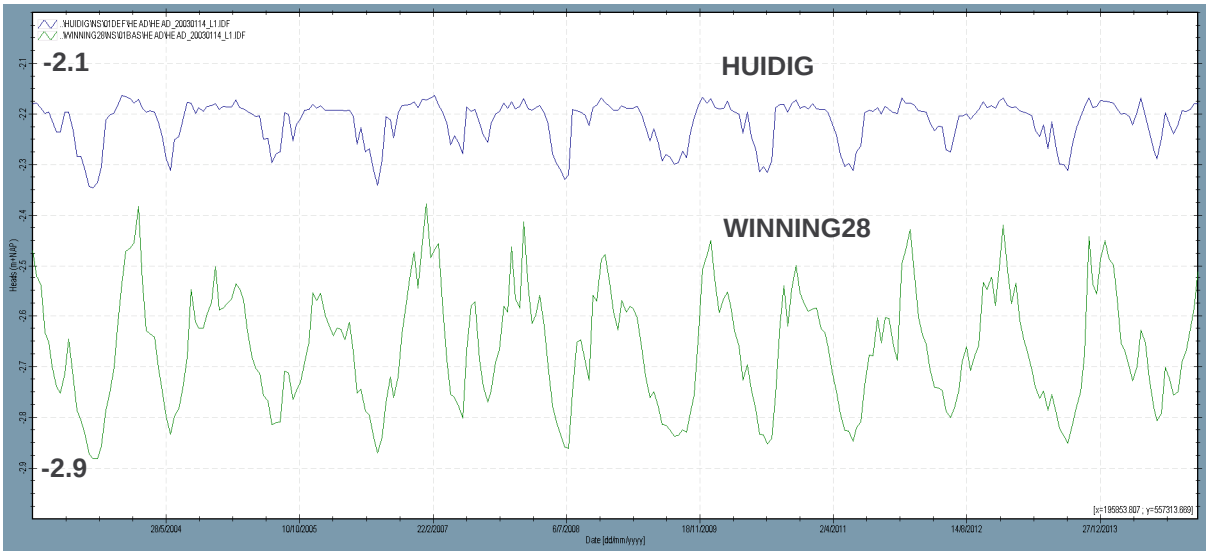
De zandwinplas en een deel van de ligging van de Oude Boorneloop (beekleem en geen keileem) vallen op met iets lagere reistijden dan de omgeving (<10 jaar). Dit is echter niet de kortste reistijd vanuit de zandwinplas, zie paragraaf 5.3.



Figuur 5.1: Intrekgebied vanaf grondwaterpeil (100-jaarszone)

5.3 Bepaling reistijd vanaf zandwinplas

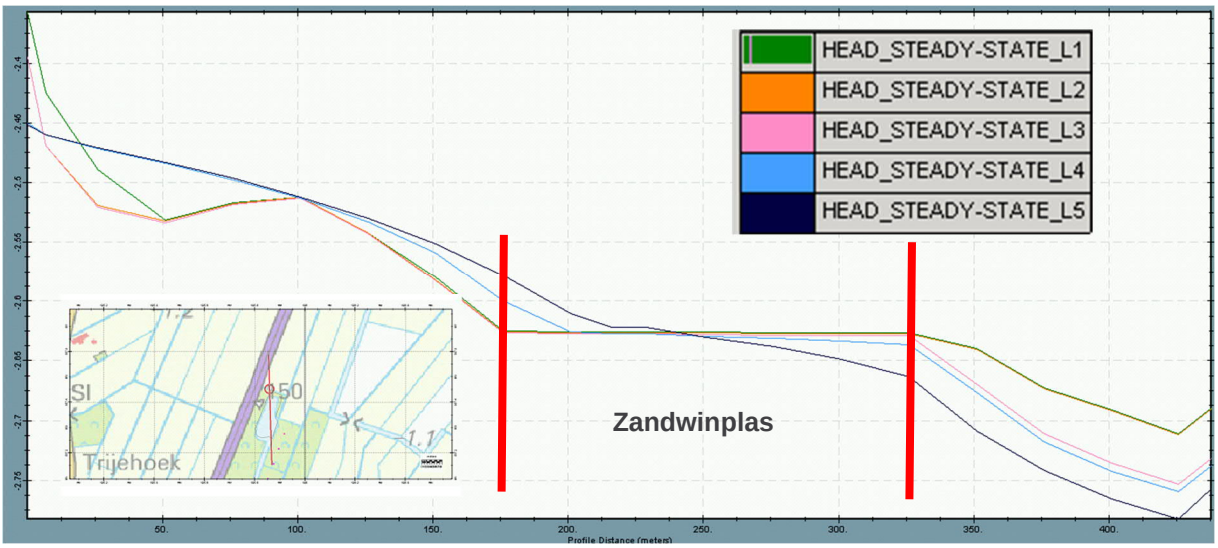
De zandwinplas gaat als gevolg van de grondwaterwinning van een kwellend systeem met afvoer in de huidige situatie naar een infiltrerende plas. Het plaspeil zakt mee met het uitzakkende grondwaterpeil. Zie Figuur 5.2 voor het niet-stationaire verloop van het plaspeil voor zowel de huidige situatie als de toekomstige situatie met de winning Luxwoude. Door het uitzakken van het plaspeil is er meer dynamiek in het plaspeil (geen aftopping natte pieken meer).



Figuur 5.2: Niet-stationaire verloop plaspeil 2003-2014 in huidige situatie en met winning

De zandwinplas is modelmatig verwerkt t/m WVL4 door alle kD's met een factor 1000 te vermenigvuldigen (simulatie open water). De tussenliggende C-waarden worden geminimaliseerd maar iMOD rekent alsnog met een minimale C-waarde van 1 dag. De plasbodem ligt modelmatig op ca. NAP -20 m (BOT4), in werkelijkheid is dit NAP -10,7 m. Hiermee is het waarschijnlijk dat de werkelijke reistijd vanuit de plas iets groter zal zijn dan de reistijd zoals berekend met het model.

In Figuur 5.3 zijn de stationaire stijghoogten binnen en buiten de plas weergegeven, zowel van de modellagen die binnen de plas open water aangeven (WVL1 t/m WVL4) als de stijghoogte daaronder (WVL5). Hierin is zichtbaar dat het water stroomopwaarts de plas instroomt (HEAD_L4 en HEAD_L5 hoger; de plas draineert het grondwater) en op het zuidelijke uiteinde weer infiltreert richting puttenveld (HEAD_L4 en HEAD_L5 lager). Door de grote kD-waarden en het nihil verticale potentiaalverschil in de plas is de stroming tussen de beide uiteindes voornamelijk horizontaal. Dit wordt bevestigd door de stromingsfluxen in de plas, met pas grote (neerwaartse) infiltratiefluxen in de meest zuidelijke cellen van de zandwinplas.



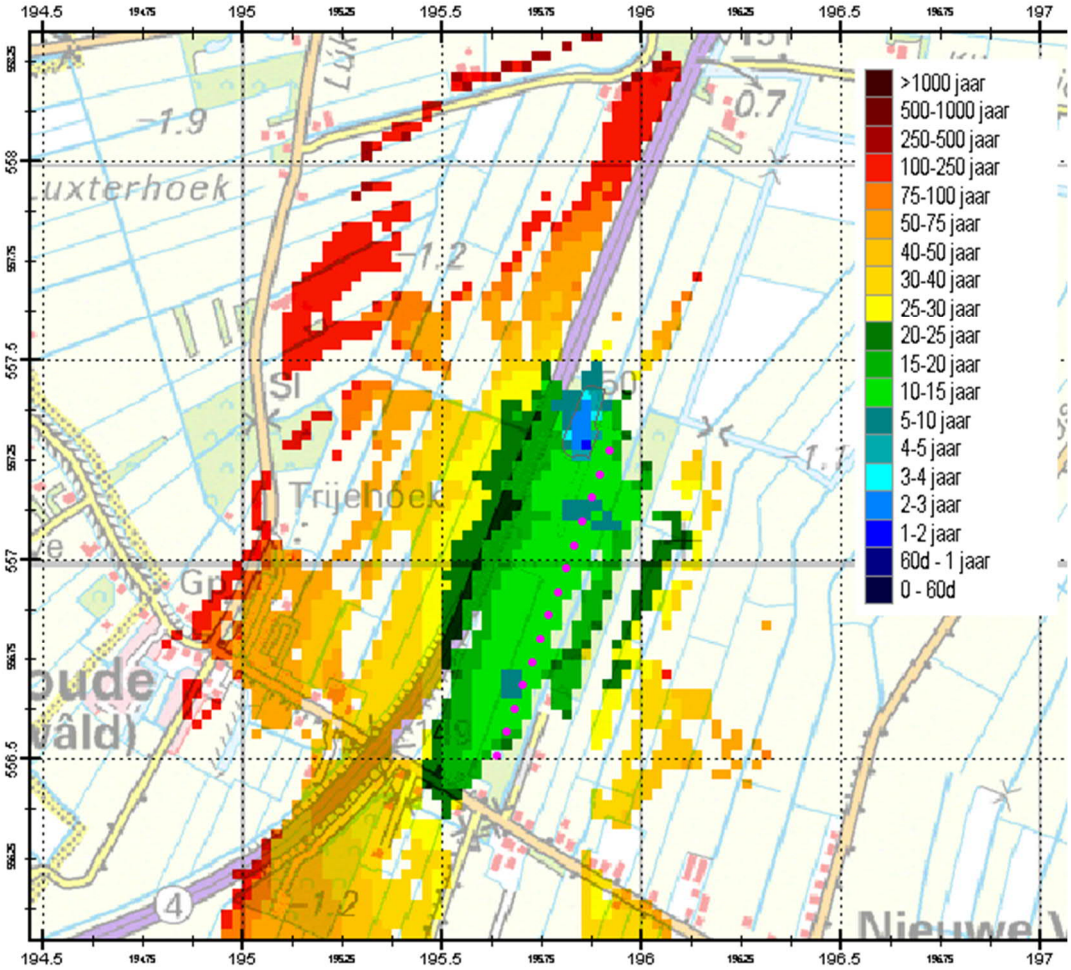
Figuur 5.3: Stationaire stijghoogtes in N-Z profiel door plas

Om de minimale reistijd vanuit de zandwinplas in beeld te krijgen, moet dus gekeken worden naar de onderste stroombaan, die vanuit het meest zuidelijk deel van de plasbodem richting het puttenveld stroomt.

Om deze minimale reistijd vanuit de plas in beeld te krijgen, is een voorwaartse berekening uitgevoerd waarbij de stroombanen binnen de plas op de plasbodem (NAP -10.7 m) starten en buiten de plas op het grondwaterniveau. Deze reistijden zijn weergegeven in Figuur 5.4.

Direct rondom de zandwinplas duurt het 10 tot 15 jaar voordat water vanaf het grondwaterpeil de winning bereikt, vanaf het moment van infiltratie van plaswater in de zuidelijke hoek van de plas duurt dit slechts 1 tot 2 jaar. Zo lang de plas geïsoleerd blijft liggen van het oppervlaktewatersysteem en daarin aanwezige antropogene stoffen is de kwetsbaarheid echter beperkt.

Bij de definitieve putconfiguratie, waar in deze paragraaf geen rekening mee is gehouden, schuift het zwaartepunt van de winning iets verder van de zandwinplas af. Ook neemt de afstand toe tussen de zandwinplas en de put die daar het dichtst bij ligt. Hiermee zal de minimale reistijd vanuit de plas nog iets verder oplopen.



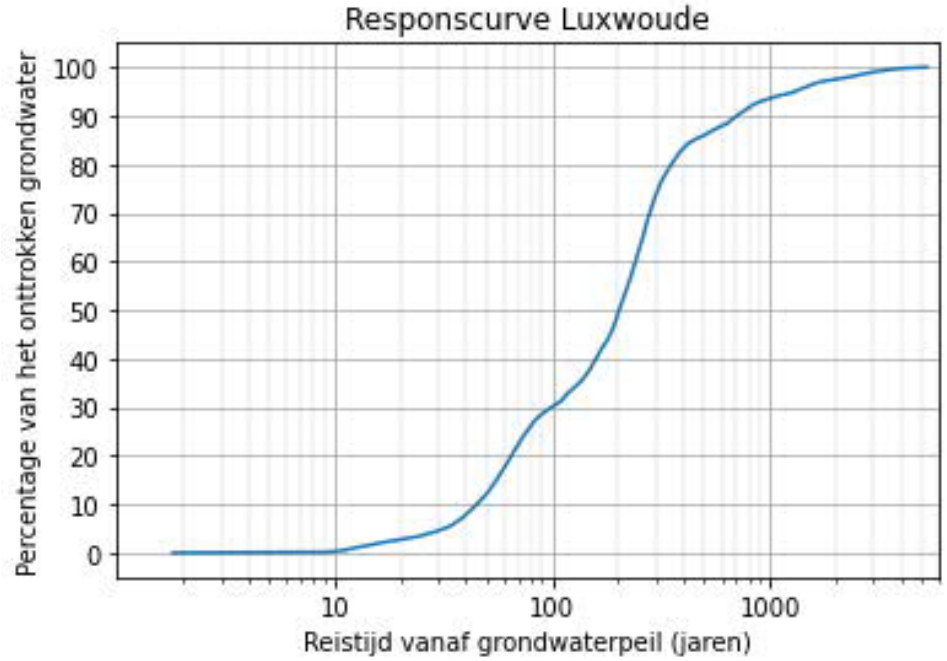
Figuur 5.4: Reistijden vanaf grondwaterpeil en voor de plas vanaf de plasbodem

5.4 Leeftijdsverdeling onttrokken water

In Figuur 5.5 is de leeftijdsverdeling van het onttrokken water weergegeven (responscurve). Hiervoor is het totale intrekgebied gebruikt (zie bijlage 25), met voor de zandwinplas de reistijden vanaf de plasbodem. Hieronder volgen de belangrijkste inzichten:

- Het aandeel water jonger dan 10 jaar is minder dan 0,5%.
- Circa 30% van het onttrokken water is jonger dan 100 jaar.
- Circa 85% van het onttrokken water bereikt de winning binnen 400 jaar.
- De mediane leeftijd is 200 jaar.

De winning onttrekt relatief veel oud water en de kwetsbaarheid van de winning is daarmee gering.



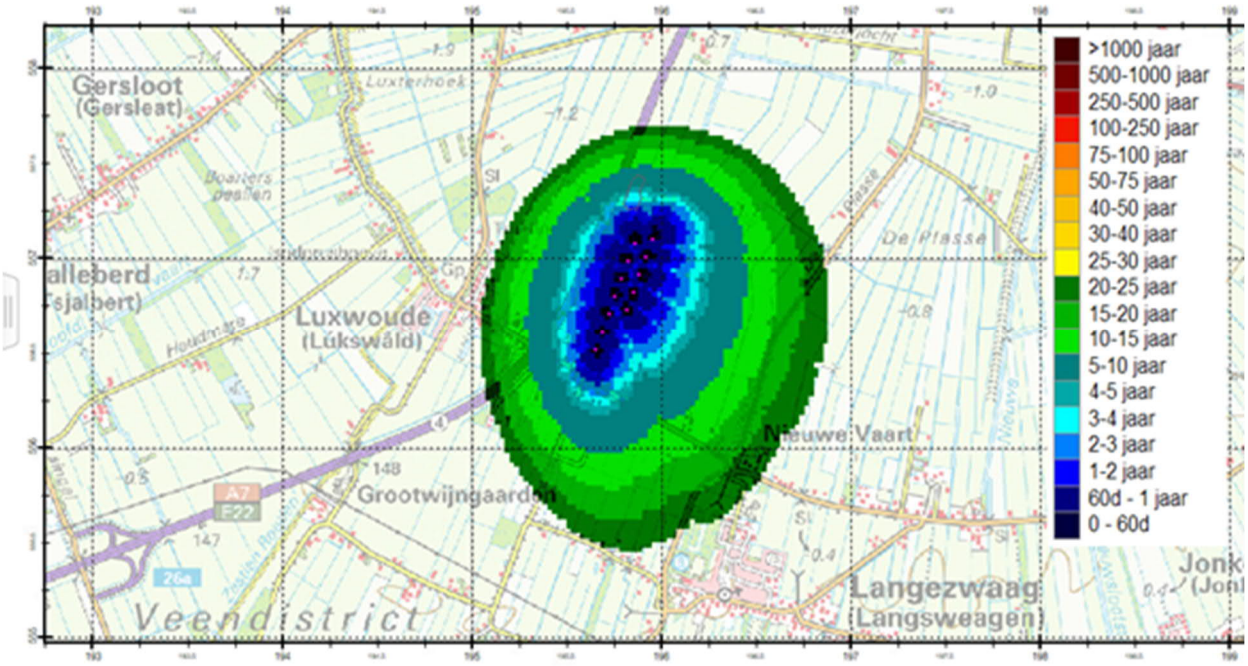
Figuur 5.5: Leeftijdsverdeling onttrokken grondwater

5.5 Bepaling grondwaterbeschermingsgebied

In Figuur 5.6 is de berekende 25-jaarszone in het bepompt pakket weergegeven. Hiervoor is de definitieve putconfiguratie gebruikt. In bijlage 26 is ook de 100-jaarszone weergegeven voor het bepompt pakket, dit nog op basis van de concept-putconfiguratie. Hieruit blijkt dat op basis van de definitieve putconfiguratie de 25-jaarszone in noordelijke richting iets kleiner is geworden en in oostelijke richting iets groter.

Voor het bepalen van de 25-jaarzone in het bepompte pakket is uitgegaan van WVL4-WVL10 (omdat ter plaatse van het puttenveld hier in werkelijkheid niet of nauwelijks weerstand tussen zit). Stroombanen vanuit de bovenzijde van het bepompt pakket (WVL4) moeten meer afstand afleggen richting de winning en stromen eerst nog door zandlagen met een flink lagere kD-waarde. Deze punten zullen daarom een hogere reistijd hebben dan de punten in de zandlagen waar de onttrekkingsfilters in staan (WVL9-WVL10). Bij het bepalen van de uiteindelijke reistijd in het bepompt pakket (zie Figuur 5.6) is uitgegaan van de kortste reistijd op elk punt.

De 25-jaarszone reikt tot ca. 1,4 km van het hart van het puttenveld en blijft grotendeels buiten de bebouwde kernen. Ook uit deze zonering wordt de voornamelijk zuidoostelijke herkomst van het water zichtbaar.



Figuur 5.6: 25-jaarszone in bepompt pakket op basis van definitieve putconfiguratie

5.6 Bepaling 60-dagenzone

De 60-dagenzone in het bepompte pakket is beperkt tot het perceel van de putten zelf (tot ca. 75 m van de putten).

6 Hydrologische effecten op omliggende belangen

6.1 Inleiding

De hydrologische effecten van een grondwaterwinning kunnen doorwerken op verschillende belangen in de omgeving van de winning. In dit hoofdstuk worden de hydrologische effecten vanuit het oogpunt van de volgende belangen/aspecten beschreven:

- Natuur.
- Landbouw.
- Verzilting.
- Zettingen.

De beschrijving van de afgeleide effecten op deze verschillende belangen is opgenomen in de MER-rapportage.

Zoals in paragraaf 3.2 is toegelicht, zijn vanuit zorgvuldigheidsoverwegingen en in overleg met de begeleidingscommissie de verlagingen tot en met 2 cm in beeld gebracht. De 2 cm-verlagingscontour in het bepompte pakket (in de GLG-situatie: worst-case) is aangehouden als afbreekcriterium voor hydrologische effecten. De 2 cm-verlagingscontour in het bepompte pakket reikt verder dan de freatische 2 cm-verlagingscontour. Ook de (significante) veranderingen in kwel- en wegzijgingsfluxen (tot 0,1 mm/d) vallen vrijwel geheel binnen de 2 cm-verlagingscontour van het bepompte pakket. Buiten de 2 cm-verlagingscontour in het bepompte pakket kunnen hydrologische effecten daarmee op voorhand uitgesloten worden.

6.2 Effecten op natuur

De hydrologische effecten zijn in kaart gebracht voor de in de omgeving liggende N2000-gebieden De Deelen en Van Oordt's Mersken, de NNN-gebieden (Natuurnetwerk Nederland) en de overige in het veld geïnventariseerde natuurwaarden. Deze inventarisatie, grofweg in het gebied binnen de 5 cm-verlagingscontour in het bepompte pakket, is uitgevoerd door de Bosgroep Noord Oost Nederland.

6.2.1 N2000

De 2 cm-verlagingscontour in het bepompte pakket, de freatische 2 cm-verlagingscontour en de verandering in kwel- en wegzijgingsfluxen (in de GLG-situatie) zijn uitgezet tegen de situering van de N2000 gebieden en de daarbinnen voorkomende kwetsbare habitattypen, zie bijlage 27.

Zoals uit de eerdere hoofdstukken al bleek, passeert de 2-cm verlagingscontour in het bepompte pakket de begrenzing van N2000-gebied De Deelen niet. Wel overschrijdt deze contour net het zuidwestelijk deel van N2000-gebied Van Oordt's Mersken en specifiek de deelgebieden Dulfpoldertje, Smelle Warren en met name Dulf. De 5 cm-verlagingscontour in het bepompte pakket blijft wel ruim buiten N2000-gebied Van Oordt's Mersken.

De freatische 2 cm-verlagingscontour en de begrenzing van het gebied met veranderingen in kwel- en wegzijgingsfluxen tot 0,1 mm/d blijven wel buiten deze deelgebieden. Binnen deze deelgebieden is dus alleen een (zeer) geringe verlaging van de diepe stijghoogte in de GLG-situatie mogelijk.

6.2.2 NNN en overige natuur

De 2 cm-verlagingscontour in het bepompte pakket, de freatische 2 cm-verlagingscontour en de verandering in kwel- en wegzijgingsfluxen zijn ook uitgezet tegen de situering van de

NNN-gebieden en de overige natuurgebieden (buiten de NNN), zie bijlage 28. NNN-gebieden komen alleen voor op de rand van de 2 cm-verlagingscontour van de diepe stijghoogte. In deze gebieden is de freatische verlaging kleiner dan 2 cm en is geen effect op de kwel-wegzijging.

Ook in de natuurgebieden buiten de NNN zijn echter natuurwaarden aanwezig. Deze natuurwaarden zijn geïnventariseerd in het veld door de Bosgroep Noord Oost Nederland en uitgezet tegen de hydrologische effecten (zie bijlage 29). De natuurwaarden zijn daarbij onderverdeeld in drie categorieën:

1. Graslanden (puntdata gezamenlijk met sloten en vlakdata gezamenlijk met bos);
2. Slootkanten (puntdata gezamenlijk met grasland);
3. Bospercelen (vlakdata gezamenlijk met grasland).

Deze natuurwaarden liggen binnen de 2 cm-verlagingscontour van de diepe stijghoogte. Ook zijn er in de GVG- als GLG-situatie freatische verlagingen ter hoogte van deze natuurwaarden mogelijk.

Binnen de bospercelen direct rondom de winning gaat het om freatische verlagingen van 0,5 m of meer en kwelfluxen die sterk afnemen (meer dan 1 mm/d) of zelfs omslaan in een wegzijgingsflux. Voor de bospercelen op grotere afstand gaat het om freatische verlagingen tussen 30 en 2 cm en een lichte afname in de kwelflux (tot 0,5 mm/d). Voor de bospercelen nabij Langezwaag en zuidelijker is juist sprake zijn van een lichte toename in wegzijgingsfluxen (tot 0,5 mm/d). In Tabel 6-1 is de verdeling van de freatische verlagingen over de boshectares weergegeven.

Tabel 6-1: Verdeling freatische verlagingen (GLG) over boshectares

Verlagingscategorie	Hectare bos
2 tot 5 cm	28,9
5 tot 10 cm	21,7
10 tot 20 cm	9,8
20 tot 30 cm	8,0
30 tot 50 cm	8,8
>50 cm	7,5

Voor de aangetroffen natuurwaarden ter plaatse van sloten en slootkanten worden grotendeels freatische verlagingen tot 30 cm berekend, deze verlagingen zullen echter niet optreden in of direct naast de sloot. De watervegetatie ter plaatse van sloten en slootkanten is afhankelijk van het oppervlaktewaterpeil en deze zal niet uitzakken zolang de wateraanvoer gegarandeerd is (dit is vrijwel in het gehele gebied het geval). De kwel neemt op een aantal plaatsen wel af, maar slaat slechts zeer lokaal om naar een wegzijgingssituatie.

Waardevolle graslanden komen alleen voor in het weidevogelreservaat ‘De Fennen’. Zowel in de GVG- als GLG-situatie wordt voor het gebied ‘De Fennen’ een freatische verlaging berekend van 2 cm tot 5 cm. Met name langs de randen en in de zuidelijke hoek van ‘De Fennen’ neemt daarnaast ook de wegzijgingsflux met 0,1 mm/d tot 0,5 mm/d toe. Lokaal wordt in de GLG-situatie een afname van kwel of omslag naar wegzijging berekend.

6.3 Effecten op landbouw

Voor het onderdeel landbouw is adviesbureau Aequator inmiddels gestart met een uitgebreide vlakdekkende bodemkartering van het hele potentiële invloedgebied inclusief bepaling van de GxG’s in het veld. Deze nulmonitoring wordt gebruikt om na de start van de

winning de effecten goed te kunnen bepalen en meer gedetailleerd (op perceelsniveau) vast te stellen of er droogteschade optreedt. In deze nulmonitoring is ook het gebied met tussen de freatische 2 cm- en 5 cm-verlagingscontour meegenomen. Belangrijkste reden om dit te doen, is geweest dat de 5 cm-contour in dit stadium van het onderzoek niet als harde grens kan worden gezien. Procesmatig naar het gebied verdient het aanbeveling om in een iets ruimer gebied onderzoek te doen naar de bodemkenmerken en de daarmee samenhangende droogteschadegevoeligheid dan alleen het gebied binnen de 5 cm-contour. Meer gedetailleerde informatie over de ligging van de 5 cm-contour in het veld kan namelijk pas worden verkregen na de daadwerkelijke start van de grondwaterwinning.

Voor deze hydrologische studie zijn de resultaten van de detailstudie nog niet beschikbaar. Daarom zijn de eerder door Alterra uitgevoerde veldschattingen in dit rapport gebruikt. In bijlage 30 zijn ter hoogte van deze veldschattingen de huidige grondwatertrap en GxG's (in cm t.o.v. maaiveld) weergegeven, samen met de berekende verlagingen van deze GxG's (ook in cm).

Tot slot is op basis van de Basisregistratie Percelen 2020 de verdeling van de landbouwgronden binnen het invloedsgebied (freatische 2 cm-verlagingscontour in de GLG-situatie) geïnventariseerd, zie bijlage 31. Het gaat om ruim ca. 1712 ha landbouwgronden, waarvan ca. 1515 ha grasland en ca. 197 ha bouwgrond. Met name direct ten zuiden van de winlocatie ligt een relatief groot aantal percelen bouwgrond. In Tabel 6-2 is de verdeling van de verlagingen over de landbouwhectares weergegeven.

Tabel 6-2: Verdeling freatische verlagingen (GLG) over landbouwhectares

Verlagingscategorie	Hectare grasland	Hectare bouwland
2 tot 5 cm	902,4	103,9
5 tot 10 cm	315,3	36,3
10 tot 20 cm	195,3	44,1
20 tot 30 cm	71,3	12,3
30 tot 50 cm	27,7	0
>50 cm	3,7	0

In bijlage 32 is het freatische effect van de winning Aware gezamenlijk met het freatische effect van Luxwoude in beeld gebracht om inzicht te krijgen in het gecombineerde effect van beide waterwinningen. Dit voor het geval Aware gebruik mocht gaan maken van de aan haar verleende winvergunning. Ook in dit beeld is weer de 2-5 cm verlagingscontour meegenomen, ter indicatie om een globale reikwijdte te laten zien en niet direct als indicator voor droogteschadegebied.

Wanneer de winning Luxwoude actief zou zijn en men beslist later Aware aan te zetten, kan de grondwaterstand (GLG) daardoor nog max. 5 cm verder uitzakken. Dit is voor een klein deel het geval in gebieden waar de grondwaterstand door de winning Luxwoude al 2 tot 5 cm zou gaan uitzakken. In een deel van dat gebied worden door Aequator veldkarteringen uitgevoerd, zodat de huidige situatie goed wordt vastgelegd.

6.4 Effecten op verzilting

Ten aanzien van verzilting spelen twee vragen:

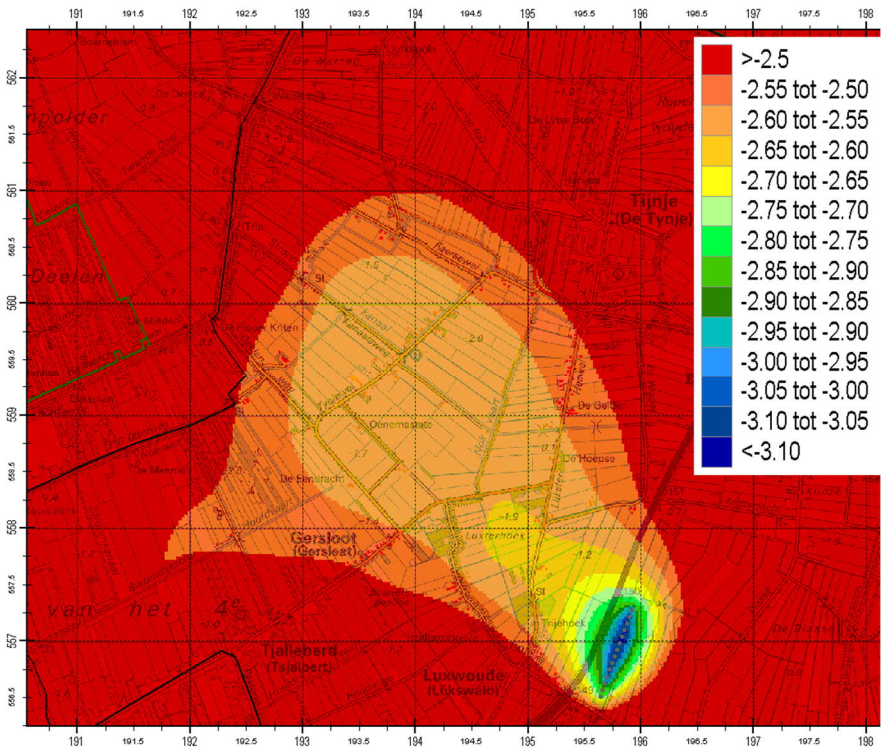
1. Is er een risico van aantrekken van zout vanuit de diepere ondergrond?
2. Zorgt de winning Luxwoude voor het extra aantrekken van zout water door het verplaatsen van het "soepbord"?

Ter hoogte van Luxwoude ligt de overgang naar brak grondwater diep, nog onder het Maassluis-complex. Een risico van verzilting door het aantrekken van zout grondwater vanuit de diepte wordt dus niet verwacht. Ten aanzien van het extra aantrekken van zout water door het verplaatsen van de bodem van het “soepbord” (laterale verzilting) zijn de volgende analyses uitgevoerd:

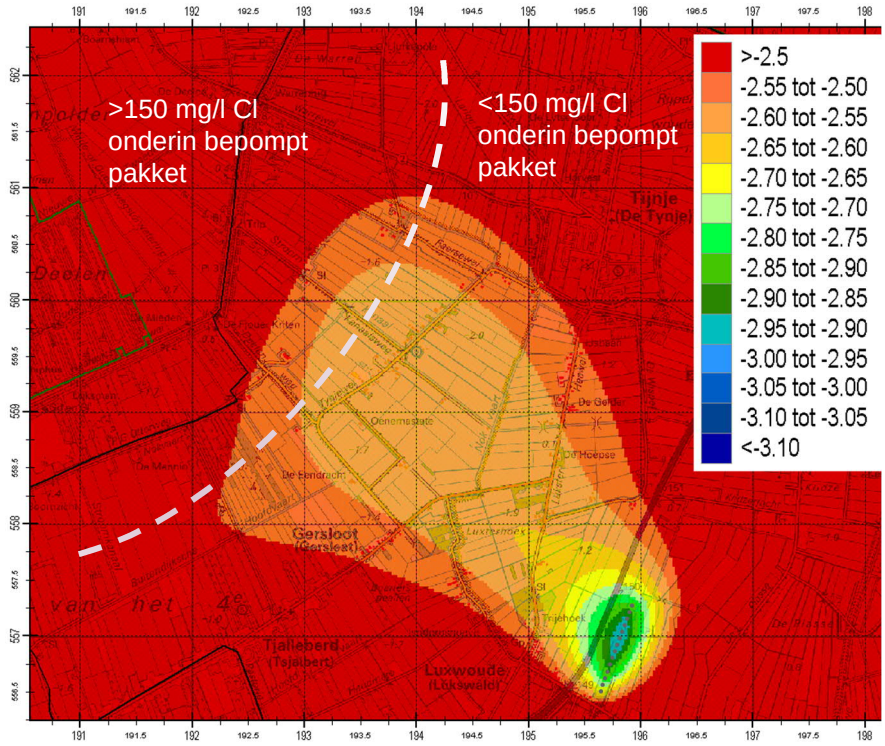
Eerst een toelichting op “het soepbord”: Hiermee wordt bedoeld het stijghoogtepatroon in het diepe grondwater van Friesland, dat zijn laagste punt bereikt onder de diepe polders van de Fjouwer Kriten. Water stroomt van alle zijden in Friesland richting dit gebied: Zowel vanaf de hogere zandgronden op de flanken van het Drents Plateau in het oosten, als vanuit de Waddenzee in het westen. De ligging van dit diepste punt (de bodem van het soepbord) is van groot belang voor de verzilting in Fryslân. Grondwater stroomt van hoog naar laag; het zoute grondwater uit het noordwesten stroomt richting dit laagste punt. Verder dan het laagste punt kan het niet, en dus is de bodem van het soepbord de grens tot waar de verzilting in de ondergrond kan reiken.

In Figuur 6.1 en Figuur 6.2 zijn respectievelijk de GLG in WVL9 (bovenste deel bepompt pakket) en WVL10 (onderste deel bepompt pakket) weergegeven voor de situatie met een actieve winning bij Luxwoude. Door de winning verplaatst het “laagste punt” van de diepe stijghoogtes naar het oosten en komt ter plaatse van Luxwoude te liggen.

In de huidige situatie bevindt het zoet-brak grensvlak (150 mg/l) onderin het bepompte pakket zich ten noordwesten van Gersloot, zie Figuur 6.2. Verder noordwestelijk nemen de chlorideconcentraties in het bepompte pakket verder toe.



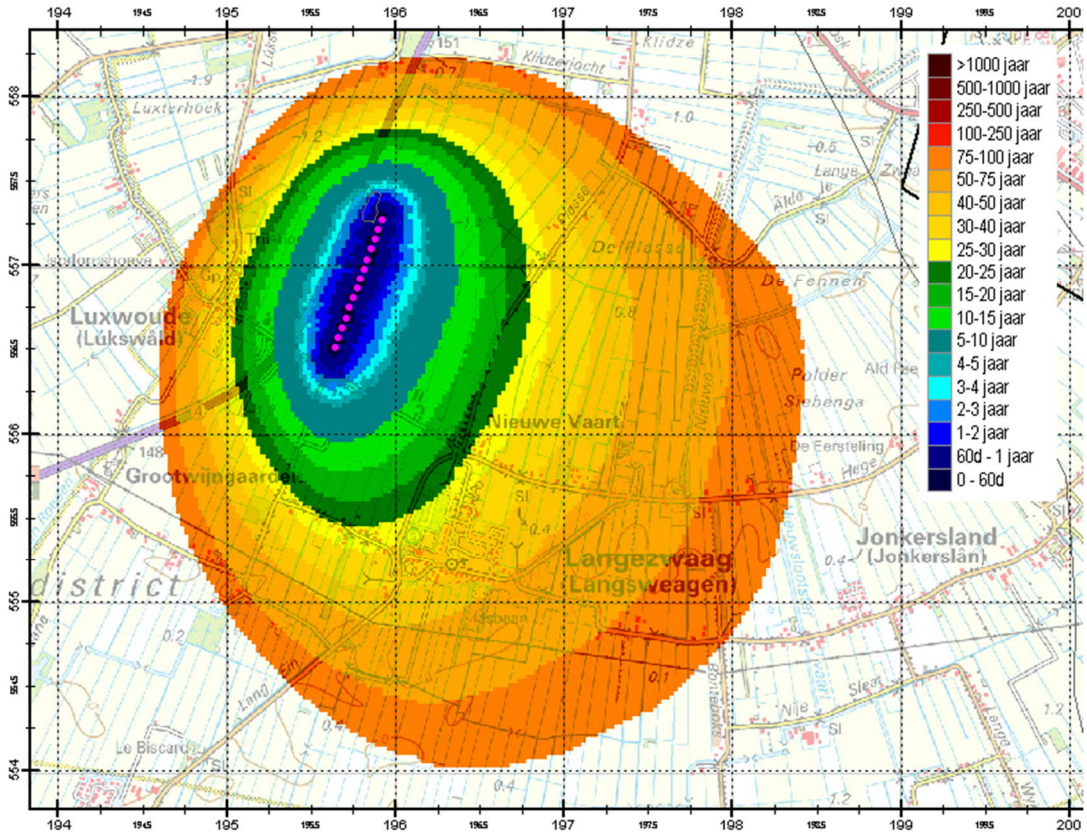
Figuur 6.1: GLG WVL9 voorkeursalternatief winning 2028



Figuur 6.2: GLG WVL10 voorkeursalternatief winning 2028 met indicatieve ligging huidig zoet-brak grensvlak in bepompt pakket volgens Brede Grondwaterstudie

Of de winning Luxwoude op termijn zal verzilten wordt grotendeels bepaald door het toestromende zoute grondwater vanuit het noordwesten en of dit grondwater het ‘laag’ onder de Fjouwer Kriten zal passeren om uiteindelijk in de winning terecht te komen. Op basis van de 100-jaarszone blijkt dit niet het geval, zie Figuur 6.3. Het gros van het onttrokken water komt uit zuidoostelijke richting. Er is een (geringe) waterscheiding tussen het ‘laag’ bij de winning en het ‘laag’ onder de diepe polders van de Fjouwer Kriten. De ligging van deze waterscheiding is van belang voor het duurzaam functioneren van de winning Luxwoude. Op basis van deze analyse blijkt dat het overgrote merendeel van het regionale grondwater nog steeds naar de diepere polders van de Fjouwer Kriten wordt getrokken, niet naar Luxwoude.

Ook uit de Brede Grondwaterstudie bleek al dat de winning Luxwoude tot het jaar 2500 niet verzilt. RHDHV heeft hierin rekening gehouden met het GH-klimaatscenario, bodemdaling, mee-zakkende oppervlaktewaterpeilen en zeespiegelstijging. In deze berekening kwamen de laagste stijghoogtes ook ter hoogte van Luxwoude te liggen, maar was de extra verzilting als gevolg van de winning zeer gering (chloride grotendeels <150 mg/l).



Figuur 6.3: 100-jaarszone in het bepompte pakket in het voorkeursalternatief winning 2028

6.5 Kans op zettingen

De kans op zettingen of verzakkingen is afhankelijk van de grootte van de freatische verlagingen, de aanwezigheid van zettingsgevoelige lagen zoals klei of veen (dat nu nog permanent onder grondwaterniveau ligt) en de ouderdom van aanwezige bebouwing. Voor panden die vóór 1970 zijn gebouwd, is de kans namelijk reëel dat deze een houten paalfundering hebben of op ‘staal’ (rechtstreeks op draagkrachtige bodem) gefundeerd zijn.

In de directe omgeving van het puttenveld is het beeld dat mogelijk nog aanwezig veen sterk gewoeld is en nu al droog ligt. Om een indicatie te krijgen van de gebieden waar mogelijk nog wel permanent nat veen (onder de grondwaterstand) aanwezig is, zijn in bijlage 33 de gebieden weergegeven waar volgens de veendiktekartering van Alterra nog meer dan 20 cm veen aanwezig is. Deze gebieden zijn gezamenlijk weergegeven met de freatische verlagingen in de GLG-situatie. Hieruit komen 3 gebieden naar voren waar de freatische 5 cm-verlagingscontour overlapt met deze veenselectie:

- Aandachtsgebied 1: gebied langs de noordelijke grens van de 5 cm-verlagingscontour: rondom ‘De Wispel’ en ‘Klidze Rjocht’.
- Aandachtsgebied 2: gebied langs de zuidwestelijke grens van de 5 cm-verlagingscontour: in en rondom Grootwijngaarden.
- Aandachtsgebied 3: gebied langs de zuidoostelijke grens van de 5 cm-verlagingscontour: in en rondom Langezwaag.

In bijlage 33 is daarom ook ingezoomd op deze 3 gebieden waarbij ook de ouderdom van de aanwezige bebouwing is weergegeven. In al deze gebieden zijn panden van vóór 1970, en zelfs een enkeling vóór 1900, aanwezig binnen de zones waar meer dan 5 cm verlaging

optreedt in combinatie met mogelijk nog aanwezig (nat) veen. Hierbij merken wij op dat de veendiktekartering van Alterra een interpolatie is tussen boringen die lokaal kan afwijken van de werkelijke situatie.

Tot slot liggen met de A7 en de Hegedyk ook nog een tweetal wegen direct naast de winning. Hier worden met het model lokaal freatisch verlagingen van maximaal 40 cm (Hegedyk) en 50 cm (A7) berekend.

7 Conclusies en aanbevelingen

7.1 Conclusies

In deze studie zijn met behulp van het meest recente en lokaal verbeterde MIPWA v4 model de hydrologische effecten van de winning Luxwoude (6,5 miljoen m^3/jaar) berekend. Dit model is gebaseerd op de best beschikbare basisdata, modelconcepten en gebiedskennis van dit moment. Er is uitvoerig aan de hand van meerdere criteria gekeken of het model de werkelijkheid voldoende goed benadert. De hydrologische effecten van de voorgenomen winning zijn in kaart gebracht voor de omliggende natuurgebieden, landbouwpercelen en kwetsbare gebieden met betrekking tot mogelijke zettingen. Ook is een analyse gemaakt van mogelijke verzilting als gevolg van de winning. De resultaten hiervan dienen als input voor het MER-proces, waarin ook de vertaling van de hydrologische effecten op de omliggende belangen wordt meegenomen.

Modelvalidatie

Het regionale grondwatersysteem zit goed in het model voor de huidige situatie verwerkt. Het model laat binnen het zoekgebied Luxwoude slechts kleine afwijkingen zien in de GVG- en GLG-situatie (maatgevend voor natuur en landbouw), voor zowel het freatisch pakket als het regionale grondwatersysteem. Ook de gemiddelde afvoer van de Fjouwer Kriten en de uitgevoerde pompproef kunnen goed met het model gesimuleerd worden. Resterende afwijkingen in de lokale ondiepe grondwatersystemen boven de keileem en in de Peelo Formatie zijn onderzocht en verklaard. Het model is door de werkgroep hydrologie, bestaande uit de Provincie Fryslân, Het Wetterskip Fryslân en Vitens, goed genoeg bevonden om scenarioberekeningen mee uit te voeren voor Luxwoude.

Hydrologische effecten voorkeursalternatief

Er zijn verschillende scenario's voor de winning Luxwoude doorgerekend, waarna Vitens het basisscenario (zonder mitigerende maatregelen) als voorkeursalternatief heeft aangewezen. Een peilopzetting in het oppervlaktewater als mitigerende maatregel is weliswaar effectief, maar Vitens gaat niet over peilbesluiten. Ook is dit maatwerk en is draagvlak onder de stakeholders in de streek nodig. Als op basis van onderzoek van Aequator en effectmonitoring na de start van de winning blijkt dat er sprake is van droogteschade, kan deze maatregel mogelijk in de toekomst alsnog worden ingezet.

Voor het voorkeursalternatief is een verlaging van het freatisch grondwater in de GVG situatie van 5 cm of meer berekend binnen een straal van ca. 2 km van het middelpunt van de winning. De freatische 2 cm-verlagingscontour voor de GVG reikt tot ca. 3 km. De verlagingscontouren voor de freatische GLG reiken tot ca. 500 m verder dan voor de GVG.

In het bepompte pakket reikt de 5 cm-verlagingscontour in de GVG situatie tot ca. 3 km; de 2 cm-verlagingscontour tot ca. 5 km. In de GLG-situatie reiken beide contouren een aantal honderd meter verder, met name in noordoostelijke richting (binnen de verbreiding van de ondiepe potklei). Hiermee reikt de 2 cm-verlagingscontour in de GLG situatie net tot in het zuidwestelijk deel van N2000-gebied Van Oordt's Mersken.

Tot iets buiten de freatische 2 cm-verlagingscontour in de GLG-situatie worden ook veranderingen in de kwelfluxen tot 0,1 mm/d berekend. Direct rondom de winning slaat de kwelflux om in een wegzijgingsflux. In het overige gebied gaat het doorgaans om een afname van de kwelflux, met uitzondering van de hogere gronden ten zuiden van de winning en het weidevogelreservaat 'De Fennen' waar op meerdere plekken de wegzijging groter wordt. Binnen de N2000-begrenzingen worden geen effecten op de kwel- en wegzijging berekend.

De gemiddelde afvoer (berekend over de modelperiode 2007-2014) van het bemalingsgebied 'De Fjouwer Kriten' neemt af van 45,5 miljoen m^3/jaar tot 41,0 miljoen m^3/jaar; een afname van 4,5 miljoen m^3/jaar (ca. 10%).

Stroombaananalyses voorkeursalternatief

Het 100-jaarsintrekgebied vanaf grondwaterpeil loopt grofweg vanaf de zandwinplas tot Langezwaag. Direct rondom de winning duurt het 10 tot 15 jaar voordat water vanaf het grondwaterpeil de winning bereikt. Uitzondering is de zandwinplas die aan de zuidzijde gaat infiltreren: dit water bereikt het puttenveld in slechts 1 tot 2 jaar. Het grondwater onder het omliggende landbouwgebied wordt grotendeels afgevangen door de drainerende watergangen met lage peilen (kwel). Dit water stroomt daarmee niet naar het puttenveld.

Uit de ligging van het 100-jaarsintrekgebied wordt de voornamelijk zuidoostelijke herkomst van het water zichtbaar. Het oudere water (>100 jaar) infiltreert op de dekzandrug bij Oudehorne. Uit de responscurve blijkt dat 30% van het onttrokken water er vanaf grondwaterpeil minder dan 100 jaar over doet om de winning te bereiken. De mediane leeftijd van het onttrokken water is 200 jaar. Hiermee is de kwetsbaarheid van de winning vanaf grondwaterpeil gering.

De 25-jaarszone in het bepompte pakket reikt tot maximaal 1,4 km van het hart van het puttenveld en blijft daarmee buiten de bebouwde kernen. Ook uit deze zonering wordt de voornamelijk zuidoostelijke herkomst van het water zichtbaar. De 60-dagenzone in het bepompte pakket is beperkt tot het perceel van de putten zelf (tot ca. 75 m van de putten).

Hydrologische effecten op omliggende belangen voorkeursalternatief

Ter hoogte van N2000-gebied De Deelen treden geen hydrologische effecten op als gevolg van de winning. Ter hoogte van de zuidwestelijke deelgebieden van N2000-gebied Van Oordt's Mersken is alleen een (zeer) geringe verlaging van de diepe stijghoogte in de GLG-situatie mogelijk (ca. 2 cm).

NNN-gebieden komen alleen voor op de rand van de 2 cm-verlagingscontour van de diepe stijghoogte. In deze gebieden is de freatische verlaging kleiner dan 2 cm en is geen effect op de kwel-wegzijging.

Ook in de natuurgebieden buiten de NNN zijn echter natuurwaarden aanwezig. Voor ruim 55 ha bos is de freatische verlaging groter dan 5 cm (GLG). Aanvullend is voor bijna 29 ha bos een freatische verlaging tussen 2 en 5 cm berekend. Voor de aangetroffen natuurwaarden ter plaatse van sloten en slootkanten is het oppervlaktewaterpeil van belang en deze zal doorgaans niet uitzakken omdat er grotendeels sprake is van wateraanvoer. Waardevolle graslanden komen alleen voor in het weidevogelreservaat 'De Fennen'. Zowel in de GVG- als GLG-situatie wordt voor het gebied 'De Fennen' een freatische verlaging berekend van 2 cm tot 5 cm. Met name langs de randen en in de zuidelijke hoek van 'De Fennen' neemt daarnaast ook de wegzijgingsflux met 0,1 mm/d tot 0,5 mm/d toe.

Op basis van de Basisregistratie Percelen 2020 is de verdeling van de landbouwgronden binnen het invloedsgebied (freatische 2 cm-verlagingscontour in de GLG-situatie) geïnventariseerd. Het gaat om ca. 613 ha grasland met een freatische verlaging van 5 cm of meer en aanvullend om ca. 902 ha grasland met een freatische verlaging tussen 2 en 5 cm. Voor bouwland gaat het om ca. 93 ha met een freatische verlaging van 5 cm of meer en aanvullend ca. 104 ha met een freatische verlaging tussen 2 en 5 cm.

Op basis van de 100-jaarszone in het bepompt pakket zal de winning niet verzilten, ook niet in de situatie na klimaatverandering (WH-klimaatscenario), bodemdaling en mee-zakkende oppervlaktewaterpeilen. Het gros van het water komt uit zuidoostelijke richting. Er is sprake van een (geringe) waterscheiding tussen het ‘laag’ bij de winning en het ‘laag’ onder de diepe polders van de Fjouwer Kriten. Ook uit de Brede Grondwaterstudie bleek al dat de winning Luxwoude tot het jaar 2500 niet verzilt. RHDHV had hierbij rekening gehouden met het GH-klimaatscenario, bodemdaling, en zeespiegelstijging. In deze berekening kwamen de laagste stijghoogtes ter hoogte van Luxwoude te liggen, maar was de extra verzilting als gevolg van de winning zeer gering (chloride grotendeels <150 mg/l).

7.2 Aanbevelingen

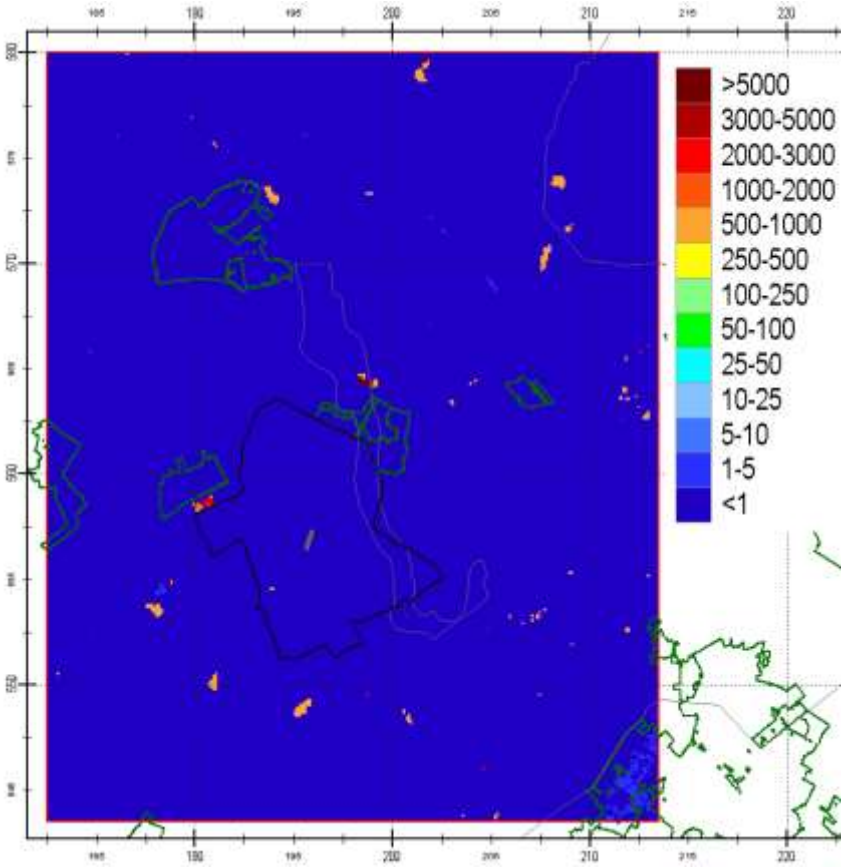
Het huidige beleid ”Peil volgt maaivelddaling” wordt momenteel bijgesteld. Met name in veengebieden wordt toegewerkt naar een kleinere drooglegging, dus juist peilverhogingen. Voor het gebied Luxwoude is dit nog niet vertaald naar formeel beleid. Wel is op de valreep voor het afronden van deze studie een actualisatie gekomen op de veenweide-visie. Voor een aantal pilotgebieden (nabij de Deelen) wordt de drooglegging verkleind van circa 90cm naar 40cm. Wanneer deze pilots omgezet worden naar vastgesteld beleid, dienen de effecten van de winning Luxwoude nader beschouwd te worden.

8 Literatuurlijst

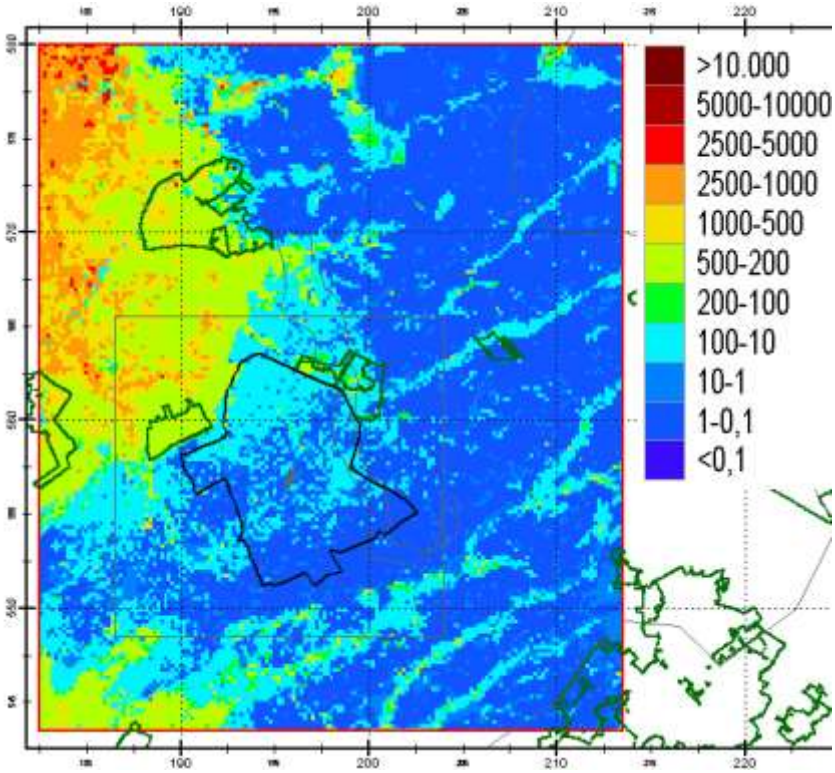
[1]. NRD voor de MER Waterwinning Luxwoude. Ingenieursbureau De Overlaat, dec 2018;
[2]. MIPWA v4 modelbouw, RHDHV WATBG3747R003D01WM, mei 2020 (in samenwerking met Sweco);
[3]. Bouw grondwatermodel Luxwoude; stationair model t.b.v. MER., Sweco SWNL0252208, nov 2019;
[4]. Boringen Wiertsema (Geotechnisch onderzoek Inrichting waterwingebied te Luxwoude, Wiertsema, 2018).
[5]. De oudste Boorneloop in Friesland en veen uit de Paudorftijd nabij Heerenveen. 1963. J. Cnossen & J.G. Zandstra;
[6]. Inventarisatie van karakteristieke geohydrologische bodemparameters in de provincie Friesland. 1983. S.J.A. Copray (Grontmij).
[7]. Inventarisatie van tunneldalen en potklei van de Formatie van Peelo rond Nij Beets en Gorredijk – DEFINITIEF CONCEPT. 21 juli 2017. M.A.J. Bakker, R. Harting en W.J. Zaadnoordijk (TNO);
[8]. Schematisering Peize Complex voor Brede Grondwaterstudie Fryslân. 28 juni 2017. J. Stam, W.J. Zaadnoordijk (TNO);
[9]. Geïnterpreteerde pompproef (Notitie pompproef Luxwoude parameterbepaling MLU, Vitens, 2019).
[10]. Het invloedsgebied van grondwateronttrekkingen voor droogteschade. Juni 2019. ASCG
[11]. Brede Grondwaterstudie Fryslân, RHDHV WATBF1395R001D1.0, sep 2019.

Bijlage 1 Doorlaatvermogen (kD) en weerstanden (C) modellagen

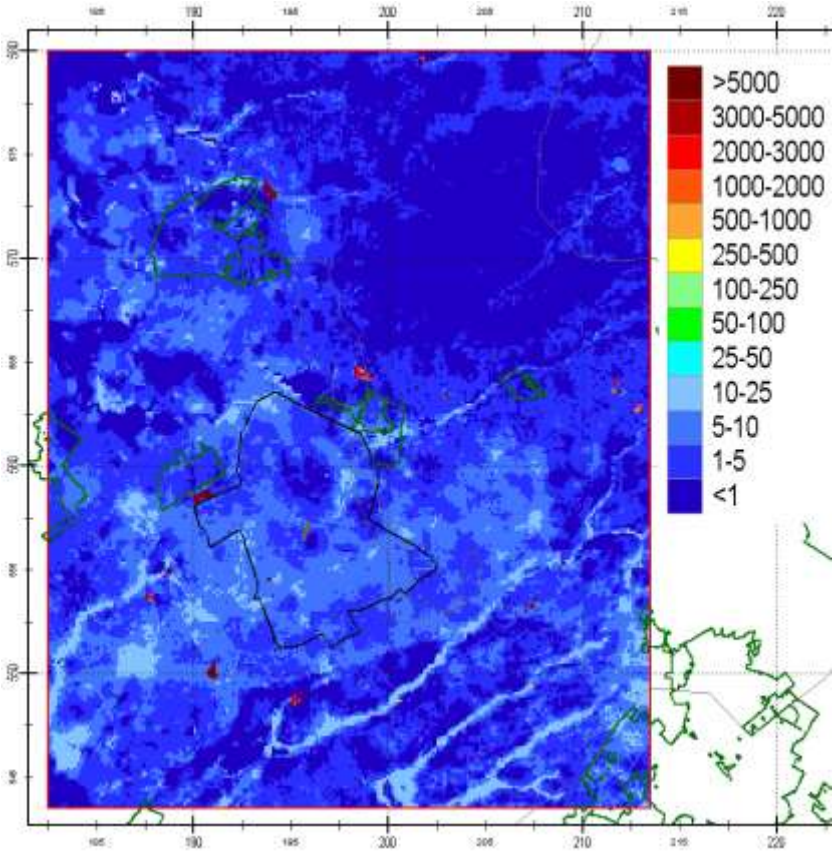
KD1 (m^2/dag): Maaiveldeenheid



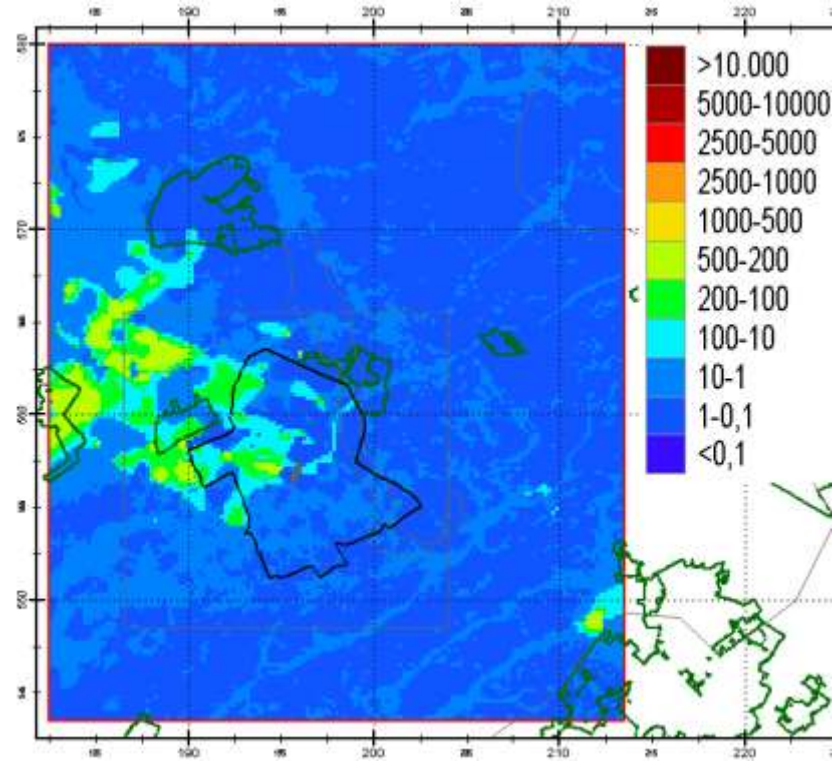
C1 (dagen): Holocene deklaag



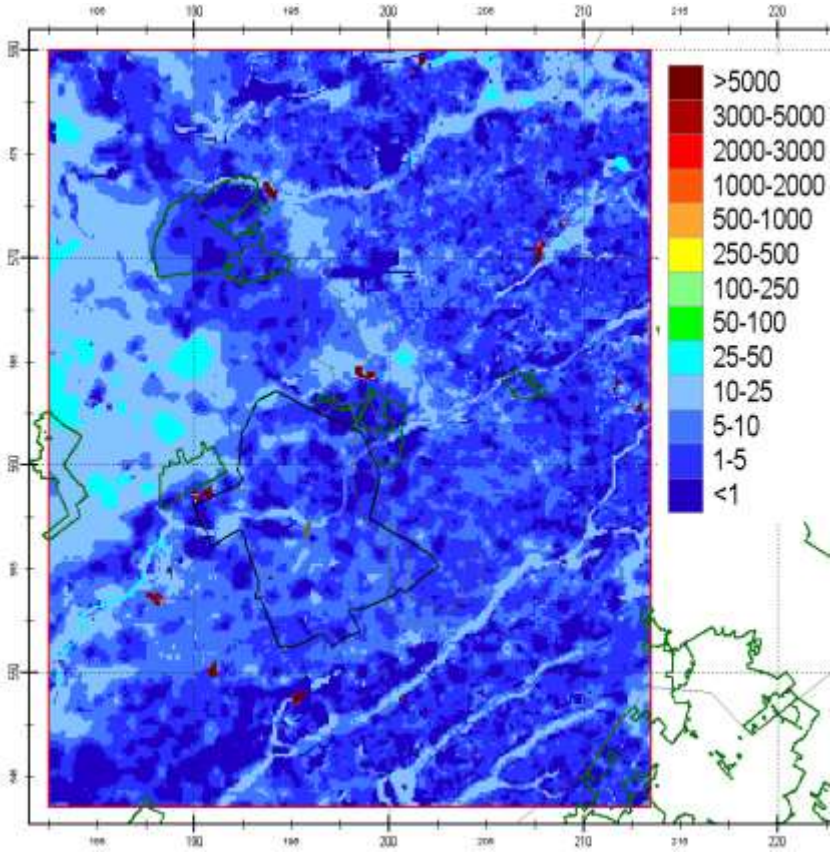
KD2 (m^2/dag): Boxtel zand



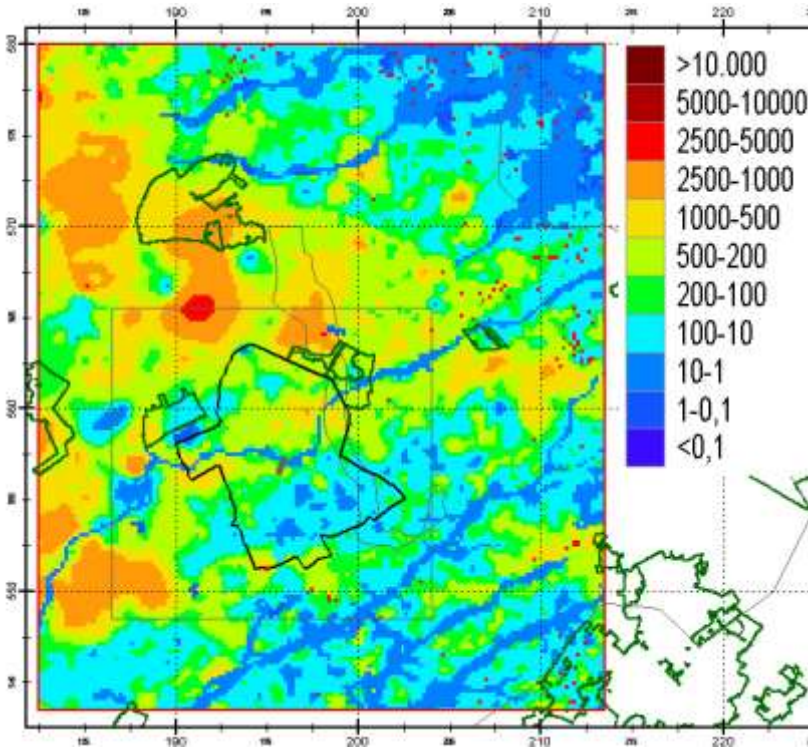
C2 (dagen): Boxtel klei 1



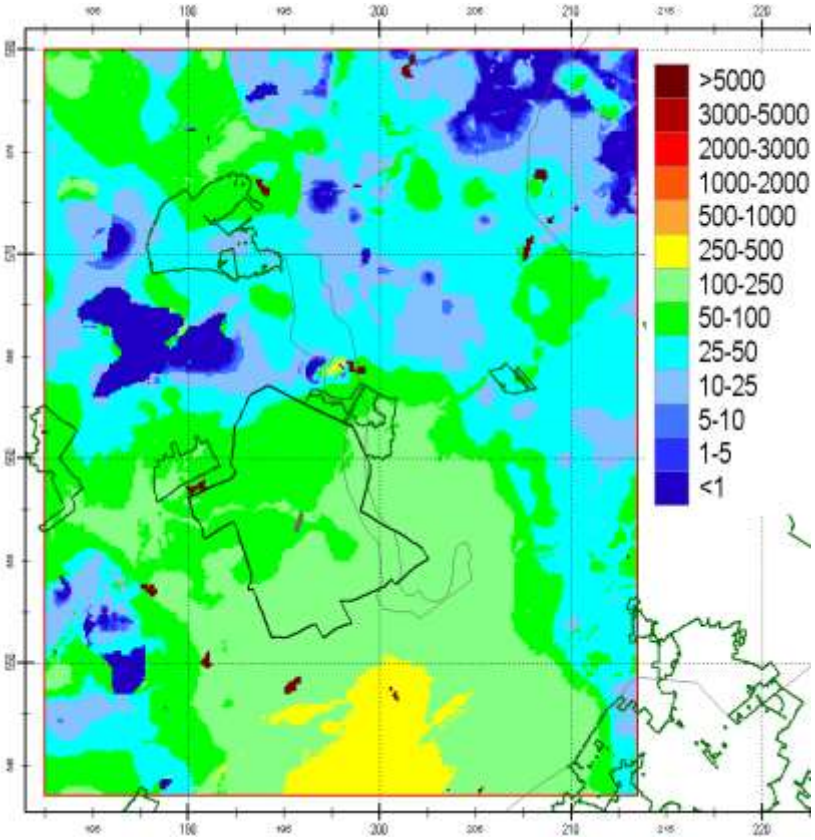
KD3 (m^2/dag): Boxtel en Drente zand



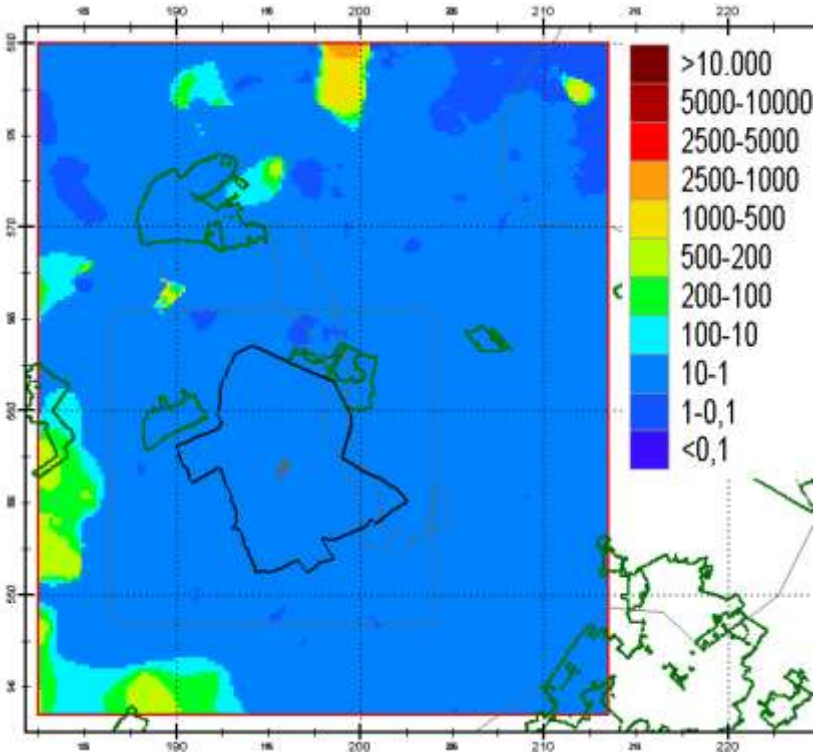
C3 (dagen): Keileem (Drente-Gieten klei)



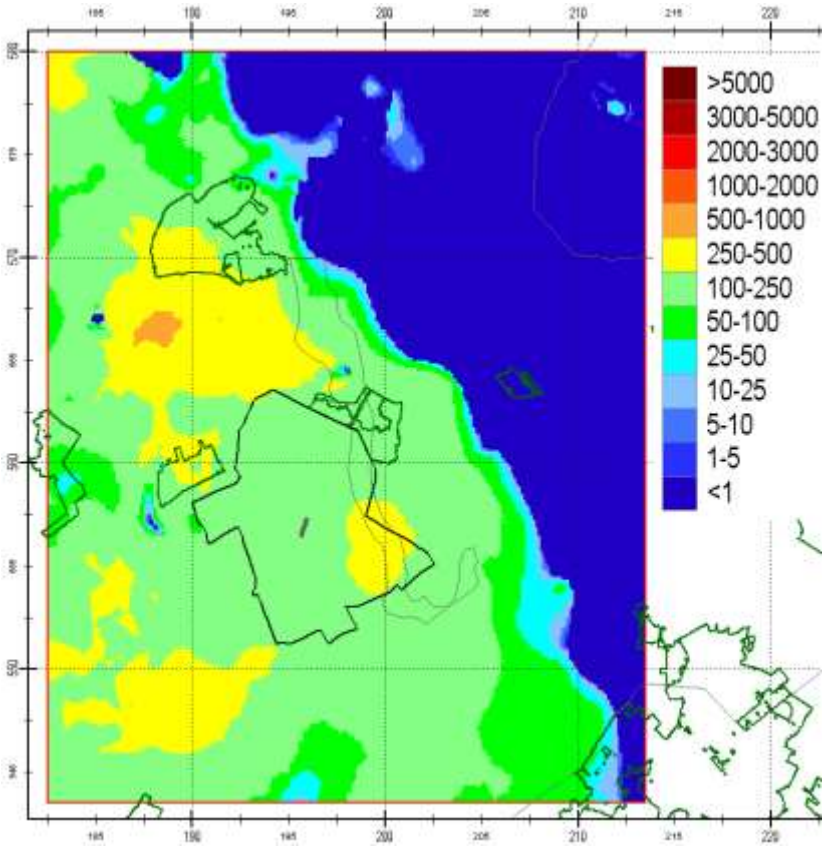
KD4 (m^2/dag): zandlaag onder keileem (Drente, Drachten, Urk)



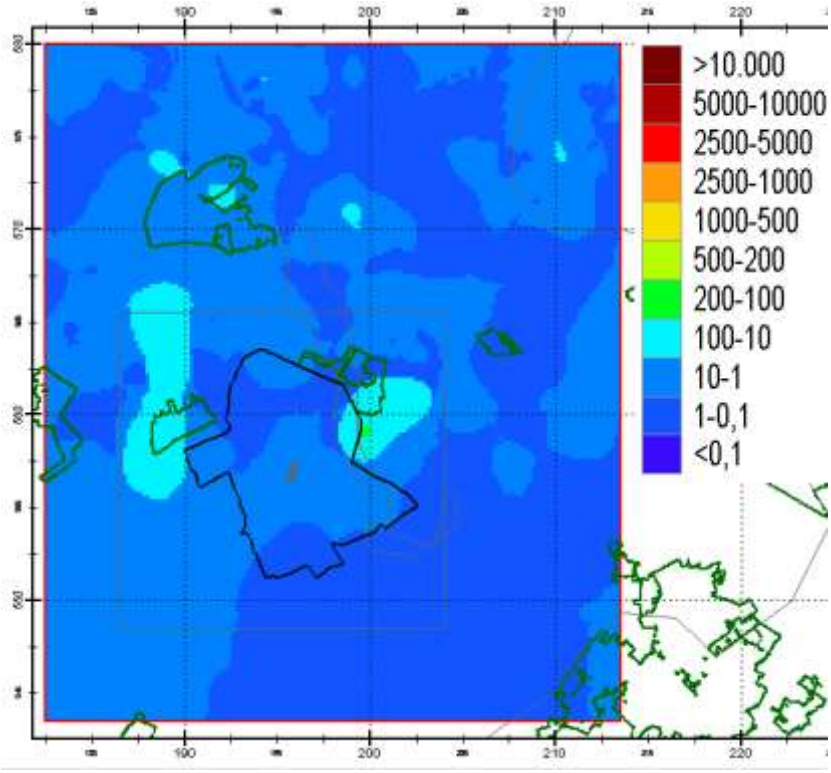
C4 (dagen): Urkklei 1



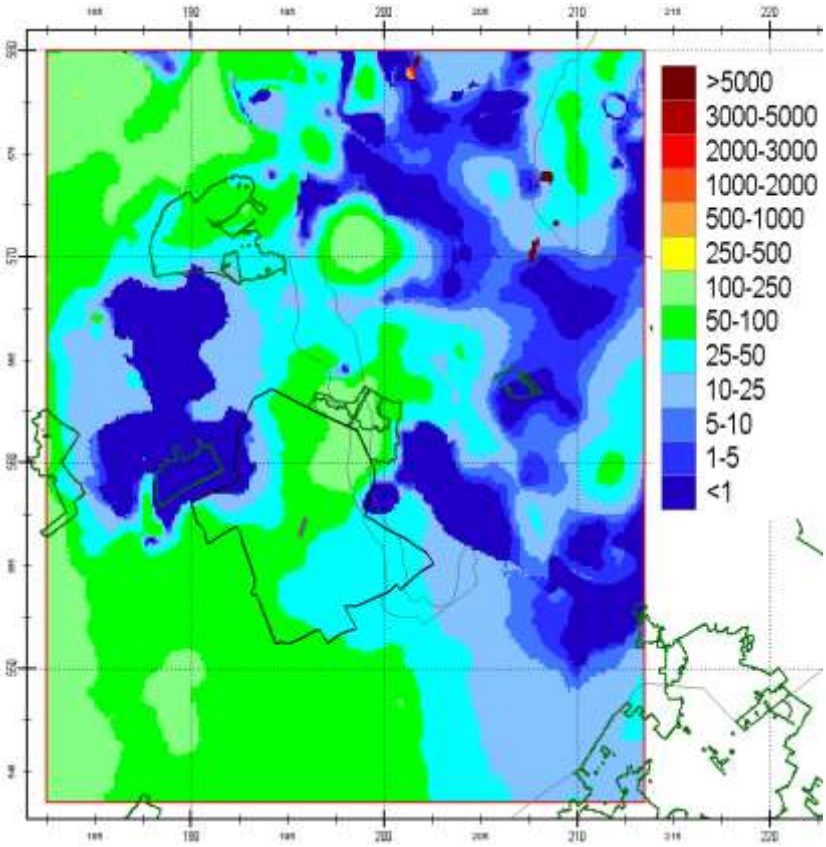
KD5 (m^2/dag): Urkzand 2



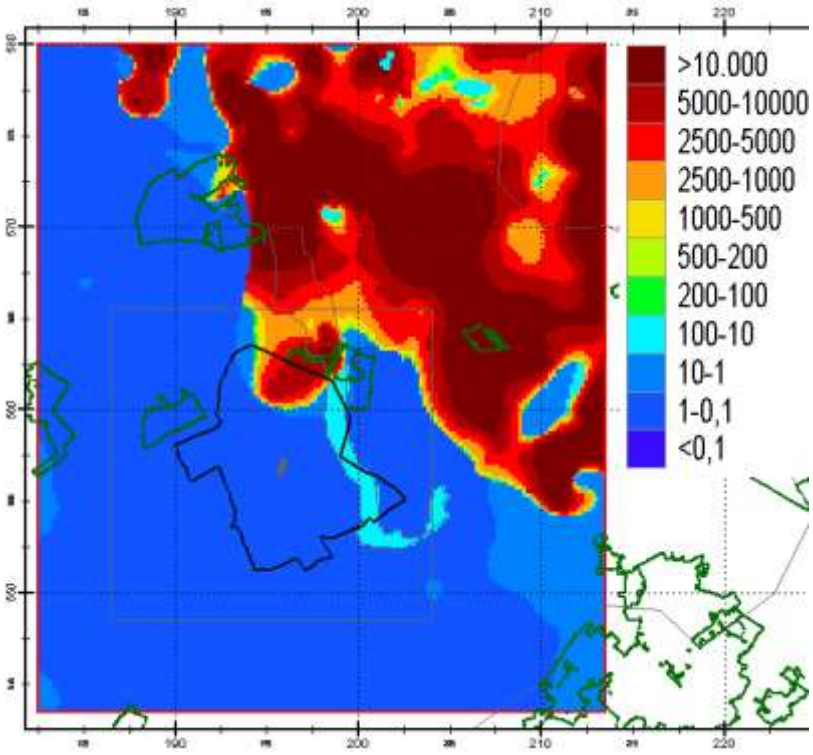
C5 (dagen): Urkklei 2



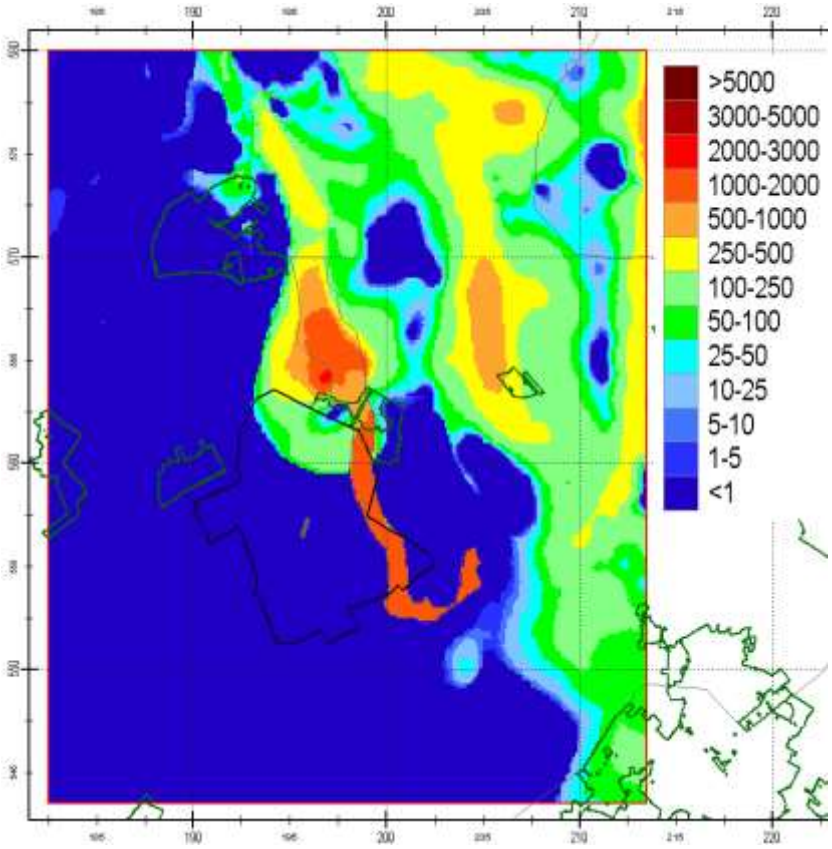
KD6 (m^2/dag): Urkzand 3 en Peelo zand 1



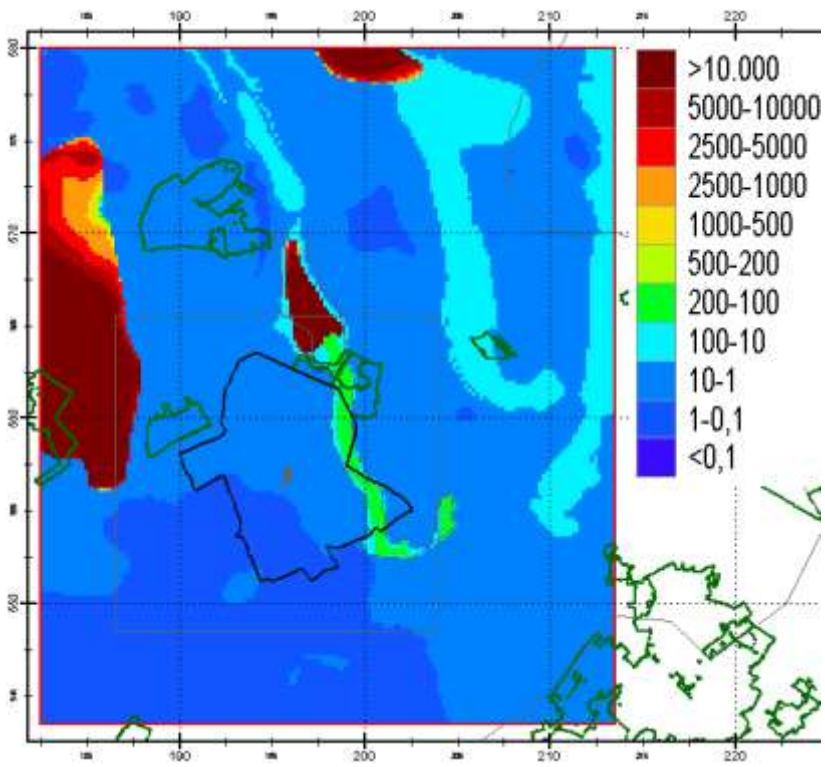
C6 (dagen): Peeloklei 1



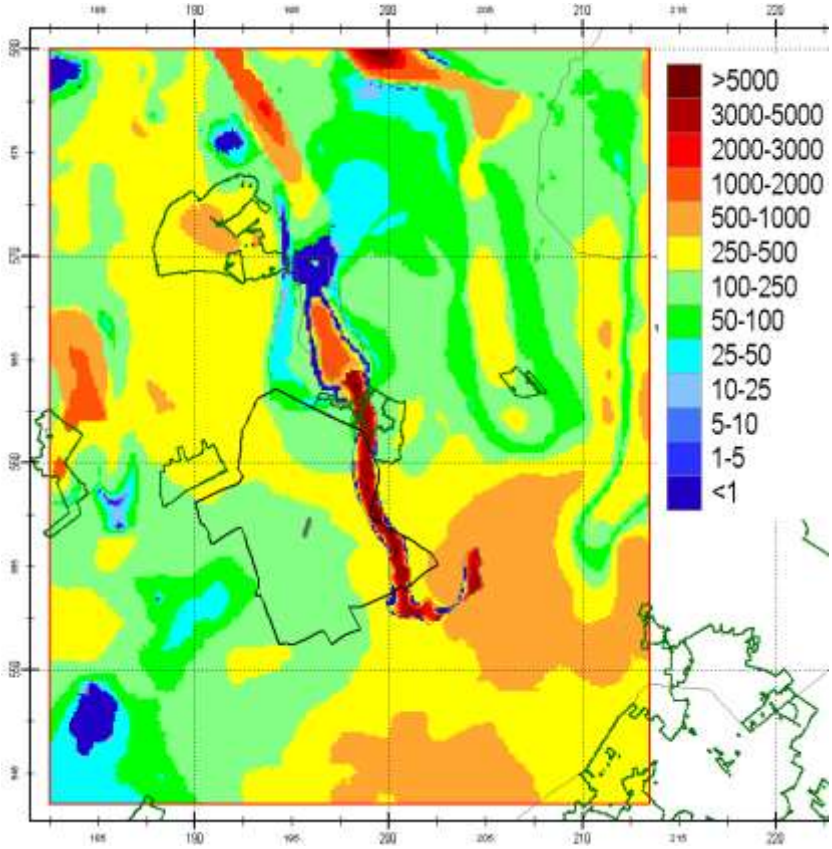
KD7 (m^2/dag): Peelo zand 2



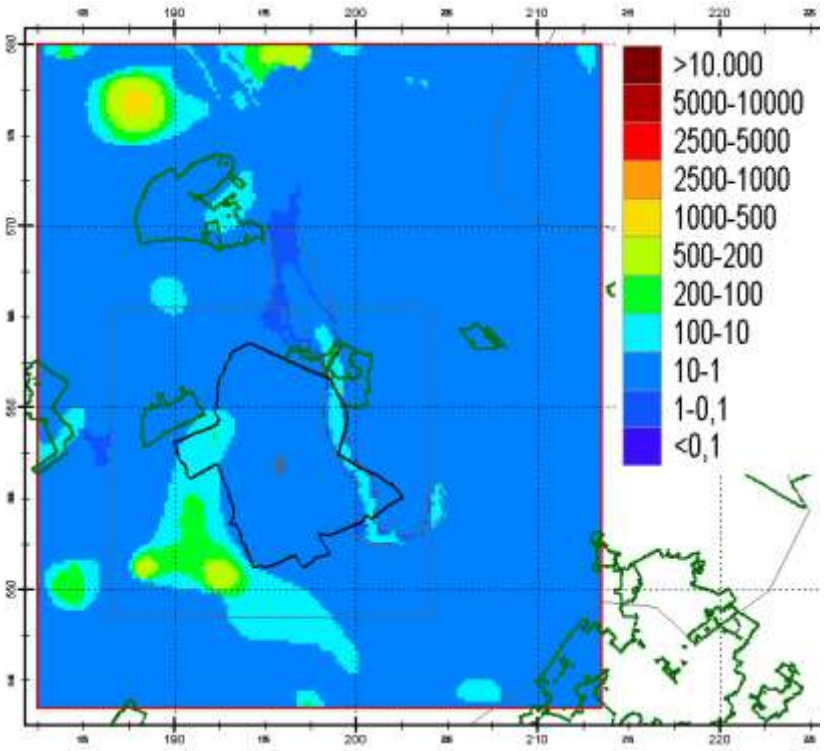
C7 (dagen): Peeloklei 2



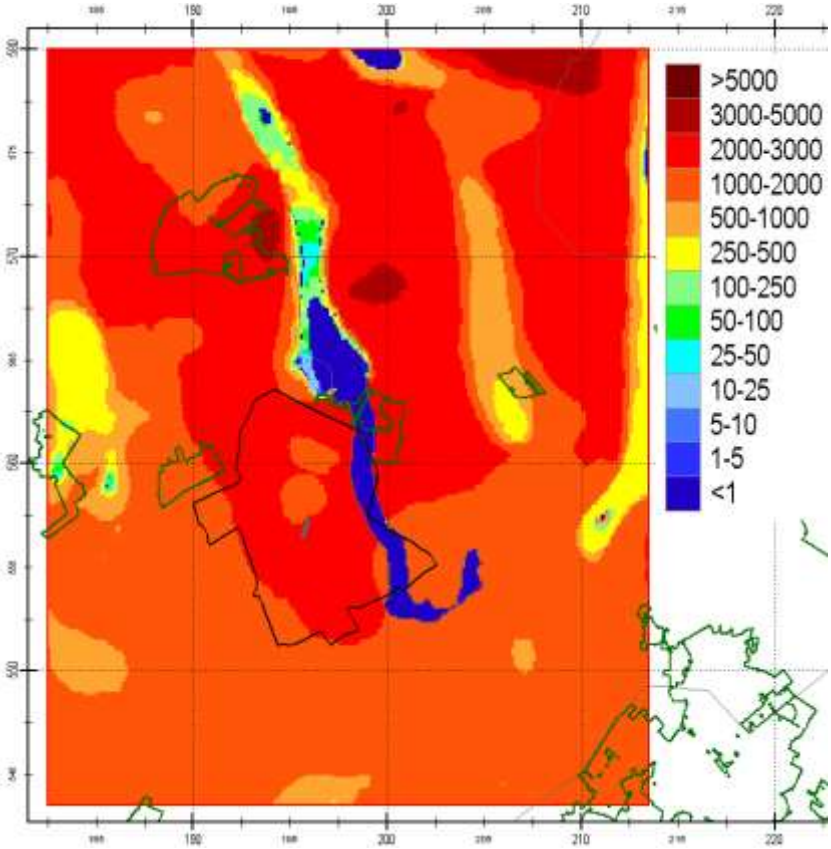
KD8 (m^2/dag): Peelozand 3 en Urkzand 4



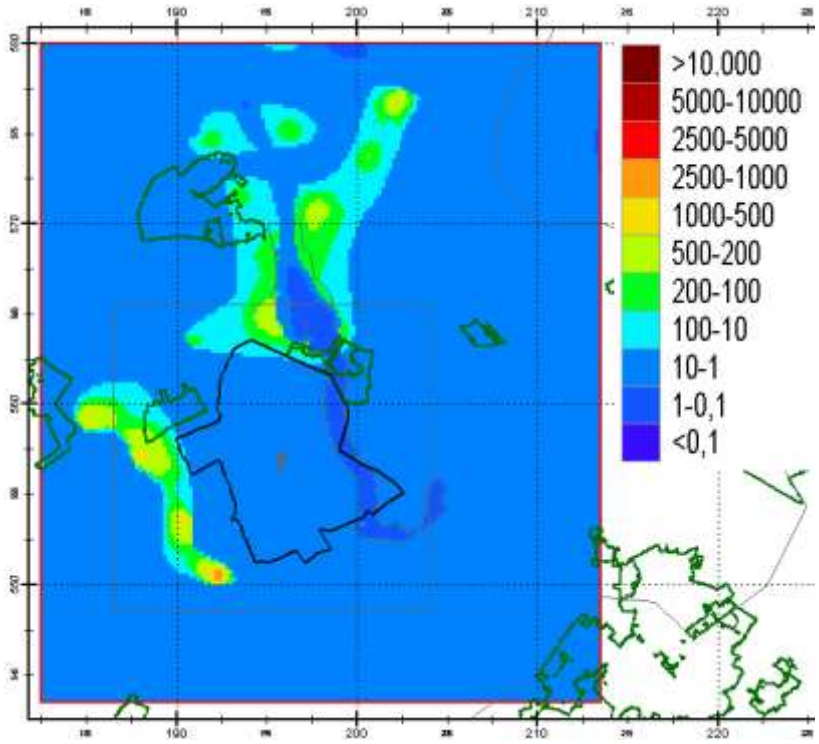
C8 (dagen): Urkklei 3



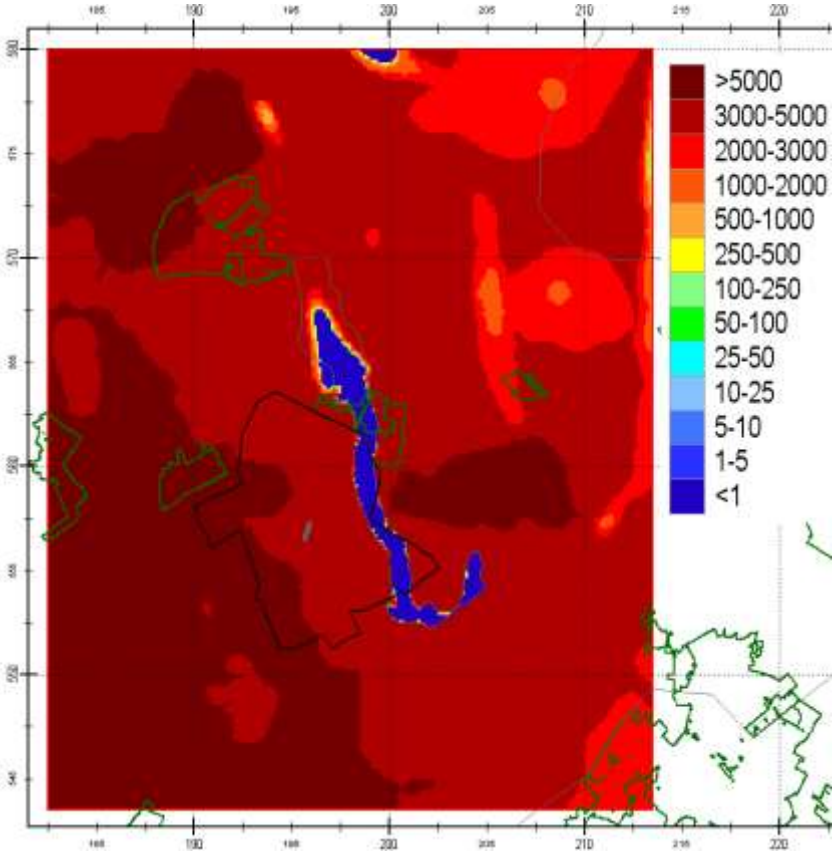
KD9 (m^2/dag): Urkzand 5, Appelscha zand 1 en PZWA zand 2



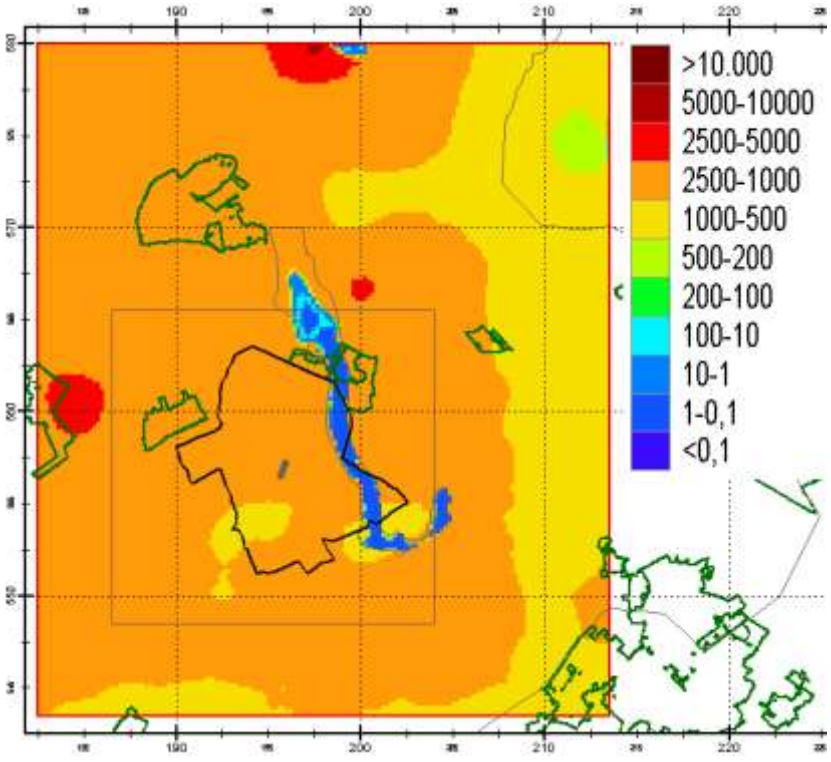
C9 (dagen): Peizeklei 1



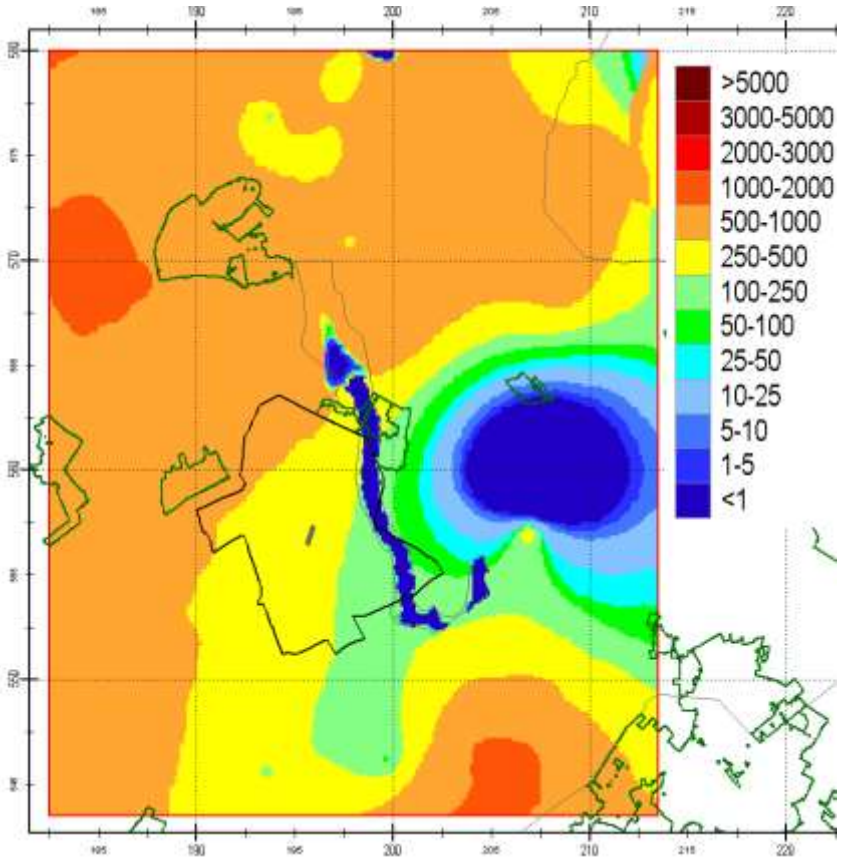
KD10 (m^2/dag): Peize-Waalre zand 3 en Peize complex (zanddeel)



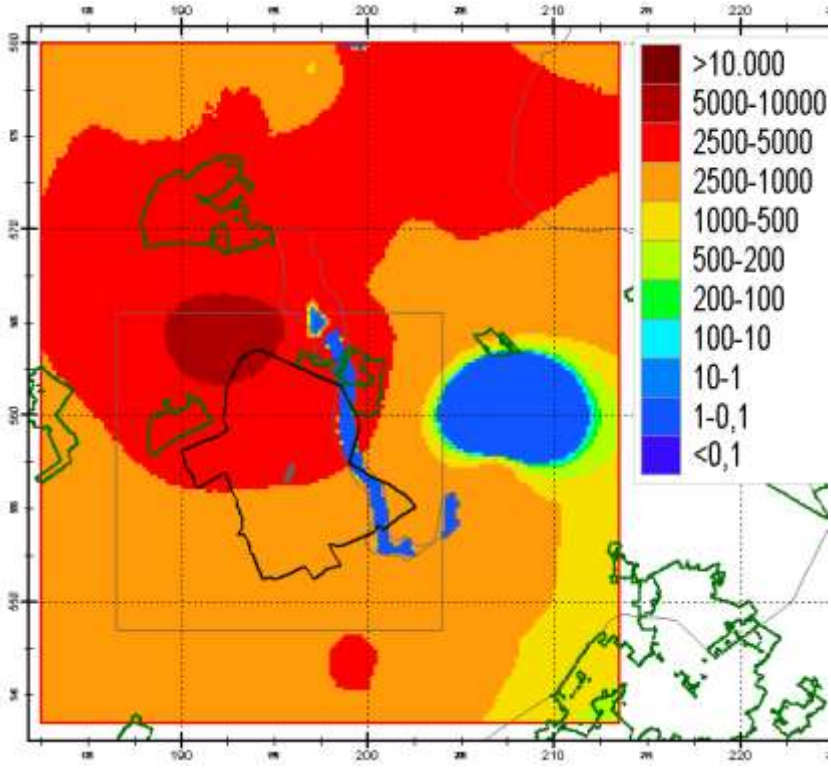
C10 (dagen): Peize complex (klei deel)



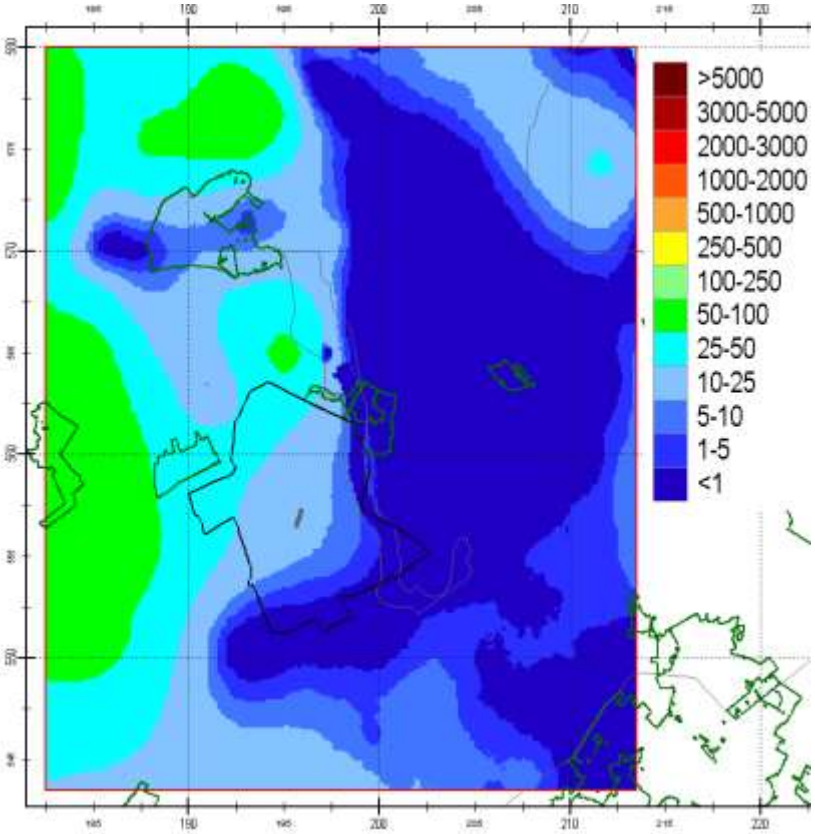
KD11 (m^2/dag): PZWA zand 4 en Maassluis zanden



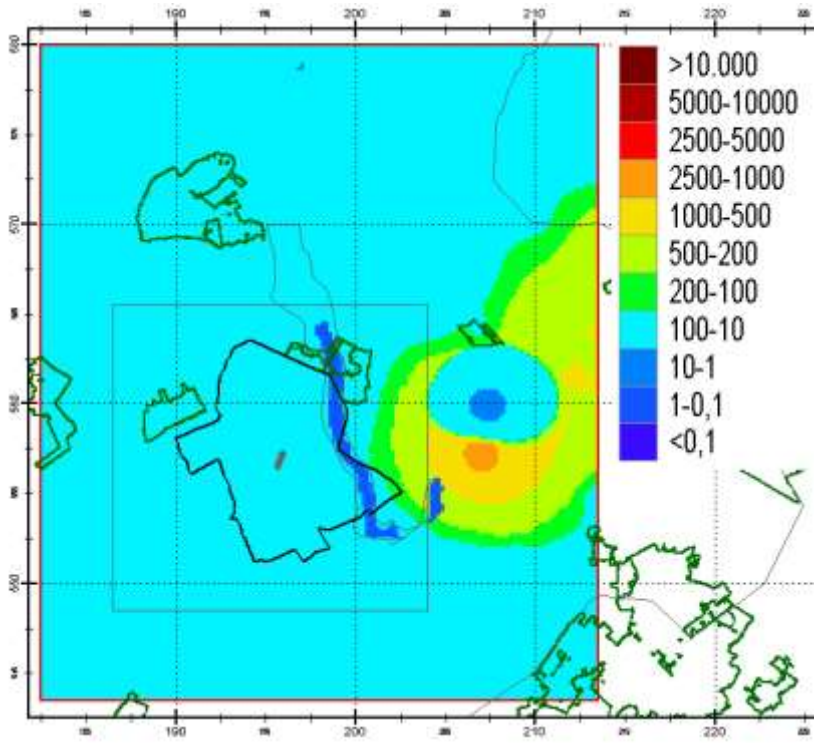
C11 (dagen): Maassluis complex (kleideel)



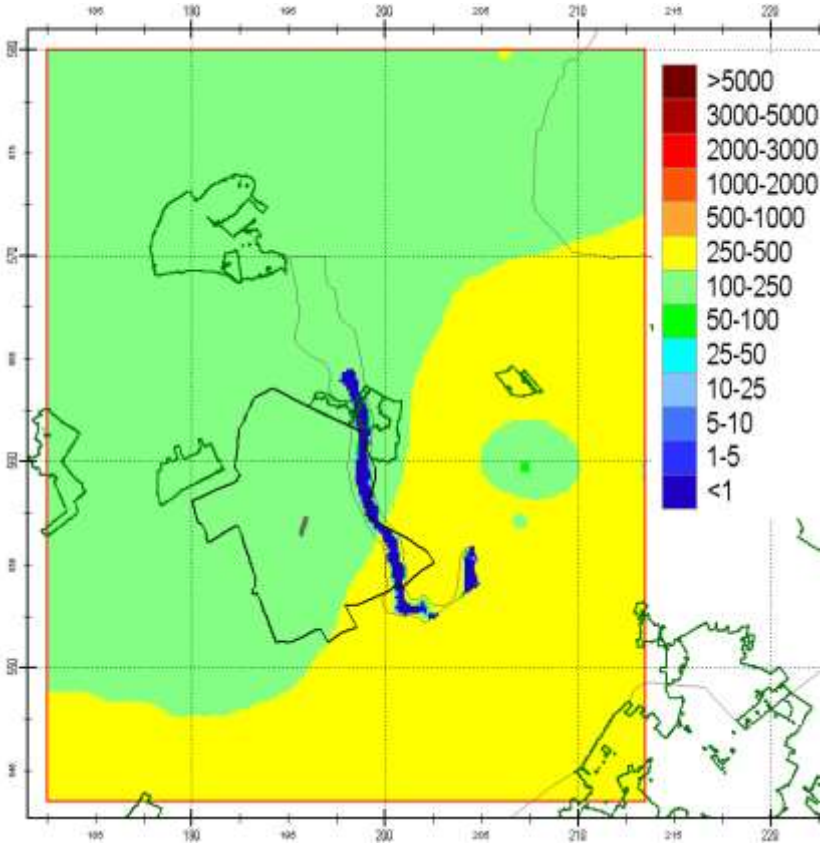
KD12 (m^2/dag): Maassluis zand 4



C12 (dagen): Oosterhout klei 1

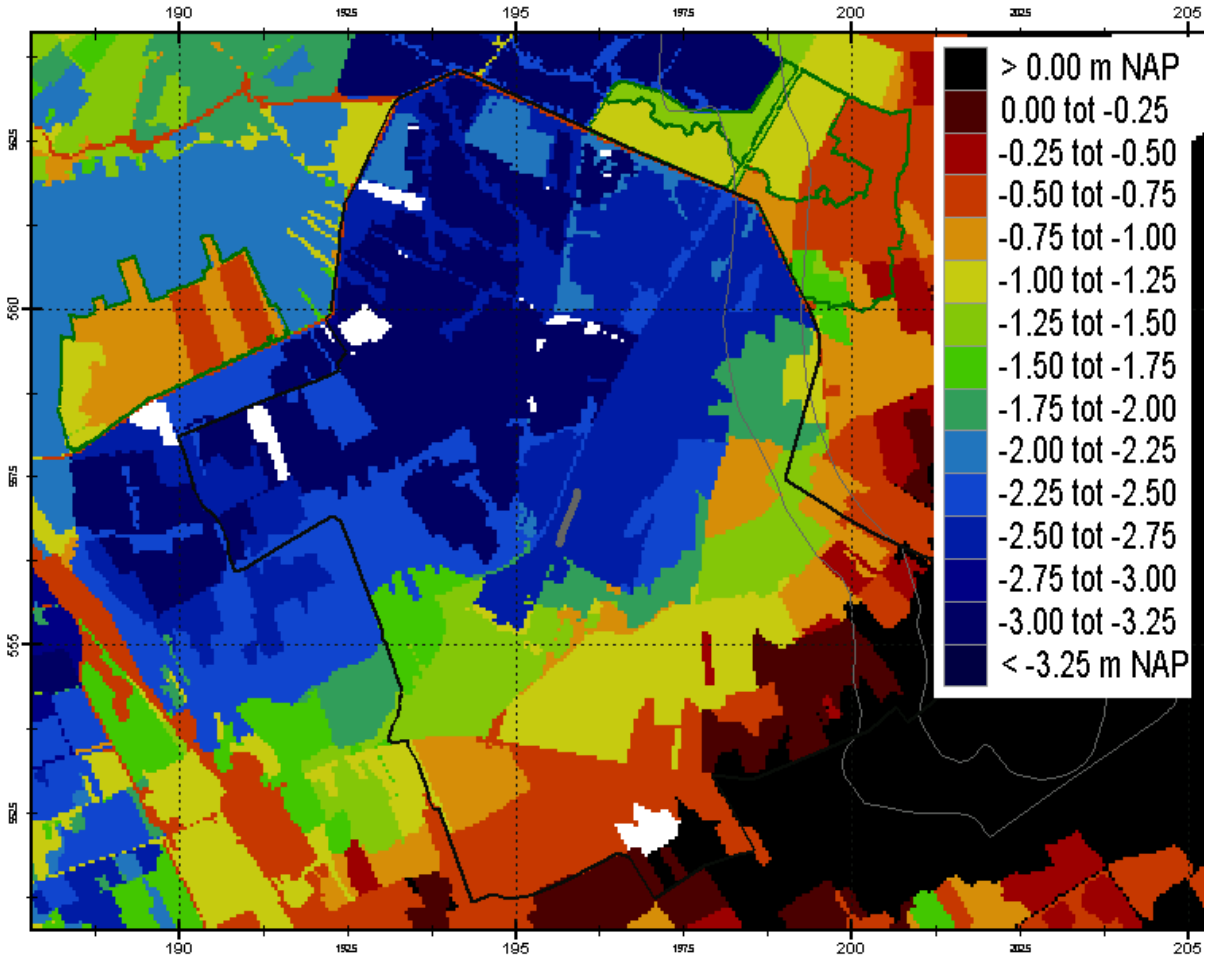


KD13 (m^2/dag): Oosterhout zand 2 en Oosterhout complex (zanddeel)

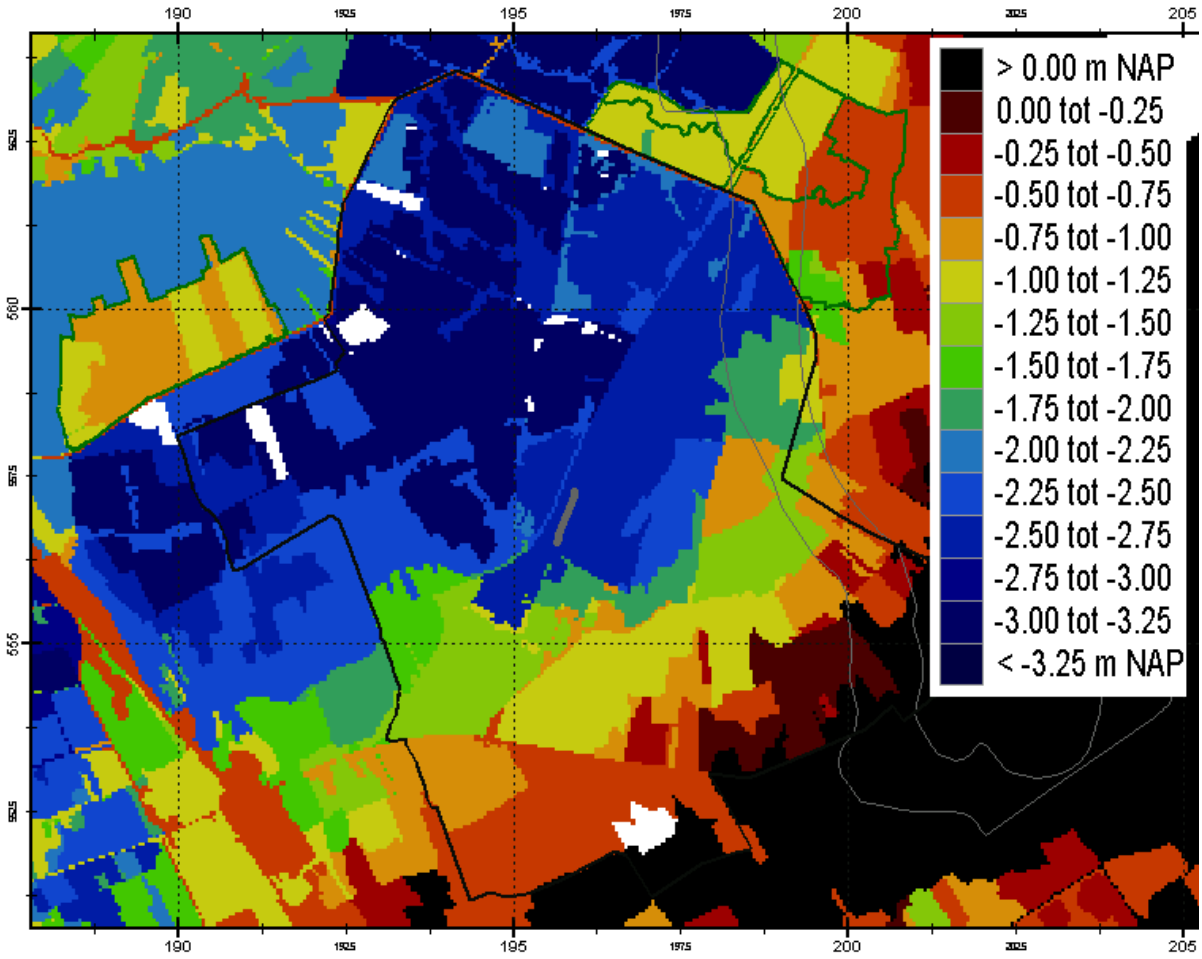


Bijlage 2 Zomer- en winterpeil model huidige situatie (HUIDIG_DEF)

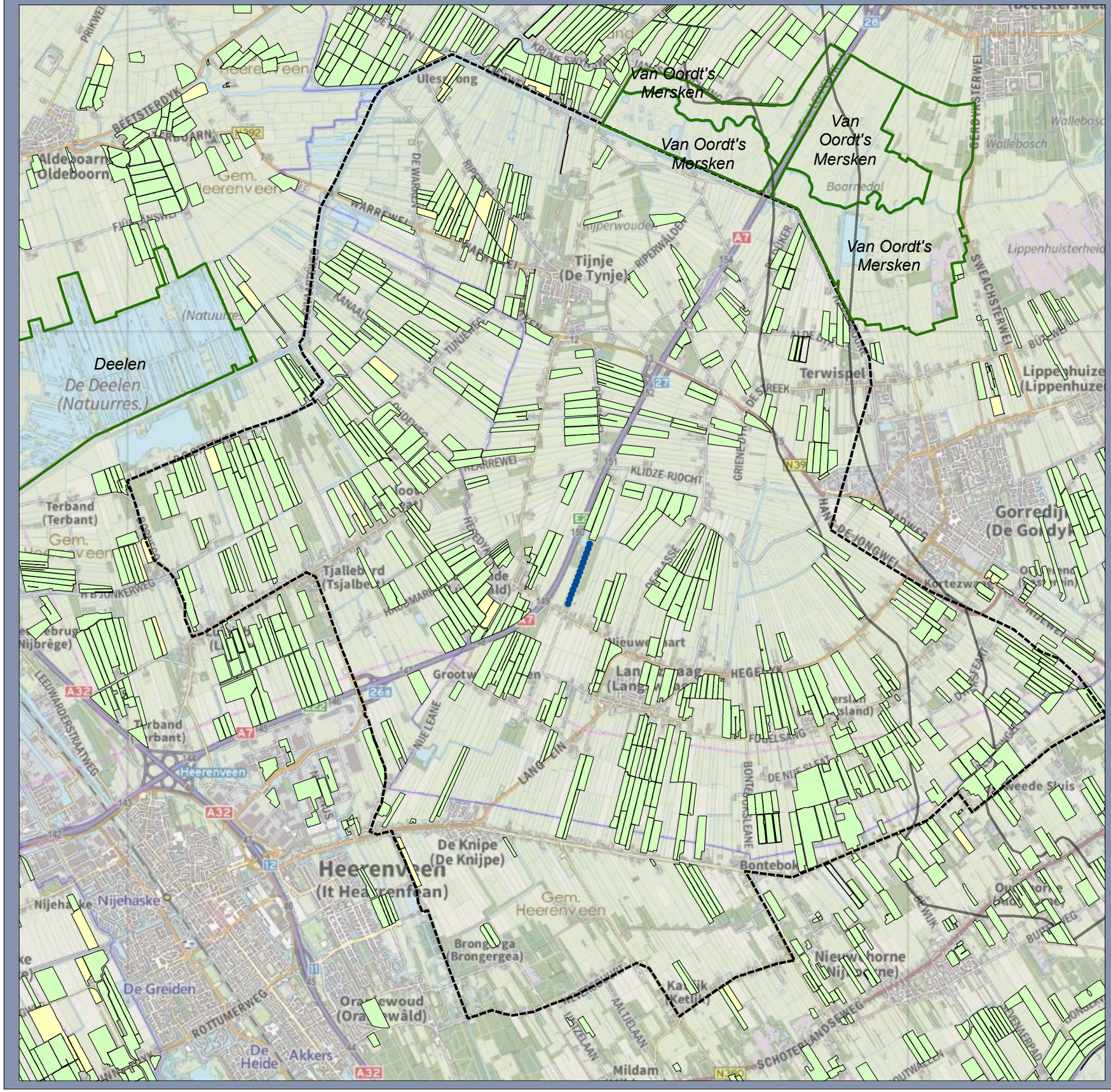
Peilvak winterpeil:



Peilvak zomerpeil:



Bijlage 3 Inschatting aanwezigheid drainage (Wetterskip)



Legenda

- zoekgebied drinkwaterwinning
- putten Luxwoude (concept)
- Begrenzing tunneldal seismiek
- EXT_NAT_NATURA2000_V

buisdrainage_inschattingWTvS

buisdrainage_WF

- mogelijk
- waarschijnlijk

Inschatting aanwezigheid buisdrainage

Drinkwaterwinning Luxwoude

Opdrachtgever: VITENS
Projectnummer: 364919

SWECO

Status: Definitief
Datum: 29-10-2020
Schaal: 1:50.000
Formaat: A3

Getekend: RO - Gecontroleerd: SS

0 500 1,000 1,500 2,000 2,500 3,000 meter

N

© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

C:\Data\Software\ArcGIS\Luxwoude\MXD\Luxwoude_MER_Effectbepaling.mxd 29-10-2020 21:05:29

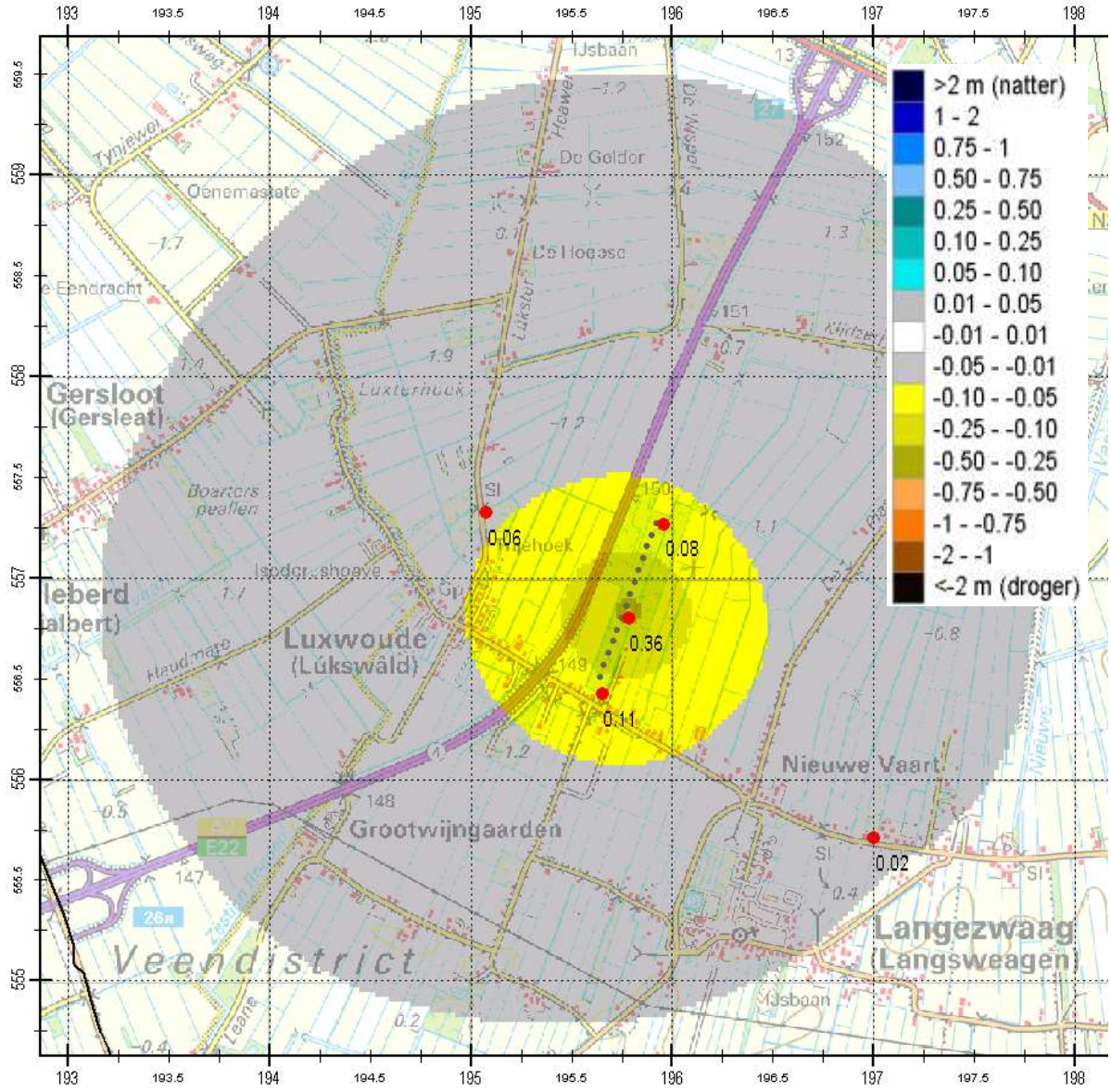
Bijlage 4 Peilbuizen in validatieset

X	Y	NAME	FILTERNR	FILTERLEVEL	SURFACELEVEL	MLGL	MGL	MSGL	MHGL	GT	Laagnr	Laagnaam	TOP	BOT
197900	563990	11BL0058	1	-3.9	-1.5	-3.01	-2.72	-2.71	-2.34	VII	3	L3	-2.21	-3.92
198474	564094	11BL0060	1	-2.7	-1.72	-2.65	-2.14	-2.18	-1.68	III	1	SDL1	-1.56	-1.66
196930	562883	11BL0070	1	-3.06	-1.16	-1.8	-1.42	-1.39	-1.08	II	3	SDL3	-2.99	-2.99
197585	562925	11BL0072	1	-1.44	-1.24	-2.1	-1.54	-1.3	-1.07	III	1	SDL1	-0.89	-0.99
197521	562651	11BL0074	1	-3.14	-1.2	-1.92	-1.46	-1.36	-1.06	II	3	SDL3	-2.79	-2.79
197405	562560	11BL0075	1	-2.84	-1.29	-1.88	-1.37	-1.17	-1.01	II	1	SDL1	-1.04	-1.14
198320	562755	11BL0077	1	-3.6	-1.08	-1.64	-1.33	-1.37	-1.03	II	3	SDL3	-2.86	-3.05
196950	564000	11BL0154	1	-3.38	-1.88	-3	-2.52	-2.63	-2.09	III	3	L3	-2.24	-4.02
197825	564400	11BL0155	1	-3.51	-1.91	-2.97	-2.52	-2.58	-2.03	III	3	L3	-2.64	-3.93
197550	563900	11BL0156	1	-3.01	-1.67	-2.96	-2.56	-2.56	-2.12	VI	3	L3	-2.08	-3.46
197125	563450	11BL0157	1	-3.02	-1.71	-2.67	-2.33	-2.29	-2.04	III	3	SDL3	-2.79	-2.79
198150	563125	11BL0158	1	-2.84	-1.62	-2.79	-2.52	-2.46	-2.22	IV	3	L3	-2.63	-2.84
197710	563670	11BP0018	1	-3.1	-1.76	-2.96	-2.57	-2.62	-2.08	V	3	L3	-2.14	-5.40
197710	563670	11BP0018	4	-50.76	-1.76	-2.67	-2.44	-2.43	-2.15	III	7	L7	-37.04	-100.00
196755	564040	11BP0054	1	-4.78	-1.26	-2.67	-2.51	-2.53	-2.33	VII	3	L3	-2.14	-5.09
196755	564040	11BP0054	2	-13.8	-1.26	-2.47	-2.25	-2.22	-2.04	VI	3	SDL3	-2.14	-5.09
199065	563140	11BP0067	1	-1.6	-0.96	-1.54	-1.13	-1.14	-0.88	II	2	L2	-1.28	-2.04
199065	563140	11BP0067	2	-10.51	-0.96	-1.47	-1.19	-1.2	-0.93	II	4	L4	-9.23	-19.68
197655	563940	11BP0071	1	-21.23	-1.76	-3.54	-3.31	-3.3	-3.08	VII	5	L5	-14.92	-25.01
197655	563940	11BP0071	2	-57.2	-1.76	-3.92	-3.58	-3.55	-3.04	VII	7	L7	-31.23	-100.00
197655	563940	11BP0071	5	-185.17	-1.76	-2.48	-2.23	-2.22	-1.99	II	8	L8	-180.00	-305.10
197655	563940	11BP0071	6	-209.14	-1.76	-2.39	-2.15	-2.17	-1.95	II	8	L8	-180.00	-305.10
197655	563940	11BP0071	7	-231.17	-1.76	-2.33	-2.09	-2.07	-1.9	II	8	L8	-180.00	-305.10
197551	562803	11BP0073	1	-2.21	-1.36	-1.87	-1.37	-1.22	-1.06	II	1	SDL1	-1.10	-1.20
197551	562803	11BP0073	2	-8.88	-1.36	-2.14	-1.52	-1.33	-1.01	II	4	L4	-7.81	-20.48
190942	563449	11BP0078	1	-3.11	-0.61	-1.76	-1.62	-1.62	-1.49	IV	2	SDL2	-2.99	-2.99
190942	563449	11BP0078	2	-13.59	-0.61	-1.76	-1.59	-1.59	-1.44	IV	4	L4	-11.39	-18.20
190942	563449	11BP0078	3	-83.6	-0.61	-1.79	-1.62	-1.65	-1.47	IV	9	L9	-46.62	-93.50
190942	563449	11BP0078	4	-121.59	-0.61	-1.77	-1.6	-1.6	-1.45	IV	10	L10	-96.26	-190.59
190942	563449	11BP0078	5	-185.6	-0.61	-1.8	-1.63	-1.64	-1.48	IV	10	L10	-96.26	-190.59
190942	563449	11BP0078	6	-232.59	-0.61	-1.81	-1.64	-1.65	-1.5	IV	11	L11	-211.59	-259.17
190942	563449	11BP0078	7	-271.6	-0.61	-2.16	-2.08	-2.06	-2	VII	11	SDL11	-211.59	-259.17
195142	564928	11BP0084	1	-16.93	-1.27	-2.2	-2.03	-2.05	-1.88	IV	5	L5	-13.82	-27.77
195142	564928	11BP0084	7	-210.85	-1.27	-2.12	-1.94	-1.92	-1.77	IV	11	L11	-203.30	-240.67
197170	563320	11BP0087	1	-9.51	-1.76	-2.34	-2.1	-2.11	-1.9	II	4	L4	-7.76	-18.60
197170	563320	11BP0087	3	-54.58	-1.76	-2.3	-2.09	-2.1	-1.89	II	7	L7	-41.00	-100.00
196710	564000	11BP0088	1	-23.33	-1.26	-2.32	-2.11	-2.14	-1.94	IV	5	L5	-20.43	-25.74
196710	564000	11BP0088	2	-64.35	-1.26	-2.32	-2.11	-2.13	-1.93	IV	7	L7	-33.17	-144.24
196710	564000	11BP0088	4	-140.39	-1.26	-2.32	-2.12	-2.13	-1.94	IV	7	L7	-33.17	-144.24
196710	564000	11BP0088	6	-210.42	-1.26	-2.24	-2.03	-2.05	-1.87	IV	8	L8	-195.83	-227.51
198691	564766	11BP0089	1	-12.57	-0.53	-1.31	-1.13	-1.13	-0.97	II	4	L4	-9.60	-19.19
198691	564766	11BP0089	3	-93.6	-0.53	-1.29	-1.11	-1.11	-0.94	II	7	L7	-27.35	-139.20
198691	564766	11BP0089	5	-162.67	-0.53	-1.24	-1.04	-1.01	-0.85	II	7	SDL7	-27.35	-139.20
198780	563880	11BP0090	2	-36.95	0.13	-1.68	-1.42	-1.41	-1.15	VII	6	L6	-24.34	-37.29
198132	564401	11BP0099	1	-3.84	-1.16	-2.97	-2.87	-2.91	-2.75	VIII	3	L3	-2.66	-5.32
198132	564401	11BP0099	2	-18.37	-1.16	-2.48	-2.32	-2.34	-2.15	VII	4	L4	-17.53	-23.35
197869	564466	11BP0100	1	-14.08	-1.84	-2.63	-2.4	-2.42	-2.13	II	3	SDL3	-2.64	-3.87
199788	551350	11DL0051	1	-1.19	2.36	-0.42	0.27	0.75	1.04	VII	3	SDL3	1.25	-0.24
193695	554670	11DL0135	1	-2.35	-0.43	-1.47	-1.33	-1.4	-1.1	IV	3	L3	-2.23	-3.60
194056	551963	11DL0136	1	-1.36	0.68	-0.87	-0.57	-0.5	-0.23	VII	3	SDL3	-0.15	-0.98
198119	557082	11DL0137	1	-2.36	-0.67	-1.36	-1.09	-1.12	-0.88	II	3	L3	-2.15	-2.61
199801	553093	11DL0138	1	-996.73	1.74	0.17	0.44	0.56	0.76	VII	14	onderSDL_13	-266.21	NaN
197665	555680	11DP0020	1	-33.72	0.76	-1.32	-1.17	-1.2	-0.97	VIII	8	L8	-25.00	-36.65
197240	561930	11DP0024	1	-2.12	-1.5	-2.33	-2	-2.05	-1.66	III	2	L2	-1.92	-2.48
197240	561930	11DP0024	2	-7.68	-1.5	-2.17	-1.93	-1.96	-1.67	II	4	L4	-7.30	-20.93
197539	559118	11DP0079	1	-30.6	-1.14	-2.12	-1.92	-1.96	-1.71	IV	8	L8	-30.47	-42.75
197539	559118	11DP0079	2	-70.1	-1.14	-2.08	-1.85	-1.91	-1.64	IV	9	L9	-42.75	-87.42
190401	556997	11DP0117	1	-4.98	-0.92	-2.45	-2.28	-2.29	-2.12	VII	3	L3	-3.58	-5.66
190401	556997	11DP0117	2	-10.47	-0.92	-2.34	-2.2	-2.22	-2.06	VII	3	SDL3	-3.58	-5.66
190401	556997	11DP0117	3	-22.53	-0.92	-2.33	-2.19	-2.22	-2.04	VII	5	L5	-20.02	-24.97
197035	560289	11DP0121	1	-3.76	-1.36	-2.24	-1.77	-1.92	-1.46	III	3	SDL3	-2.74	-3.27
197035	560289	11DP0121	2	-10.61	-1.36	-2.11	-1.89	-1.92	-1.67	II	3	SDL3	-2.74	-3.27
197035	560289	11DP0121	3	-22.37	-1.36	-2.19	-1.95	-1.99	-1.66	III	5	L5	-17.83	-24.74
193700	554670	11DP0135	1	-9.91	-0.49	-1.61	-1.46	-1.49	-1.29	IV	4	L4	-7.50	-17.81
194054	551968	11DP0136	1	-13.78	0.72	-1.15	-0.95	-1	-0.71	VIII	4	L4	-5.76	-17.48
198116	557086	11DP0137	1	-10.13	-0.7	-1.49	-1.3	-1.35	-1.07	II	4	L4	-4.07	-16.58
199804	553089	11DP0138	1	-5.78	1.76	-0.39	-0.13	-0.12	0.16	VIII	4	L4	-2.67	-15.06
198510	550618	11DP0139	2	-12.34	3.19	-0.75	-0.46	-0.42	-0.14	VIII	4	L4	-4.79	-19.57
195337	551385	11DP0140	2	-9.13	1.65	-1.1	-0.83	-0.8	-0.53	VIII	4	L4	-5.72	-17.78
198200	561166	11DP9026	1	-3.02	-1.46	-2.39	-2	-2.04	-1.6	III	3	L3	-2.32	-4.10
198200	561166	11DP9026	2	-10.94	-1.46	-2.02	-1.79	-1.81	-1.59	II	4	L4	-7.09	-20.94
203013	564655	11EL9007	1	-0.23	2.15	0	0.71	1.02	1.26	VII	3	SDL3	1.63	0.11
202225	563850	11EL9008	1	0.77	3.14	1.16	1.63	1.78	2.05	VII	3	L3	1.74	0.49
202010	564322	11EL9010	1	-0.27	2.03	-0.19	0.48	0.74	1.1	VII	3	SDL3	1.60	0.27
203215	563655	11EL9011	1	0.79	3.21	1.38	1.82	1.99	2.28	VII	3	L3	2.26	-0.42
201060	563850	11EP0014	1	-58.35	2.34	-0.47	-0.2	-0.17	0.03	VIII	9	L9	-41.75	-88.27
200925	563820	11EP0022	1	-1	1.56	-0.08	0.3	0.44	0.65	VII	3	SDL3	1.27	-0.92
200925	563820	11EP0022	2	-6.13	1.56	-0.48	-0.19	-0.14	0.05	VIII	4	L4	-4.65	-16.47
203078	564702	11EP0099	1	-14.51	2.03	-0.09	0.25	0.33	0.53	VIII	6	L6	-11.17	-16.19
203078	564702	11EP0099	2	-33.51	2.03	-0.07	0.25	0.3	0.51	VIII	7	L7	-22.08	-39.11

203078	564702	11EP0099	3	-56.5	2.03	-0.08	0.24	0.3	0.51	VIII	9	L9	-47.74	-93.07
202010	565105	11EP9013	1	-0.92	0.8	-0.5	-0.18	-0.14	0.07	VI	3	L3	0.54	-1.75
202010	565105	11EP9013	2	-10.83	0.8	-0.33	-0.03	0	0.22	IV	4	L4	-5.33	-11.58
202903	559835	11GL0067	1	0.18	2.32	0.33	0.75	0.86	1.1	VII	3	L3	1.04	0.04
202811	550344	11GL0068	1	-0.66	1.41	-0.23	0.27	0.41	0.9	VI	3	SDL3	0.85	0.43
200326	551026	11GL9010	1	-0.69	0.85	-0.08	0.22	0.17	0.58	III	3	L3	0.53	-1.21
201647	550575	11GL9015	1	-2.36	1.14	-0.55	-0.35	-0.35	-0.13	VII	3	SDL3	-0.48	-0.48
200796	561614	11GP0025	1	-9.25	1.25	-0.61	-0.41	-0.41	-0.23	VIII	3	L3	-6.18	-12.75
200796	561614	11GP0025	2	-22.26	1.25	-0.57	-0.38	-0.37	-0.2	VIII	5	L5	-18.83	-24.83
200796	561614	11GP0025	3	-49.25	1.25	-0.46	-0.19	-0.14	0.03	VII	9	L9	-38.32	-90.36
201584	553054	11GP0027	1	-12.98	2.19	0.09	0.35	0.36	0.64	VIII	4	L4	-2.26	-14.86
201584	553054	11GP0027	2	-46.34	2.19	0.07	0.34	0.35	0.62	VIII	7	L7	-24.51	-100.00
201253	550061	11GP0053	1	-40.64	-0.05	-0.62	-0.44	-0.39	-0.27	II	9	L9	-38.67	-71.81
201253	550061	11GP0053	2	-68.66	-0.05	-0.58	-0.37	-0.31	-0.18	II	9	L9	-38.67	-71.81
202900	559838	11GP0067	1	-9.05	2.44	0.32	0.56	0.56	0.79	VIII	4	L4	-3.10	-18.34
202809	550338	11GP0068	1	-13.14	1.36	-0.15	0.06	0.01	0.31	VII	4	L4	-2.10	-20.09
202497	561171	11GP0071	1	-7.11	1.88	0.17	0.48	0.51	0.72	VII	4	L4	-5.35	-20.22
202497	561171	11GP0071	2	-17.1	1.88	0.16	0.48	0.52	0.73	VII	4	L4	-5.35	-20.22
202497	561171	11GP0071	3	-78.11	1.88	-0.02	0.28	0.32	0.53	VII	9	L9	-39.12	-90.72
201887	550348	11GP0077	1	-1.98	0.51	-0.71	-0.57	-0.59	-0.39	VII	3	L3	-0.89	-2.13
201887	550348	11GP0077	2	-14.98	0.51	-0.42	-0.23	-0.25	-0.02	IV	4	L4	-2.13	-18.40
201581	553053	11GP9006	1	-3.36	2.19	0.05	0.34	0.35	0.65	VIII	4	L4	-2.26	-14.86
203247	551422	11GP9011	1	-0.75	0.82	0.1	0.35	0.35	0.62	II	2	L2	-0.27	-2.42
203247	551422	11GP9011	2	-14.34	0.82	0.12	0.35	0.37	0.59	II	4	L4	-4.08	-18.87
200829	550668	11GP9012	1	-998.1	0.53	-0.78	-0.28	-0.45	0.37	V	14	onderSDL_13	-263.26	NaN
200829	550668	11GP9012	2	-14.16	0.53	-0.76	-0.55	-0.59	-0.24	VI	4	L4	-1.28	-18.11
201067	550290	11GP9013	1	-1.89	-0.29	-0.81	-0.62	-0.65	-0.39	II	3	SDL3	-1.18	-1.18
201067	550290	11GP9013	2	-14.9	-0.29	-0.84	-0.66	-0.67	-0.44	II	4	L4	-2.22	-18.15
188816	549590	16AL9001	1	-2.78	-0.09	-1.08	-0.88	-0.92	-0.66	IV	3	SDL3	-2.16	-2.68
188816	549590	16AP0024	1	-19.23	-0.09	-1.72	-1.56	-1.56	-1.39	VII	5	L5	-15.69	-28.15
188816	549590	16AP0024	2	-30.7	-0.09	-1.69	-1.53	-1.57	-1.37	VII	6	L6	-28.15	-32.60
188816	549590	16AP0024	3	-50.55	-0.09	-1.81	-1.64	-1.66	-1.46	VII	9	L9	-36.13	-69.31
188208	548539	16AP9005	1	-9.91	-0.94	-1.74	-1.57	-1.58	-1.42	IV	4	L4	-6.77	-13.44
187398	549233	16AP9008	2	-8.84	-1.94	-2.16	-1.98	-1.96	-1.82	I	5	L5	-7.28	-27.22
196413	549175	16BL9001	1	-1.21	0.33	-1.16	-0.5	-0.47	0.18	V	3	SDL3	-0.47	-0.47
199600	549025	16BL9002	1	-1.1	0.97	-1.19	-0.41	0.18	0.32	VI	3	SDL3	0.16	-0.04
199636	549042	16BP0109	1	-13.91	1.09	-1.06	-0.84	-0.83	-0.6	VIII	4	L4	-1.96	-21.53
199636	549042	16BP0109	1	-13.91	1.09	-1.06	-0.84	-0.83	-0.6	VIII	4	L4	-1.96	-21.53
196416	549165	16BP0151	1	-2.14	0.45	-1.56	-1.38	-1.39	-1.14	VIII	3	SDL3	-0.42	-0.42
196416	549165	16BP0151	2	-8.18	0.45	-1.56	-1.38	-1.4	-1.14	VIII	4	L4	-2.54	-19.83
201435	548570	16EP0025	1	-19.67	0.89	-0.68	-0.47	-0.5	-0.17	VII	4	L4	-4.05	-25.17
201435	548570	16EP0025	1	-19.67	0.89	-0.68	-0.47	-0.5	-0.17	VII	4	L4	-4.05	-25.17
199125	564650	B11B0234	1	-2.22	-0.72	-1.65	-1.5	-1.49	-1.32	IV	3	L3	-1.57	-3.26
196530	563500	B11B0249	1	-2.74	-1.14	-2.42	-2.08	-2.01	-1.72	VI	3	L3	-2.71	-3.58
197400	564738	B11B0258	1	-4.46	-1.96	-2.57	-2.32	-2.39	-1.97	II	3	L3	-2.77	-5.30
198062	563525	B11B0268	1	-3.14	-1.64	-2.74	-2.18	-2.18	-1.62	III	3	SDL3	-2.13	-2.60
197950	563500	B11B0270	1	-3.1	-1.6	-2.72	-2.12	-2.11	-1.58	III	3	SDL3	-2.23	-2.78
198300	562950	B11B0277	1	-2.32	-1.32	-2.21	-1.83	-1.91	-1.39	III	2	L2	-1.58	-2.78
197087	564412	B11B0348	1	-4.74	-1.98	-2.9	-2.76	-2.8	-2.58	IV	3	L3	-2.45	-5.02
198133	564402	B11B0375	2	-19.34	-1.13	-2.46	-2.32	-2.36	-2.17	VII	4	L4	-17.53	-23.35
198133	564402	B11B0375	3	-41.35	-1.13	-2.31	-2.09	-2.1	-1.87	IV	7	L7	-36.56	-100.00
198133	564402	B11B0375	4	-67.39	-1.13	-2.31	-2.09	-2.1	-1.87	IV	7	L7	-36.56	-100.00
198472	564078	B11B0376	1	-22.01	-0.72	-1.99	-1.79	-1.8	-1.59	VII	5	L5	-19.25	-24.19
198472	564078	B11B0376	2	-36.06	-0.72	-1.99	-1.79	-1.79	-1.58	VII	6	SDL6	-24.19	-27.78
198472	564078	B11B0376	3	-57.12	-0.72	-1.98	-1.78	-1.8	-1.58	VII	7	L7	-40.80	-100.00
198472	564078	B11B0376	4	-67.17	-0.72	-2.02	-1.81	-1.83	-1.61	VII	7	L7	-40.80	-100.00
199399	564158	B11B0377	1	-13.33	-0.34	-1.05	-0.83	-0.82	-0.64	II	4	L4	-5.96	-17.67
199399	564158	B11B0377	2	-31.37	-0.34	-1.02	-0.81	-0.8	-0.61	II	6	L6	-23.62	-33.62
199399	564158	B11B0377	3	-51.38	-0.34	-1.02	-0.81	-0.79	-0.61	II	8	L8	-48.32	-53.84
199399	564158	B11B0377	4	-62.42	-0.34	-1.01	-0.8	-0.78	-0.6	II	9	L9	-53.84	-98.44
197859	564021	B11B1548	1	-3.97	-1.48	-2.94	-2.67	-2.73	-2.28	VI	3	L3	-2.11	-4.12
197859	564036	B11B1549	1	-3.43	-1.55	-3.15	-2.87	-2.88	-2.51	VII	3	L3	-2.11	-4.12
198734	562820	B11B1552	1	-18.94	-0.56	-1.7	-1.46	-1.45	-1.26	IV	4	L4	-8.92	-20.58
198734	562820	B11B1552	2	-31.94	-0.56	-1.7	-1.46	-1.45	-1.26	IV	6	SDL6	-26.76	-31.27
198734	562820	B11B1552	3	-42.94	-0.56	-1.7	-1.45	-1.44	-1.25	IV	6	SDL6	-26.76	-31.27
198568	563982	B11B1739	1	-2.93	-1.55	-2.41	-2.02	-2.04	-1.64	III	3	SDL3	-2.38	-2.38
196530	562470	B11D0185	1	-2.74	-1	-1.59	-1.28	-1.3	-0.99	II	2	L2	-2.04	-2.95
199023	560595	B11D1719	1	-17	0.5	-1.65	-1.45	-1.46	-1.26	VIII	4	L4	-7.64	-21.68
199023	560595	B11D1719	2	-22	0.5	-1.66	-1.48	-1.53	-1.3	VIII	5	L5	-21.68	-25.93
199023	560595	B11D1719	3	-30	0.5	-1.67	-1.48	-1.5	-1.3	VIII	6	L6	-26.82	-32.73
199023	560595	B11D1719	4	-46	0.5	-1.64	-1.46	-1.52	-1.28	VIII	7	L7	-32.73	-100.00
198261	561657	B11D1720	1	-5	-0.55	-2.17	-2.11	-2.12	-2.03	VIII	3	SDL3	-3.36	-4.46
198261	561657	B11D1720	2	-20	-0.55	-1.99	-1.89	-1.88	-1.78	VII	4	L4	-7.65	-21.10
196686	562136	B11D1721	2	-22	-2.03	-2.29	-2.06	-2.06	-1.84	I	5	L5	-20.54	-24.48
196686	562136	B11D1721	3	-40	-2.03	-2.24	-2.02	-2.01	-1.83	I	8	L8	-39.09	-48.24
196686	562136	B11D1721	4	-48	-2.03	-2.23	-2.01	-2.05	-1.82	I	8	L8	-39.09	-48.24
198093	564398	LEPPEDYK14-1	1	-2.87	-1.28	-3.02	-2.88	-2.95	-2.69	VIII	3	L3	-2.61	-4.90
198079	564403	LEPPEDYK14-2	1	-3.15	-1.18	-2.91	-2.71	-2.78	-2.44	VII	3	L3	-2.71	-5.04
198009	564313	LEPPEDYK15-1	1	-3.49	-1.38	-3.12	-2.89	-2.85	-2.64	VII	3	L3	-2.61	-4.24
198001	564327	LEPPEDYK15-2	1	-3.39	-1.52	-3.19	-2.8	-2.73	-2.45	VII	3	L3	-2.61	-4.38
197916	564215	LEPPEDYK16-1	1	-3.23	-1.46	-3.24	-2.9	-2.79	-2.58	VII	3	L3	-2.51	-3.58
197914	564227	LEPPEDYK16-2	1	-3.21	-1.39	-3.17	-2.82	-2.78	-2.49	VII	3	L3	-2.51	-3.66

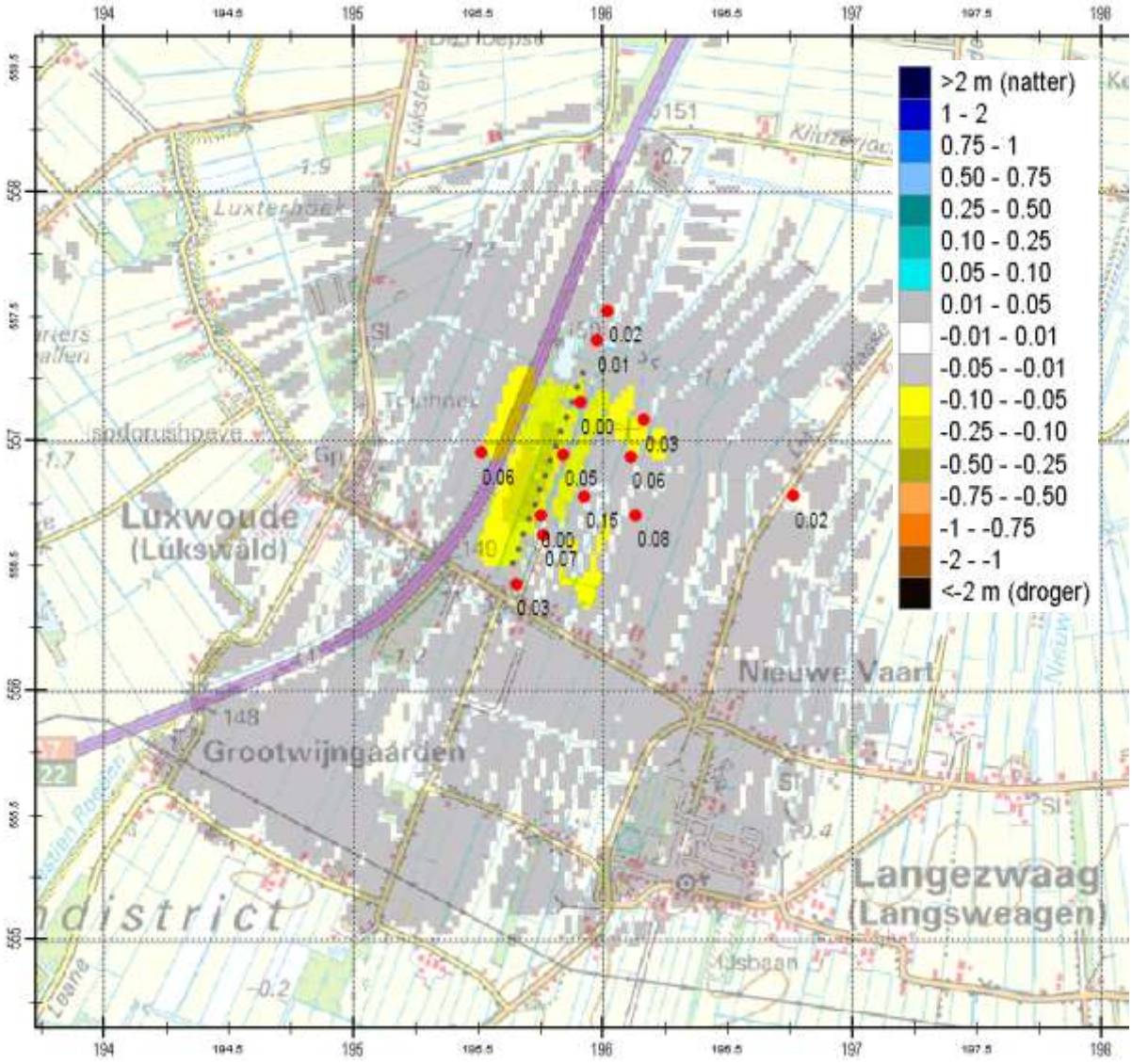
Bijlage 5 Berekende verlagingen pompproef model huidige situatie

Stationaire verlaging door pompproef in bepompt pakket (WVL9):



De berekende verlaging met het stationaire model is weergegeven samen met de gemeten eind verlaging ter plaatse van de peilbuizen (rode stippen).

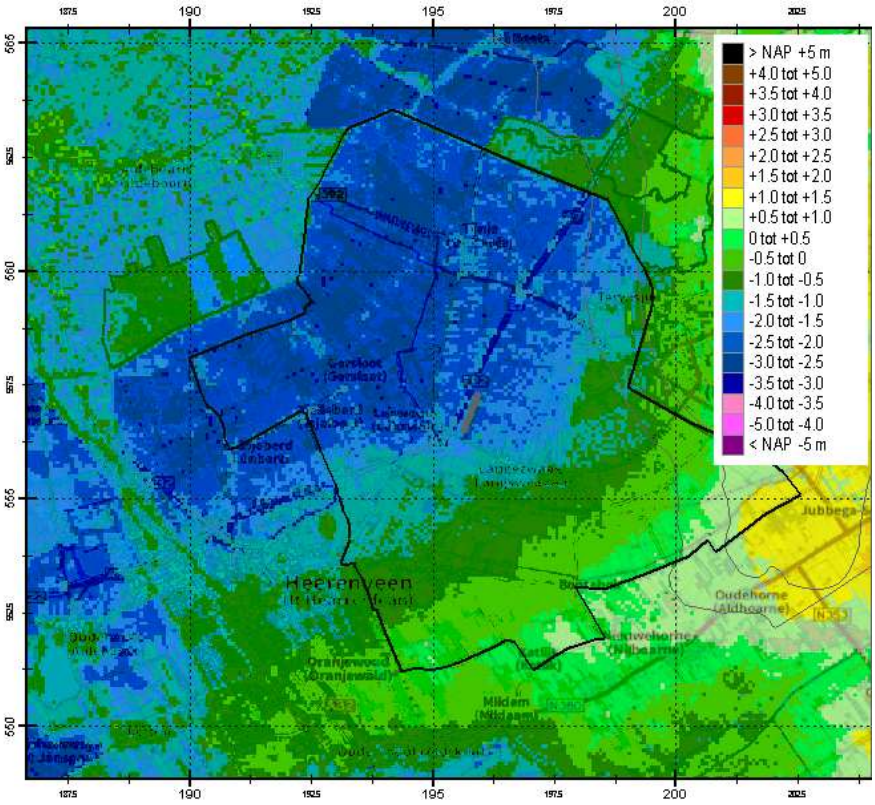
Stationaire freatische verlaging door pompproef (WVL1):



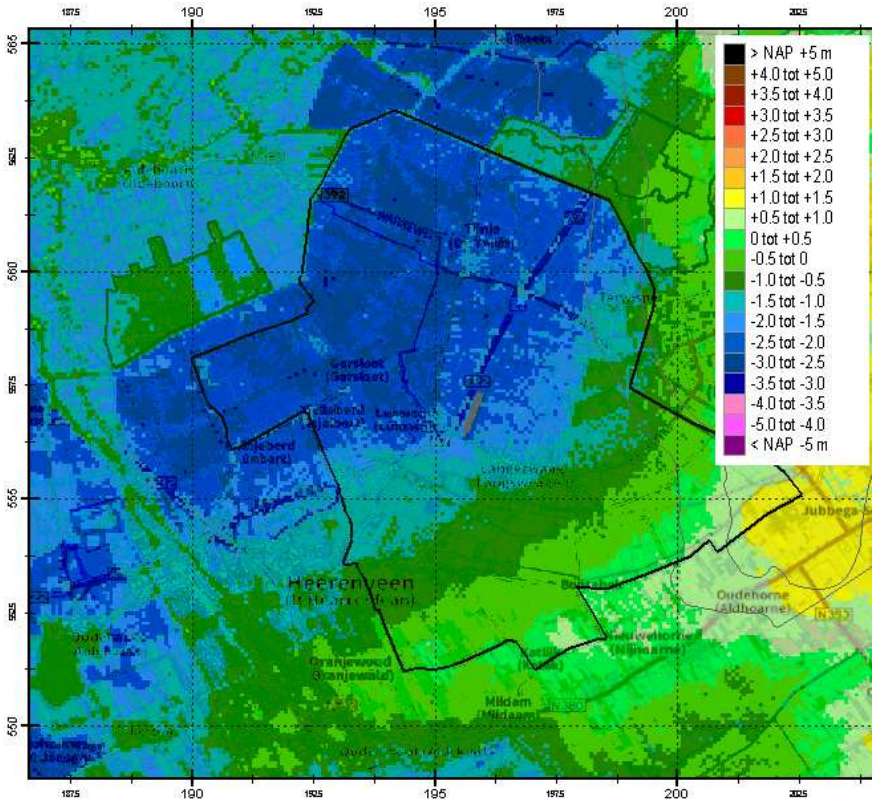
Bijlage 6 Berekende GxG’s model huidige situatie

WVL1 (watervoerende laag 1): freatisch

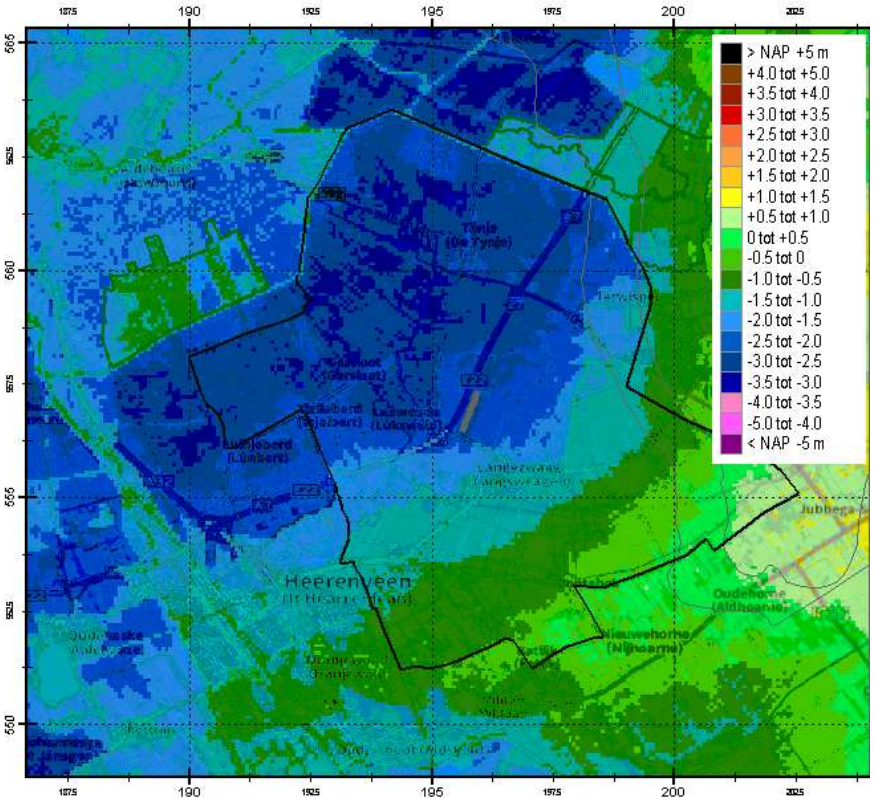
GHG (Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand):



GVG (Gemiddelde Voorjaarsgrondwaterstand):

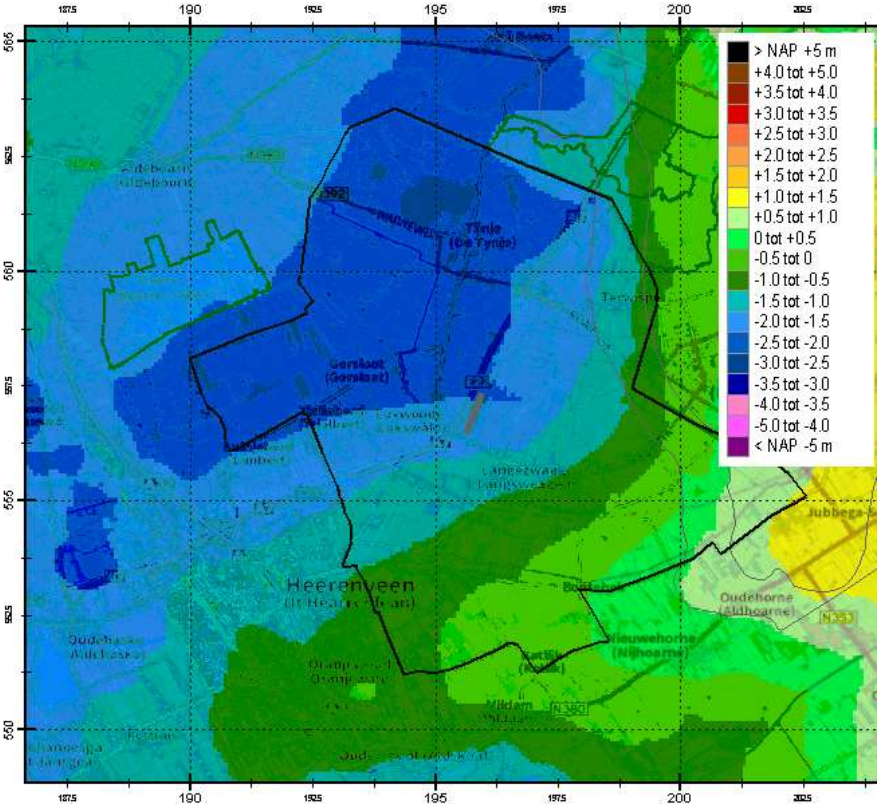


GLG: (Gemiddeld Laagste Grondwaterstand)

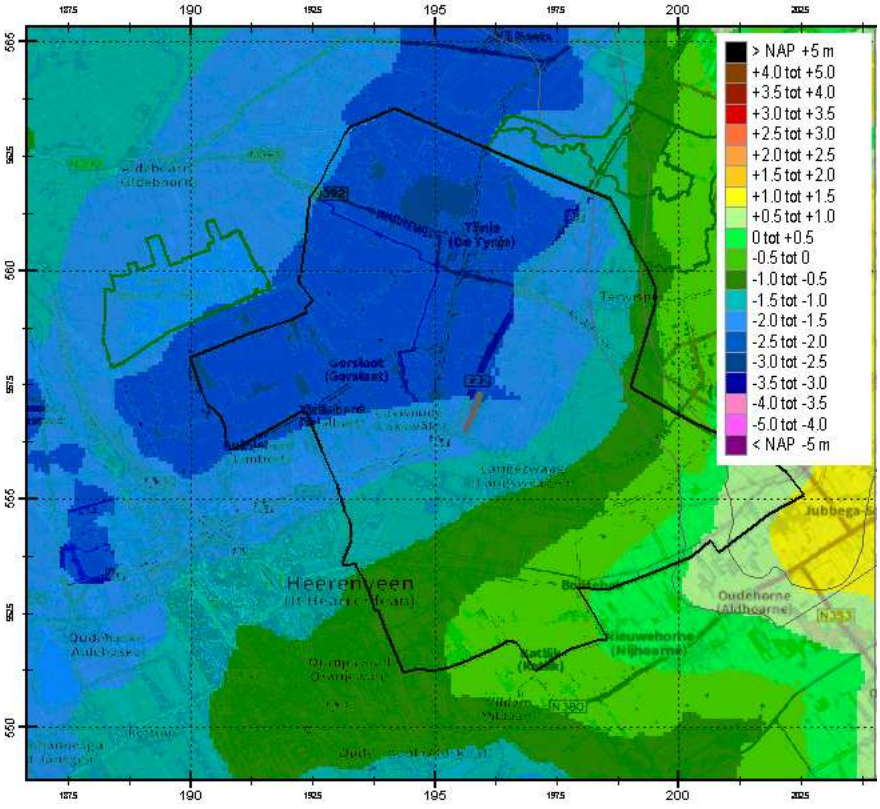


WVL4: onder de keileem

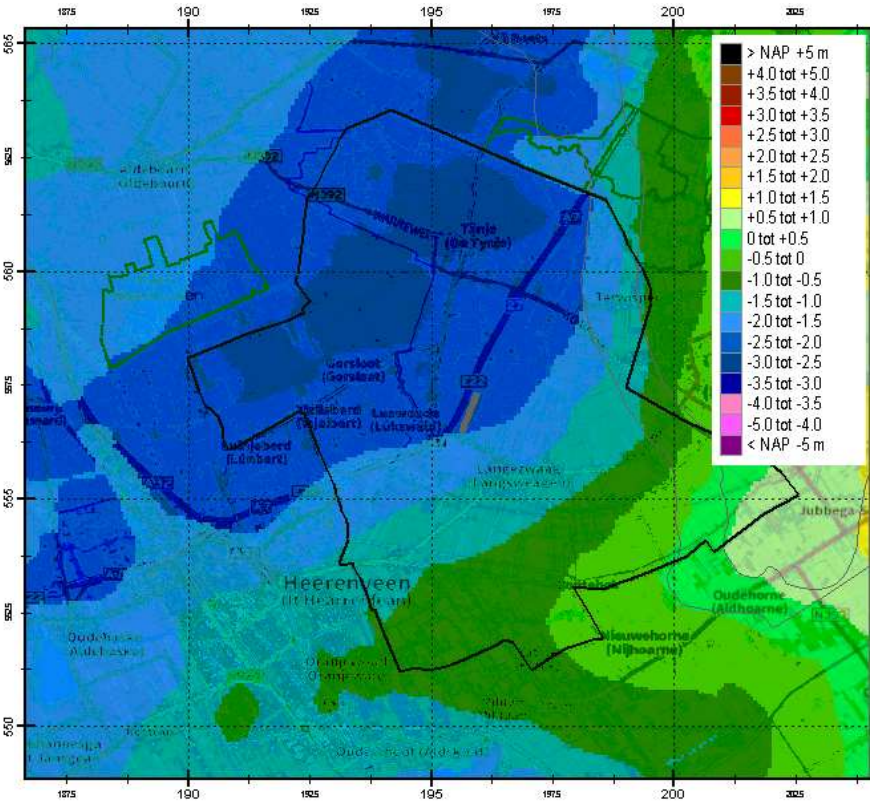
GHG:



GVG:

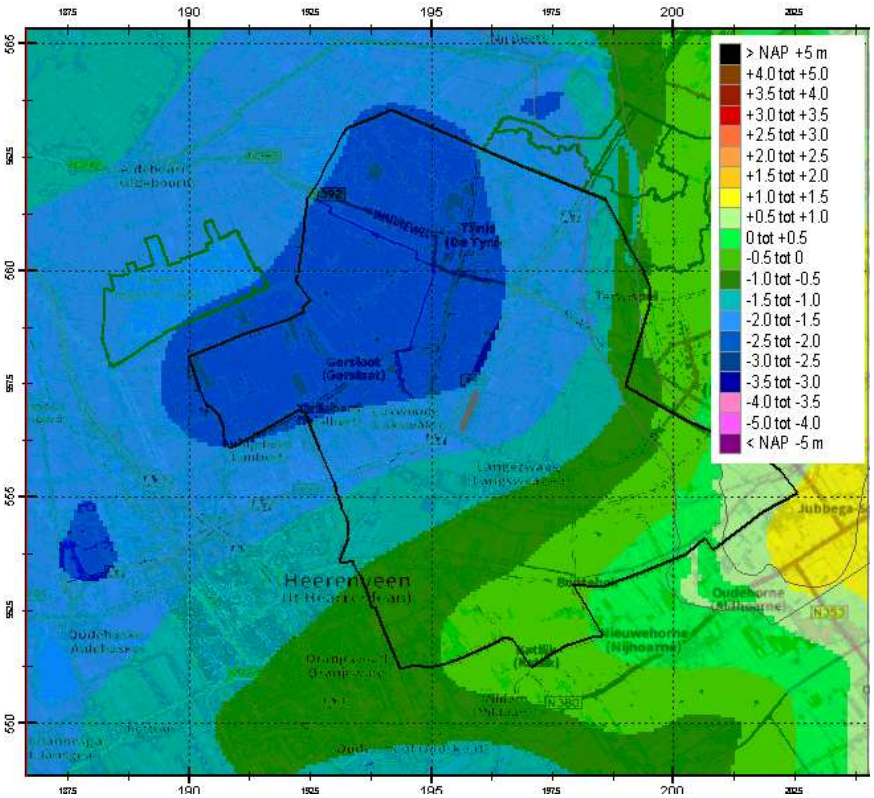


GLG:

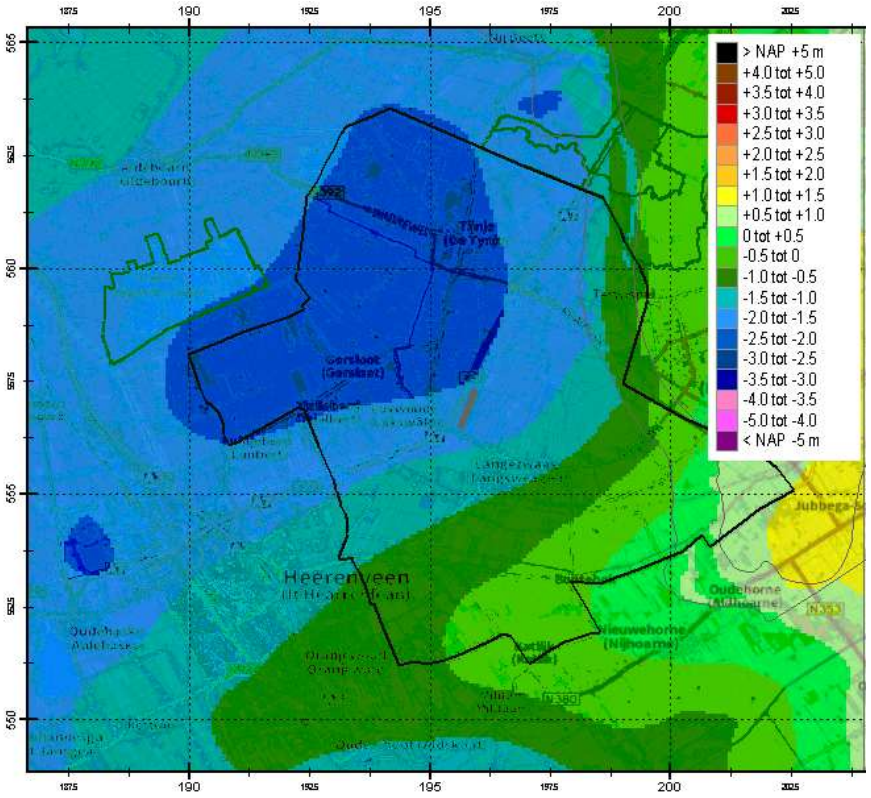

> NAP +5 m
+4.0 tot +5.0
+3.5 tot +4.0
+3.0 tot +3.5
+2.5 tot +3.0
+2.0 tot +2.5
+1.5 tot +2.0
+1.0 tot +1.5
+0.5 tot +1.0
0 tot +0.5
-0.5 tot 0
-1.0 tot -0.5
-1.5 tot -1.0
-2.0 tot -1.5
-2.5 tot -2.0
-3.0 tot -2.5
-3.5 tot -3.0
-4.0 tot -3.5
-5.0 tot -4.0
< NAP -5 m
Heerenveen
Oudehorne (Aldhoarne)
Nieuwehorne (Nijhoarne)
Jubbega
190
195
200
565
560
555
550

WVL10: onderzijde bepompt pakket

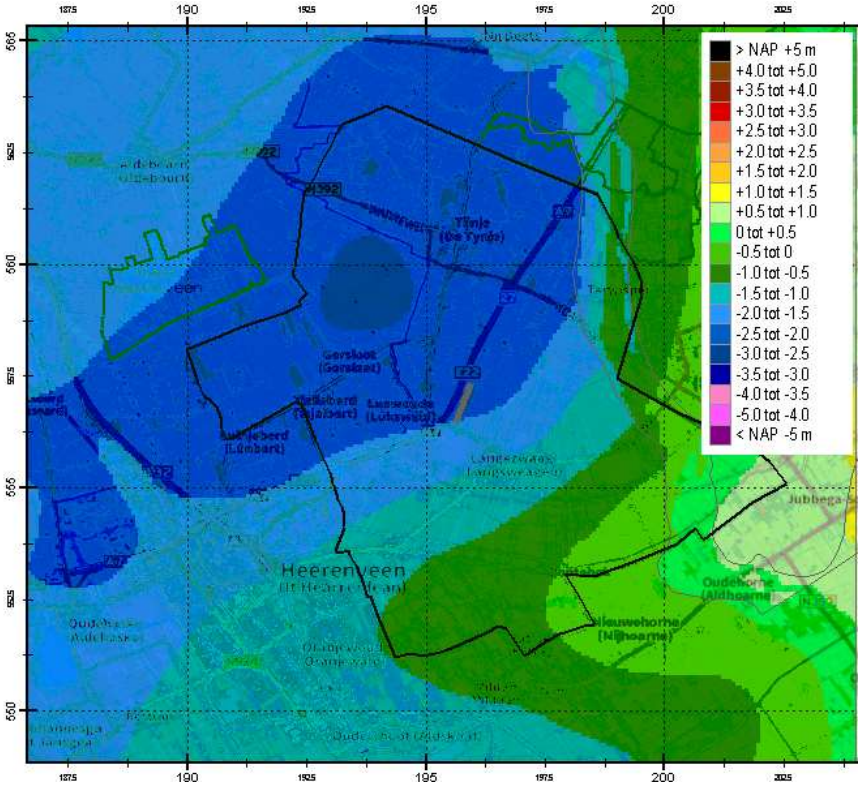
GHG:



GVG:



GLG:

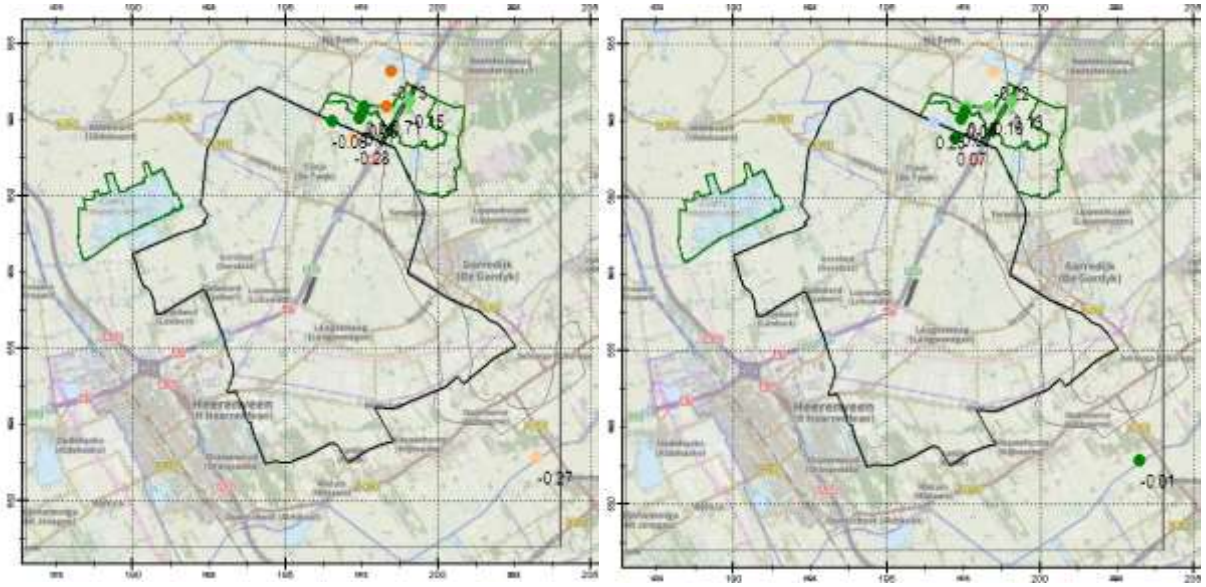


> NAP +5 m
+4.0 tot +5.0
+3.5 tot +4.0
+3.0 tot +3.5
+2.5 tot +3.0
+2.0 tot +2.5
+1.5 tot +2.0
+1.0 tot +1.5
+0.5 tot +1.0
0 tot +0.5
-0.5 tot 0
-1.0 tot -0.5
-1.5 tot -1.0
-2.0 tot -1.5
-2.5 tot -2.0
-3.0 tot -2.5
-3.5 tot -3.0
-4.0 tot -3.5
-5.0 tot -4.0
< NAP -5 m
Heerenveen
Oudehorne (Aldhoarne)
Nieuwehorne (Nijhoarne)
Jubbega
190
195
200

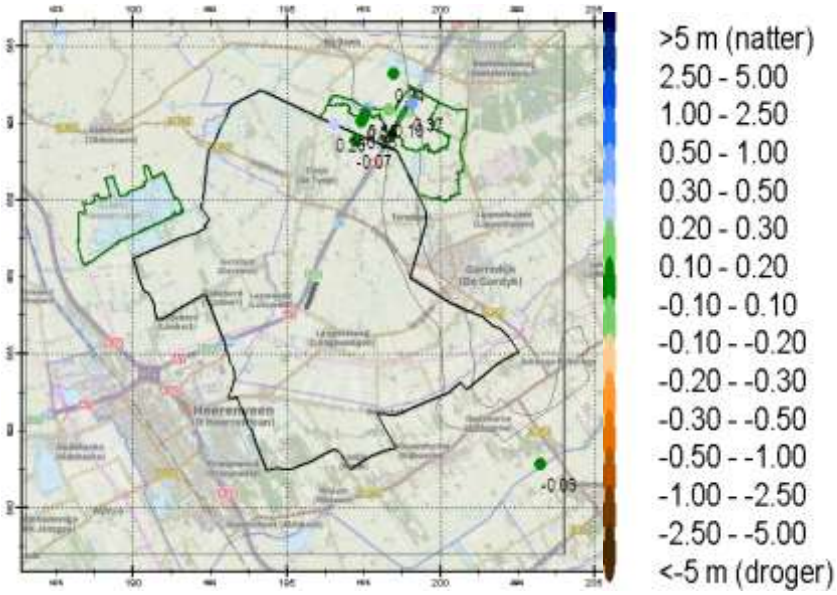
Bijlage 7 Residuen GxG's model huidige situatie

WVL1+2:

GHG (Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand) en GVG (Gemiddelde Voorjaarsgrondwaterstand):

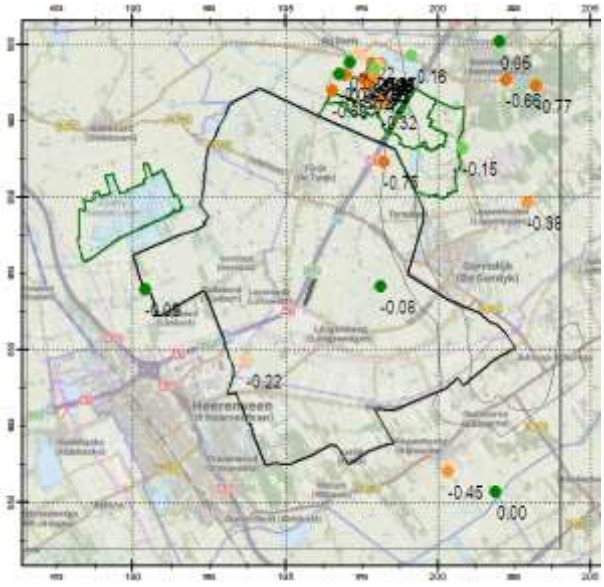


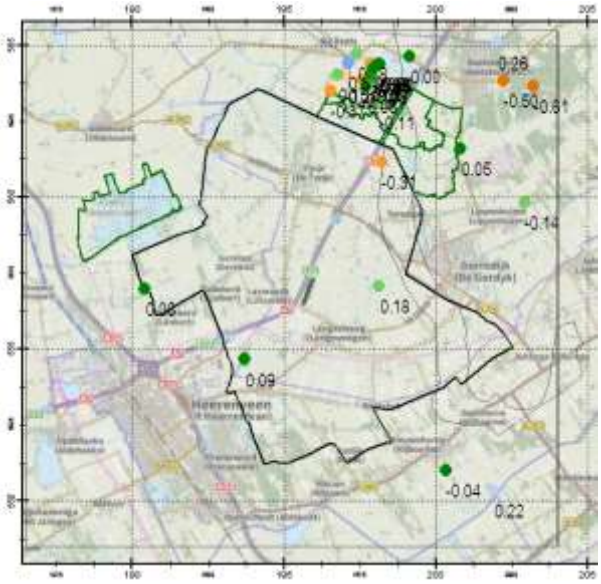
GLG (Gemiddeld Laagste Grondwaterstand):



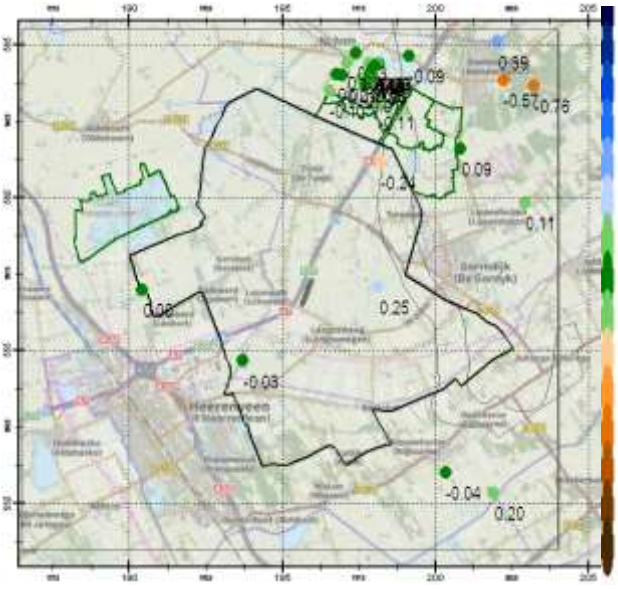
WVL3:

GHG en GVG:





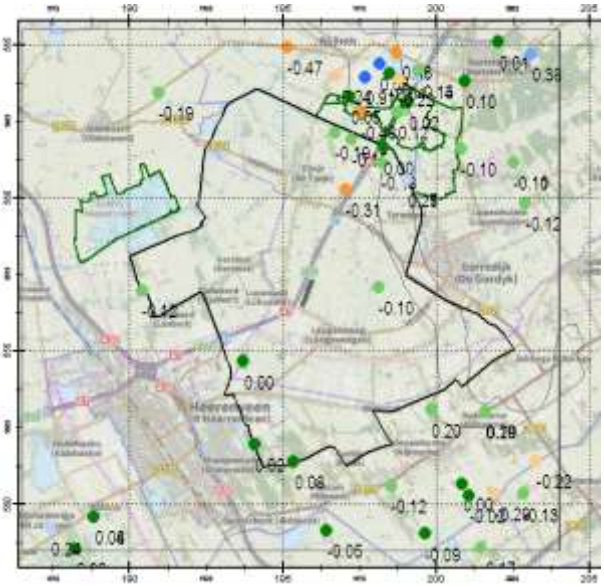
GLG:

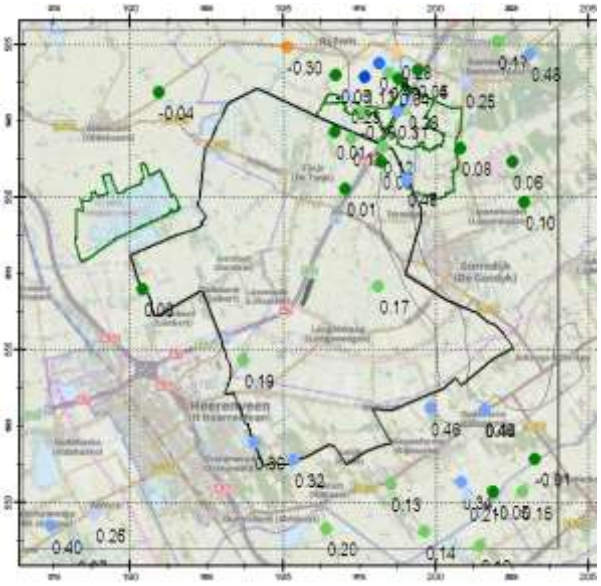


>5 m (natter)
2.50 - 5.00
1.00 - 2.50
0.50 - 1.00
0.30 - 0.50
0.20 - 0.30
0.10 - 0.20
-0.10 - 0.10
-0.10 - -0.20
-0.20 - -0.30
-0.30 - -0.50
-0.50 - -1.00
-1.00 - -2.50
-2.50 - -5.00
<-5 m (droger)

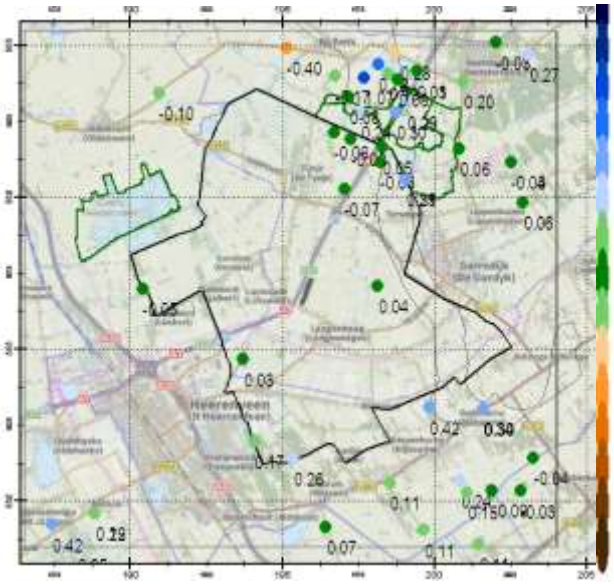
WVL4+5+6:

GHG en GVG:





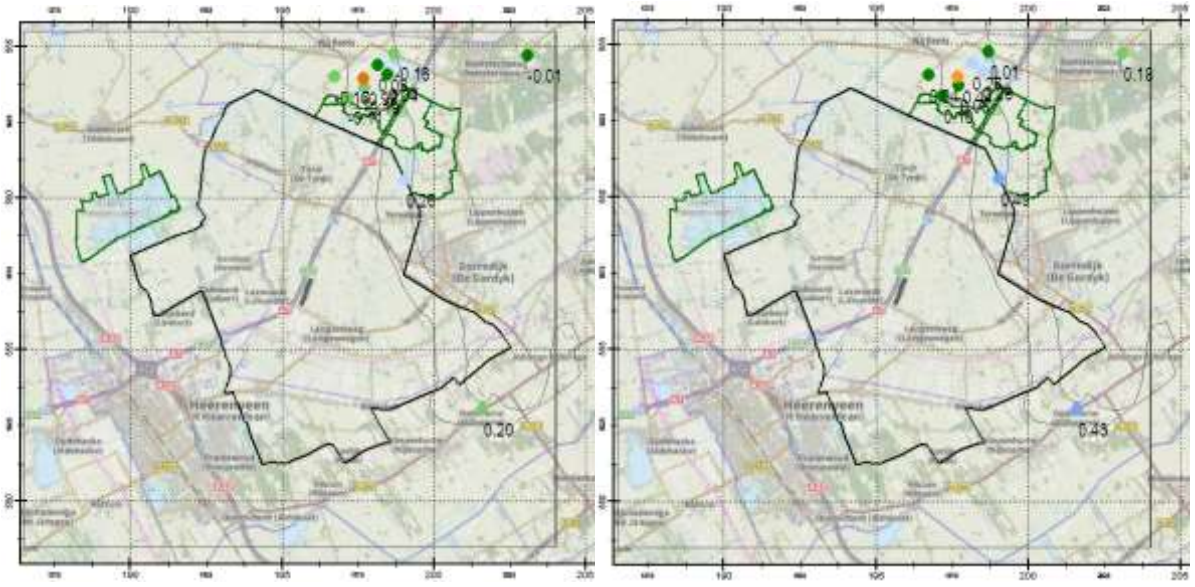
GLG:



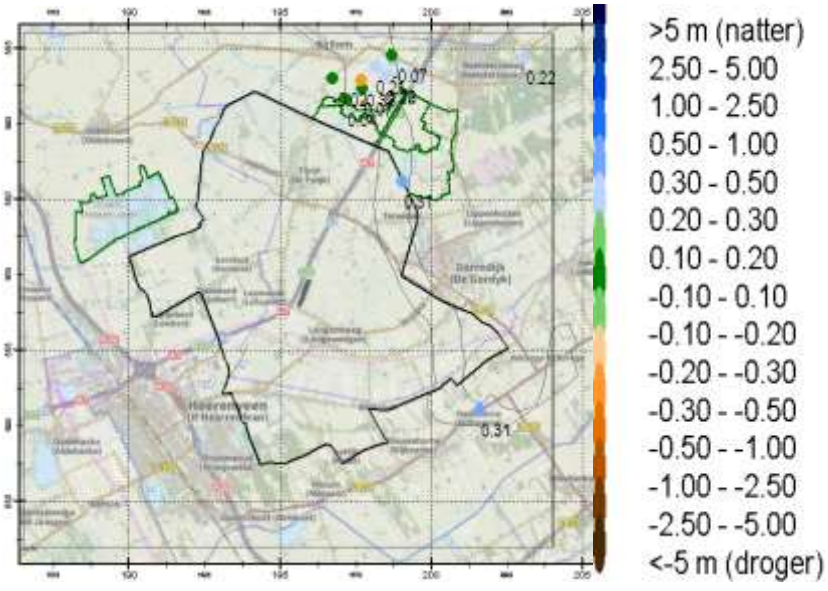
>5 m (natter)
2.50 - 5.00
1.00 - 2.50
0.50 - 1.00
0.30 - 0.50
0.20 - 0.30
0.10 - 0.20
-0.10 - 0.10
-0.10 - -0.20
-0.20 - -0.30
-0.30 - -0.50
-0.50 - -1.00
-1.00 - -2.50
-2.50 - -5.00
<-5 m (droger)

WVL7:

GHG en GVG:



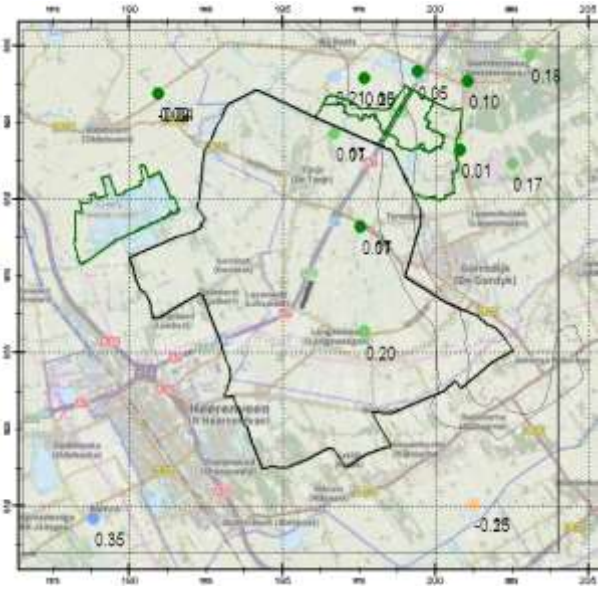
GLG:



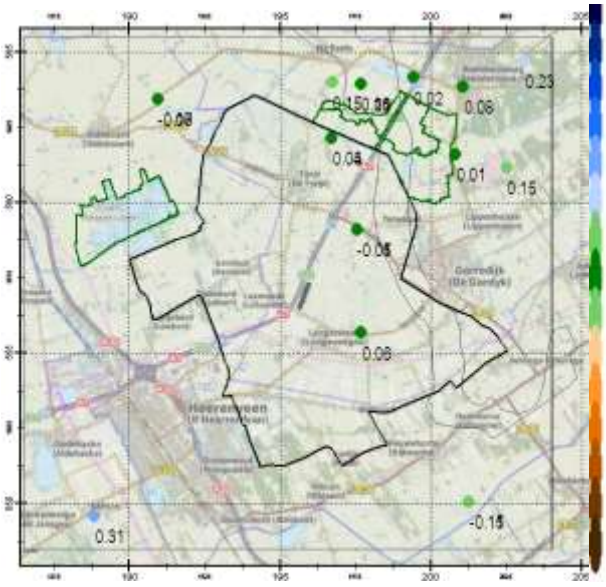
WVL8+9+10:

GHG en GVG:





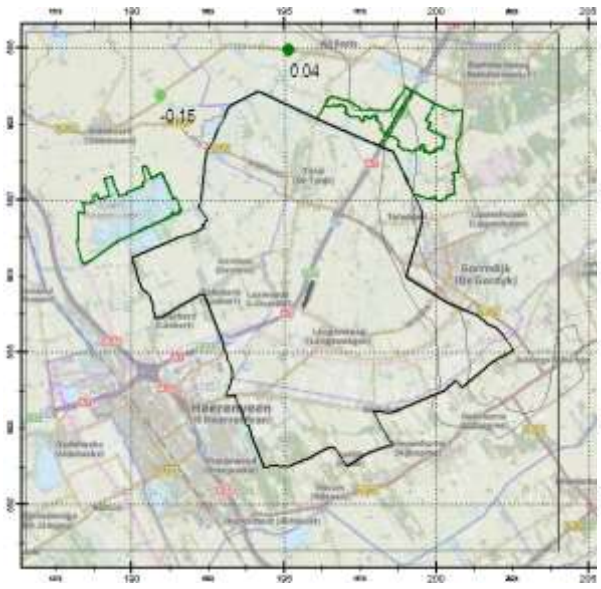
GLG:



>5 m (natter)
2.50 - 5.00
1.00 - 2.50
0.50 - 1.00
0.30 - 0.50
0.20 - 0.30
0.10 - 0.20
-0.10 - 0.10
-0.10 - -0.20
-0.20 - -0.30
-0.30 - -0.50
-0.50 - -1.00
-1.00 - -2.50
-2.50 - -5.00
<-5 m (droger)

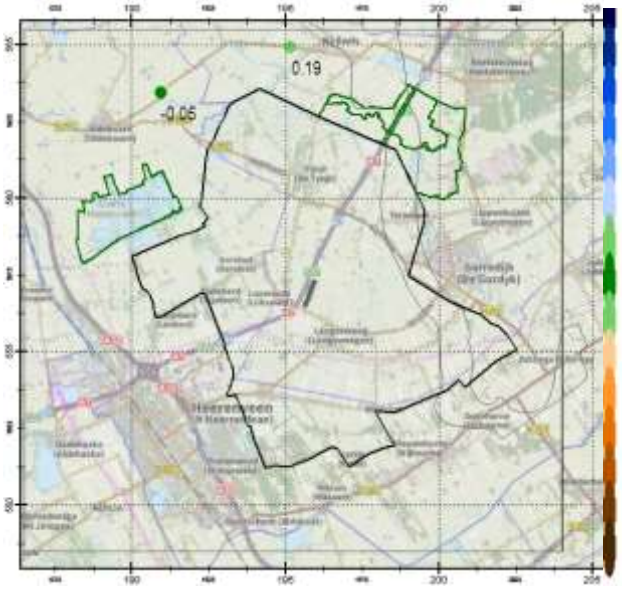
WVL11:

GHG en GVG:





GLG:



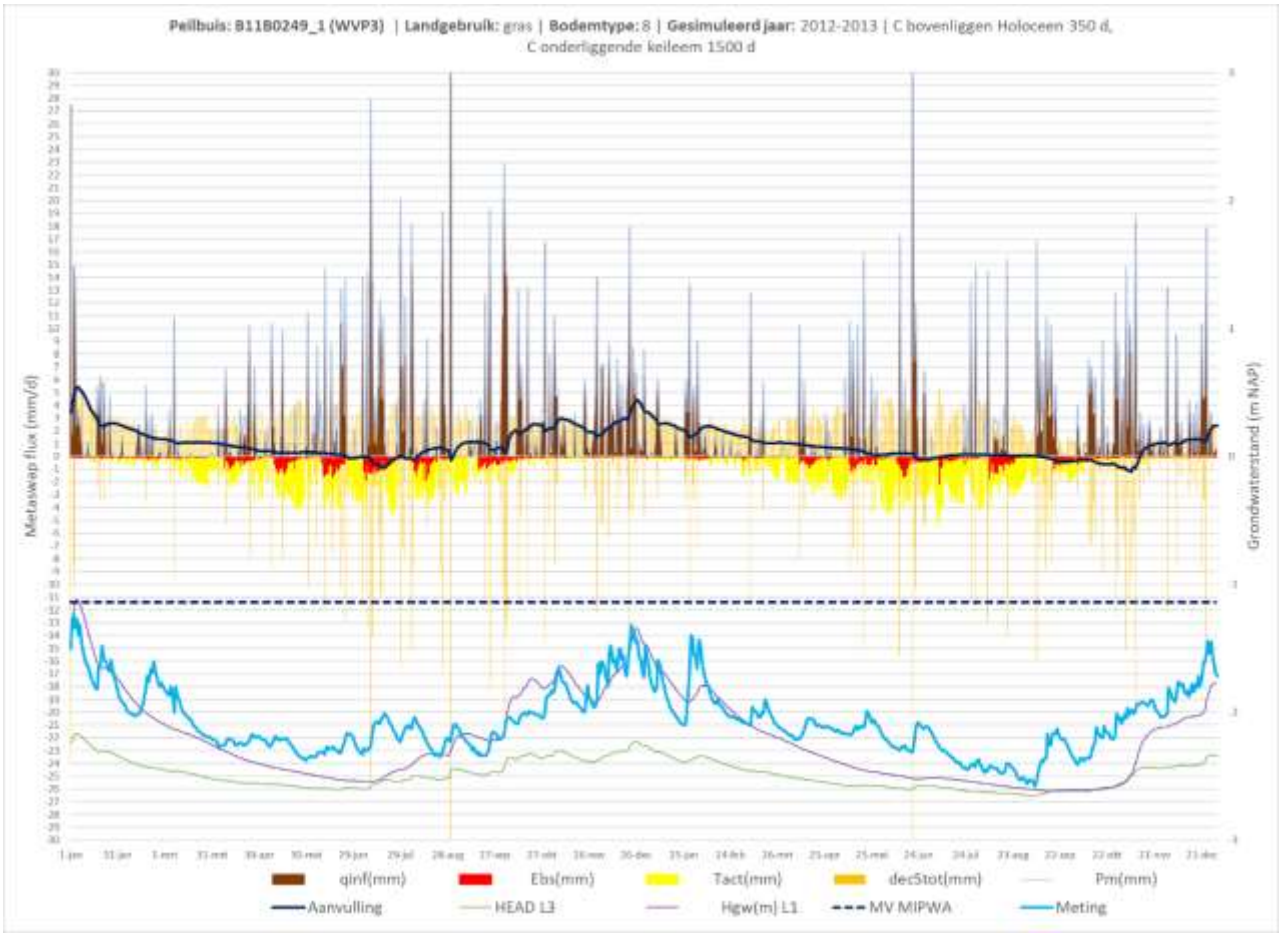
>5 m (natter)
2.50 - 5.00
1.00 - 2.50
0.50 - 1.00
0.30 - 0.50
0.20 - 0.30
0.10 - 0.20
-0.10 - 0.10
-0.10 - -0.20
-0.20 - -0.30
-0.30 - -0.50
-0.50 - -1.00
-1.00 - -2.50
-2.50 - -5.00
<-5 m (droger)

Bijlage 8 MetaSWAP analyse MIPWA v3

SVAT-analyse peilbuis B11B0249_1 MIPWAv3

Onderwerp: Onderwerp
Projectnummer: Projectnummer
Referentienummer:
Datum: 27-08-2020

In onderstaande grafiek zijn de MetaSWAP-fluxen die gezamenlijk de grondwateraanvulling bepalen, uitgezet tegen de berekende grondwaterstanden (in modellaag 1 dummylaag boven de Holocene deklaag en modellaag 3 boven de keileem) en gemeten grondwaterstanden. Modelmatig wordt deze peilbuis toegekend aan modellaag 3, de fit met modellaag 1 (waar MetaSWAP fluxen mee uitwisselt) is echter beter. Dit komt waarschijnlijk omdat de Holocene weerstand het water in modellaag 1 ‘opstuwt’ en deze laag een kleine dummy KD-waarde heeft, waardoor meer dynamiek zichtbaar is dan in modellaag 3 (deze Holocene weerstand werd flink overschat; dit is hersteld in het MIPWA v4-model). Ook in modellaag 1 maar met name in modellaag 3 (boven de keileem) is vrijwel geen korte dynamiek zichtbaar, terwijl deze wel uit de metingen blijkt. Alleen in jul 2012-jan 2013 vertoont de berekende grondwateraanvulling (in dit geval geïnterpreteerd als ‘qmodf’, komt overeen met ‘qm03’) enige dynamiek, in de overige reeks bijna totaal niet. De neerslagpieken (‘Pm’) worden snel gevolgd door pieken in infiltratie (‘qinf’) maar vervolgens grotendeels opgenomen als berging (negatieve pieken in ‘decStot’: berging in wortelzone, ondergrond bak 2, ondergrond bak 3), wat langzaam daarna vrijkomt (positieve ‘decStot’)



Sweco
Robijnstraat 11
1812 RB Alkmaar
Postbus 214
1800 AE Alkmaar

T +31 88 811 66 00
www.sweco.nl

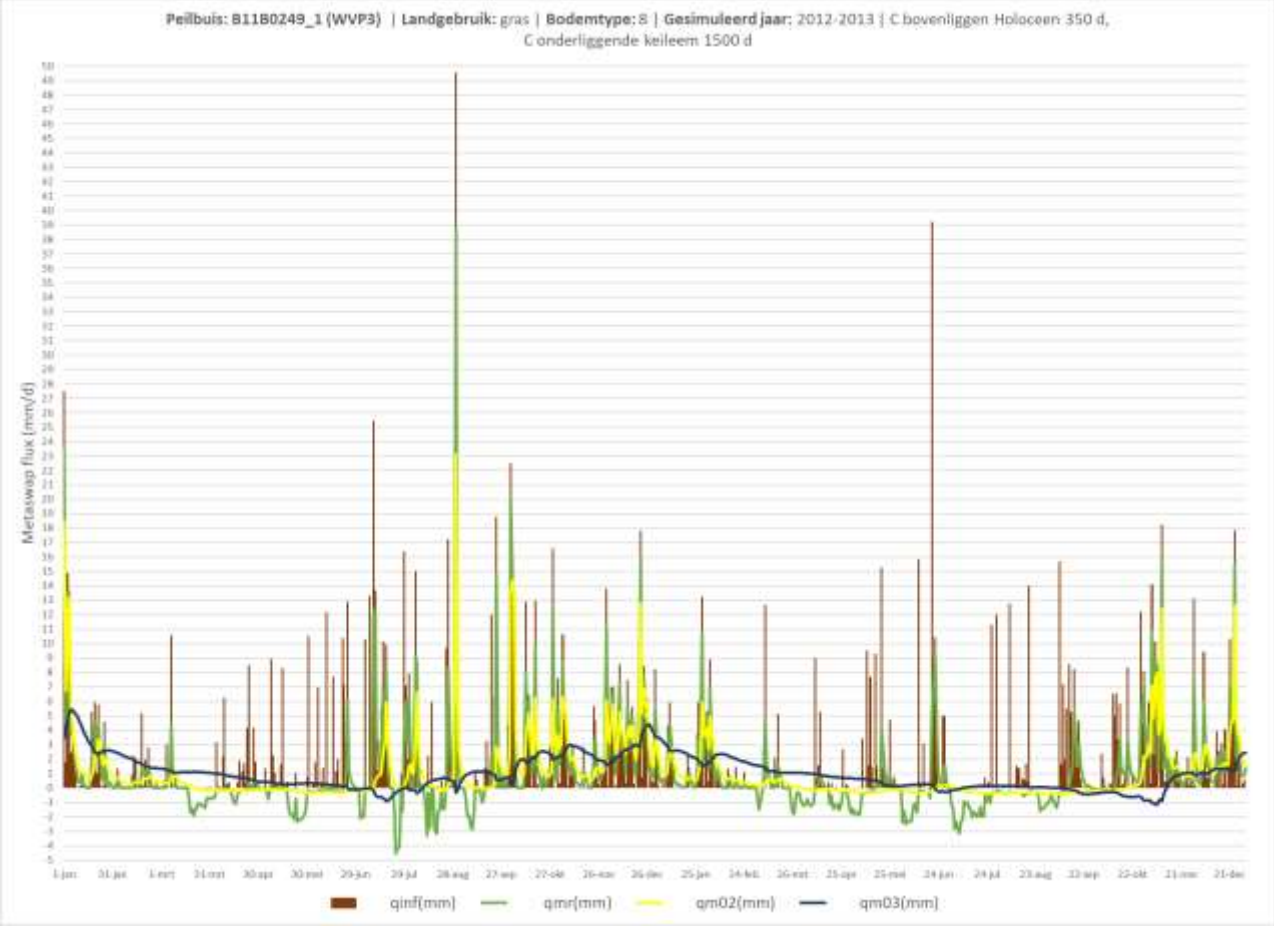
Sweco Nederland B.V.
Alkmaar
Handelsregister 30129769
Statutair gevestigd te De Bilt

Robin Opdam
Adviseur Geohydrologie

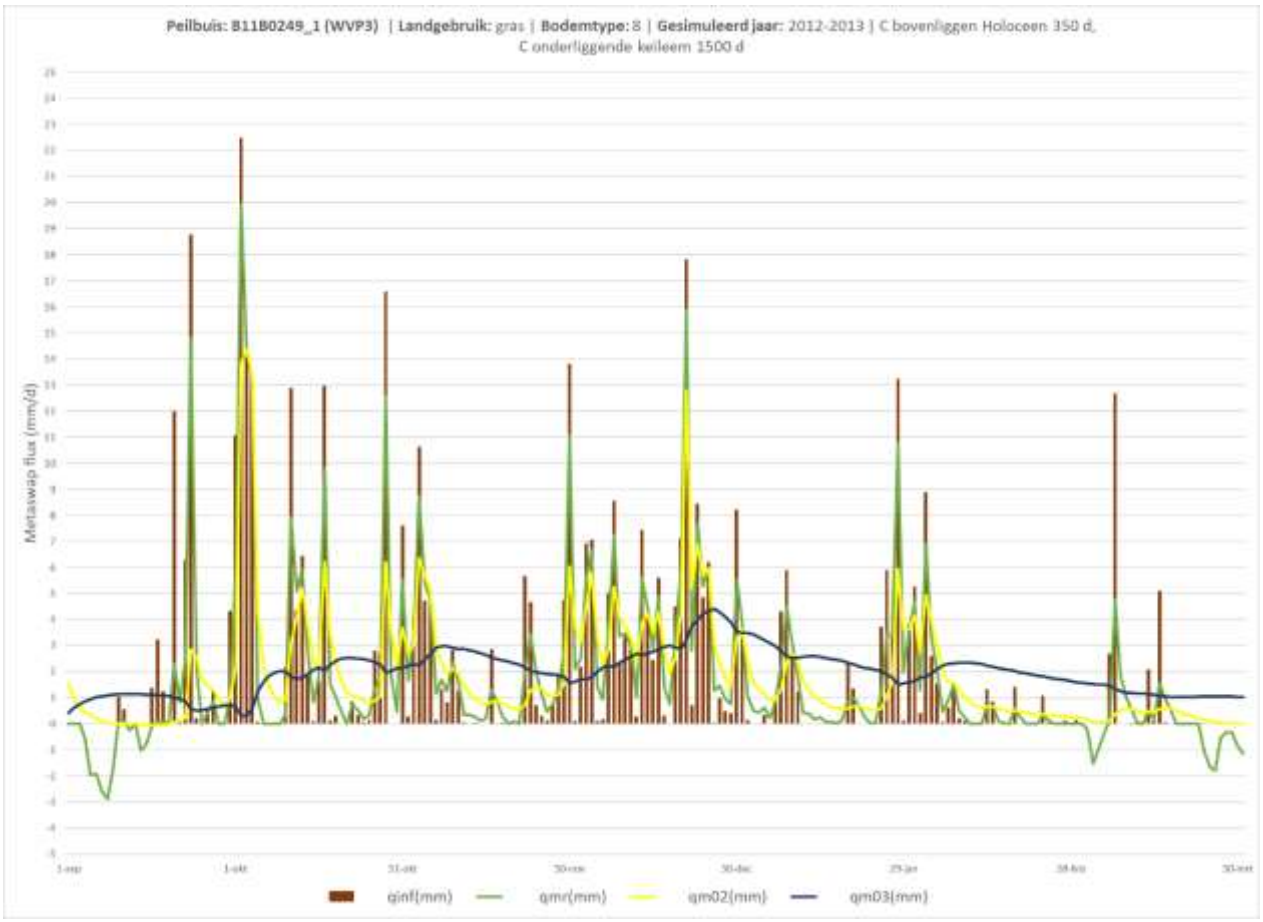
M +31 6 51 40 08 07

In onderstaande grafiek zijn voor dezelfde periode (2012-2013) de fluxen van boven naar beneden weergegeven (qinf-qmr-qm02-qm03). De ‘qm03’ term komt dus overeen met ‘qmodf’ en wordt hier als grondwateraanvulling gebruikt. Negatieve fluxen in de grafiek duiden op capillaire opstijging in het bodemprofiel. De neerwaartse flux uit de wortelzone ‘qmr’ vertoont jaarrond dynamiek. De neerwaartse flux uit bakje 2 ‘qm02’ vertoont alleen een enigzins vergelijkbare dynamiek gedurende nattere perioden, in het voorjaar en de zomer vertoont deze nagenoeg geen dynamiek (op een natte periode aan het einde van de zomer van 2012 na). De grondwateraanvulling ‘qm03’ is nog vele malen sterker gedempt dan ‘qm02’ maar blijft wel gedurende een langere periode een positieve waarde houden. Dit wijst erop dat het vooral de berging in bakje 3 en het langzaam vrijkomen van water uit dit bakje zijn die voor vertraging en een gedempte aanvulling zorgen.

Dan rest de vraag of dit hersteld zou moeten worden door overal het bergingsproces van MetaSWAP in de onverzadigde zone te versnellen (zodat je het gemiddelde beeld van het langzaam en snelstromende bodemwater beter krijgt en de aanvulling hopelijk ook) of door conceptueel het preferente stromingsproces mee te nemen, waardoor slechts een deel van het bodemwater de snelle route neemt. De tweede optie lijkt mij realistischer.

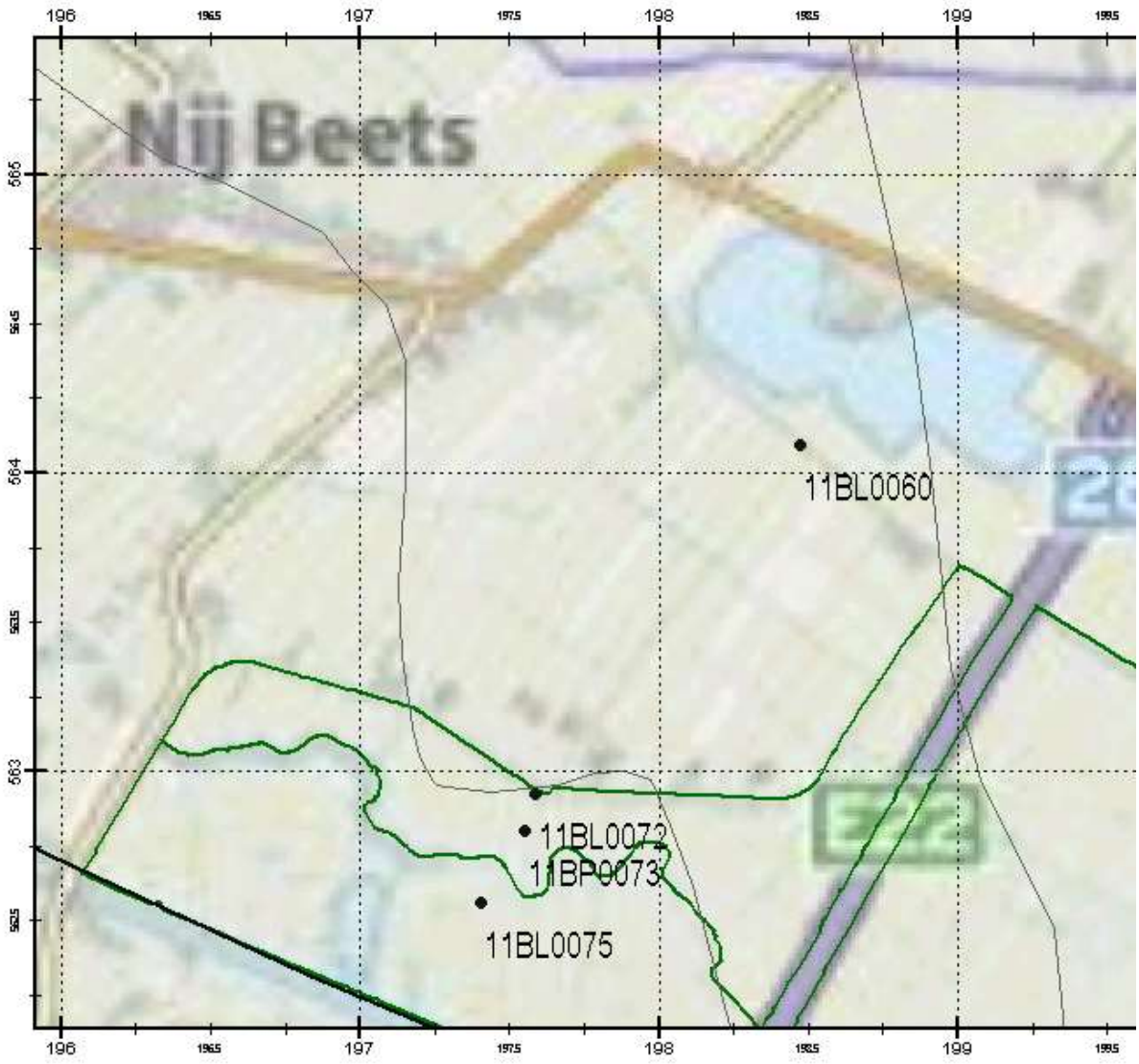


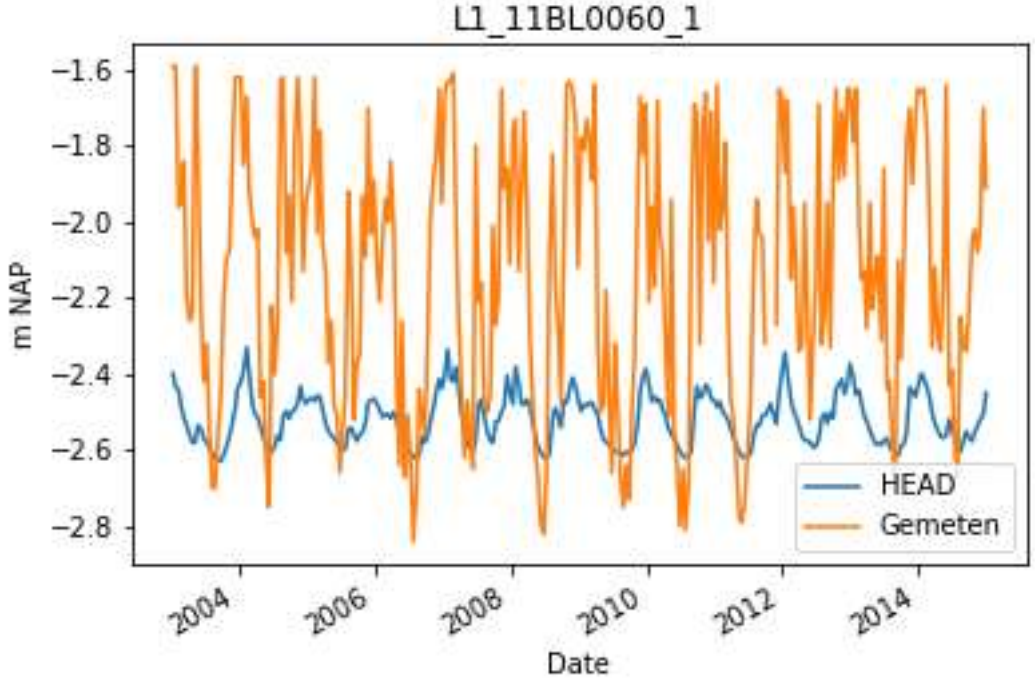
Hieronder is nog ingezoomd op het winterhalfjaar uit bovenstaande periode.

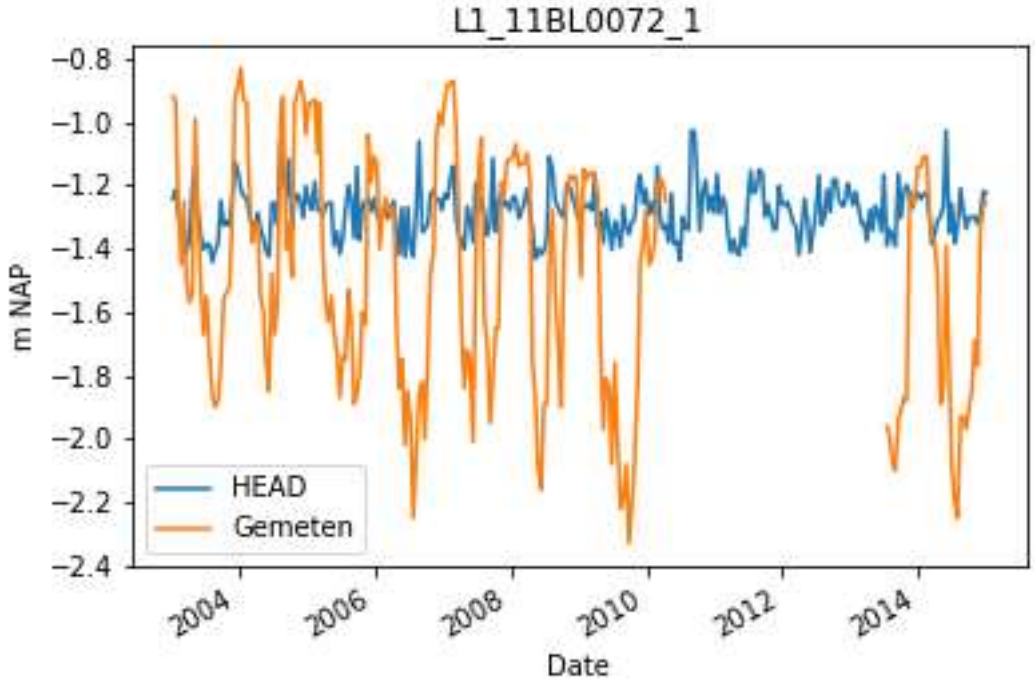


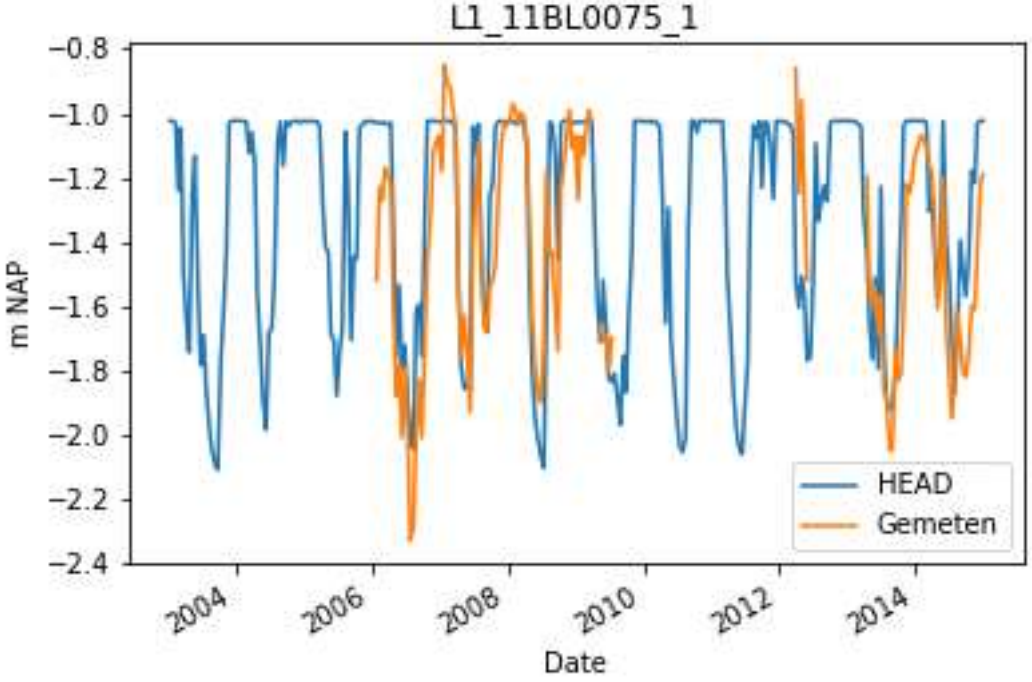
Bijlage 9 Gesimuleerde tijdreeksen model huidige situatie

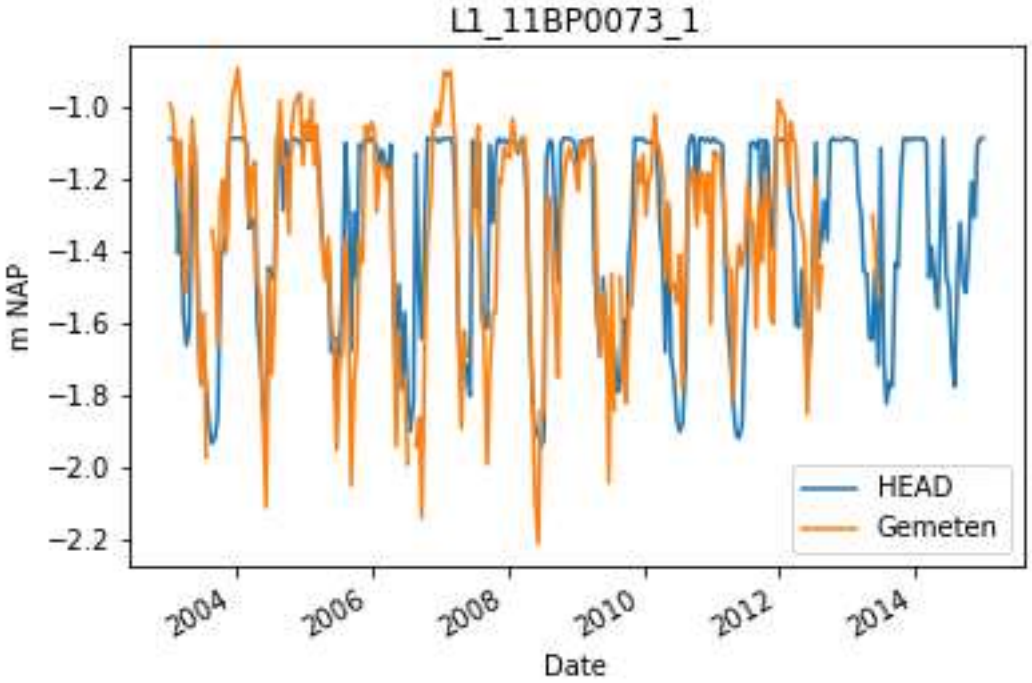
Modellaag 1:


196
197
198
199
565
564
563
11BL0060
11BL0072
11BP0073
11BL0075

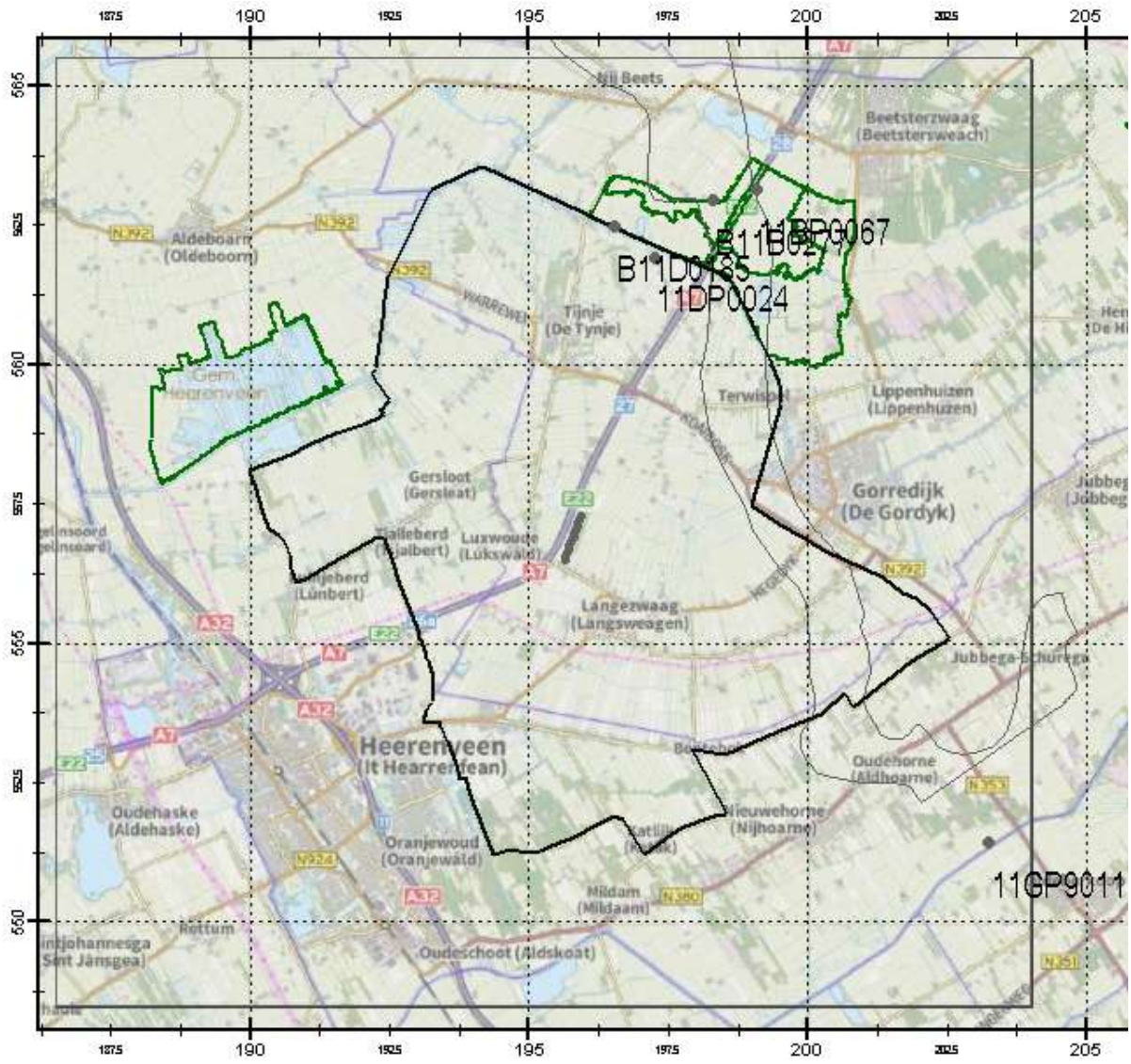

L1_11BL0060_1
−1.6
−1.8
−2.0
−2.2
−2.4
−2.6
−2.8
m NAP
HEAD
Gemeten
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

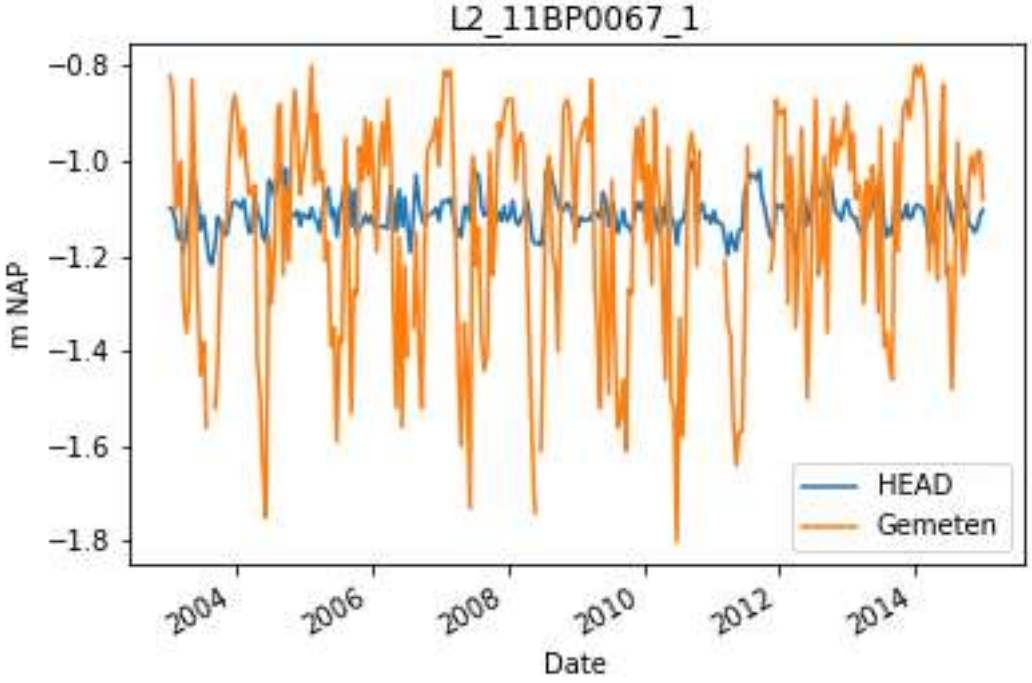

L1_11BL0072_1
−0.8
−1.0
−1.2
−1.4
−1.6
−1.8
−2.0
−2.2
−2.4
m NAP
HEAD
Gemeten
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

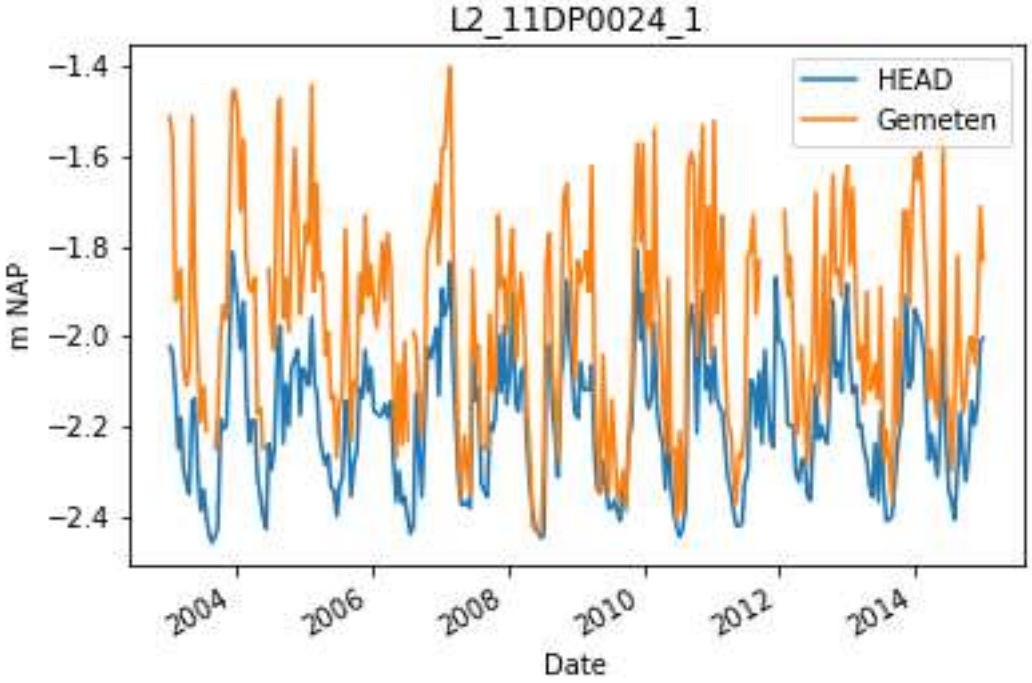

L1_11BL0075_1
−0.8
−1.0
−1.2
−1.4
−1.6
−1.8
−2.0
−2.2
−2.4
m NAP
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date
HEAD
Gemeten

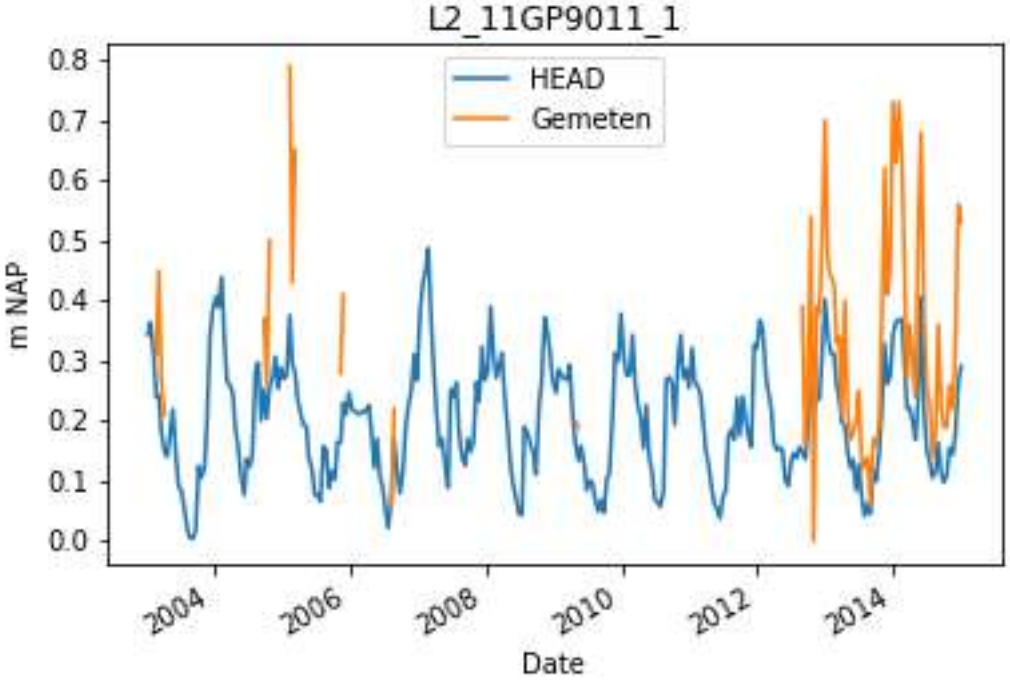

L1_11BP0073_1
−1.0
−1.2
−1.4
−1.6
−1.8
−2.0
−2.2
m NAP
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date
HEAD
Gemeten

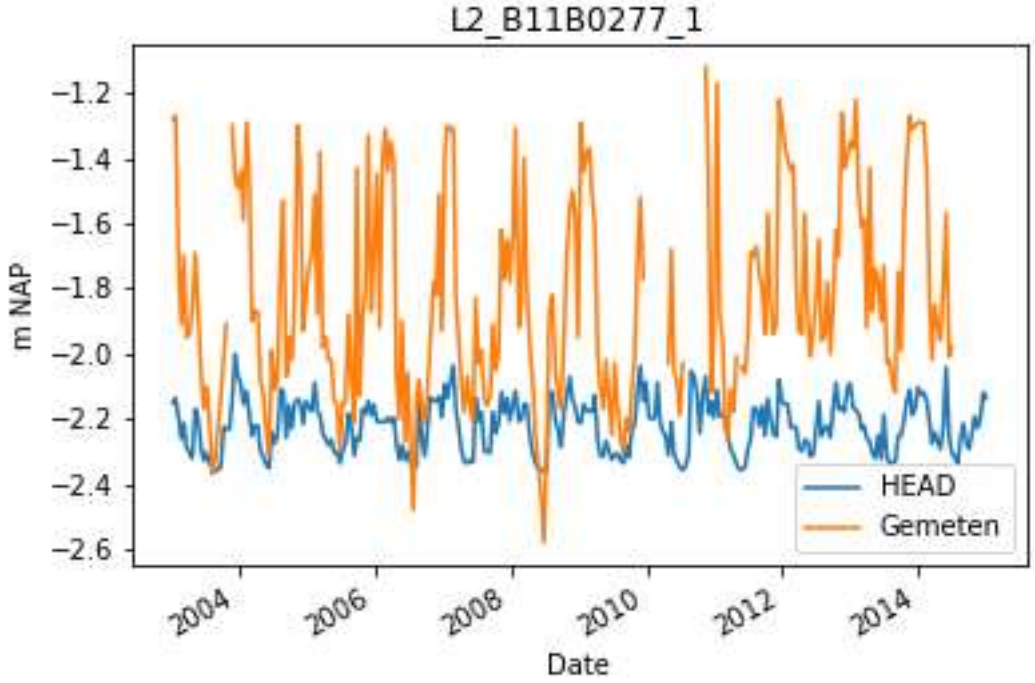
Modellaag 2:

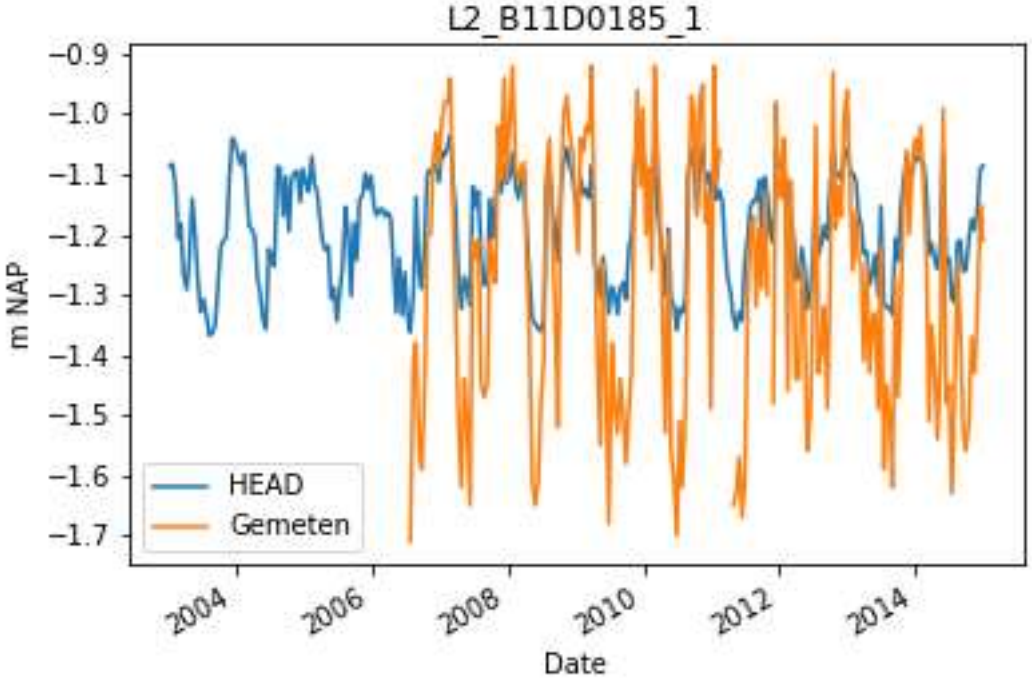

11DP0067
B11D0135
11DP0024
11GP9011
Heerenveen
(It Hearrenfean)
Gorredijk
(De Gordyk)
Oudehaske
(Aldehaske)
Oranjewoud
(Oranjewâld)
Langezwaag
(Langswaegen)
Lippenhuizen
(Lippenhuizen)
Tijnje
(De Tynje)
Gersloot
(Gersleat)
Oudehorne
(Aldhoarne)
Nieuwehorne
(Nijhoarne)
Mildam
(Mildaam)
Oudeschoot (Aldskoat)
Rottum
Aldeboarn
(Oldeboorn)
Beetsterzwaag
(Beetstersweach)
Jubbega-Schurega
1875
190
1925
195
1975
200
2025
205
565
560
555
550


L2_11BP0067_1
−0.8
−1.0
−1.2
−1.4
−1.6
−1.8
m NAP
HEAD
Gemeten
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

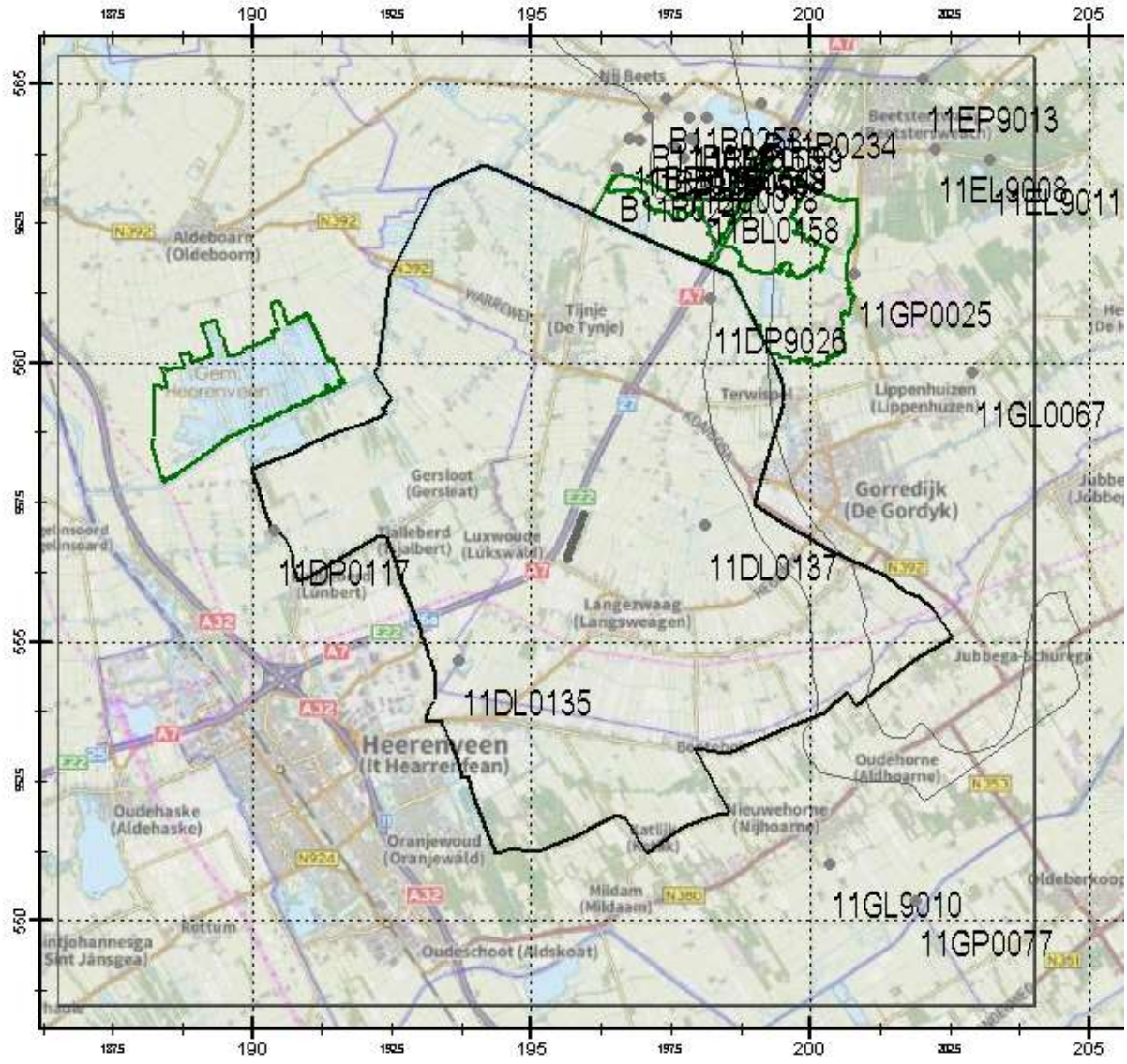

L2_11DP0024_1
−1.4
−1.6
−1.8
−2.0
−2.2
−2.4
m NAP
HEAD
Gemeten
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date


L2_11GP9011_1
HEAD
Gemeten
m NAP
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date


L2_B11B0277_1
m NAP
−1.2
−1.4
−1.6
−1.8
−2.0
−2.2
−2.4
−2.6
HEAD
Gemeten
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

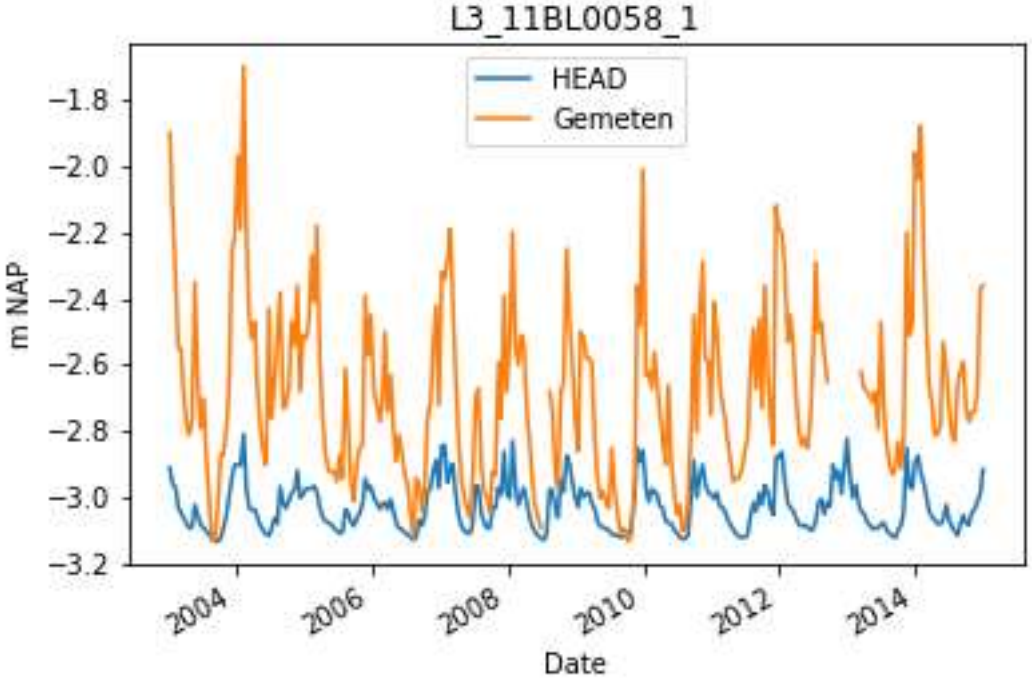

L2_B11D0185_1
−0.9
−1.0
−1.1
−1.2
−1.3
−1.4
−1.5
−1.6
−1.7
m NAP
HEAD
Gemeten
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

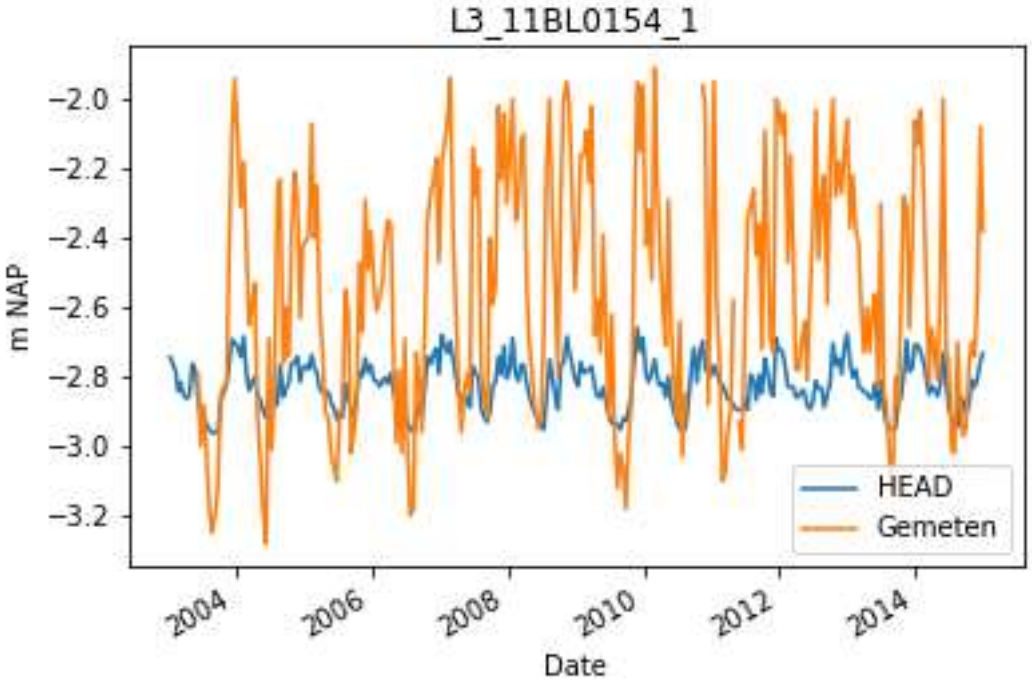
Modellaag 3:

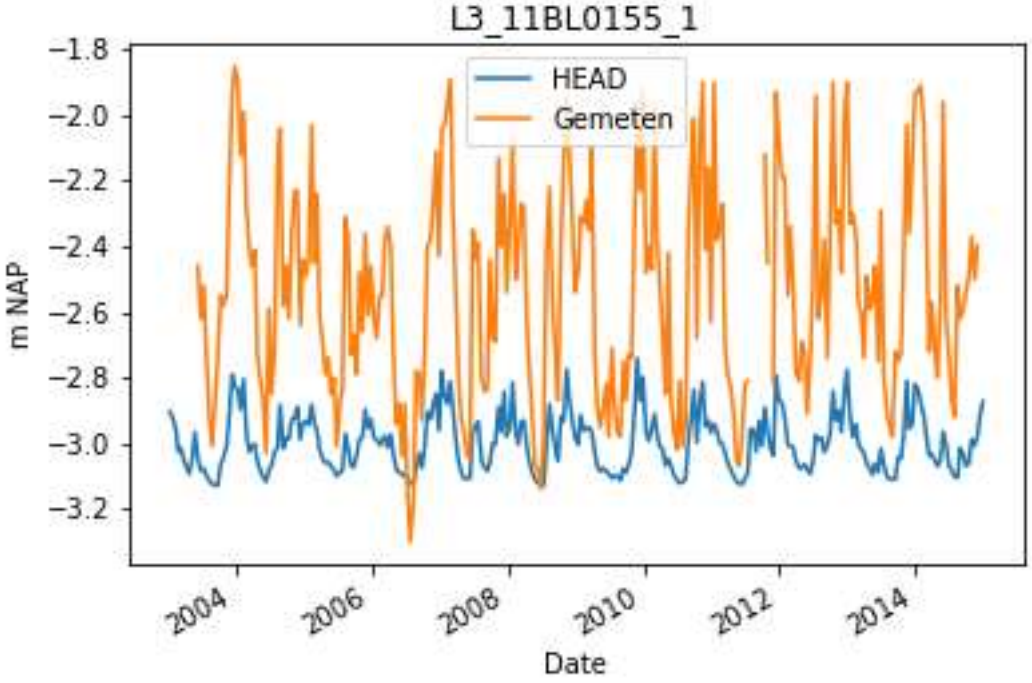


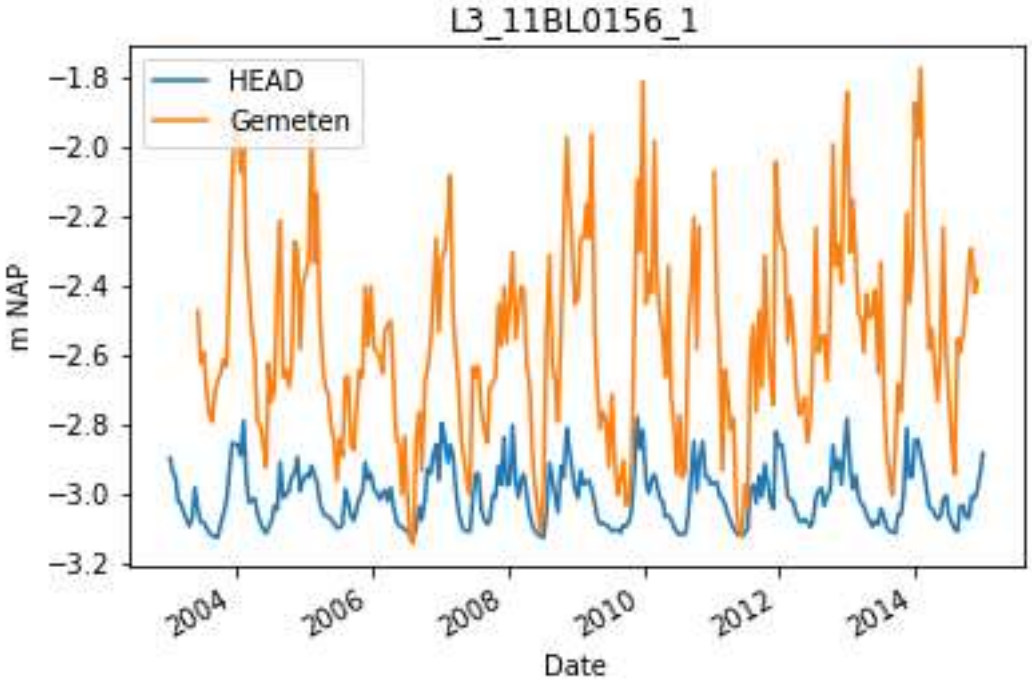
11EP9013
11EL9008
11EL9011
11BL0158
11GP0025
11DP9026
11GL0067
11DP0117
11DL0137
11DL0135
11GL9010
11GP0077
Aldeboarn (Oldeboorn)
Tijnje (De Tynje)
Gersloot (Gersleat)
Luxwoude (Lukswald)
Langezwaag (Langsweagen)
Gorredijk (De Gordyk)
Lippenhuizen (Lippenhuizen)
Heerenveen (It Hearrenfean)
Oudehaske (Aldehaske)
Oranjewoud (Oranjewald)
Oudeschoot (Aldskoat)
Mildam (Mildaam)
Nieuwehorne (Nijhoarne)
Oudehorne (Aldhoarne)
Jubbega-Schurega
Rottum

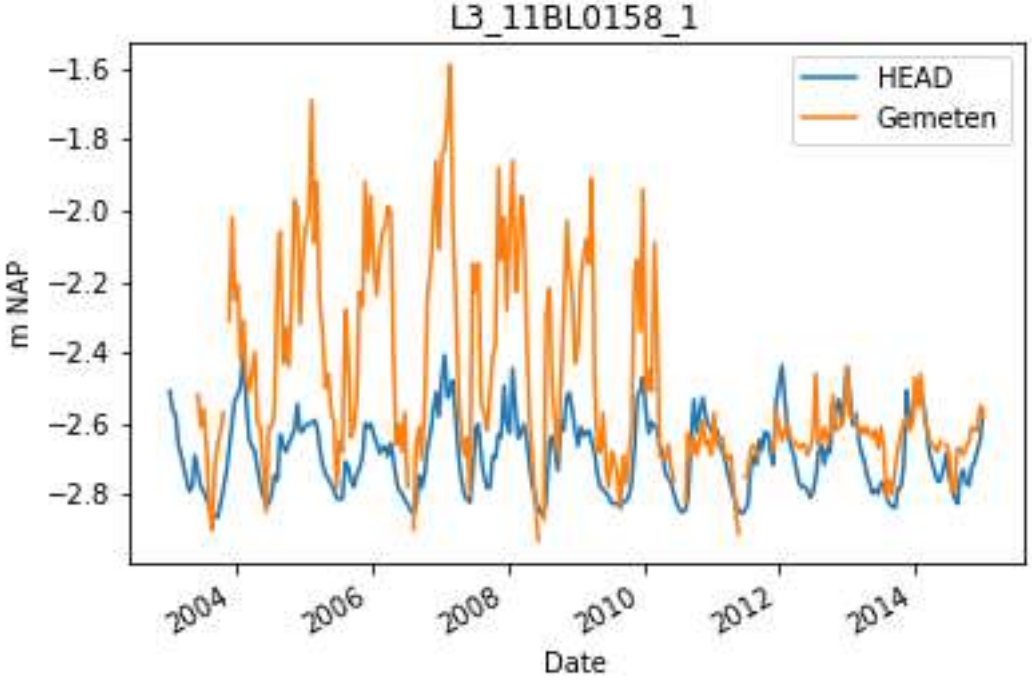

196
1965
197
1975
198
1985
199
1995
565
564
563
562
Nij Beets
B11B0258
B11B0234
B11B0348
11BL0155
11BP0099
11BP0054
11BL0154
11BL0156
11BP0018
B11B0249
11BL0158

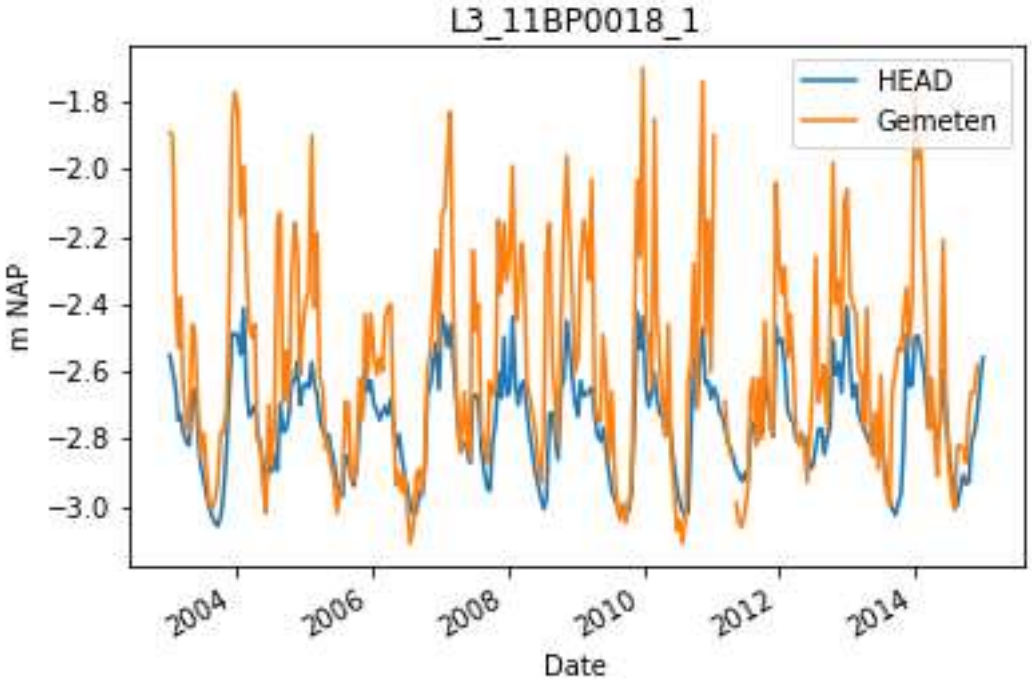

L3_11BL0058_1
HEAD
Gemeten
m NAP
−1.8
−2.0
−2.2
−2.4
−2.6
−2.8
−3.0
−3.2
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

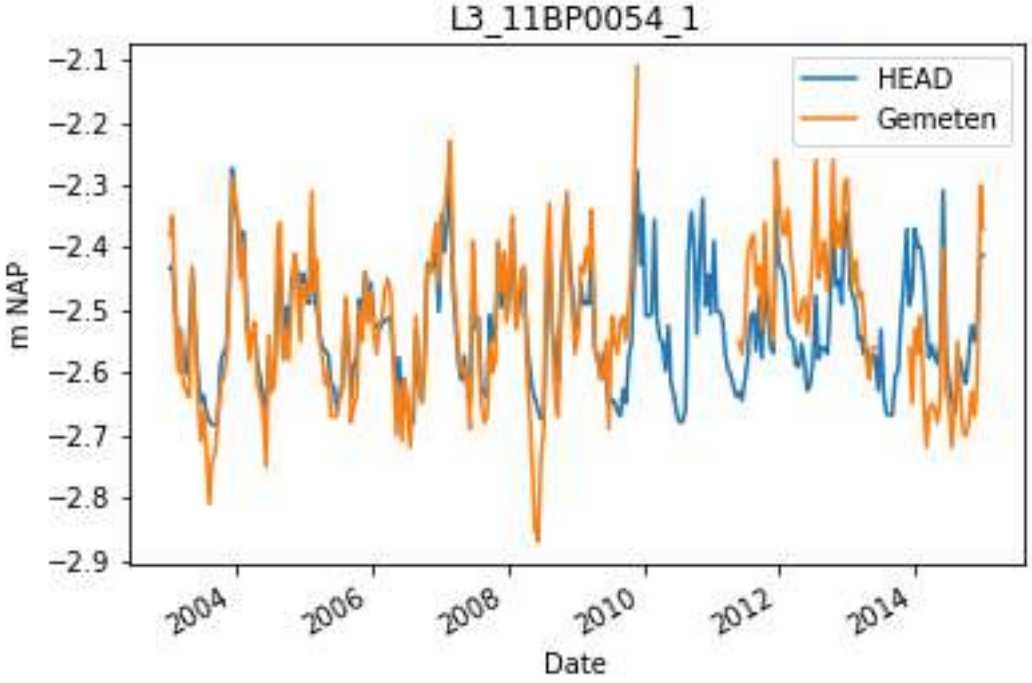

L3_11BL0154_1
m NAP
−2.0
−2.2
−2.4
−2.6
−2.8
−3.0
−3.2
HEAD
Gemeten
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

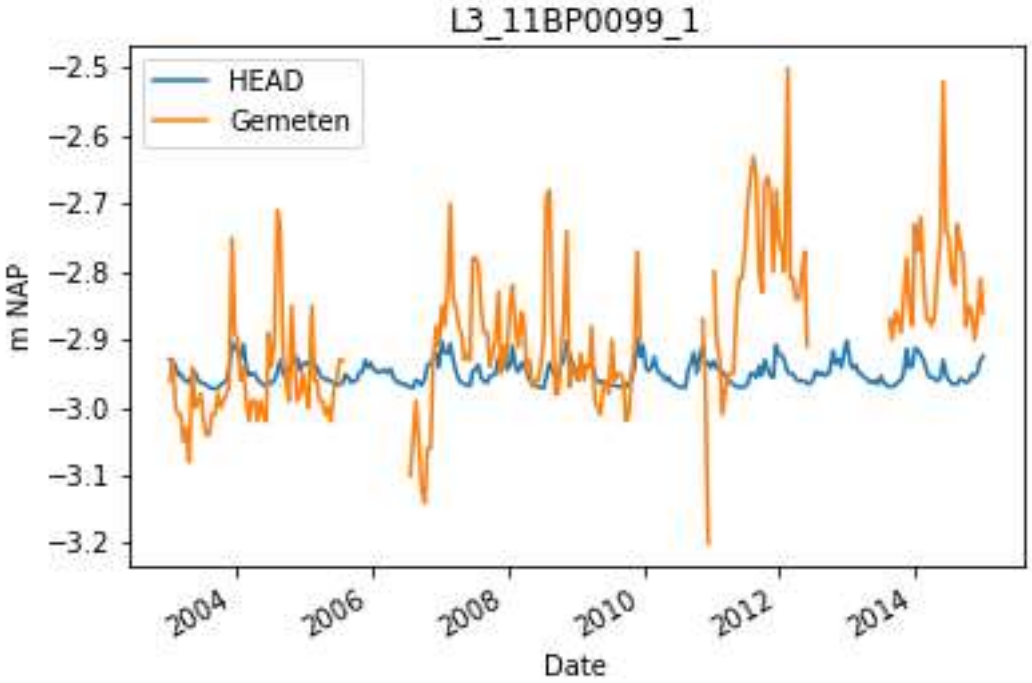

L3_11BL0155_1
HEAD
Gemeten
m NAP
−1.8
−2.0
−2.2
−2.4
−2.6
−2.8
−3.0
−3.2
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

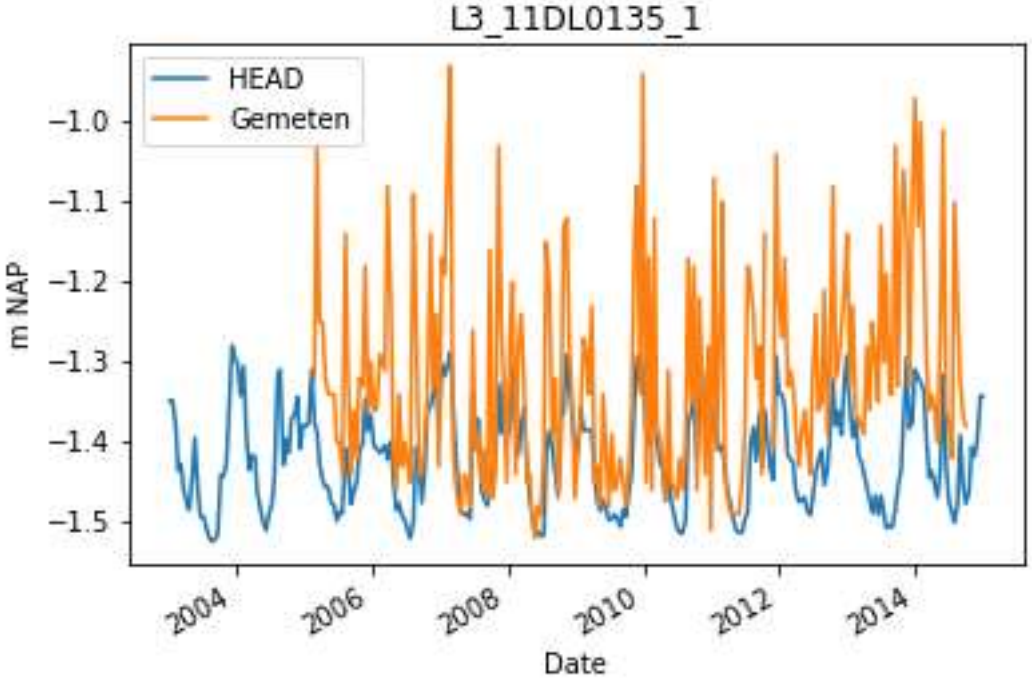

L3_11BL0156_1
HEAD
Gemeten
m NAP
−1.8
−2.0
−2.2
−2.4
−2.6
−2.8
−3.0
−3.2
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

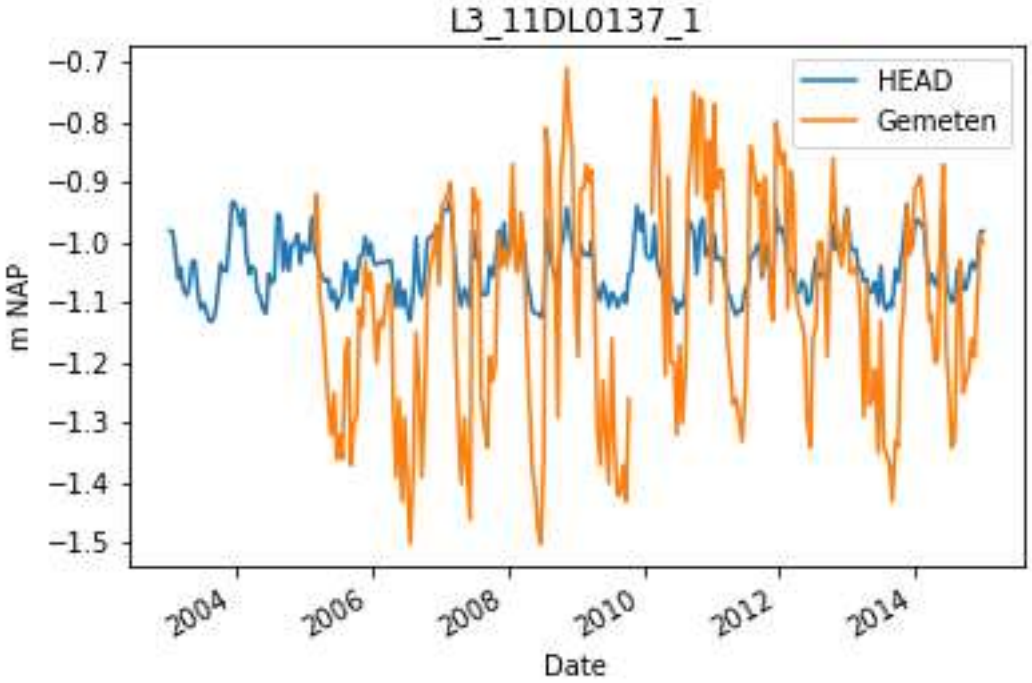

L3_11BL0158_1
HEAD
Gemeten
−1.6
−1.8
−2.0
−2.2
−2.4
−2.6
−2.8
m NAP
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

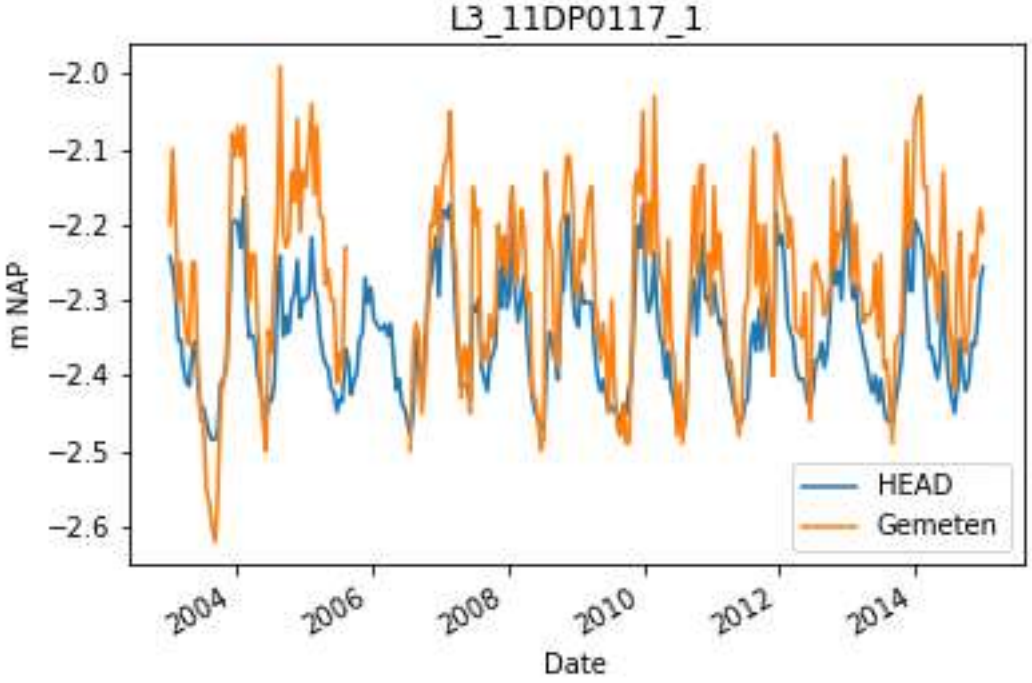

L3_11BP0018_1
HEAD
Gemeten
−1.8
−2.0
−2.2
−2.4
−2.6
−2.8
−3.0
m NAP
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

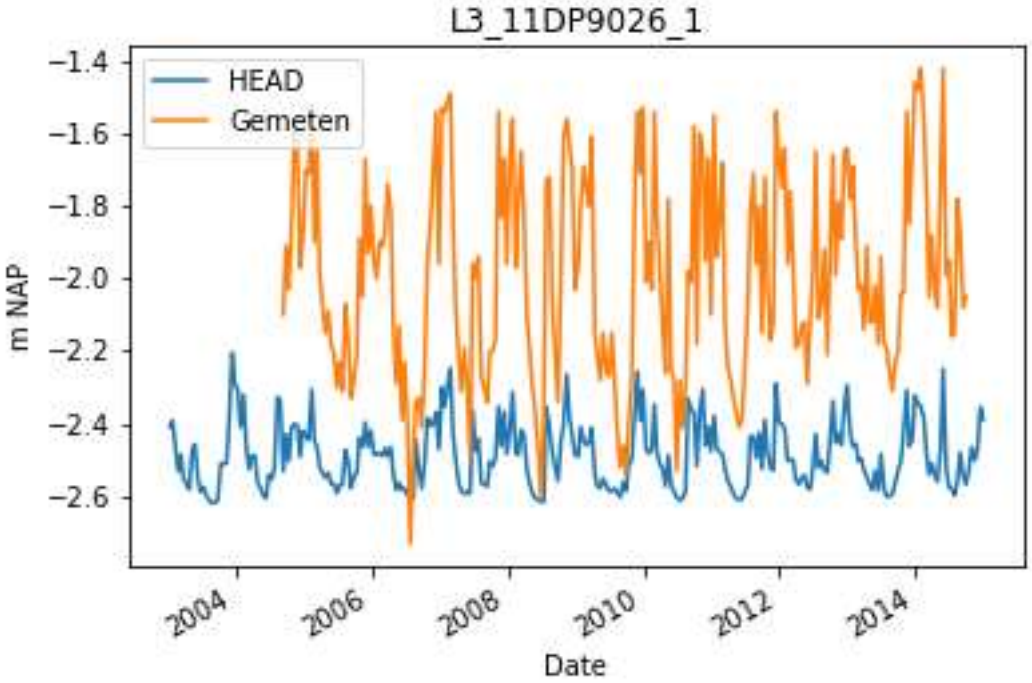

L3_11BP0054_1
HEAD
Gemeten
m NAP
−2.1
−2.2
−2.3
−2.4
−2.5
−2.6
−2.7
−2.8
−2.9
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

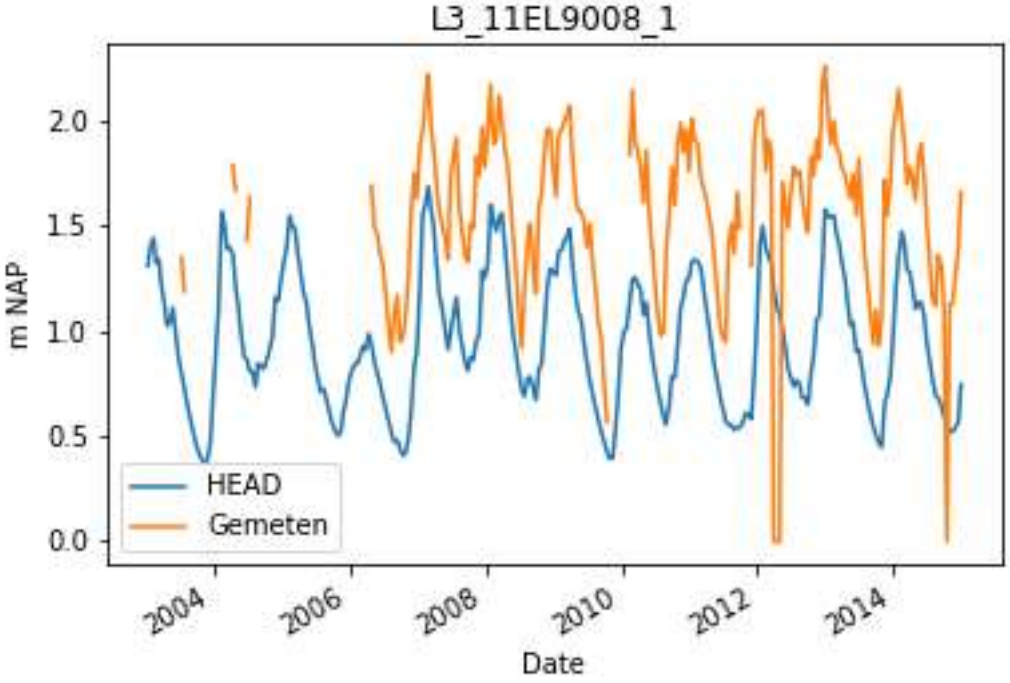

L3_11BP0099_1
HEAD
Gemeten
m NAP
−2.5
−2.6
−2.7
−2.8
−2.9
−3.0
−3.1
−3.2
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

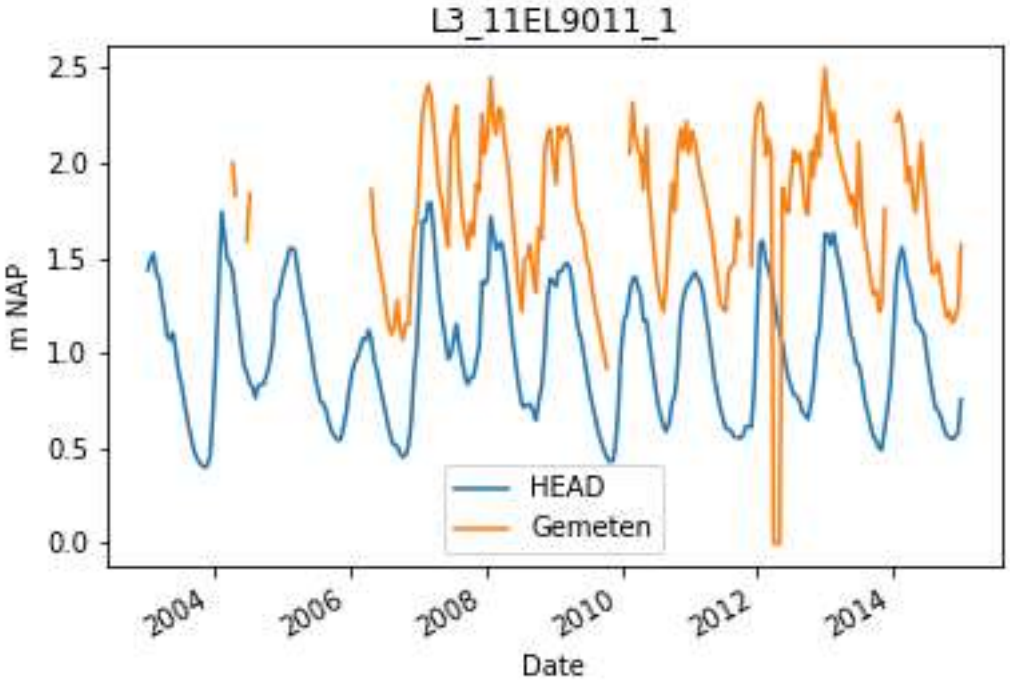

L3_11DL0135_1
HEAD
Gemeten
m NAP
−1.0
−1.1
−1.2
−1.3
−1.4
−1.5
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

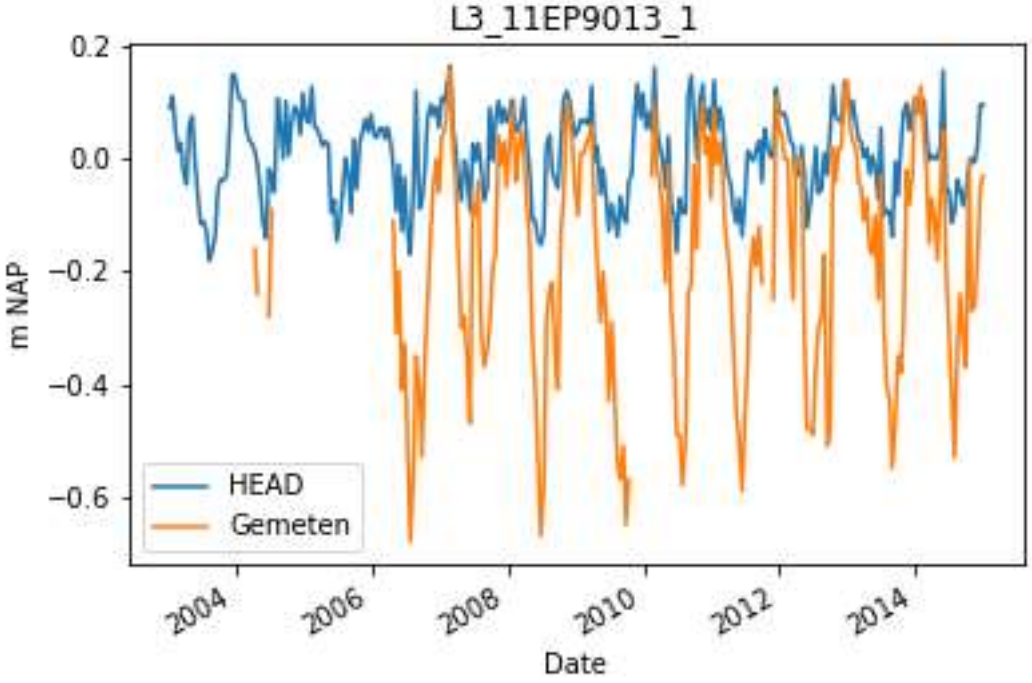

L3_11DL0137_1
HEAD
Gemeten
m NAP
−0.7
−0.8
−0.9
−1.0
−1.1
−1.2
−1.3
−1.4
−1.5
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

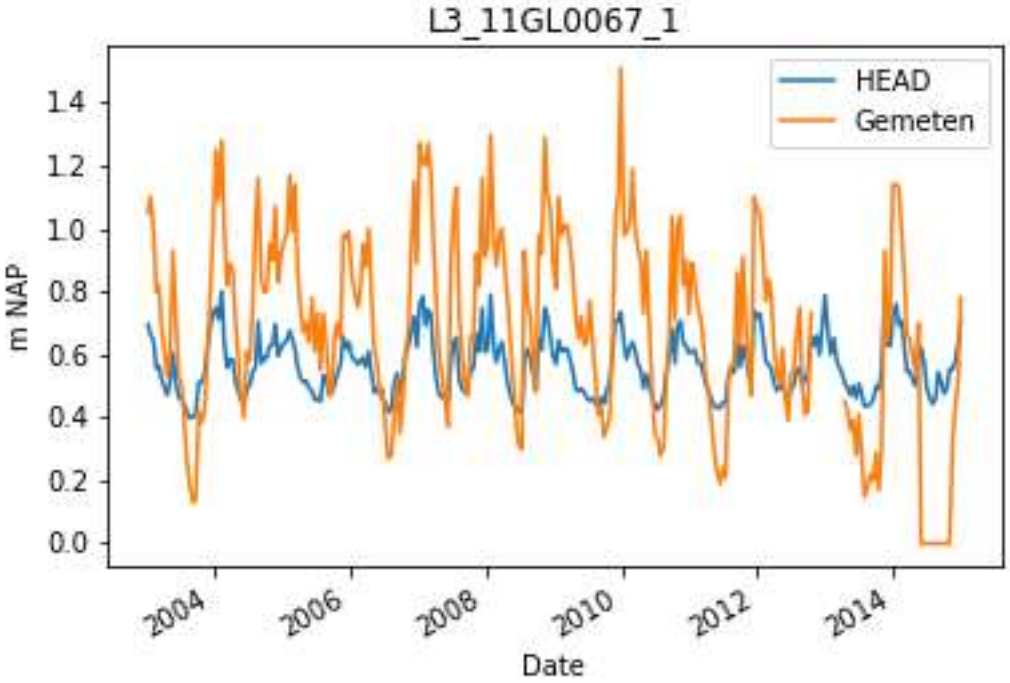

L3_11DP0117_1
−2.0
−2.1
−2.2
−2.3
−2.4
−2.5
−2.6
m NAP
HEAD
Gemeten
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

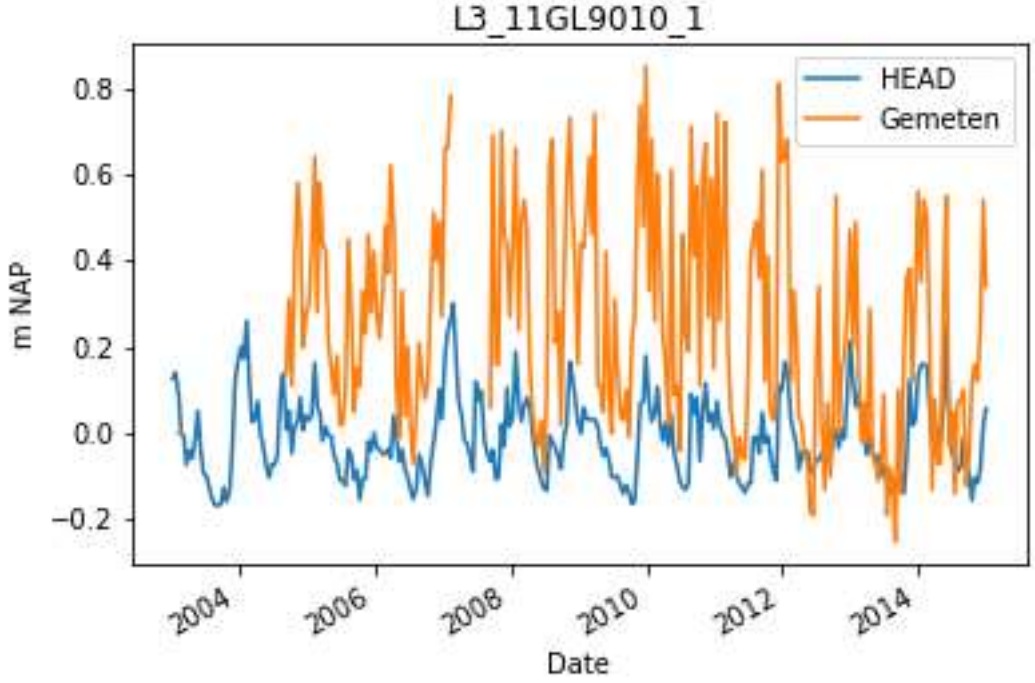

L3_11DP9026_1
−1.4
−1.6
−1.8
−2.0
−2.2
−2.4
−2.6
m NAP
HEAD
Gemeten
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

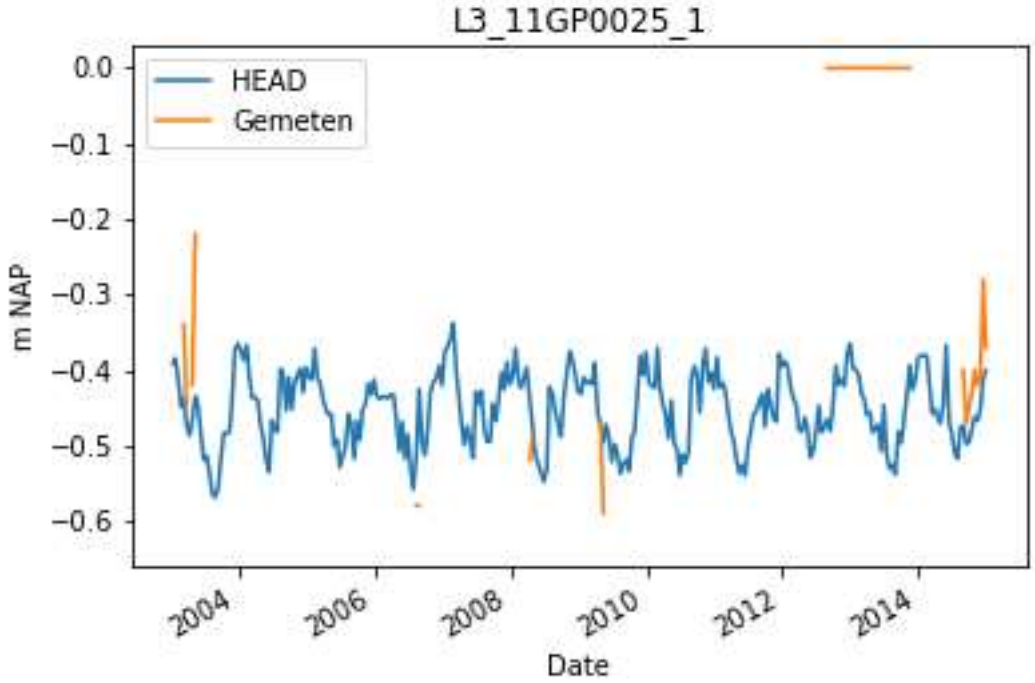

L3_11EL9008_1
m NAP
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
HEAD
Gemeten
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

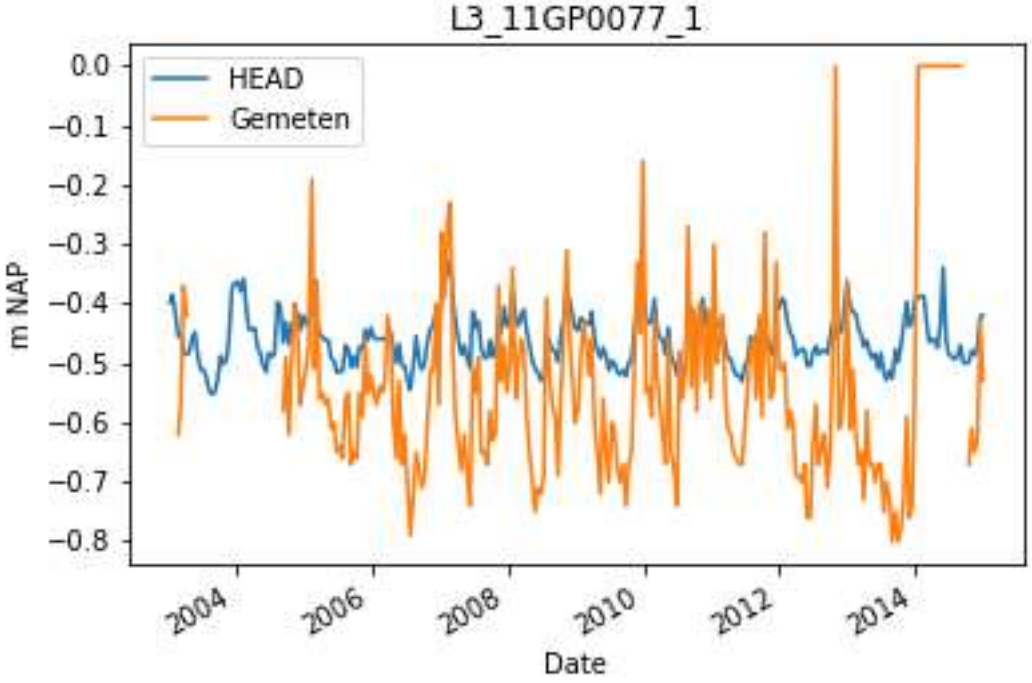

L3_11EL9011_1
m NAP
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
HEAD
Gemeten
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

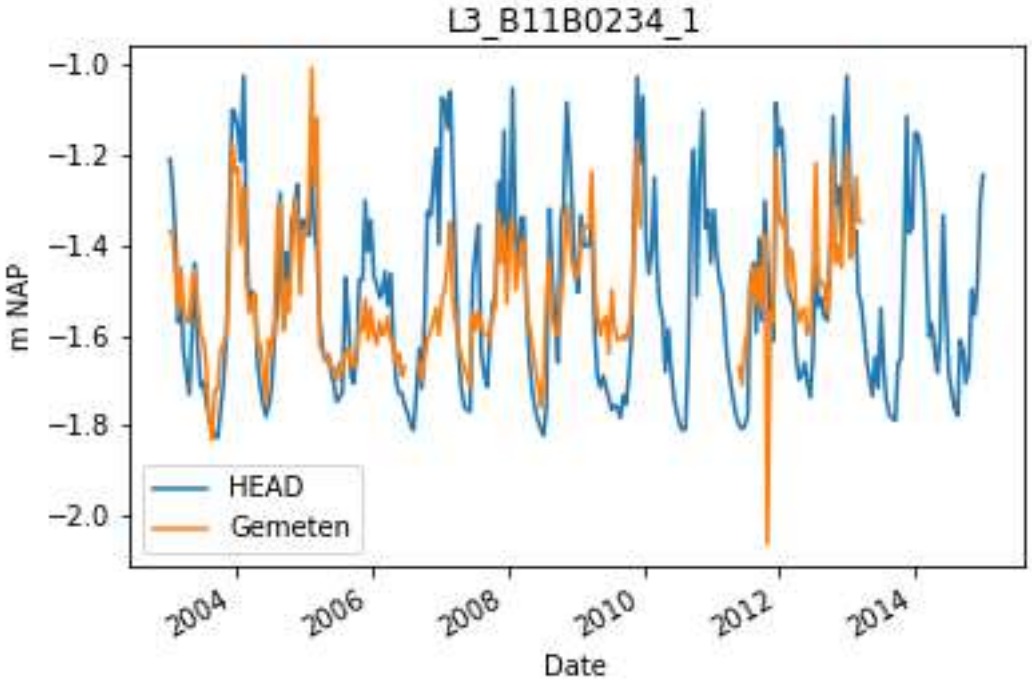

L3_11EP9013_1
0.2
0.0
−0.2
−0.4
−0.6
m NAP
HEAD
Gemeten
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

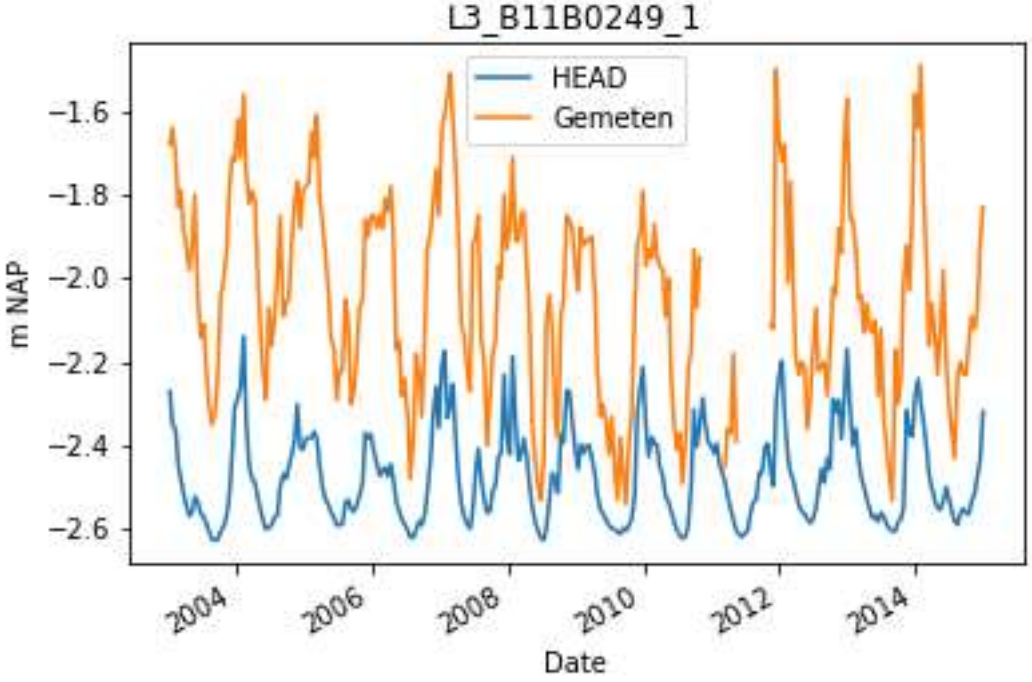

L3_11GL0067_1
1.4
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
m NAP
HEAD
Gemeten
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

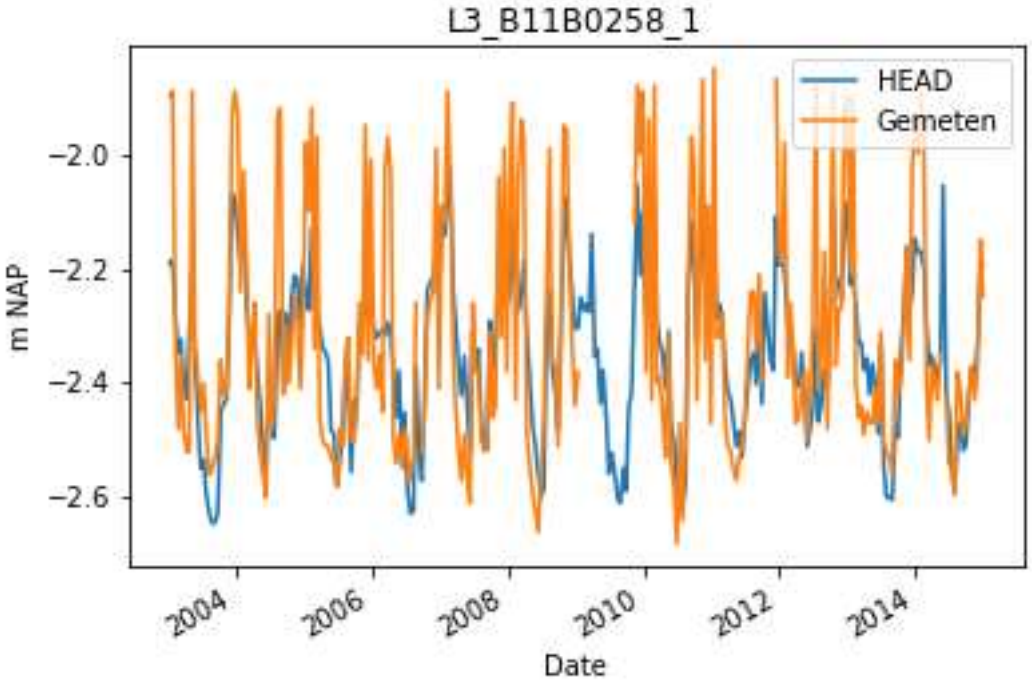

L3_11GL9010_1
HEAD
Gemeten
m NAP
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
−0.2
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

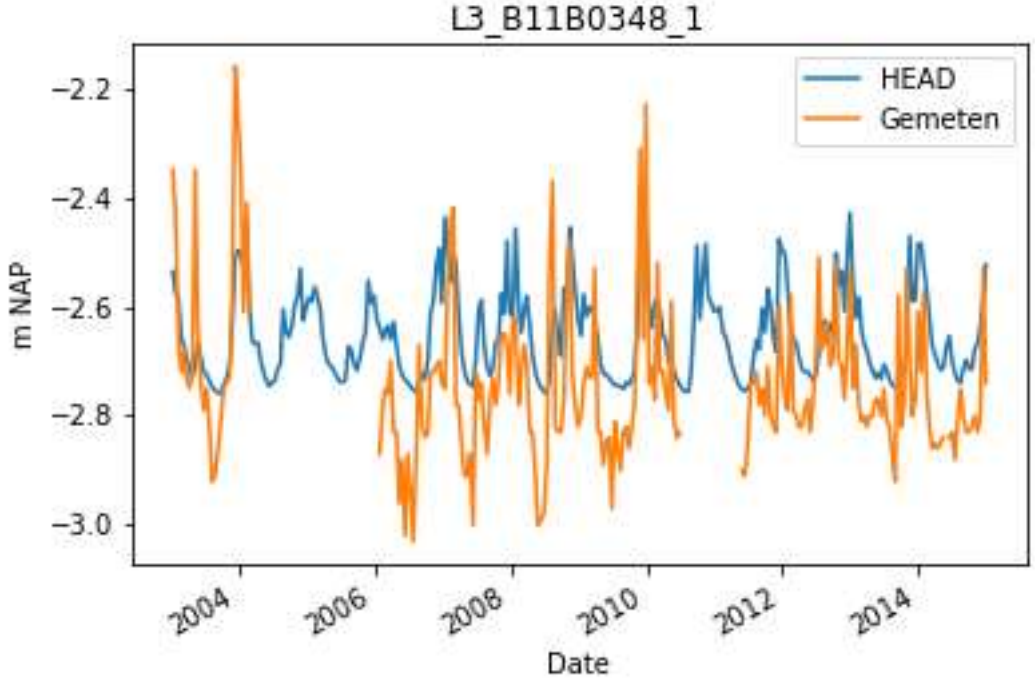

L3_11GP0025_1
HEAD
Gemeten
m NAP
0.0
−0.1
−0.2
−0.3
−0.4
−0.5
−0.6
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

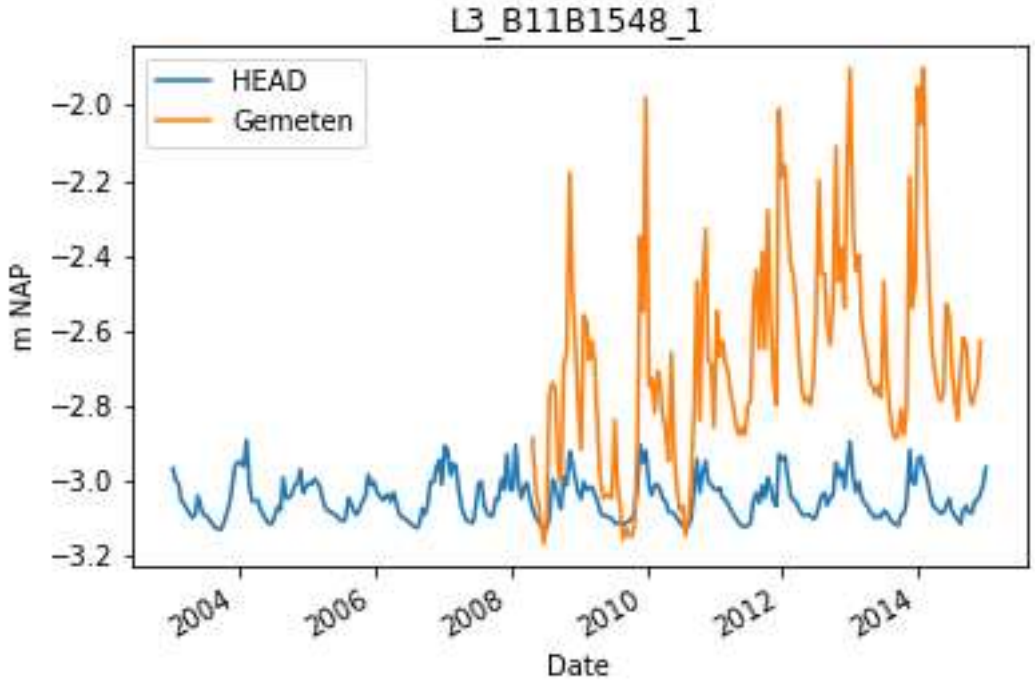

L3_11GP0077_1
HEAD
Gemeten
m NAP
0.0
−0.1
−0.2
−0.3
−0.4
−0.5
−0.6
−0.7
−0.8
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

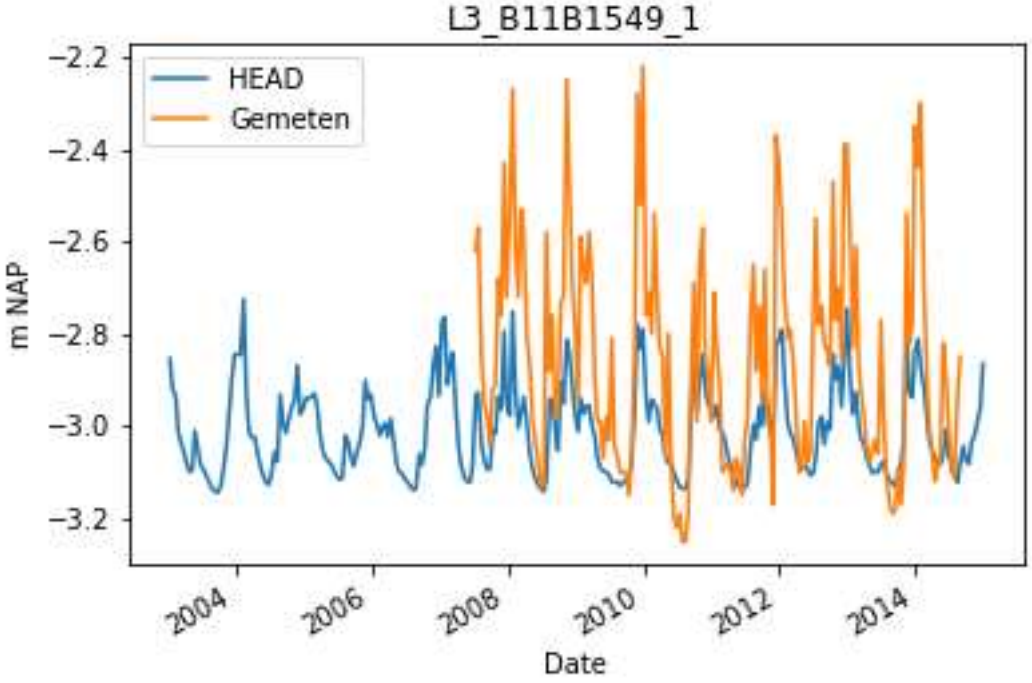

L3_B11B0234_1
HEAD
Gemeten
m NAP
−1.0
−1.2
−1.4
−1.6
−1.8
−2.0
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date


L3_B11B0249_1
HEAD
Gemeten
−1.6
−1.8
−2.0
−2.2
−2.4
−2.6
m NAP
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

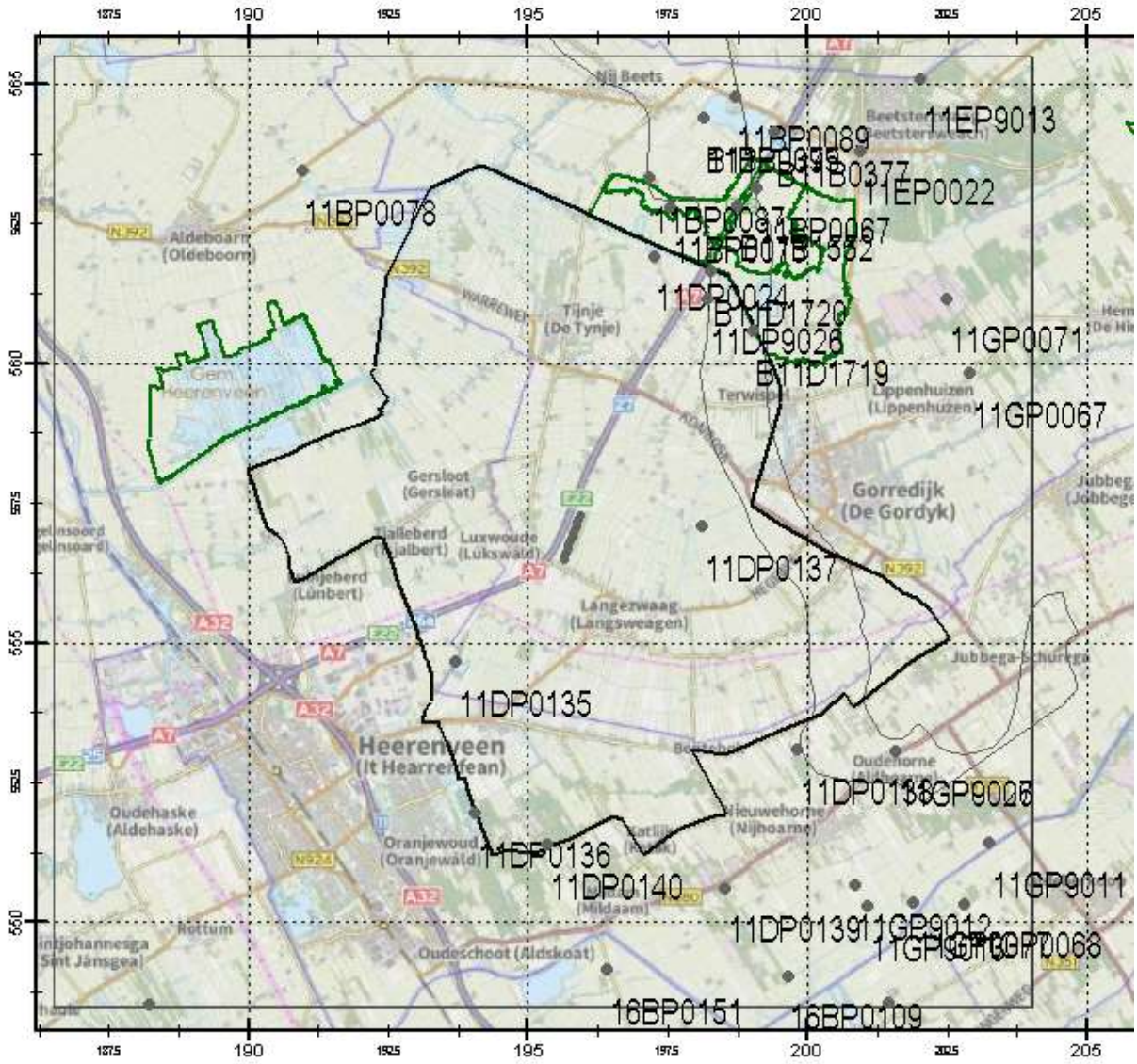

L3_B11B0258_1
HEAD
Gemeten
−2.0
−2.2
−2.4
−2.6
m NAP
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date


L3_B11B0348_1
HEAD
Gemeten
−2.2
−2.4
−2.6
−2.8
−3.0
m NAP
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

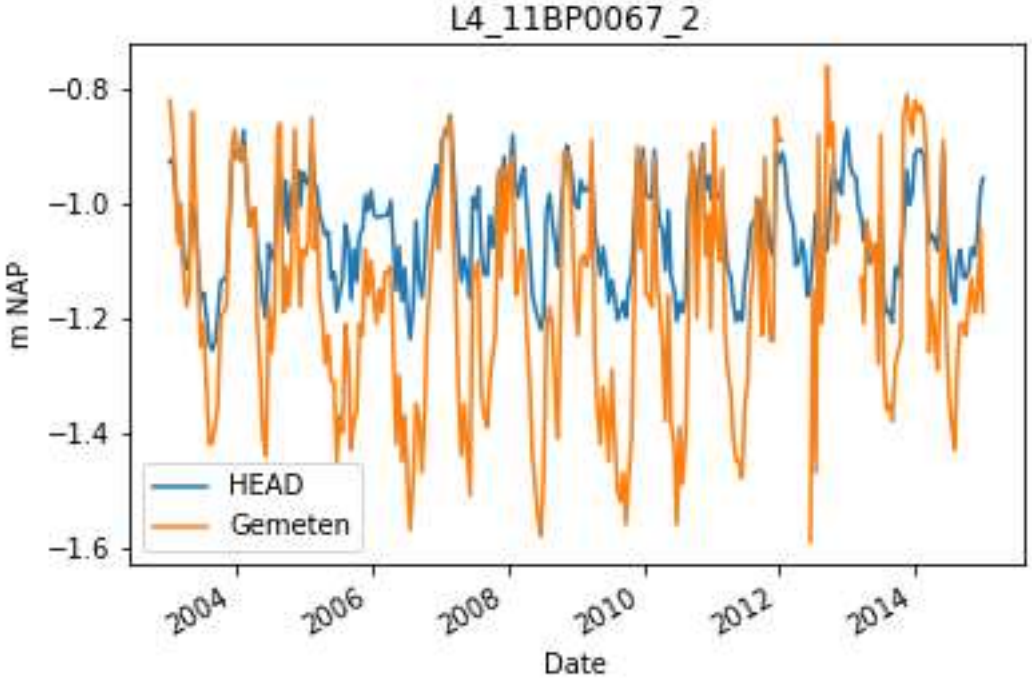

L3_B11B1548_1
HEAD
Gemeten
−2.0
−2.2
−2.4
−2.6
−2.8
−3.0
−3.2
m NAP
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

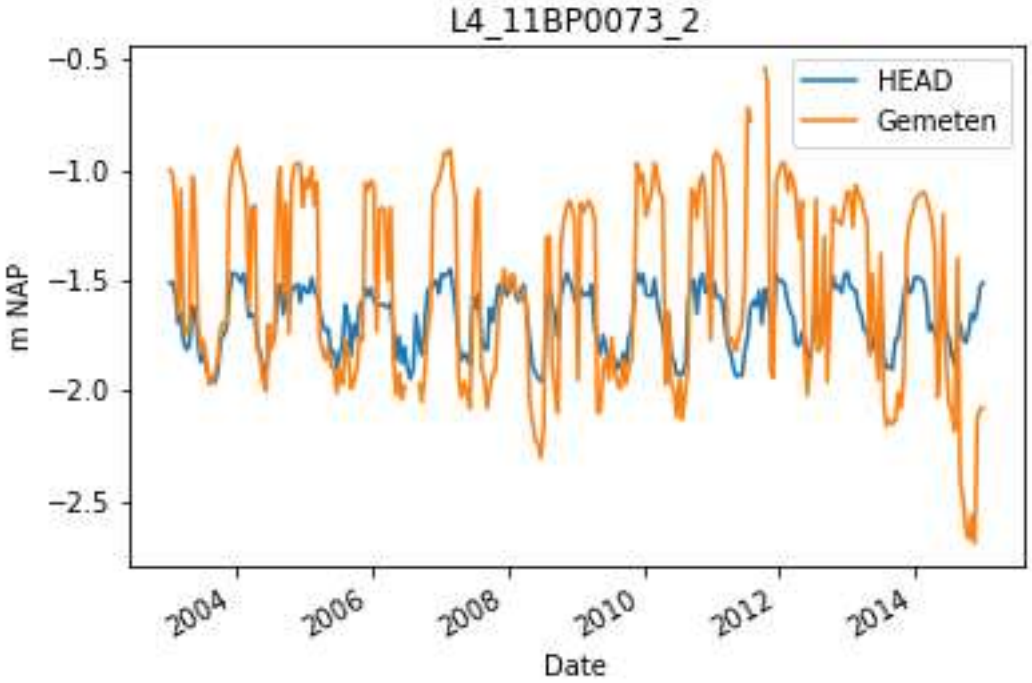

L3_B11B1549_1
HEAD
Gemeten
m NAP
−2.2
−2.4
−2.6
−2.8
−3.0
−3.2
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

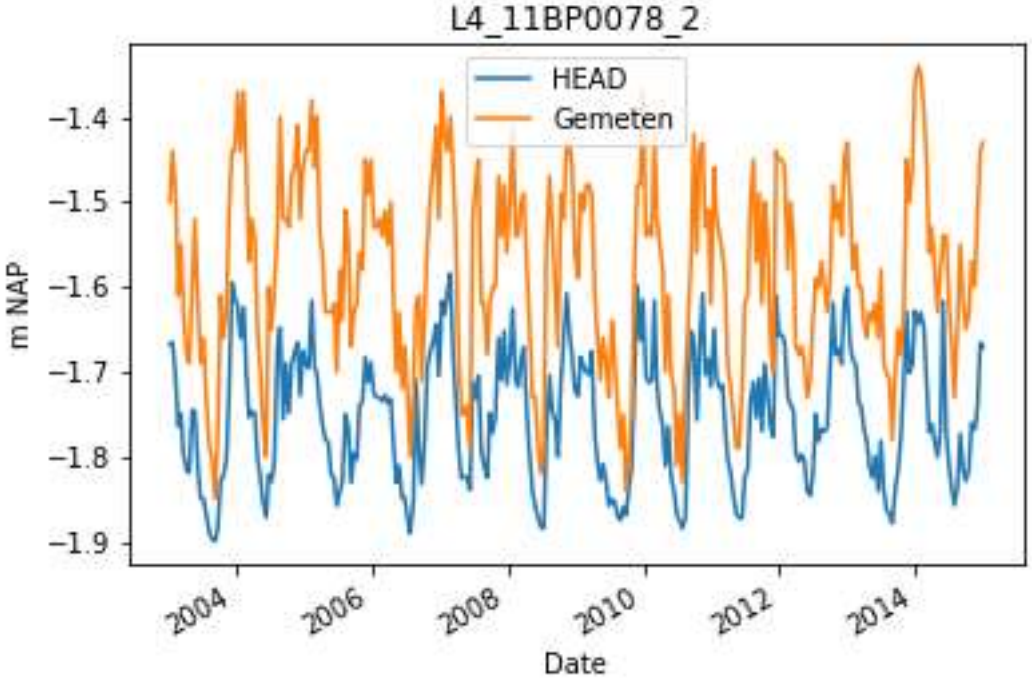
Modellaag 4:

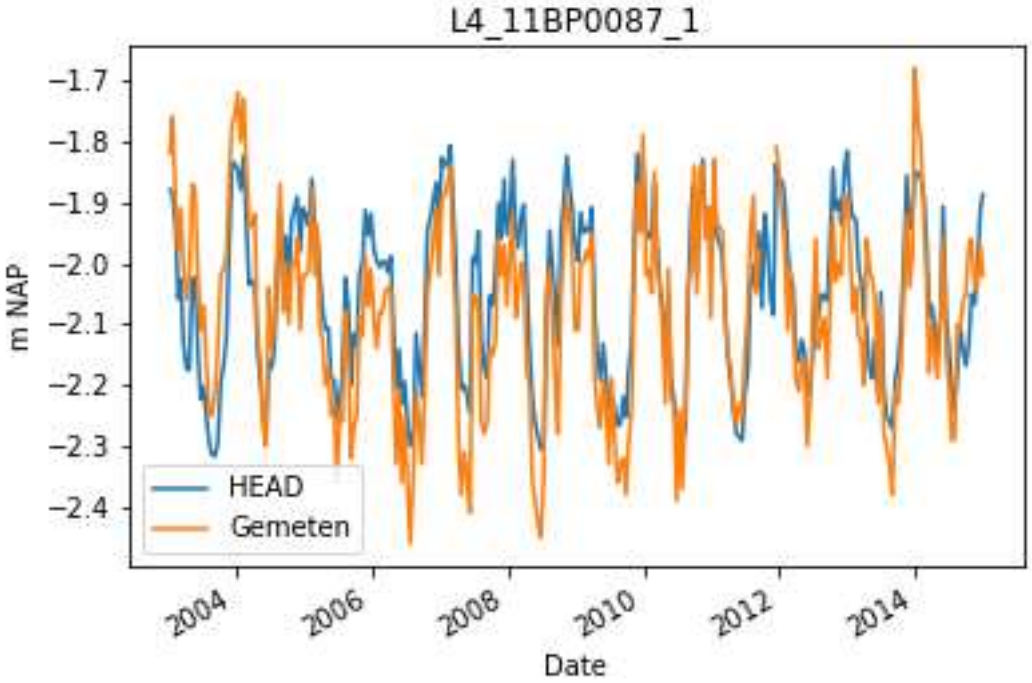


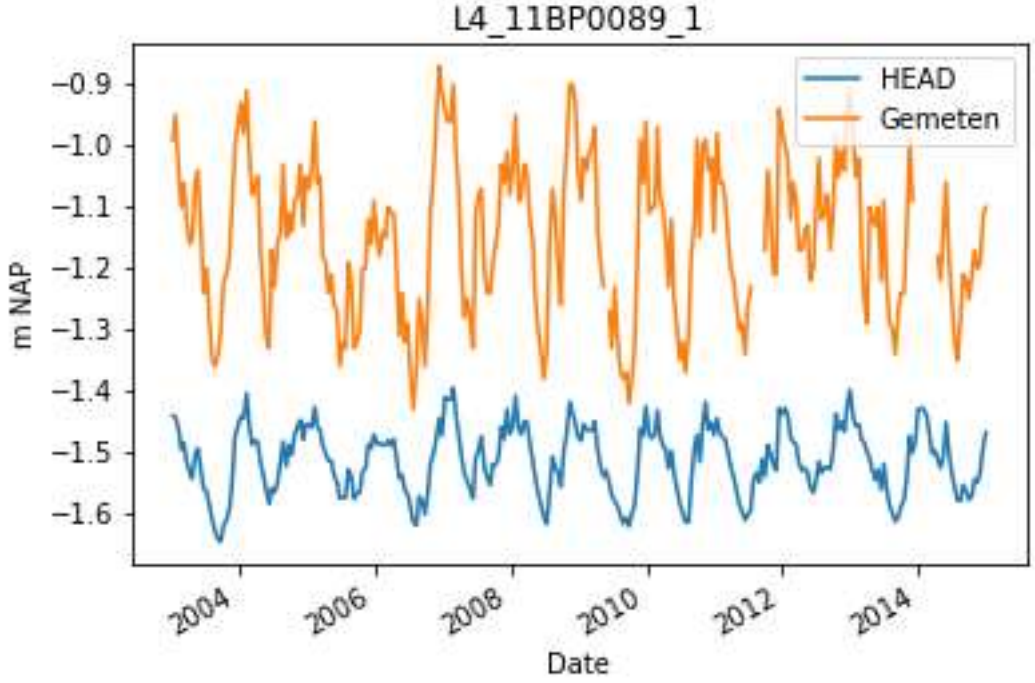
11EP9013
11BP0089
11EP0022
11BP0078
11BP0087
11BP0067
11DP0024
11DP9026
11GP0071
11GP0067
11DP0137
11DP0135
11DP0136
11DP0140
11GP9011
16BP0151
16BP0109
Heerenveen
(It Hearrenfean)
Gorredijk
(De Gordyk)
Aldeboarn
(Oldeboorn)
Tijnje
(De Tynje)
Gersloot
(Gersleat)
Langezwaag
(Langsweagen)
Oudehaske
(Aldehaske)
Oranjewoud
(Oranjewald)
Oudeschoot (Aldskoat)
Rottum
Nieuwehorne
(Nijhoarne)
Oudehorne
Jubbega-Schurega
Lippenhuizen
(Lippenhuizen)
Terwispel
Nij Beets
Beetsterzwaag
Gem. Heerenveen

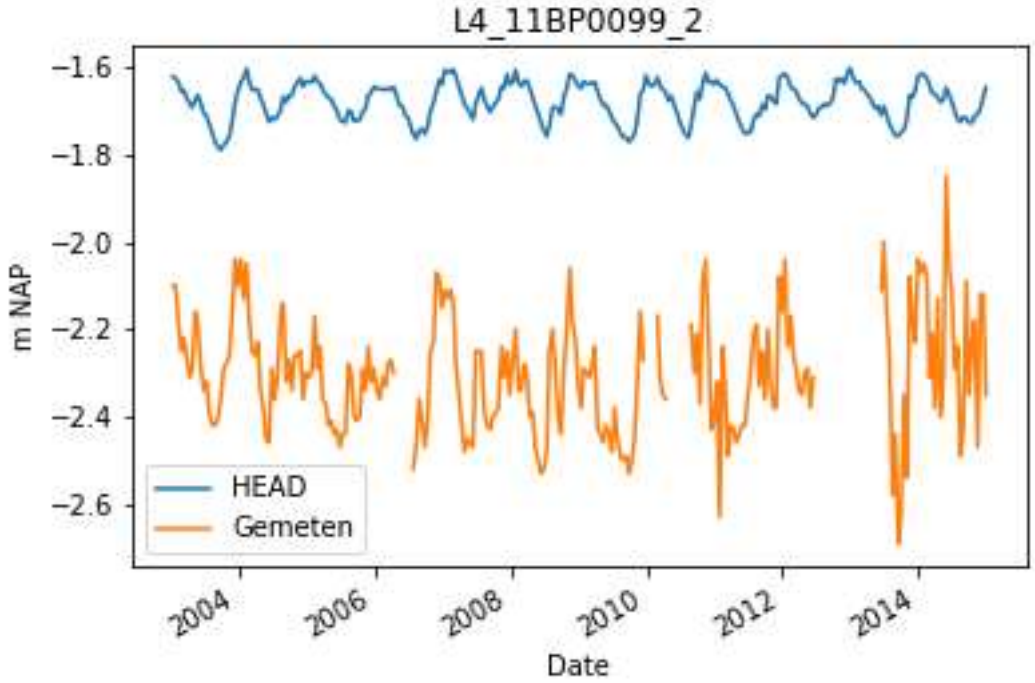

L4_11BP0067_2
−0.8
−1.0
−1.2
−1.4
−1.6
m NAP
HEAD
Gemeten
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

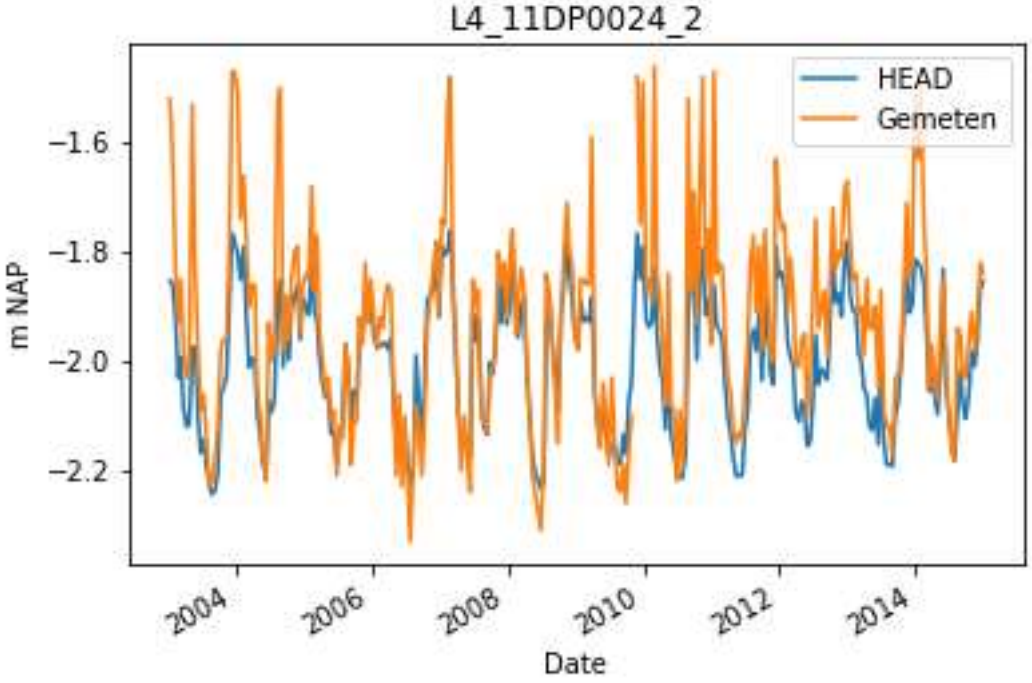

L4_11BP0073_2
−0.5
−1.0
−1.5
−2.0
−2.5
m NAP
HEAD
Gemeten
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

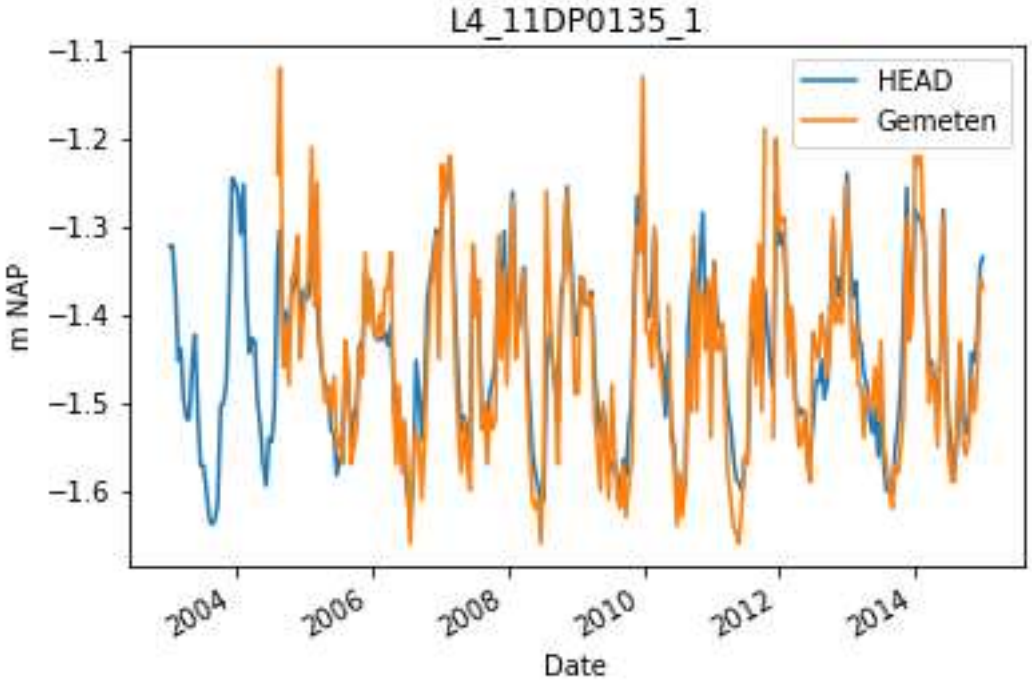

L4_11BP0078_2
HEAD
Gemeten
m NAP
−1.4
−1.5
−1.6
−1.7
−1.8
−1.9
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

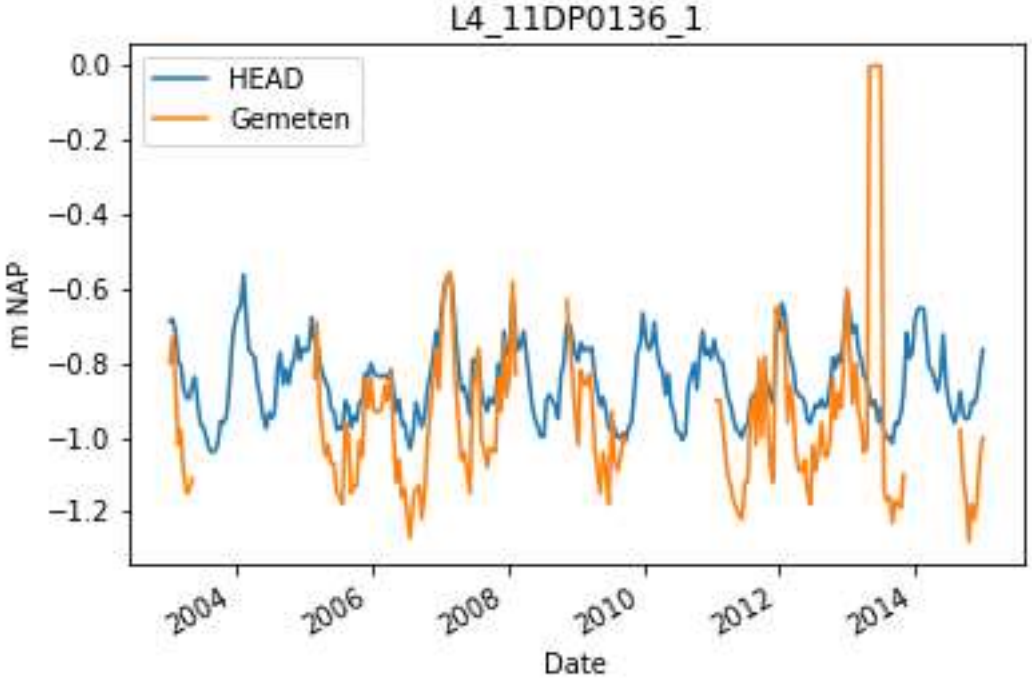

L4_11BP0087_1
m NAP
−1.7
−1.8
−1.9
−2.0
−2.1
−2.2
−2.3
−2.4
HEAD
Gemeten
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

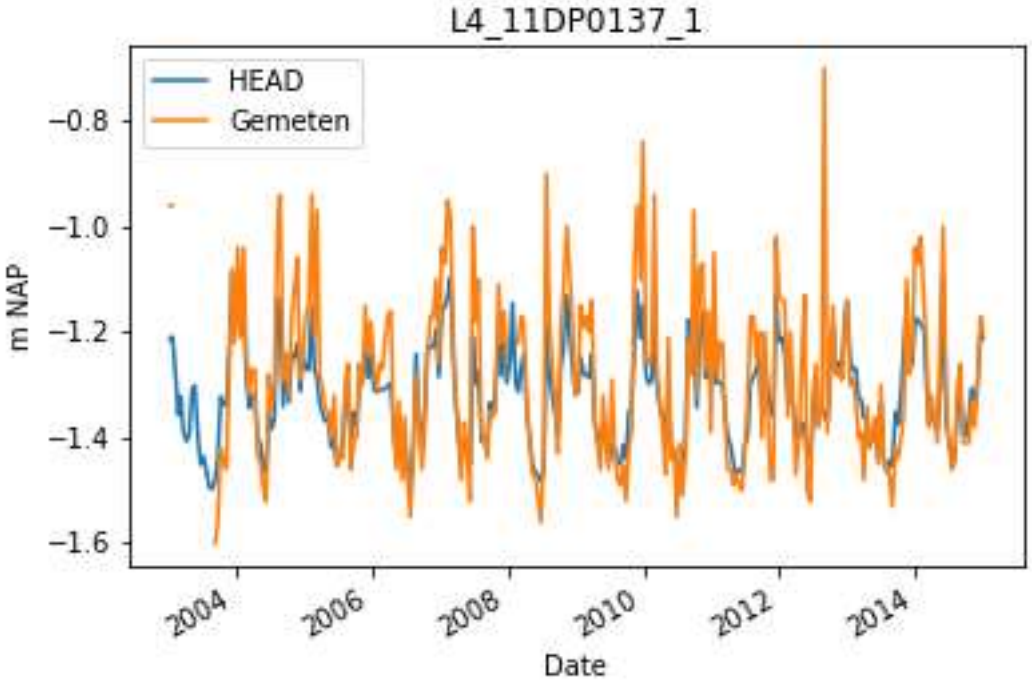

L4_11BP0089_1
HEAD
Gemeten
−0.9
−1.0
−1.1
−1.2
−1.3
−1.4
−1.5
−1.6
m NAP
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

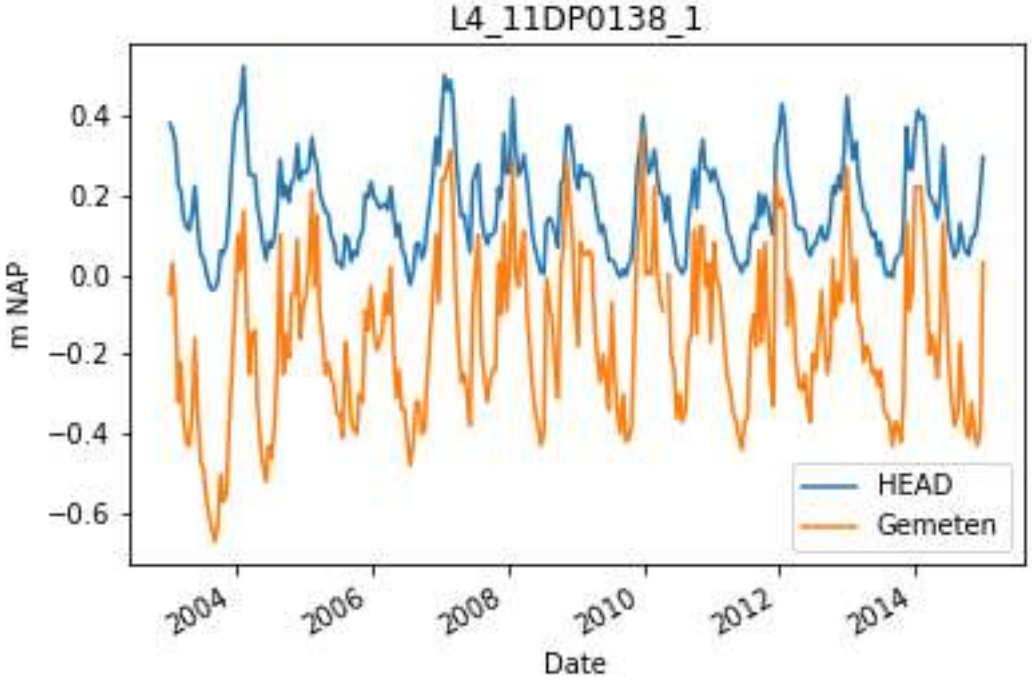

L4_11BP0099_2
−1.6
−1.8
−2.0
−2.2
−2.4
−2.6
m NAP
HEAD
Gemeten
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

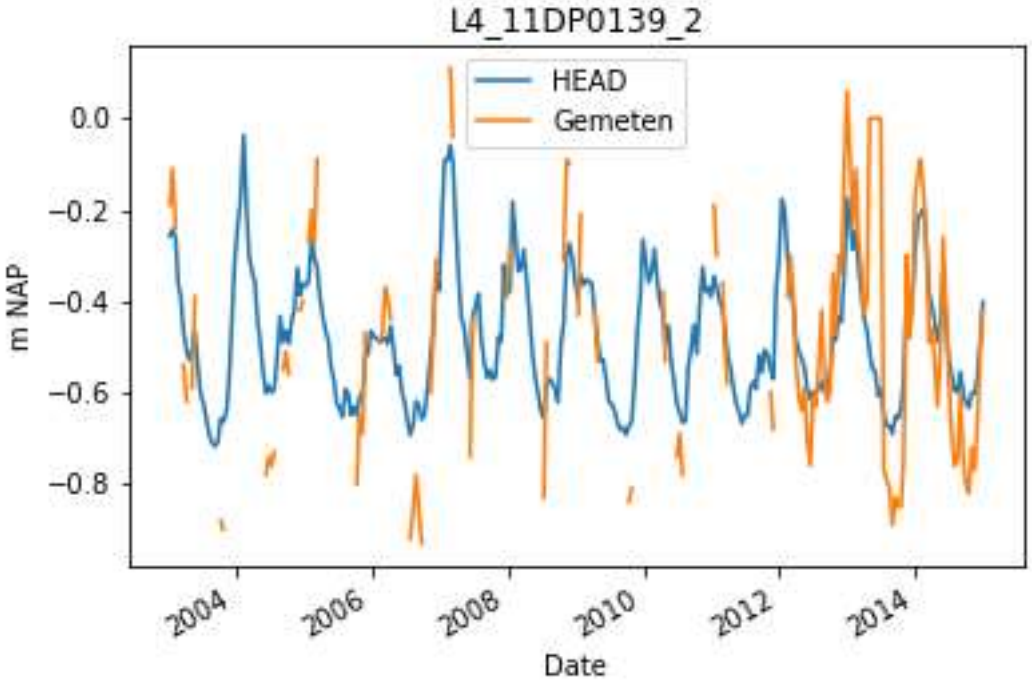

L4_11DP0024_2
HEAD
Gemeten
−1.6
−1.8
−2.0
−2.2
m NAP
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

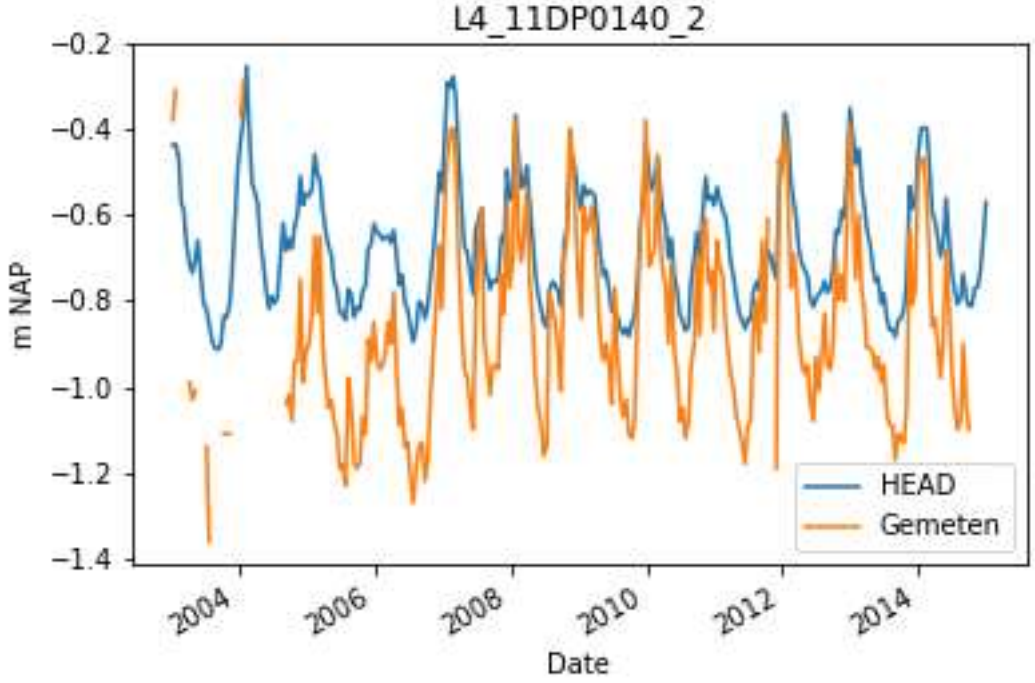

L4_11DP0135_1
HEAD
Gemeten
−1.1
−1.2
−1.3
−1.4
−1.5
−1.6
m NAP
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

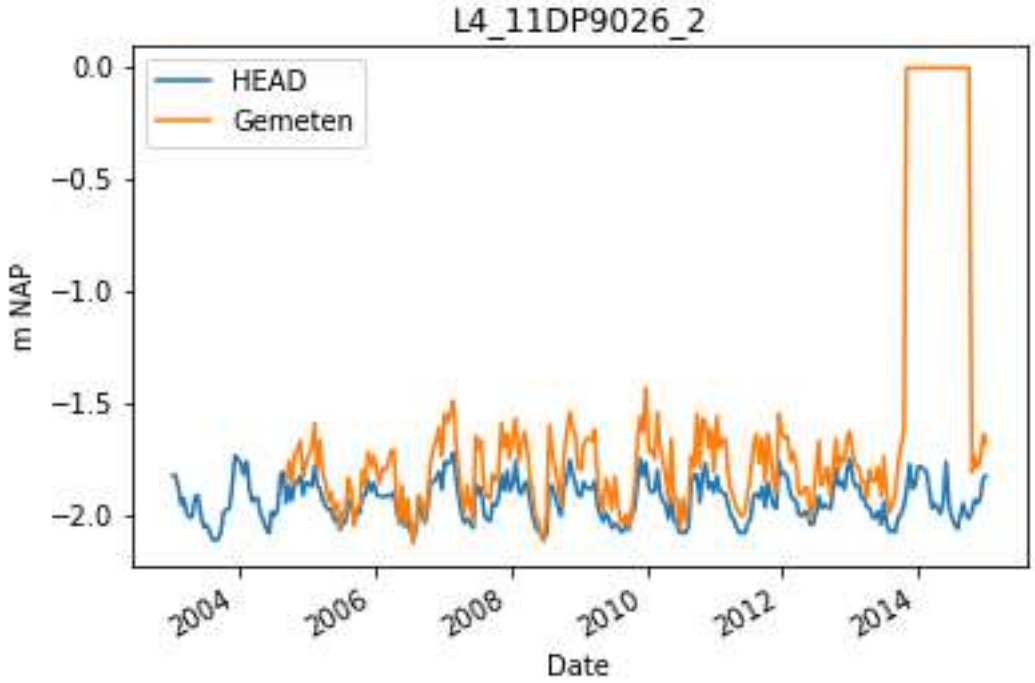

L4_11DP0136_1
HEAD
Gemeten
0.0
−0.2
−0.4
−0.6
−0.8
−1.0
−1.2
m NAP
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

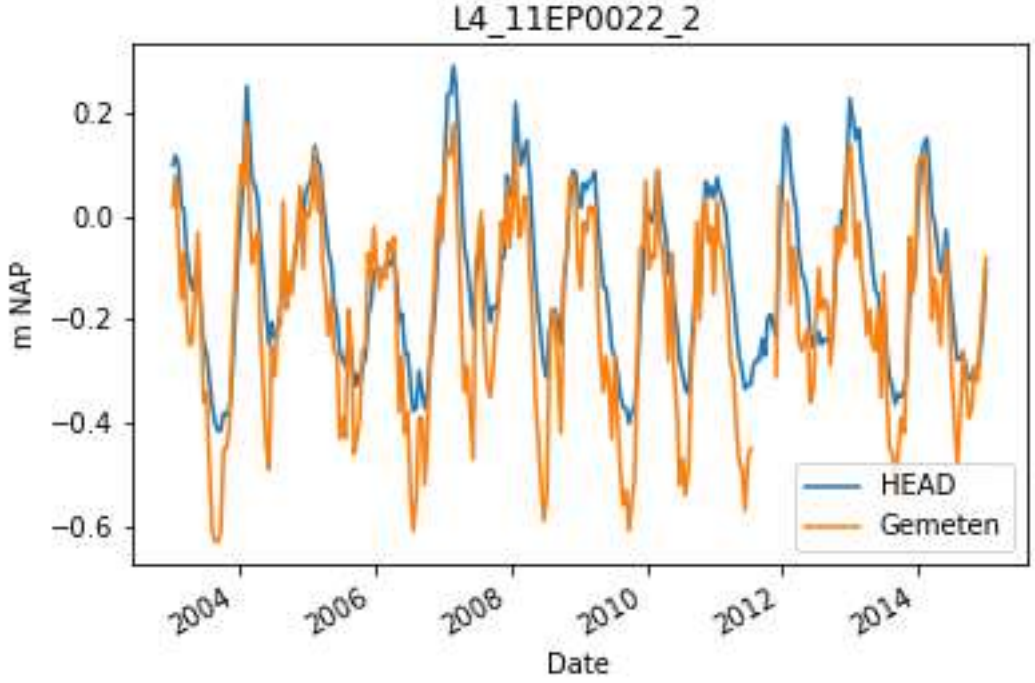

L4_11DP0137_1
HEAD
Gemeten
−0.8
−1.0
−1.2
−1.4
−1.6
m NAP
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

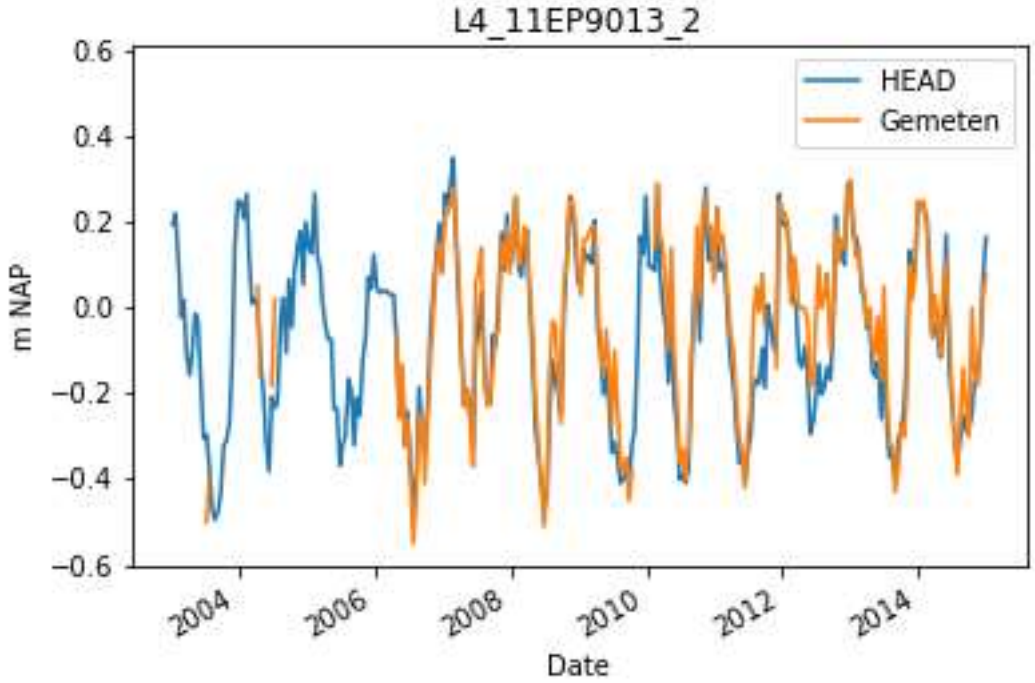

L4_11DP0138_1
0.4
0.2
0.0
−0.2
−0.4
−0.6
m NAP
HEAD
Gemeten
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

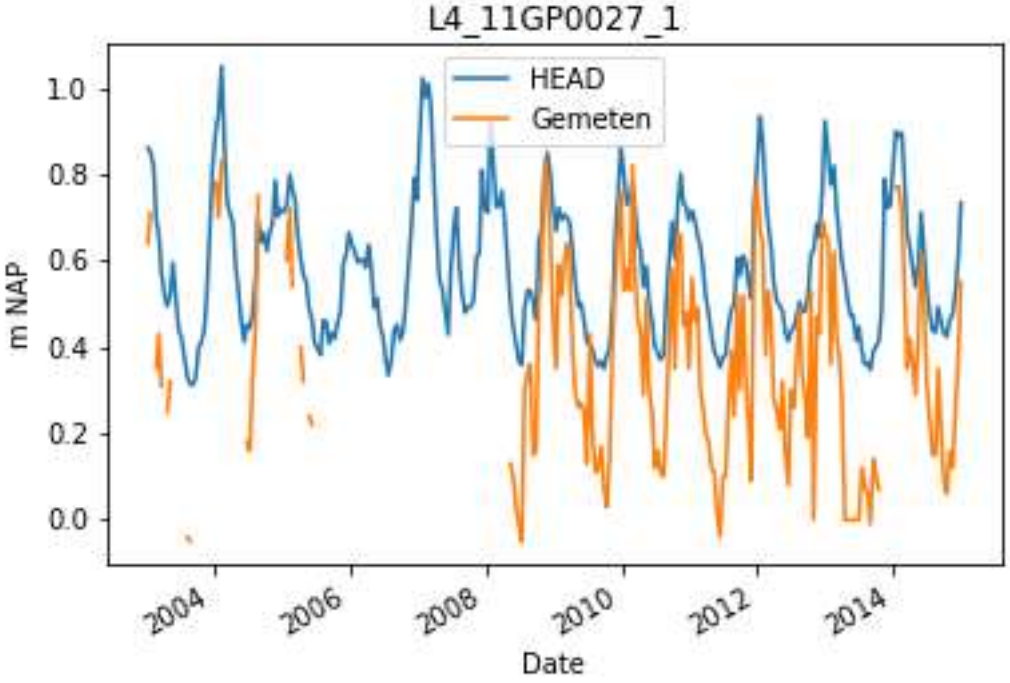

L4_11DP0139_2
0.0
−0.2
−0.4
−0.6
−0.8
m NAP
HEAD
Gemeten
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

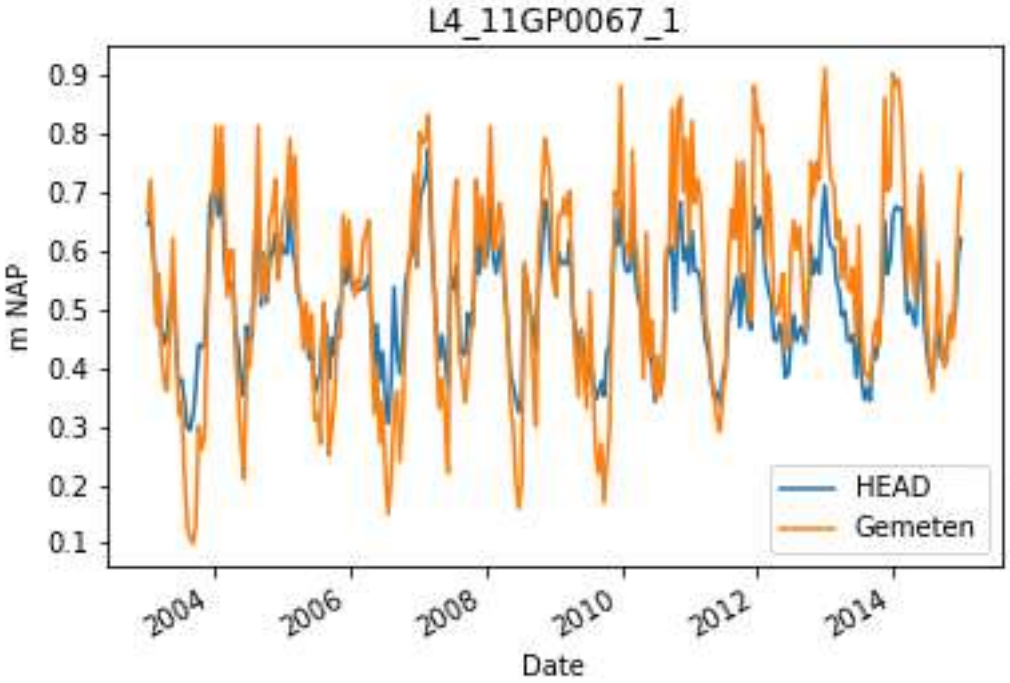

L4_11DP0140_2
−0.2
−0.4
−0.6
−0.8
−1.0
−1.2
−1.4
m NAP
HEAD
Gemeten
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

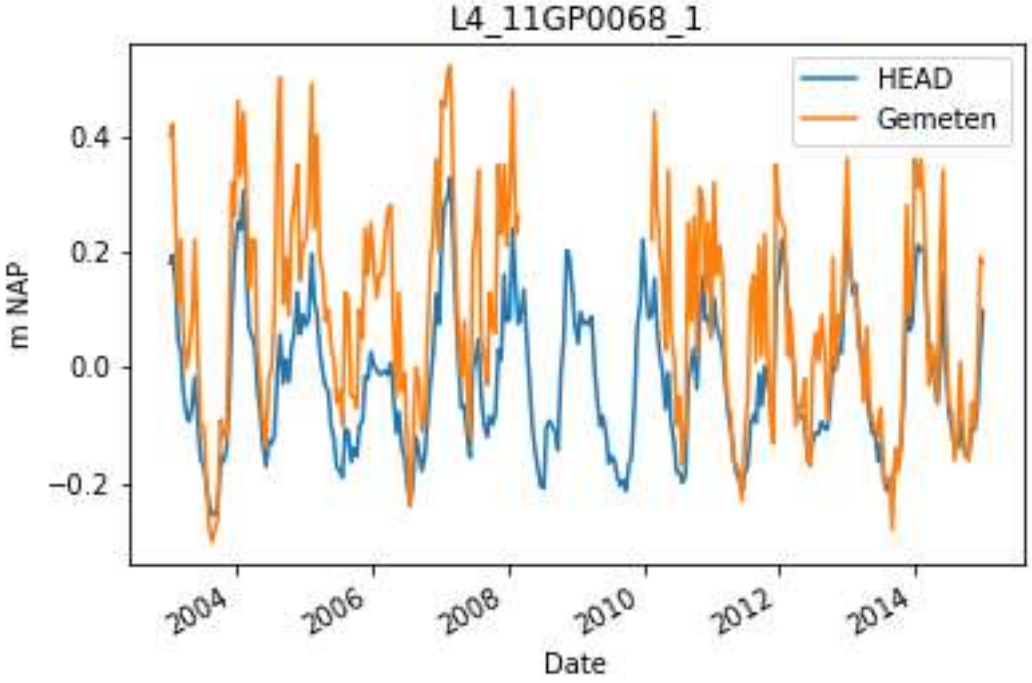

L4_11DP9026_2
0.0
−0.5
−1.0
−1.5
−2.0
m NAP
HEAD
Gemeten
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

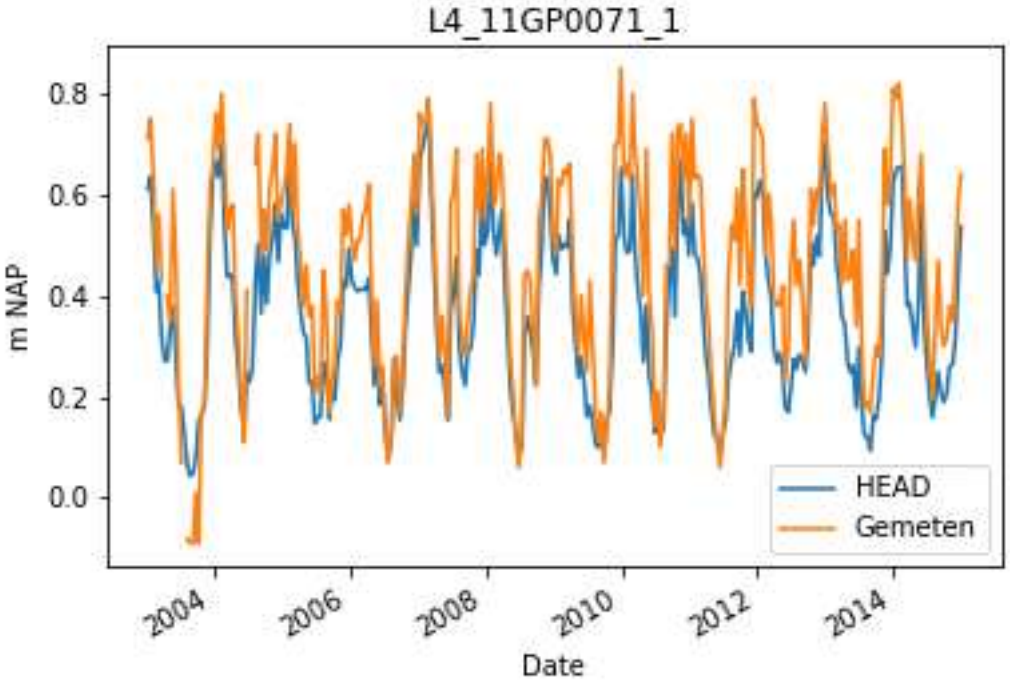

L4_11EP0022_2
0.2
0.0
−0.2
−0.4
−0.6
m NAP
HEAD
Gemeten
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

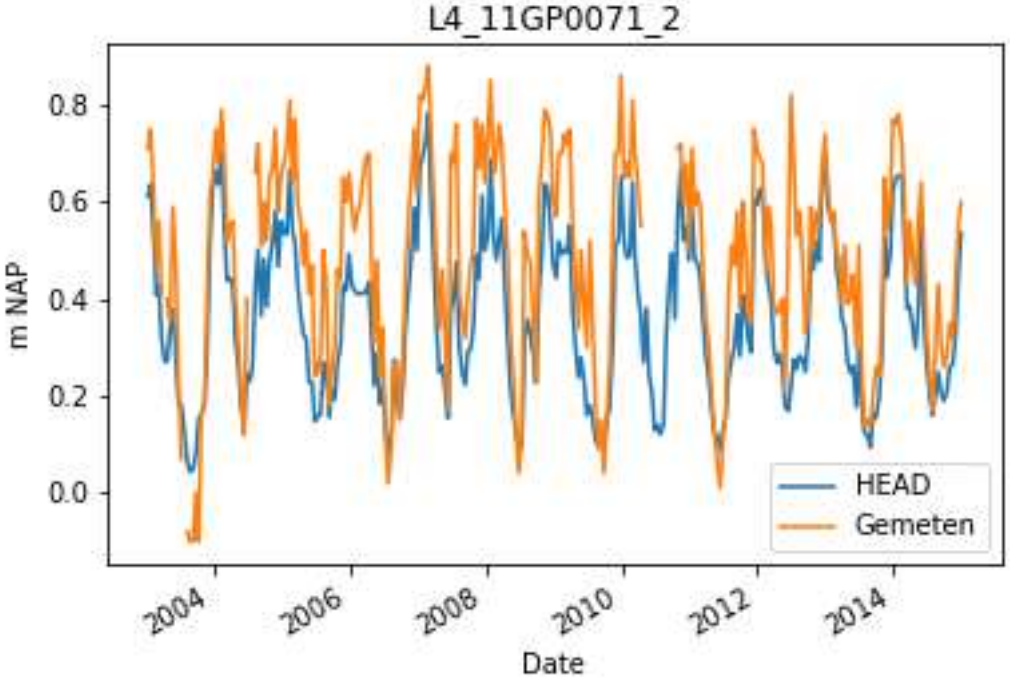

L4_11EP9013_2
0.6
0.4
0.2
0.0
−0.2
−0.4
−0.6
m NAP
HEAD
Gemeten
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

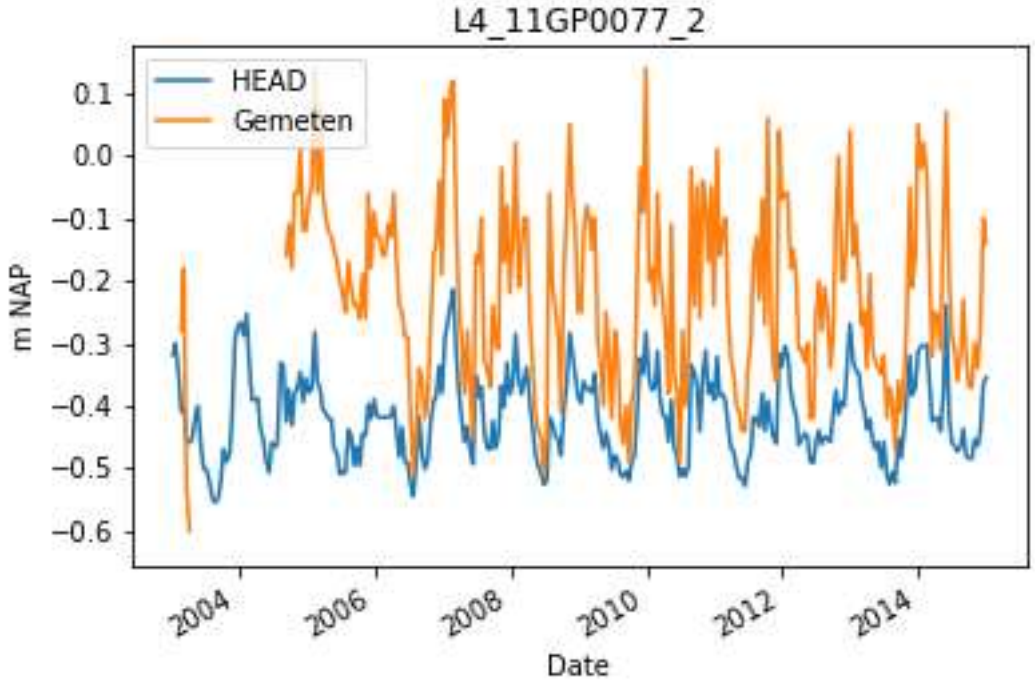

L4_11GP0027_1
HEAD
Gemeten
m NAP
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

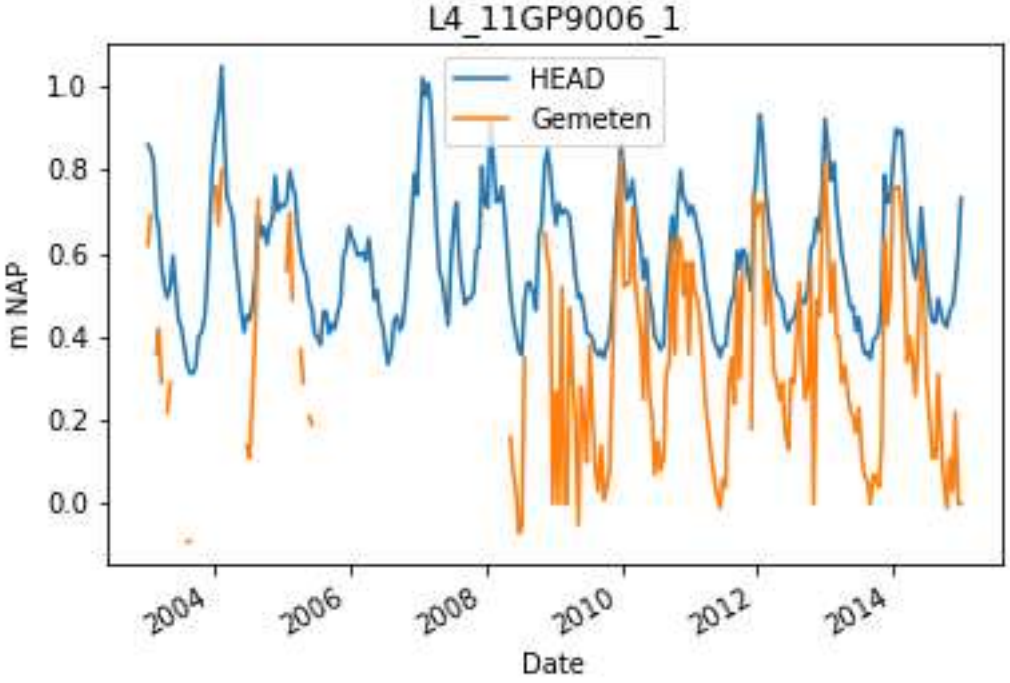

L4_11GP0067_1
m NAP
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
HEAD
Gemeten
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

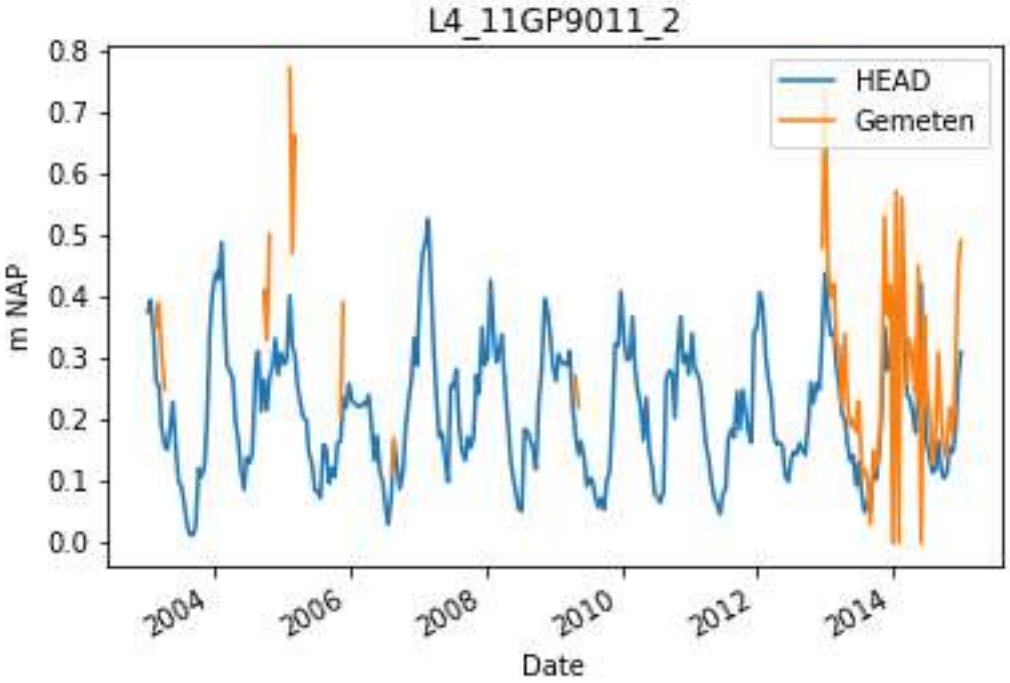

L4_11GP0068_1
HEAD
Gemeten
0.4
0.2
0.0
−0.2
m NAP
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

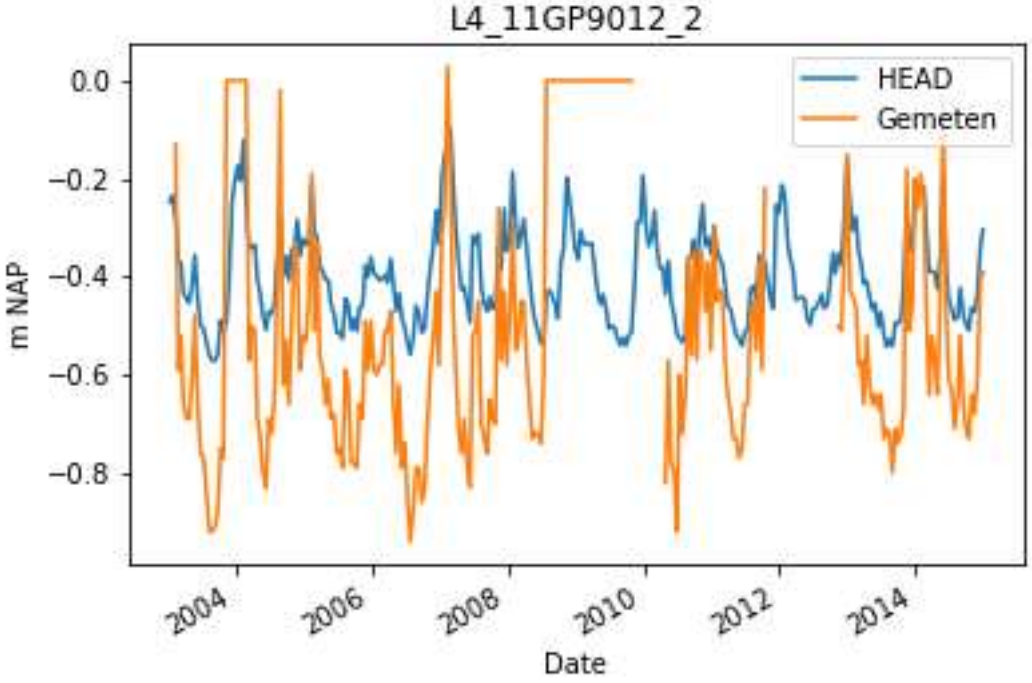

L4_11GP0071_1
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
m NAP
HEAD
Gemeten
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

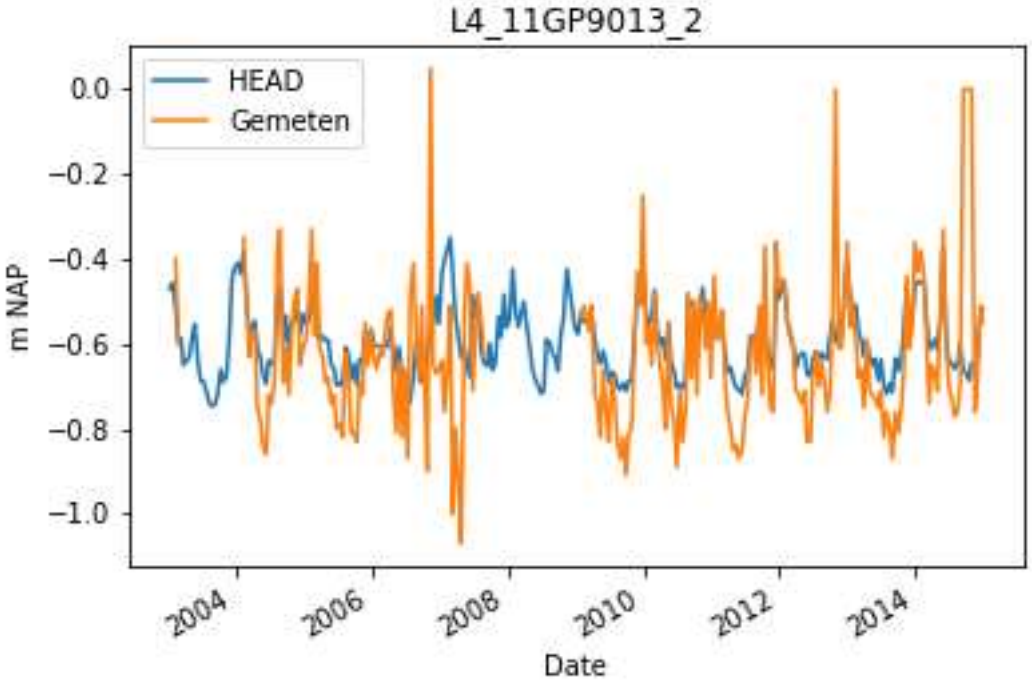

L4_11GP0071_2
m NAP
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
HEAD
Gemeten
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

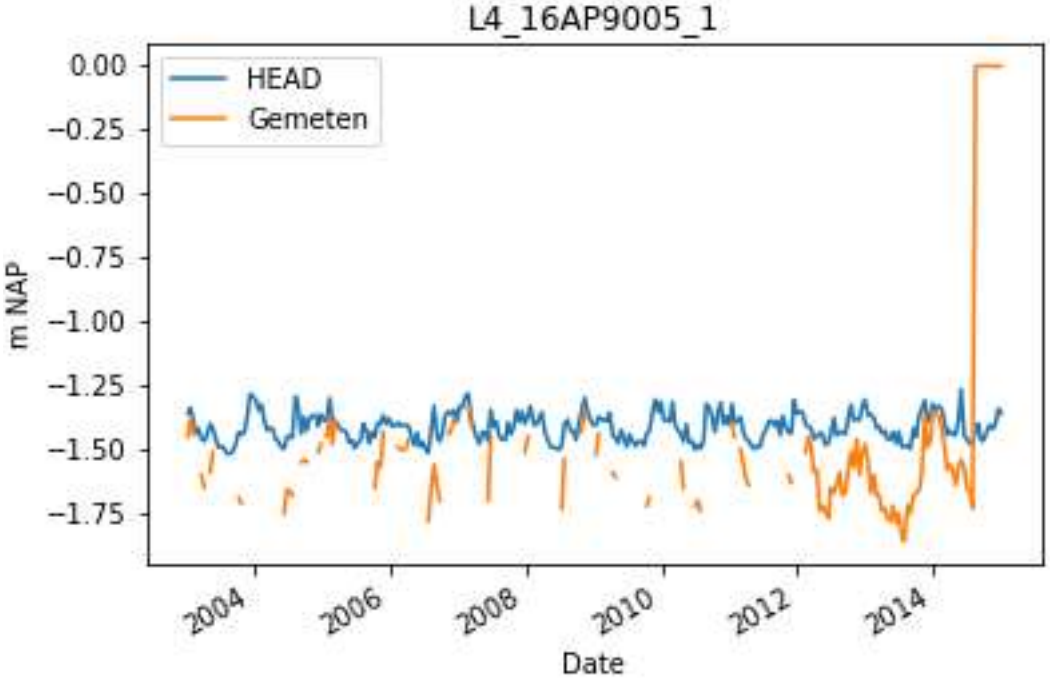

L4_11GP0077_2
m NAP
HEAD
Gemeten
0.1
0.0
−0.1
−0.2
−0.3
−0.4
−0.5
−0.6
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

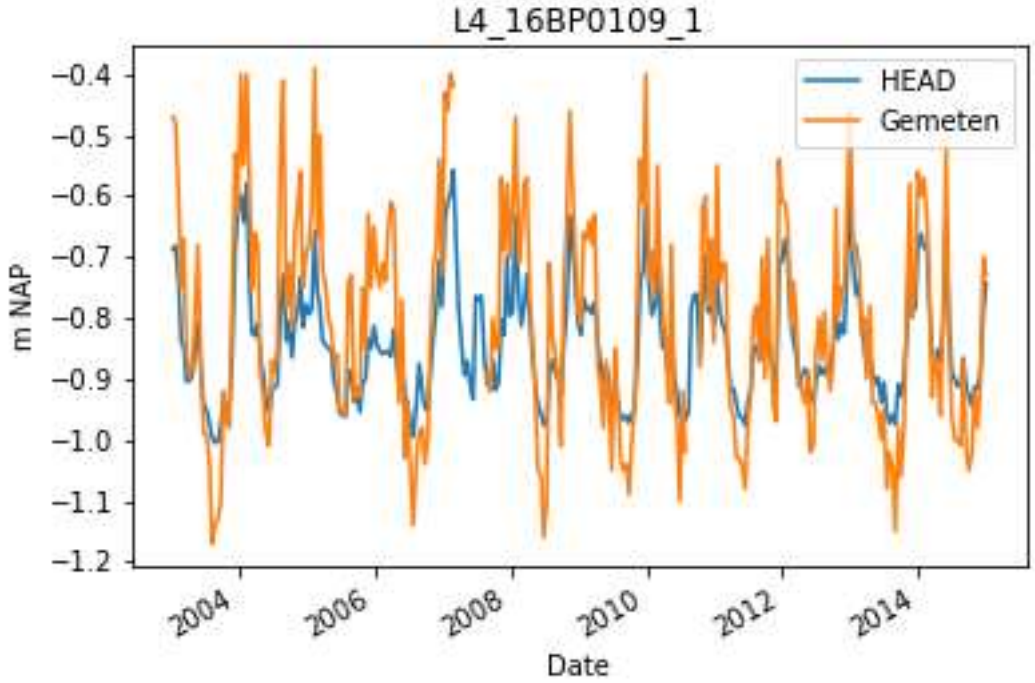

L4_11GP9006_1
HEAD
Gemeten
m NAP
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

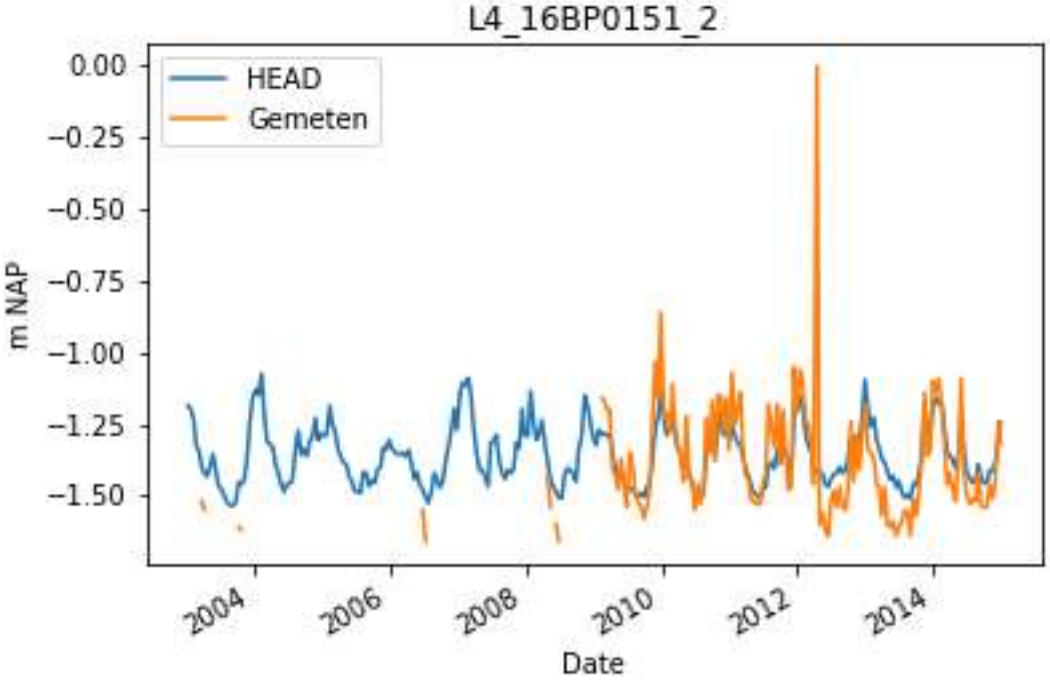

L4_11GP9011_2
HEAD
Gemeten
m NAP
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

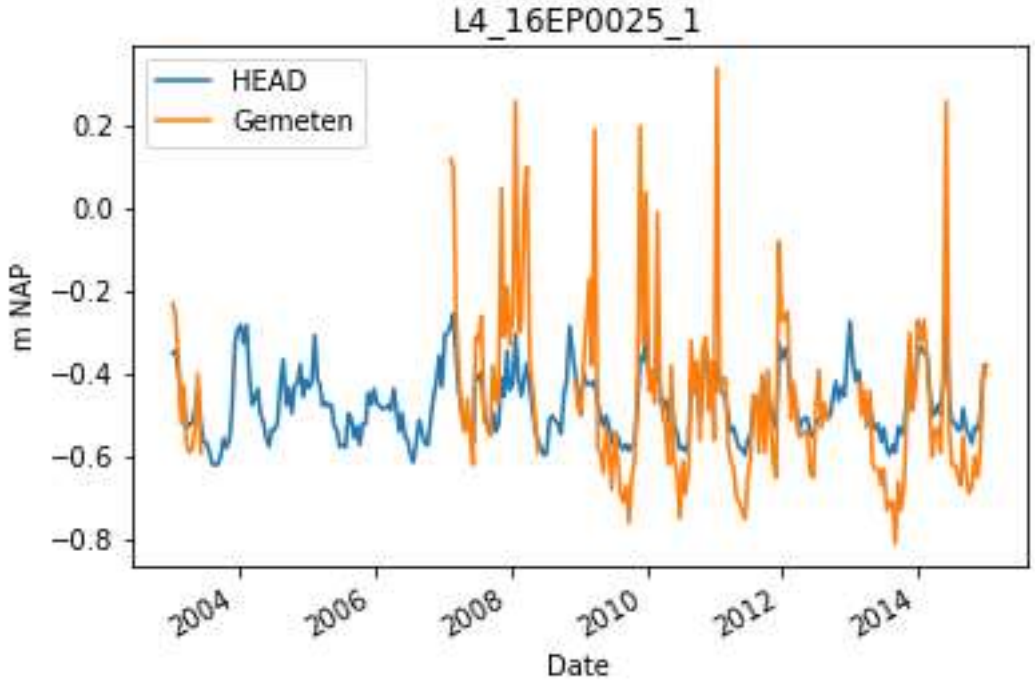

L4_11GP9012_2
HEAD
Gemeten
0.0
−0.2
−0.4
−0.6
−0.8
m NAP
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

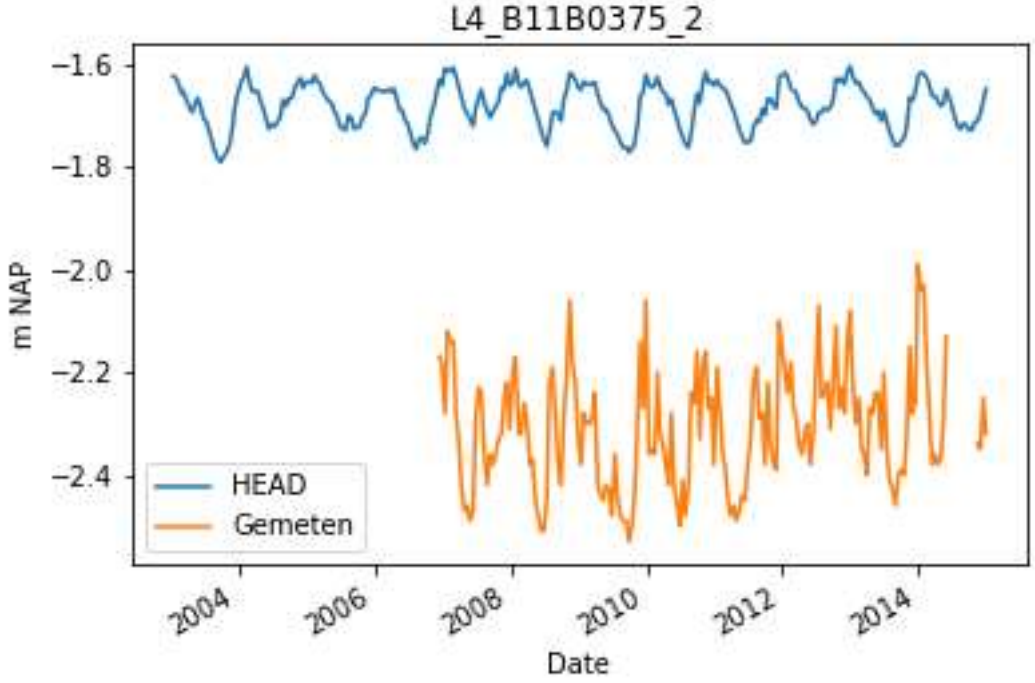

L4_11GP9013_2
HEAD
Gemeten
0.0
−0.2
−0.4
−0.6
−0.8
−1.0
m NAP
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

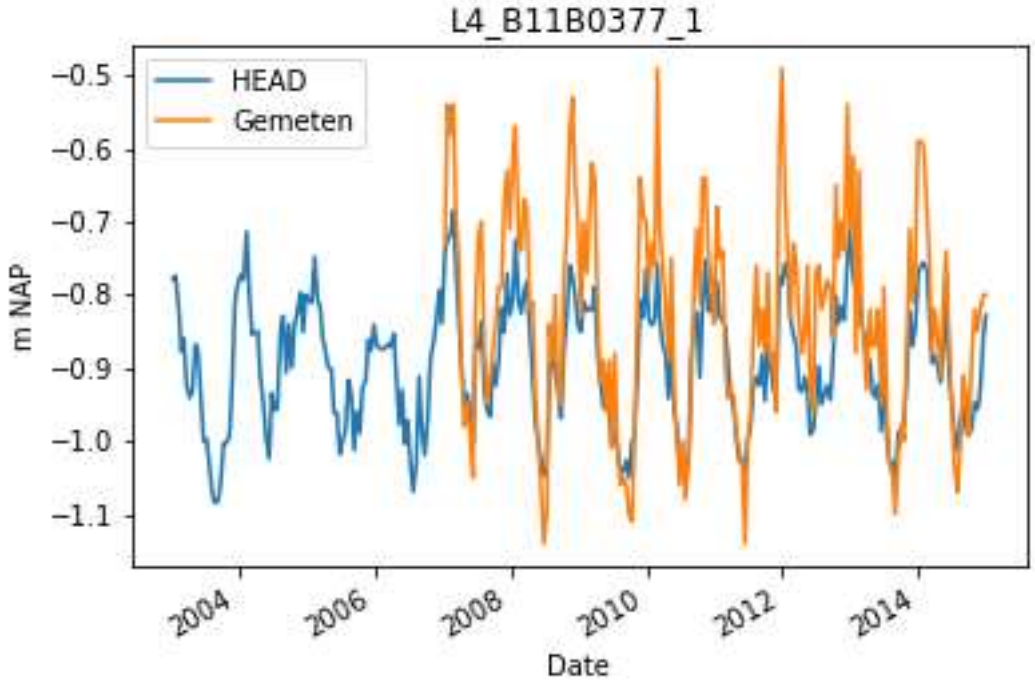

L4_16AP9005_1
HEAD
Gemeten
0.00
−0.25
−0.50
−0.75
−1.00
−1.25
−1.50
−1.75
m NAP
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

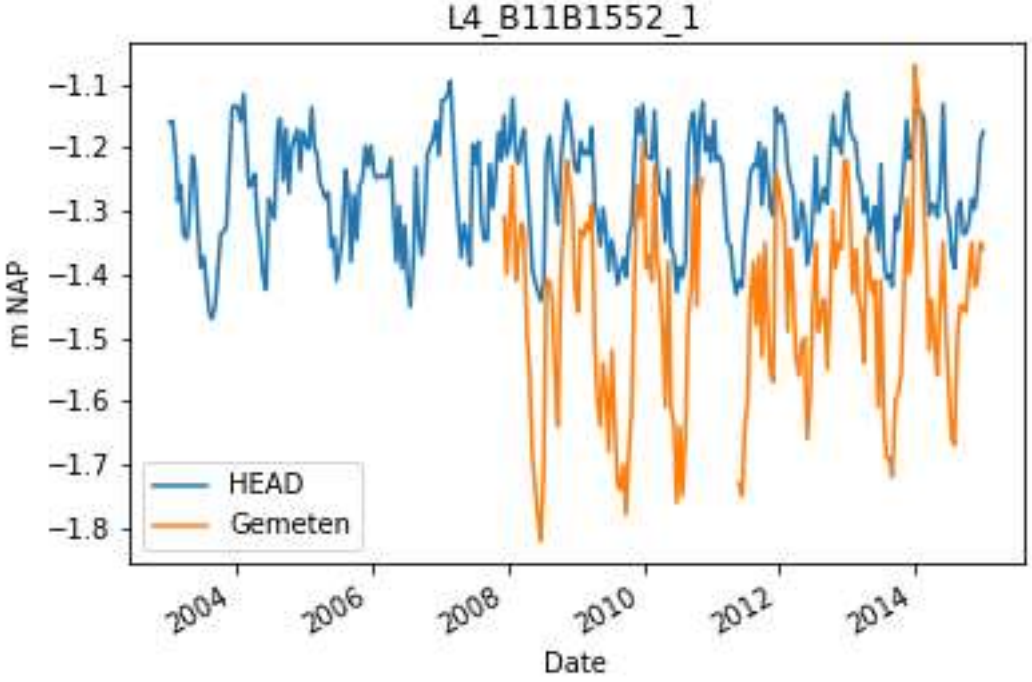

L4_16BP0109_1
HEAD
Gemeten
−0.4
−0.5
−0.6
−0.7
−0.8
−0.9
−1.0
−1.1
−1.2
m NAP
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

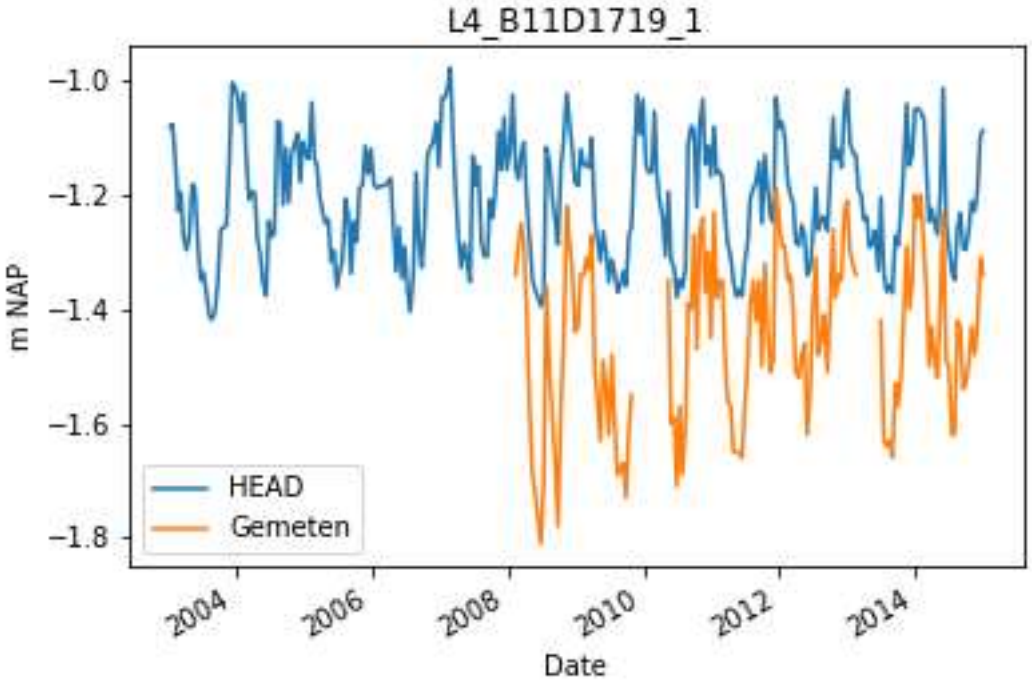

L4_16BP0151_2
HEAD
Gemeten
0.00
−0.25
−0.50
−0.75
−1.00
−1.25
−1.50
m NAP
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

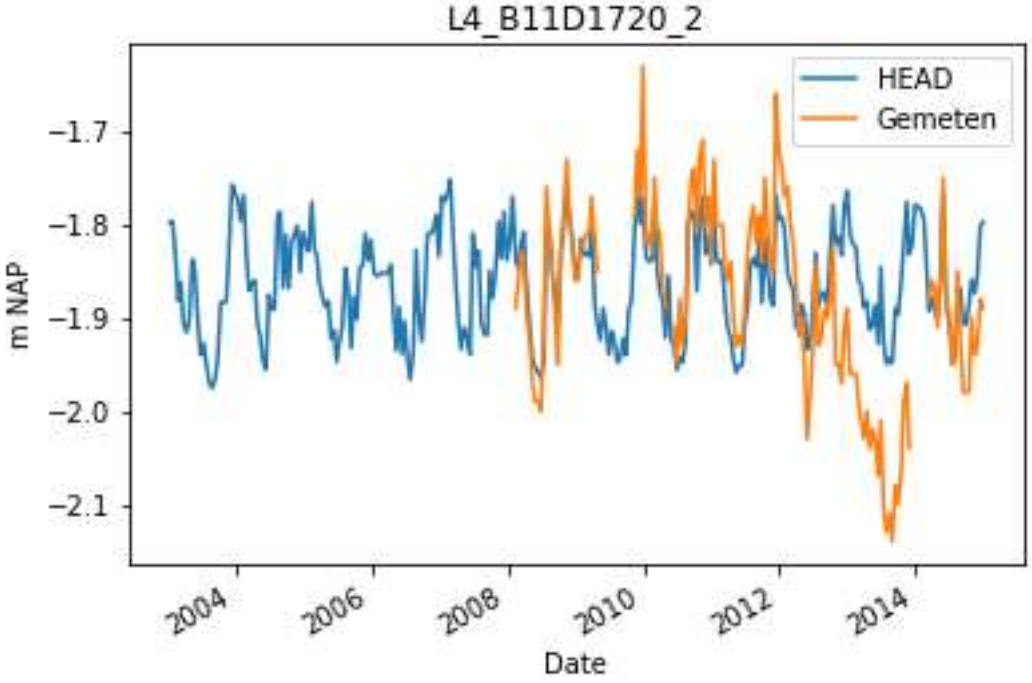

L4_16EP0025_1
HEAD
Gemeten
0.2
0.0
−0.2
−0.4
−0.6
−0.8
m NAP
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date


L4_B11B0375_2
−1.6
−1.8
−2.0
−2.2
−2.4
m NAP
HEAD
Gemeten
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

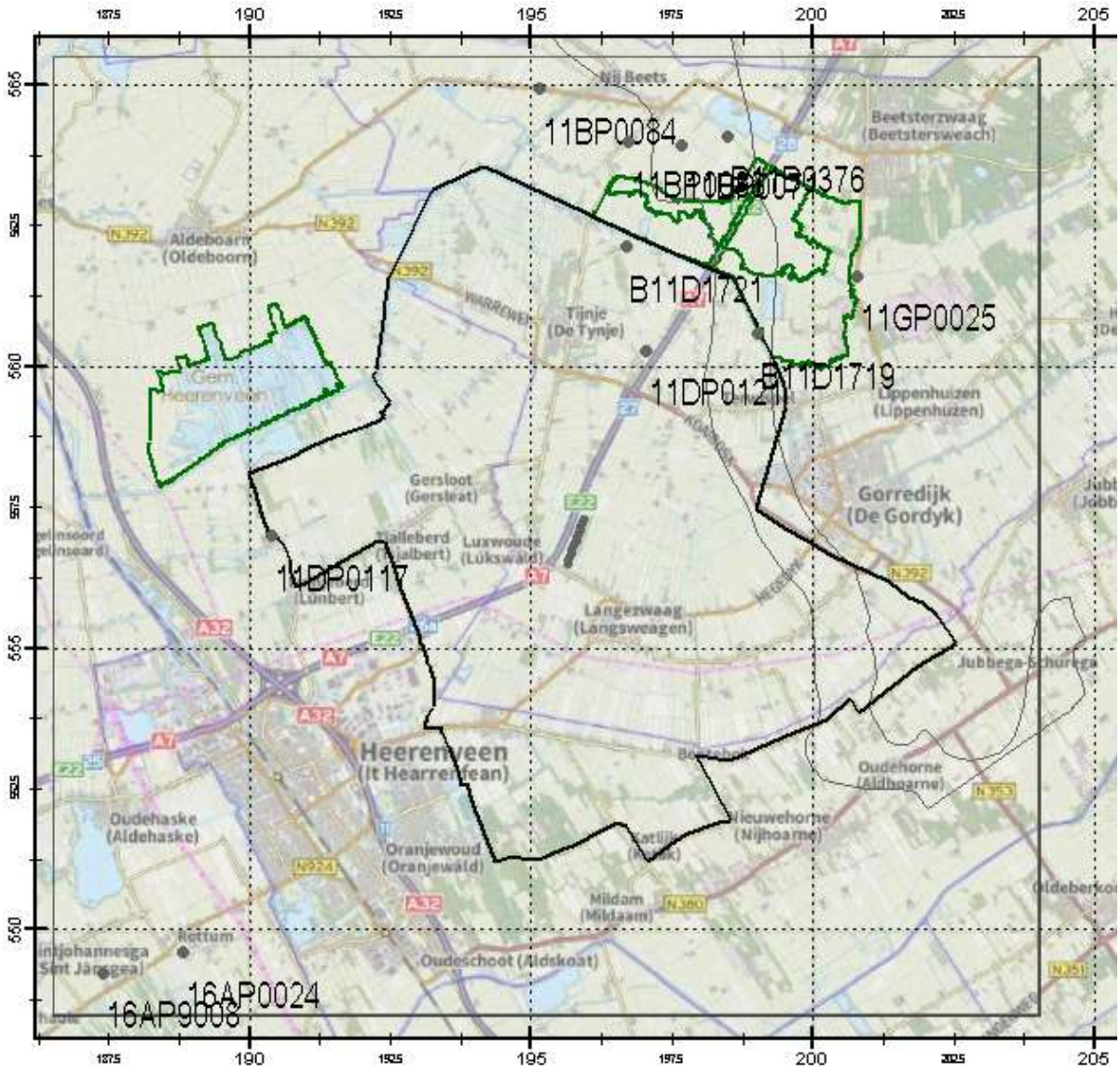

L4_B11B0377_1
−0.5
−0.6
−0.7
−0.8
−0.9
−1.0
−1.1
m NAP
HEAD
Gemeten
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date


L4_B11B1552_1
−1.1
−1.2
−1.3
−1.4
−1.5
−1.6
−1.7
−1.8
m NAP
HEAD
Gemeten
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

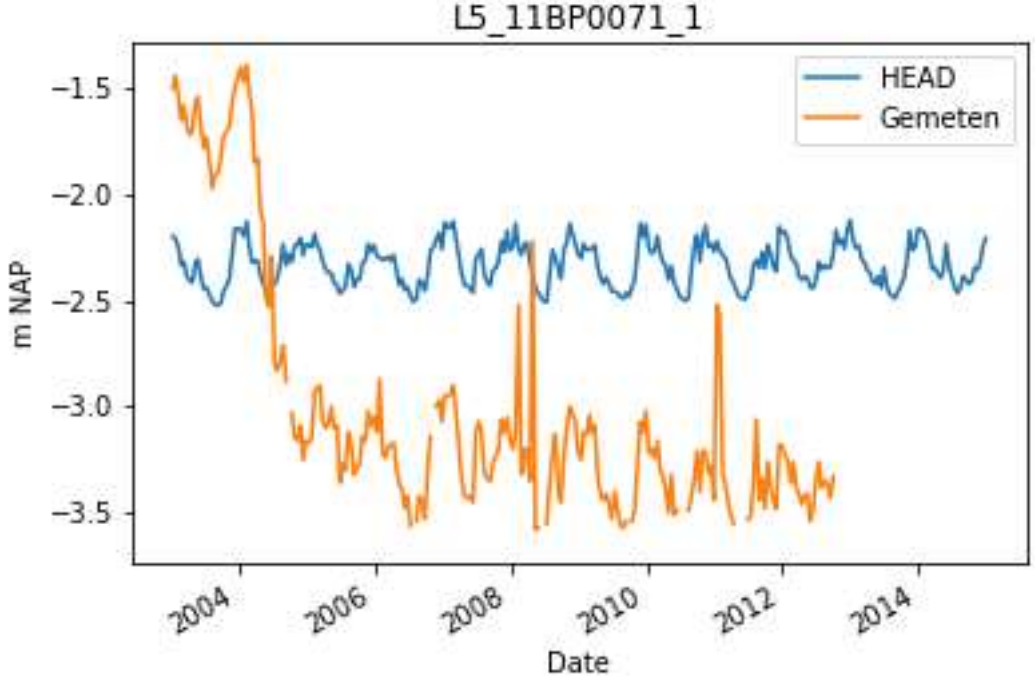

L4_B11D1719_1
−1.0
−1.2
−1.4
−1.6
−1.8
m NAP
HEAD
Gemeten
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

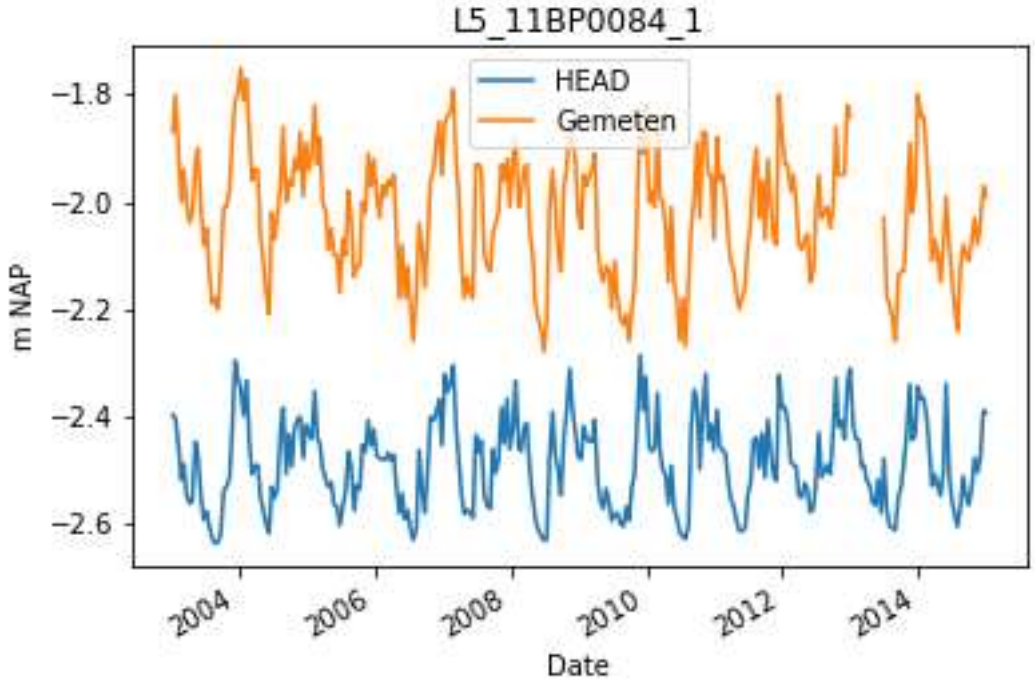

L4_B11D1720_2
HEAD
Gemeten
−1.7
−1.8
−1.9
−2.0
−2.1
m NAP
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

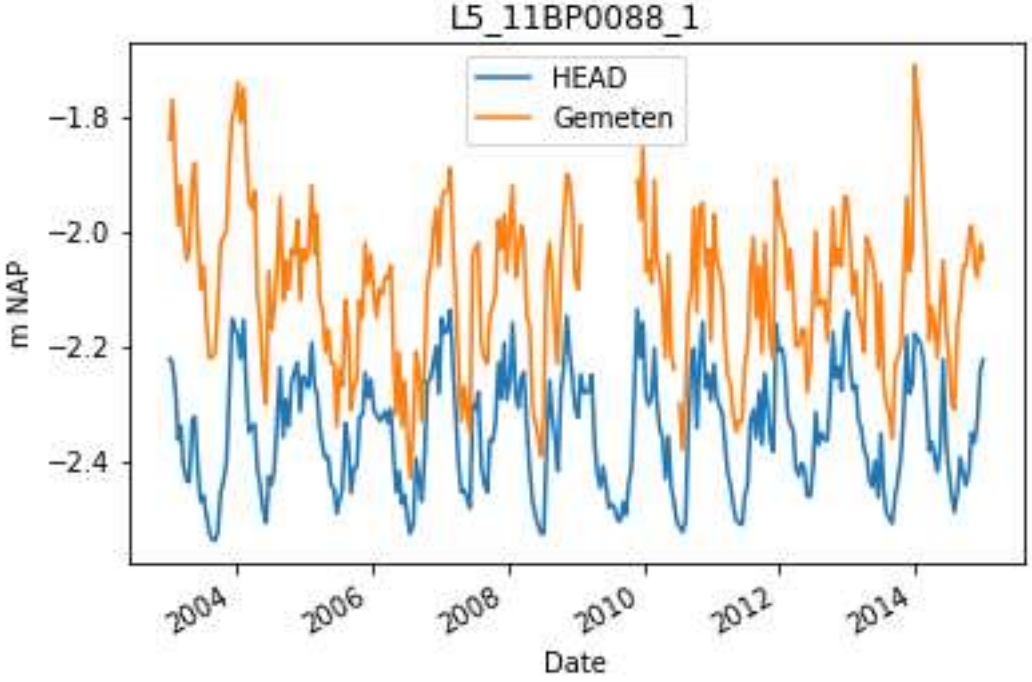
Modellaag 5:

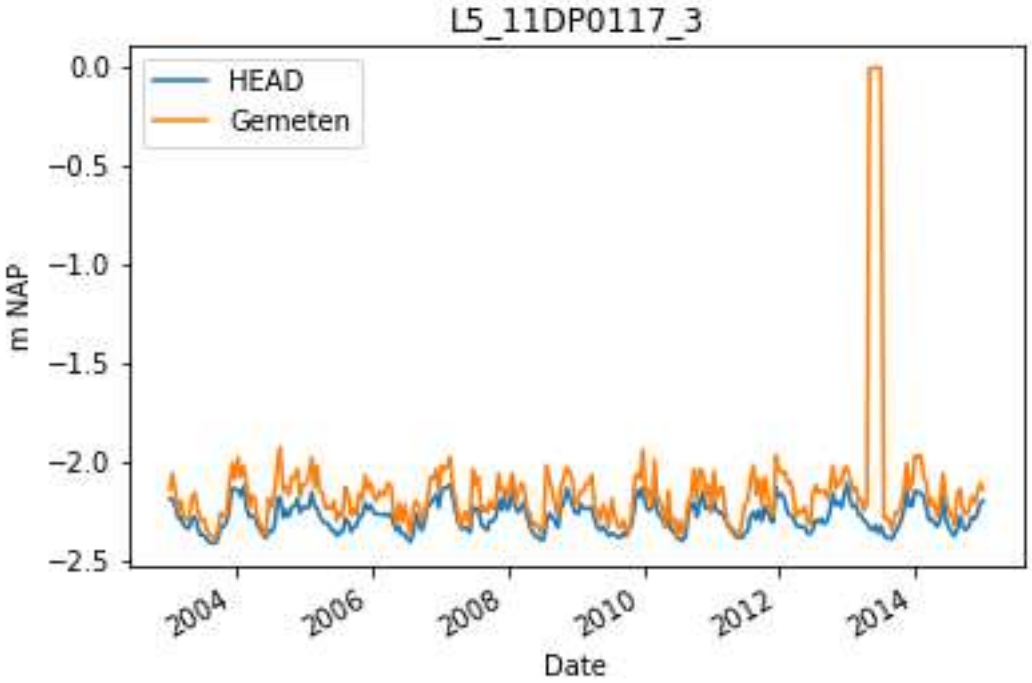


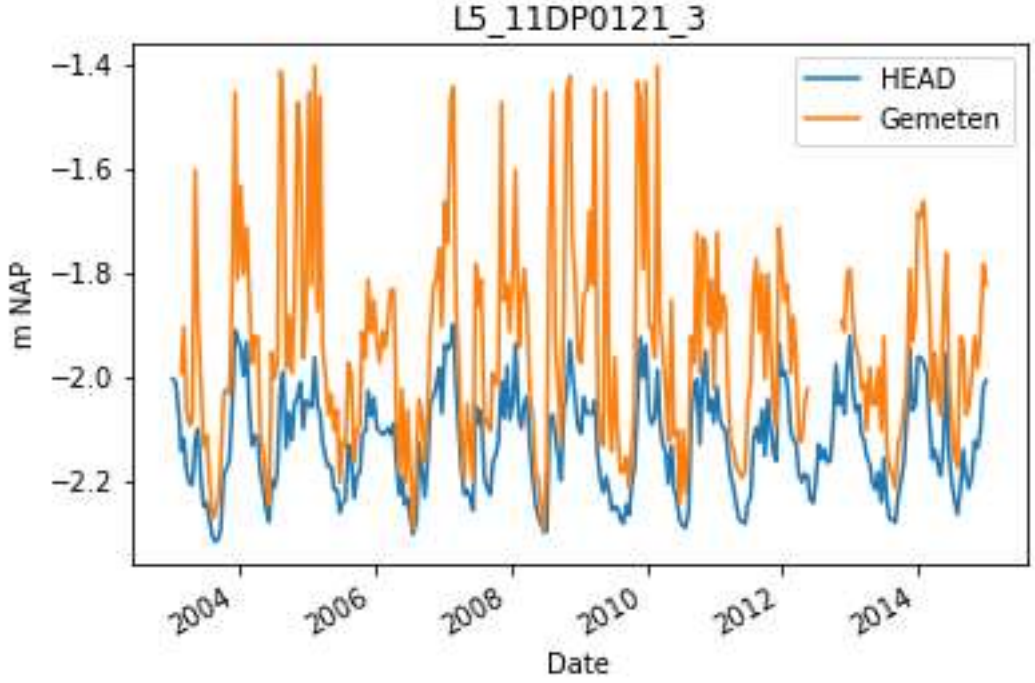
11BP0084
B11D0376
B11D1721
11GP0025
11DP0121
B11D1719
11DP0117
16AP0024
16AP9008
Beetsterzwaag (Beetstersweach)
Aldeboarn (Oldeboorn)
Tijnje (De Tynje)
Lippenhuizen (Lippenhuizen)
Gersloot (Gersleat)
Gorredijk (De Gordyk)
Langezwaag (Langsweagen)
Heerenveen (It Hearrenfean)
Oudehaske (Aldehaske)
Oranjewoud (Oranjewald)
Oudehorne (Aldhoarne)
Nieuwehorne (Nijhoarne)
Mildam (Mildaam)
Oudeschoot (Aldskoat)
Rottum
Jubbega-Schurega

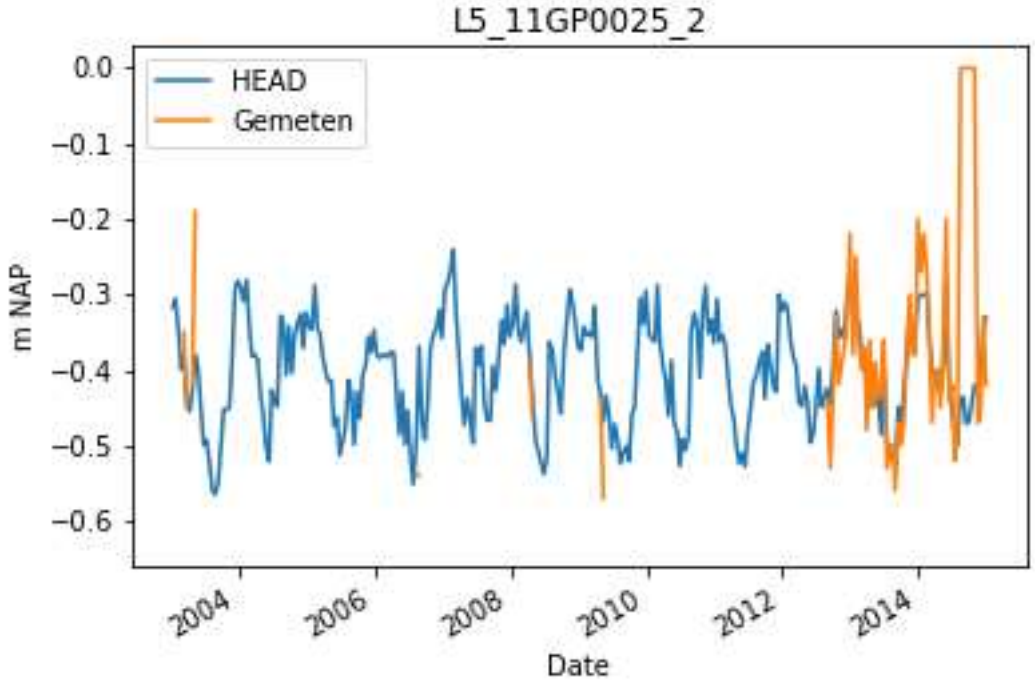

L5_11BP0071_1
HEAD
Gemeten
−1.5
−2.0
−2.5
−3.0
−3.5
m NAP
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

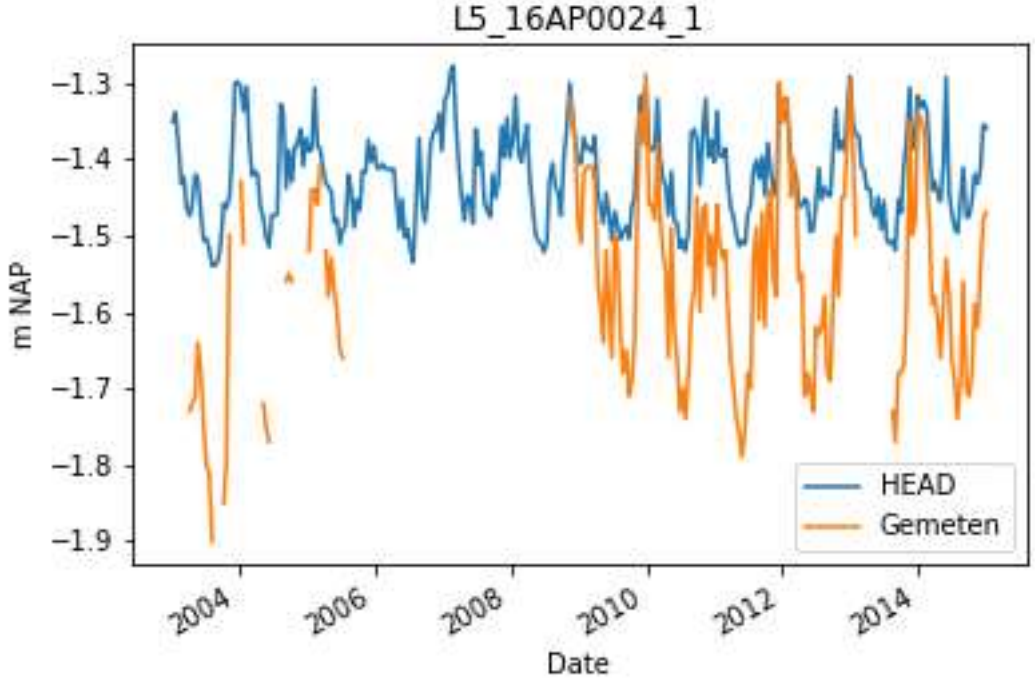

L5_11BP0084_1
HEAD
Gemeten
−1.8
−2.0
−2.2
−2.4
−2.6
m NAP
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

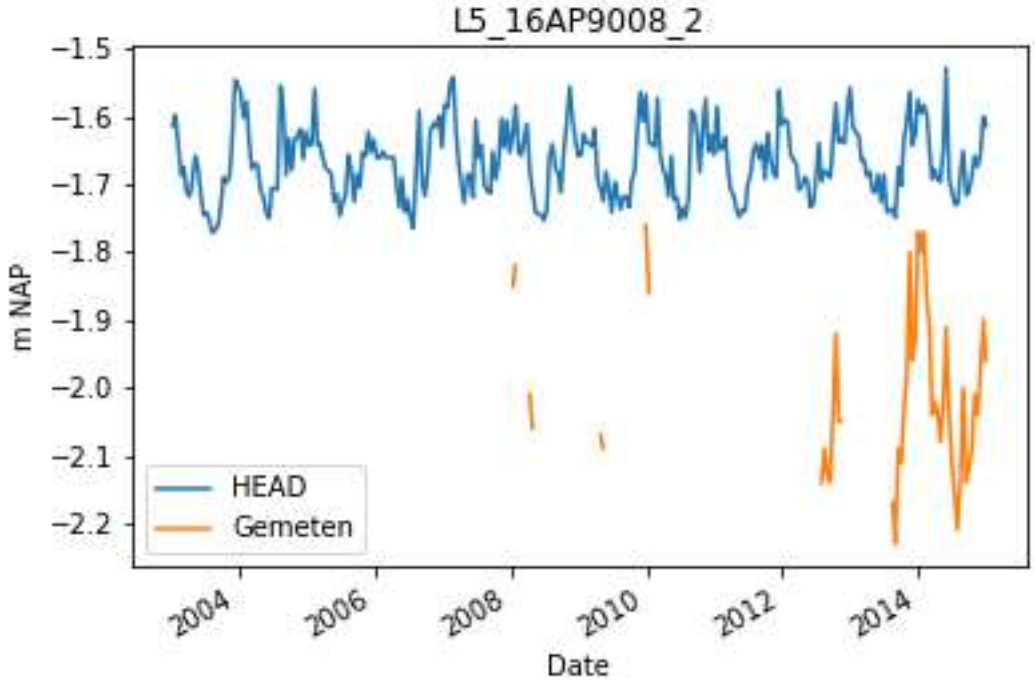

L5_11BP0088_1
HEAD
Gemeten
−1.8
−2.0
−2.2
−2.4
m NAP
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

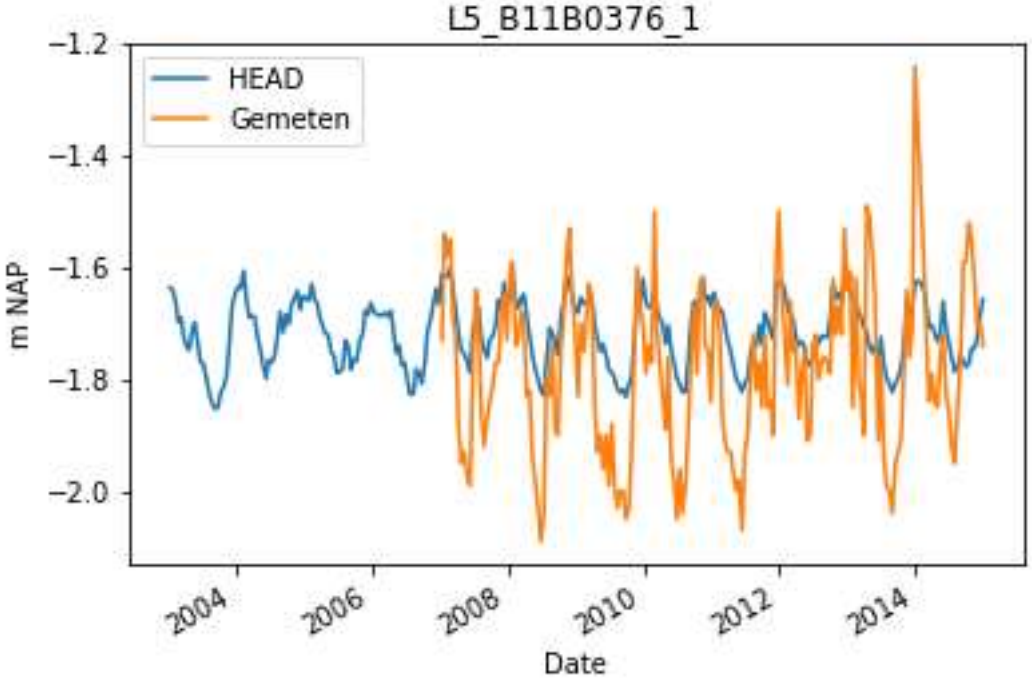

L5_11DP0117_3
HEAD
Gemeten
0.0
−0.5
−1.0
−1.5
−2.0
−2.5
m NAP
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

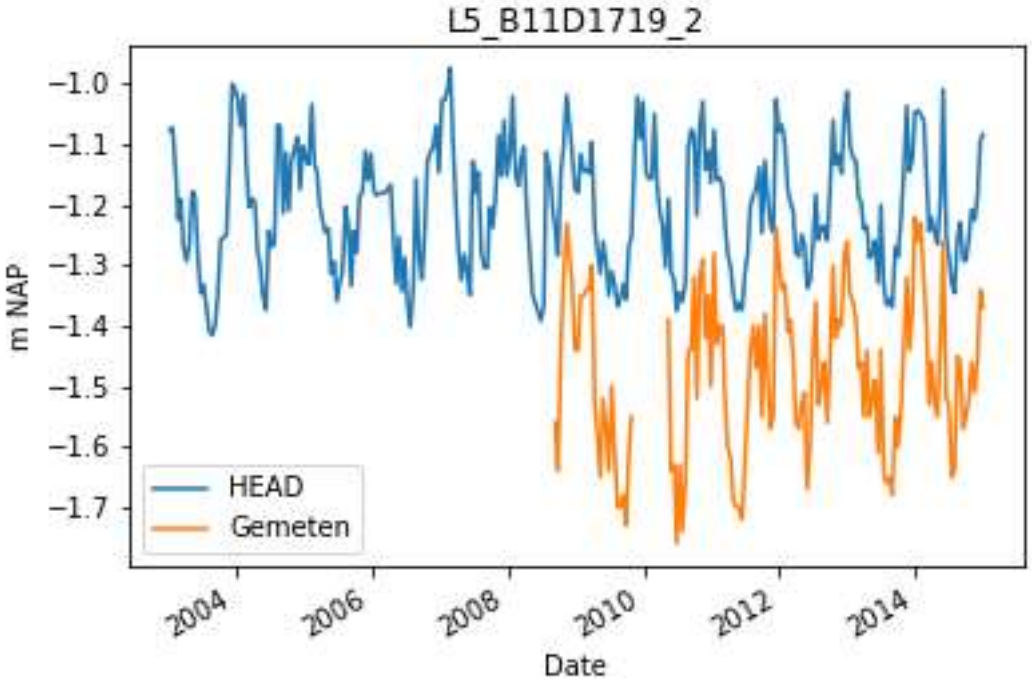

L5_11DP0121_3
HEAD
Gemeten
m NAP
−1.4
−1.6
−1.8
−2.0
−2.2
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

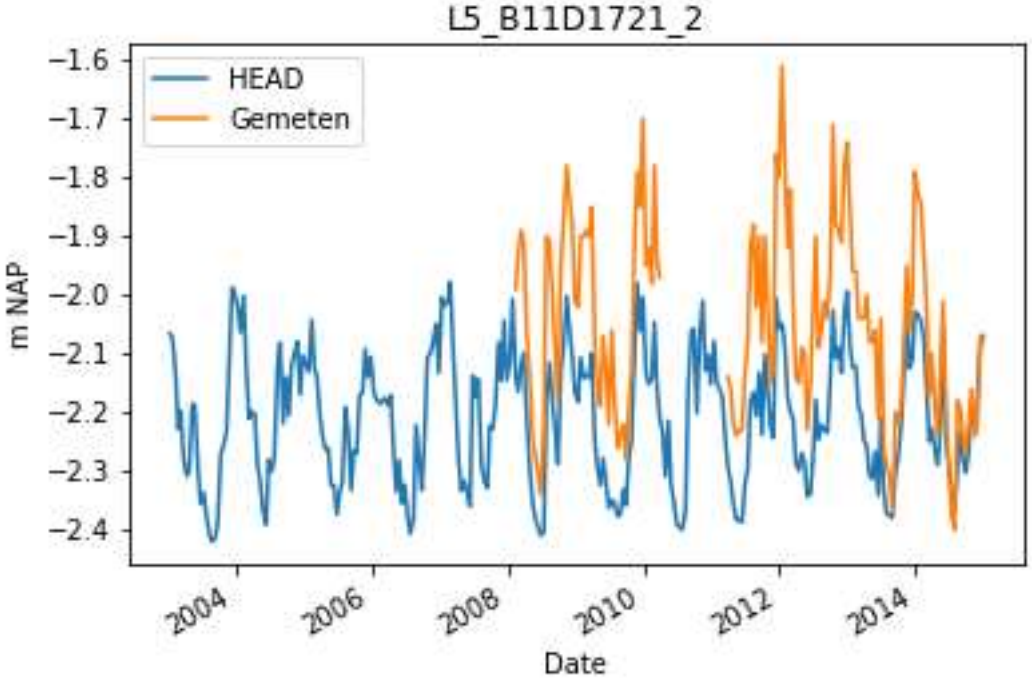

L5_11GP0025_2
HEAD
Gemeten
m NAP
0.0
−0.1
−0.2
−0.3
−0.4
−0.5
−0.6
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date


L5_16AP0024_1
−1.3
−1.4
−1.5
−1.6
−1.7
−1.8
−1.9
m NAP
HEAD
Gemeten
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

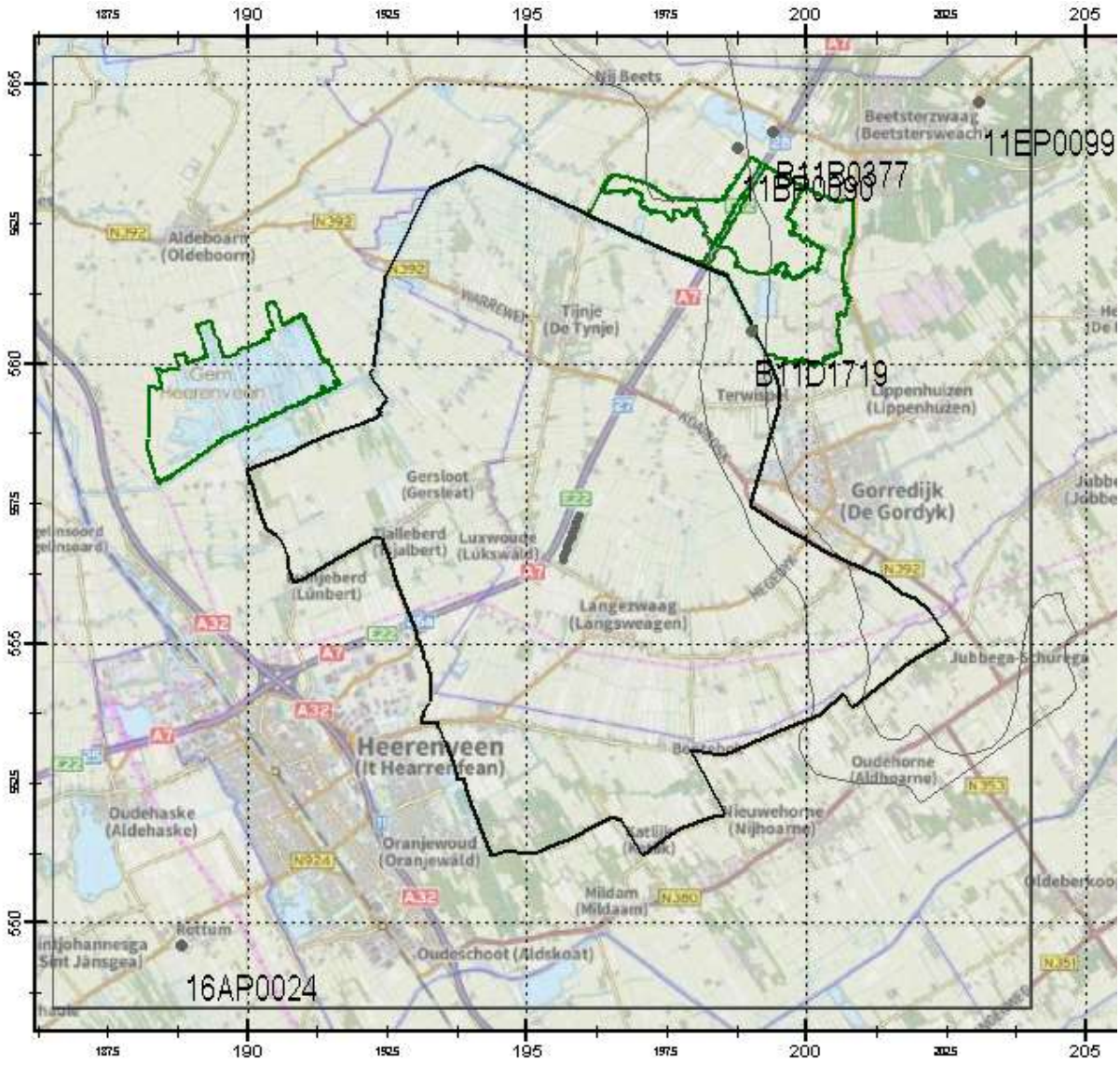

L5_16AP9008_2
−1.5
−1.6
−1.7
−1.8
−1.9
−2.0
−2.1
−2.2
m NAP
HEAD
Gemeten
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date


L5_B11B0376_1
HEAD
Gemeten
m NAP
−1.2
−1.4
−1.6
−1.8
−2.0
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

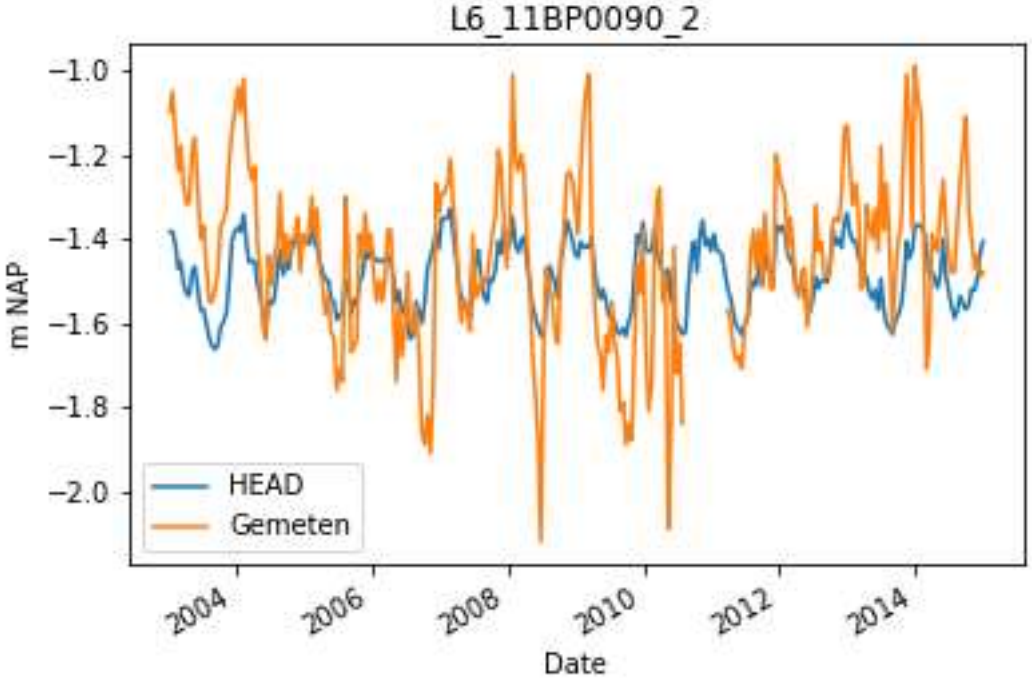

L5_B11D1719_2
HEAD
Gemeten
m NAP
−1.0
−1.1
−1.2
−1.3
−1.4
−1.5
−1.6
−1.7
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

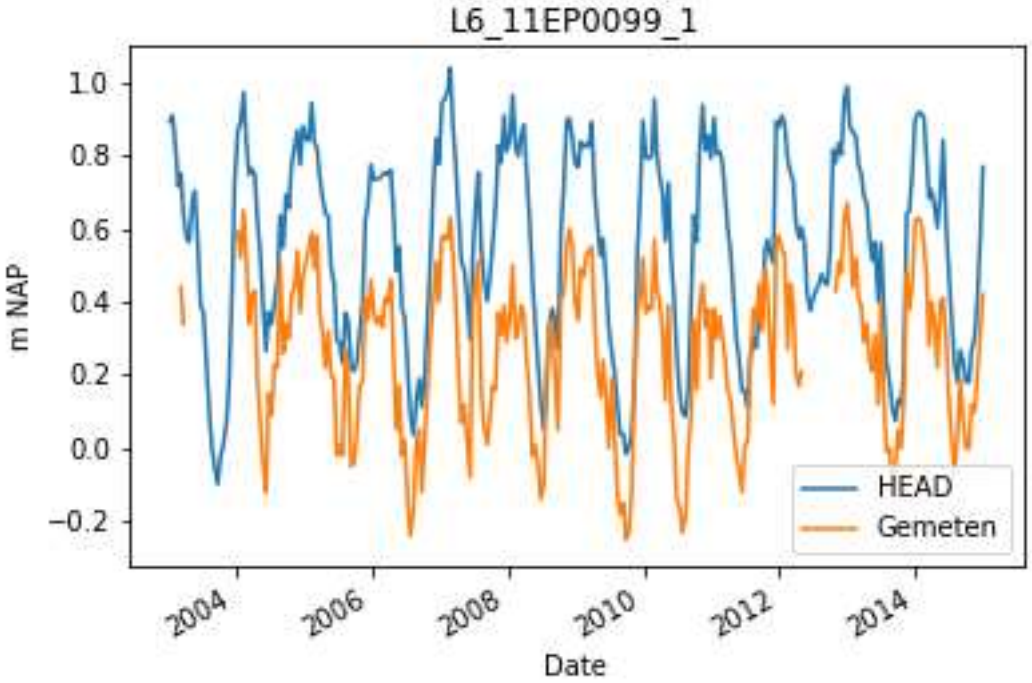

L5_B11D1721_2
HEAD
Gemeten
−1.6
−1.7
−1.8
−1.9
−2.0
−2.1
−2.2
−2.3
−2.4
m NAP
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

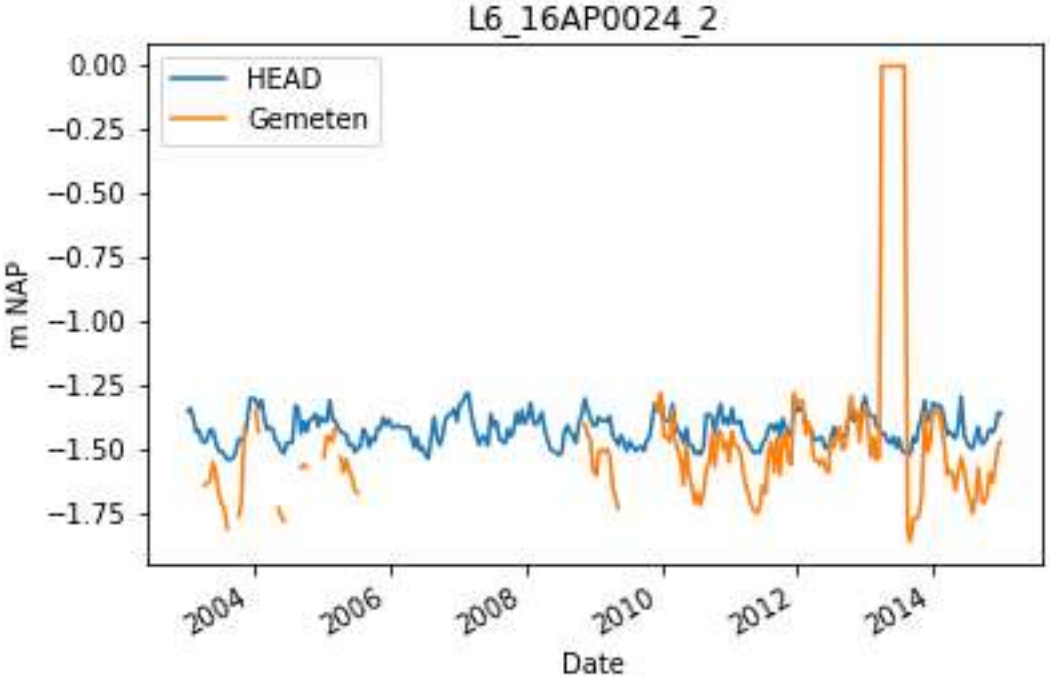
Modellaag 6:

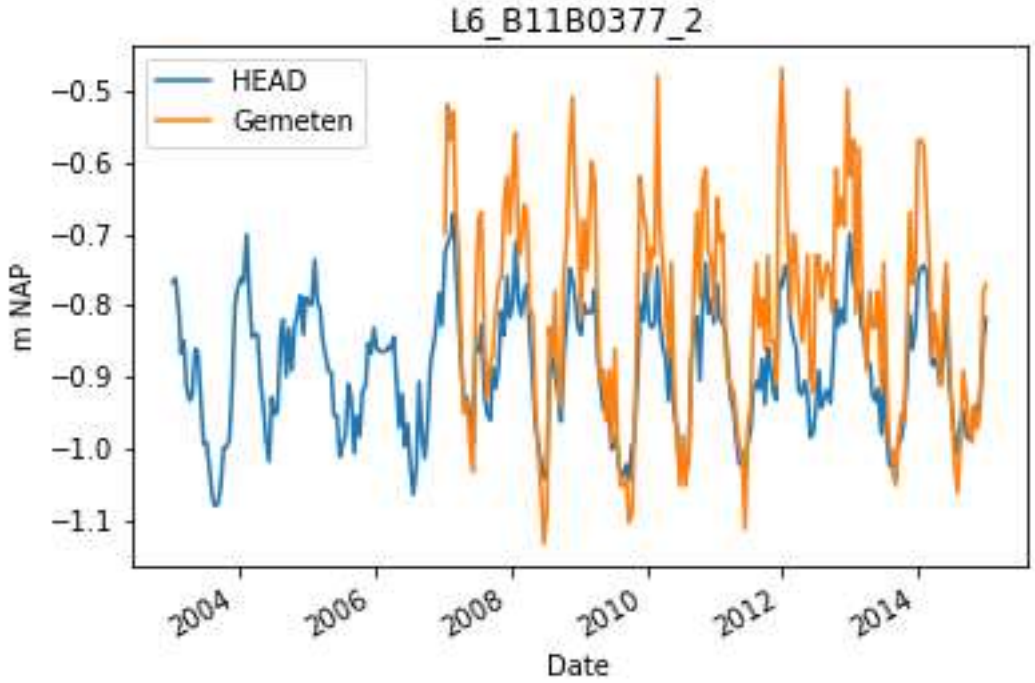


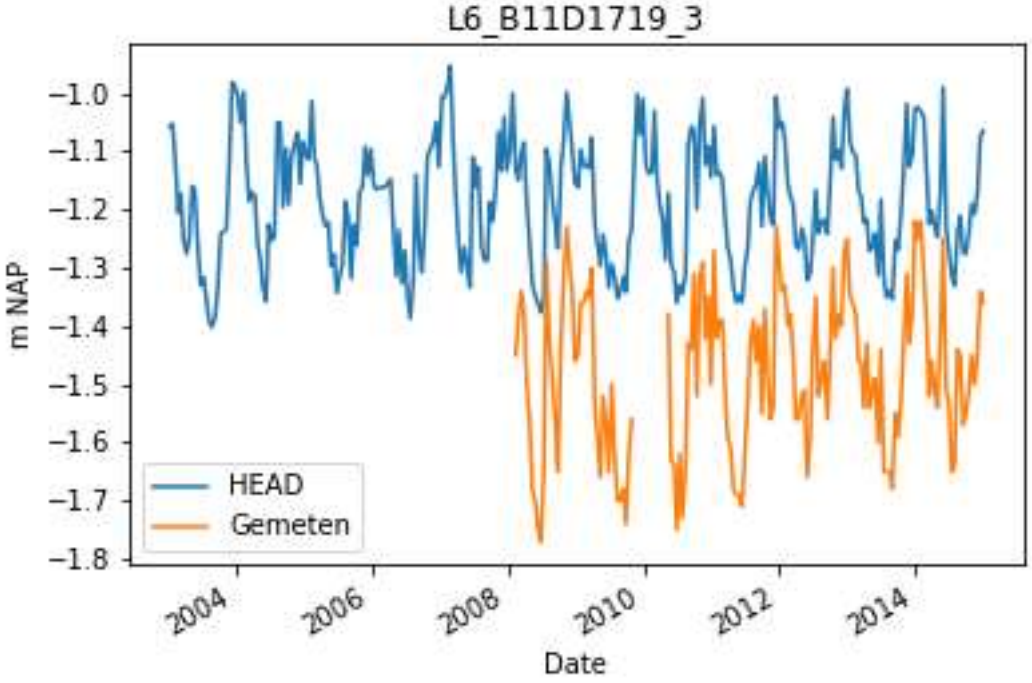
11EP0099
B11B0377
11BP0090
B11D1719
16AP0024
Nij Beets
Beetsterzwaag
(Beetstersweach)
Aldeboarn
(Oldeboorn)
Tijnje
(De Tynje)
Terwispel
Lippenhuizen
(Lippenhuizen)
Gersloot
(Gersleat)
Gorredijk
(De Gordyk)
Tjalleberd
(Tjalbert)
Luxwoude
(Lukswald)
Langezwaag
(Langsweagen)
Jubbega-Schurega
Heerenveen
(It Hearrenfean)
Oudehorne
(Aldhoarne)
Oudehaske
(Aldehaske)
Nieuwehorne
(Nijhoarne)
Oranjewoud
(Oranjewald)
Mildam
(Mildaam)
Rottum
Oudeschoot (Aldskoat)


L6_11BP0090_2
−1.0
−1.2
−1.4
−1.6
−1.8
−2.0
m NAP
HEAD
Gemeten
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

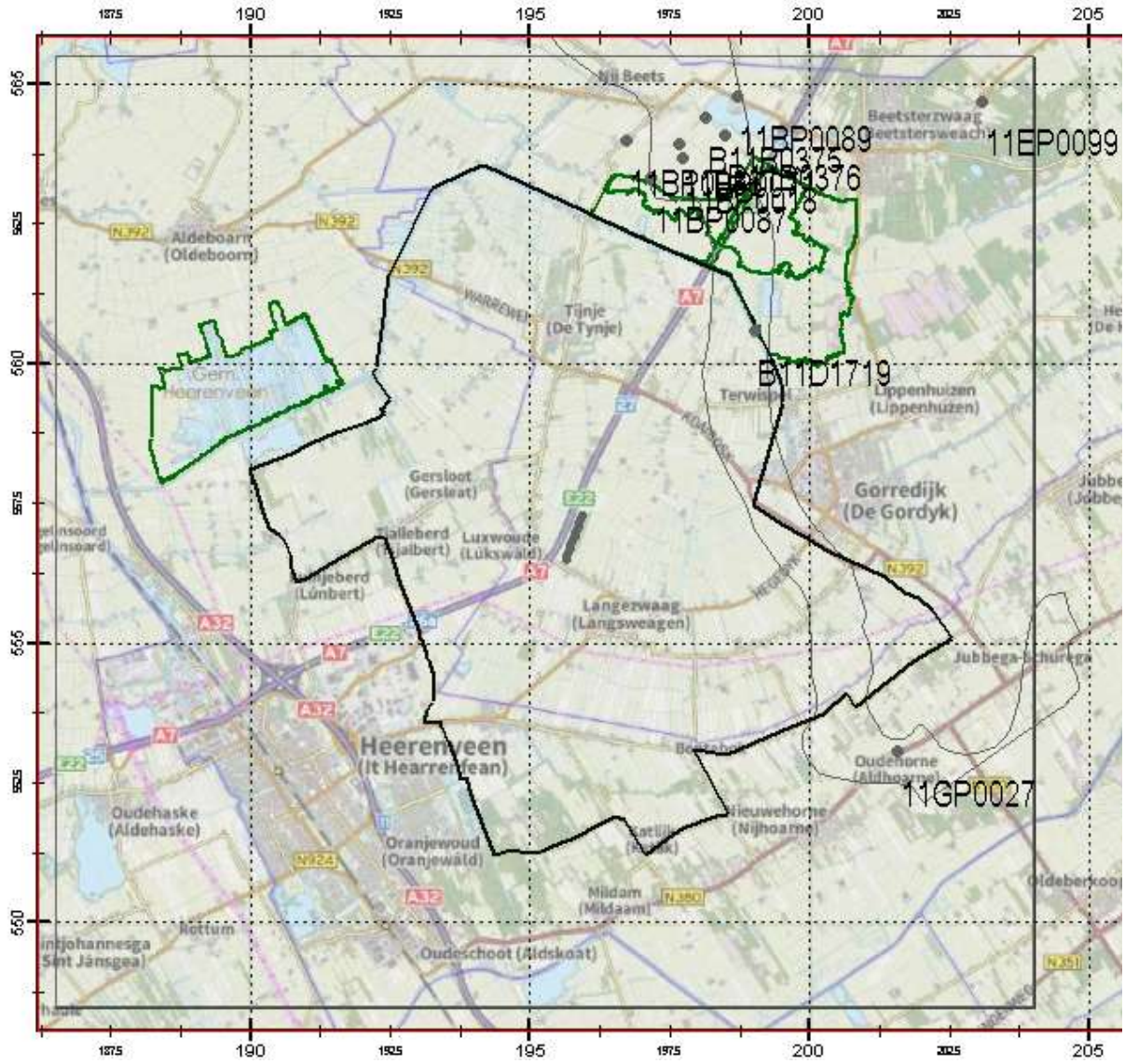

L6_11EP0099_1
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
−0.2
m NAP
HEAD
Gemeten
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date


L6_16AP0024_2
HEAD
Gemeten
0.00
−0.25
−0.50
−0.75
−1.00
−1.25
−1.50
−1.75
m NAP
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

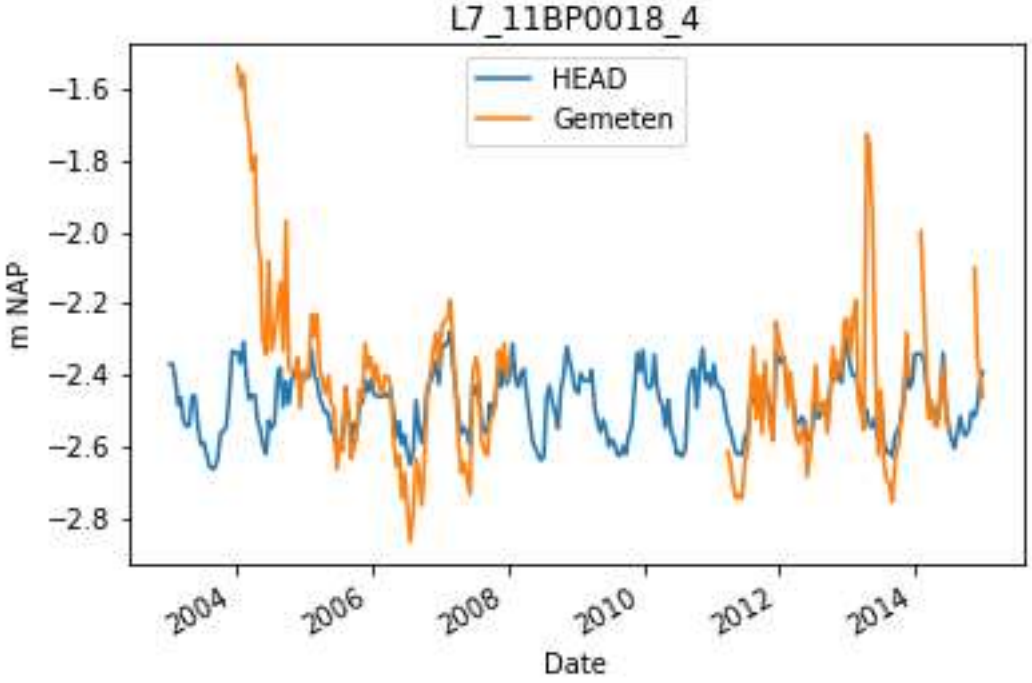

L6_B11B0377_2
HEAD
Gemeten
−0.5
−0.6
−0.7
−0.8
−0.9
−1.0
−1.1
m NAP
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

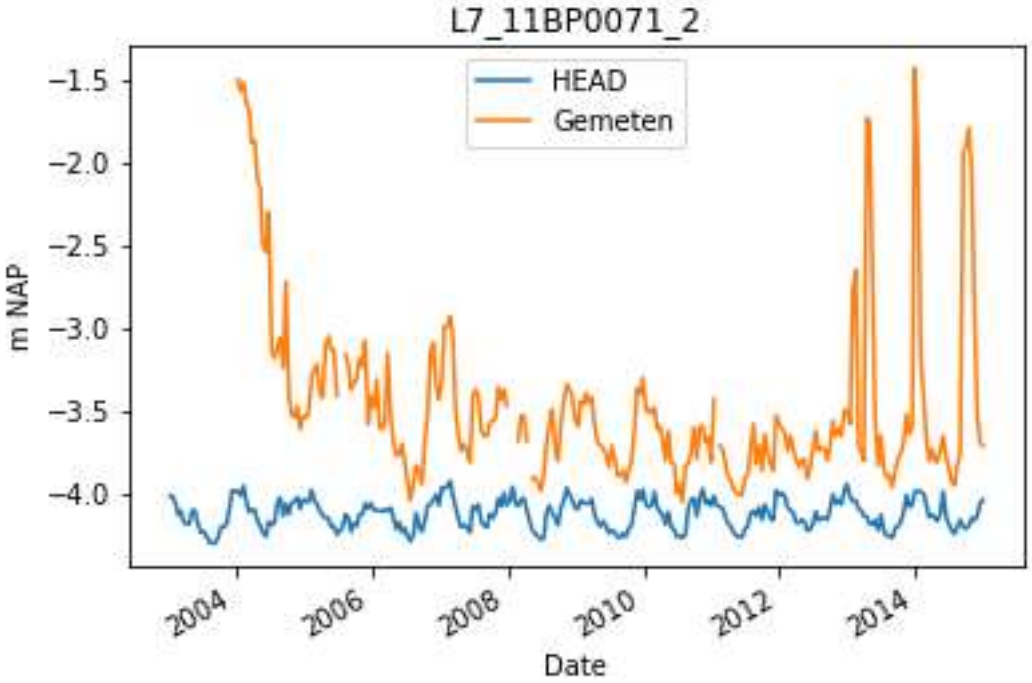

L6_B11D1719_3
m NAP
−1.0
−1.1
−1.2
−1.3
−1.4
−1.5
−1.6
−1.7
−1.8
HEAD
Gemeten
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

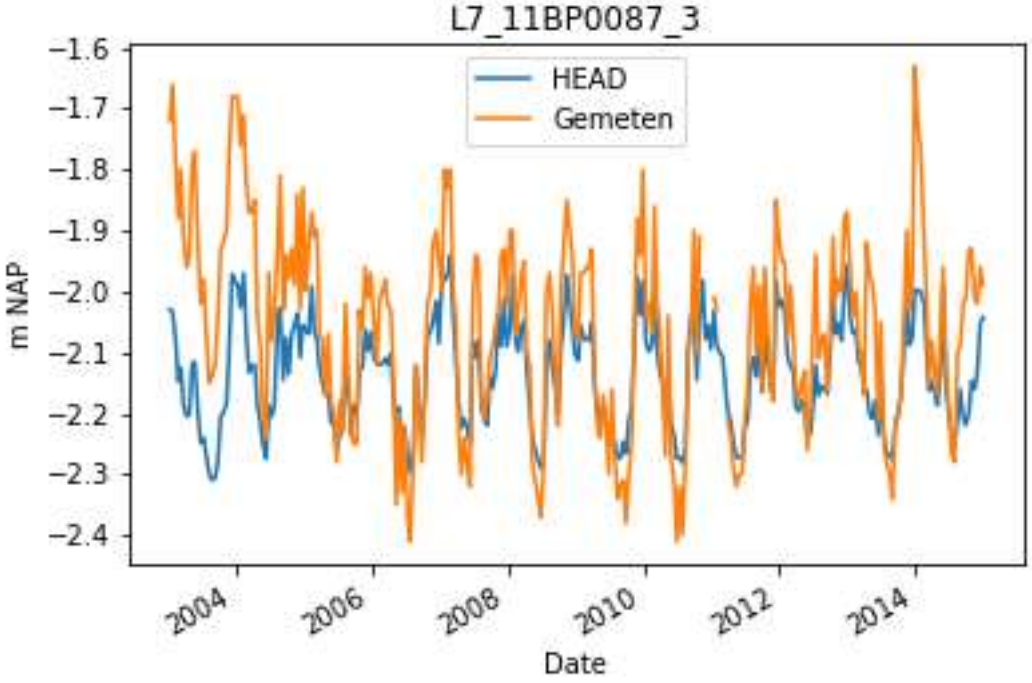
Modellaag 7:

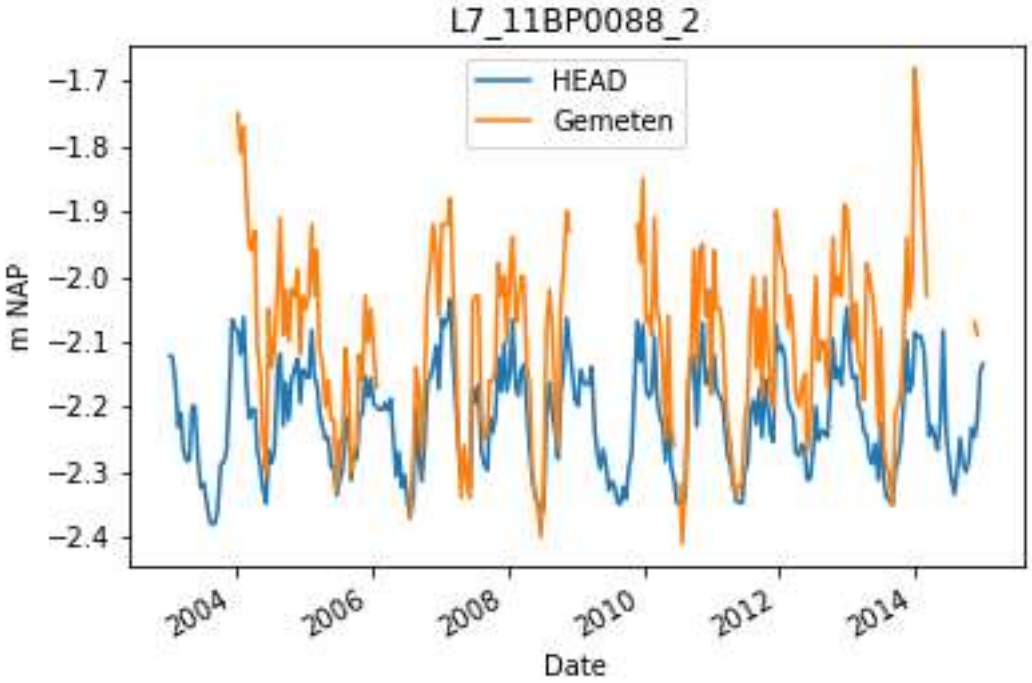


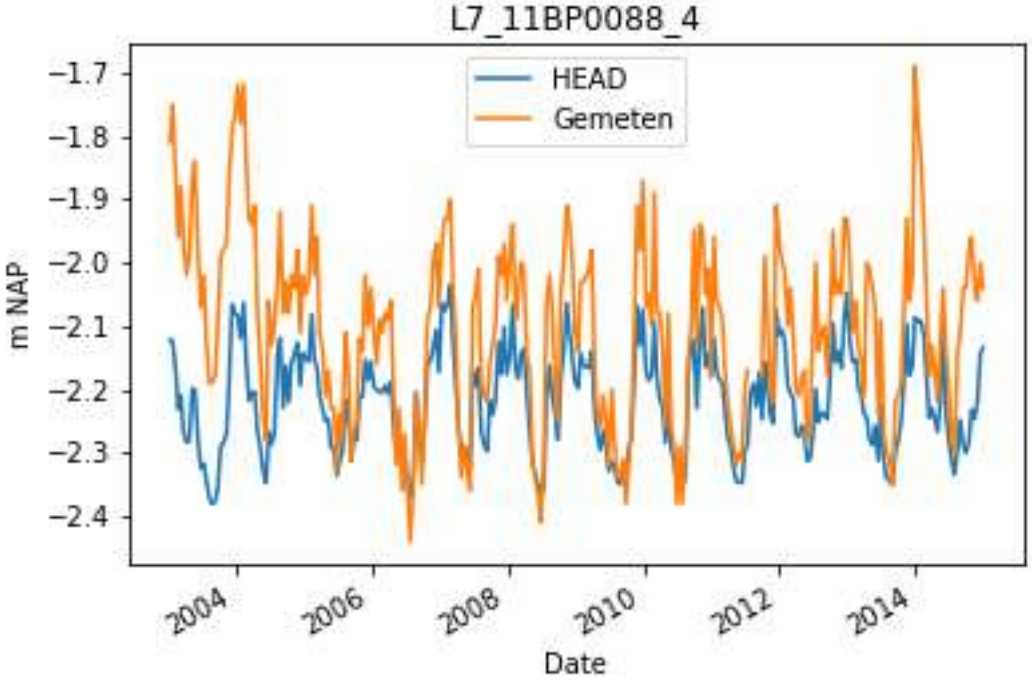
11BP0089
11EP0099
11BP0087
B11D1719
11GP0027
Nij Beets
Beetsterzwaag
Aldeboarn
(Oldeboorn)
Tijnje
(De Tynje)
Terwispel
Lippenhuizen
(Lippenhuizen)
Gersloot
(Gersleat)
Gorredijk
(De Gordyk)
Langezwaag
(Langsweagen)
Heerenveen
(It Hearrenfean)
Oudehaske
(Aldehaske)
Oranjewoud
(Oranjewâld)
Nieuwehorne
(Nijhoarne)
Mildam
(Mildaam)
Oudeschoot (Aldskoat)
Rottum
Jubbega-Schurega

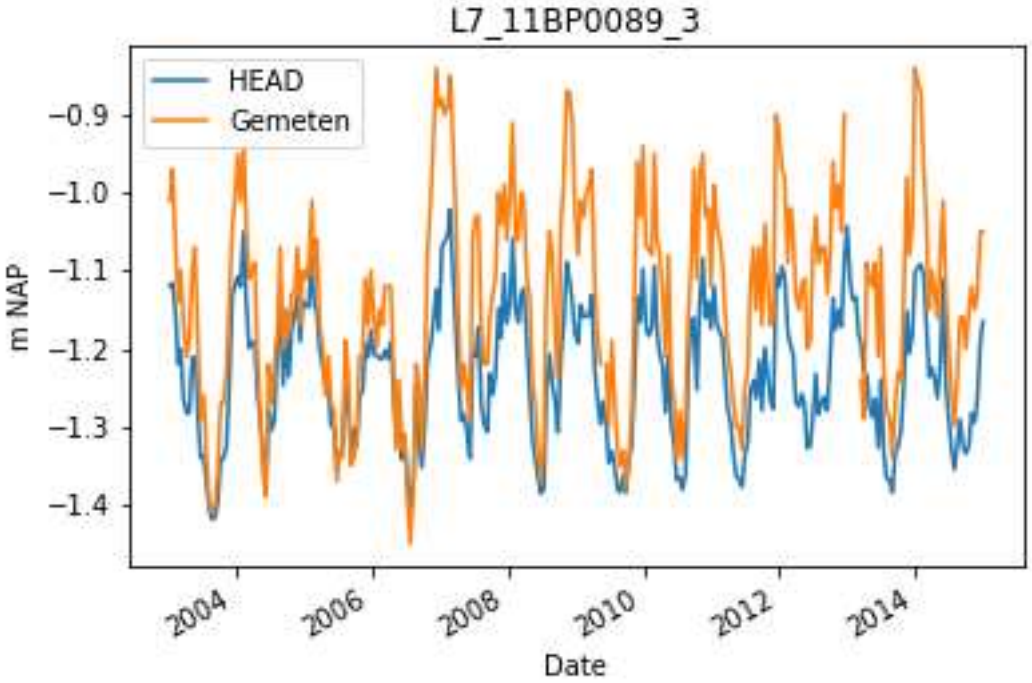

L7_11BP0018_4
HEAD
Gemeten
−1.6
−1.8
−2.0
−2.2
−2.4
−2.6
−2.8
m NAP
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

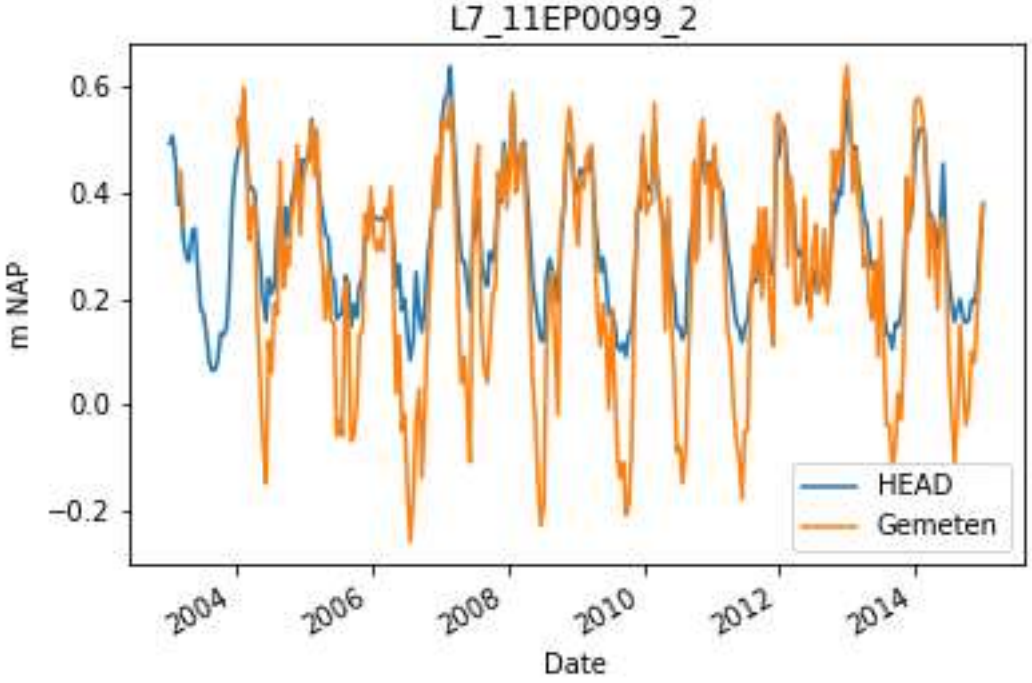

L7_11BP0071_2
HEAD
Gemeten
−1.5
−2.0
−2.5
−3.0
−3.5
−4.0
m NAP
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

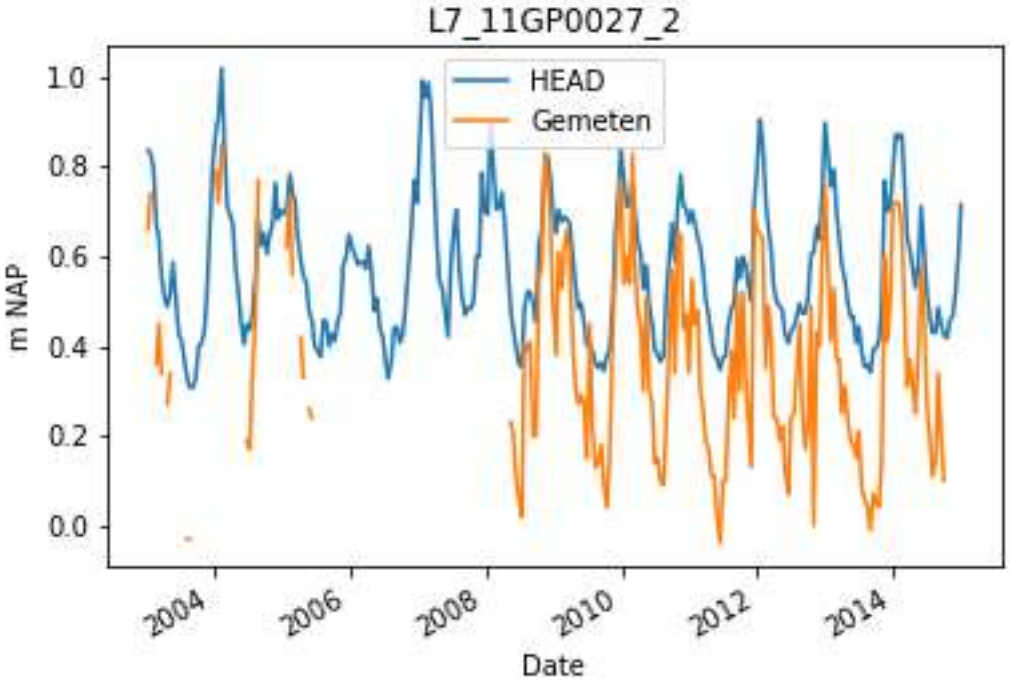

L7_11BP0087_3
HEAD
Gemeten
m NAP
−1.6
−1.7
−1.8
−1.9
−2.0
−2.1
−2.2
−2.3
−2.4
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

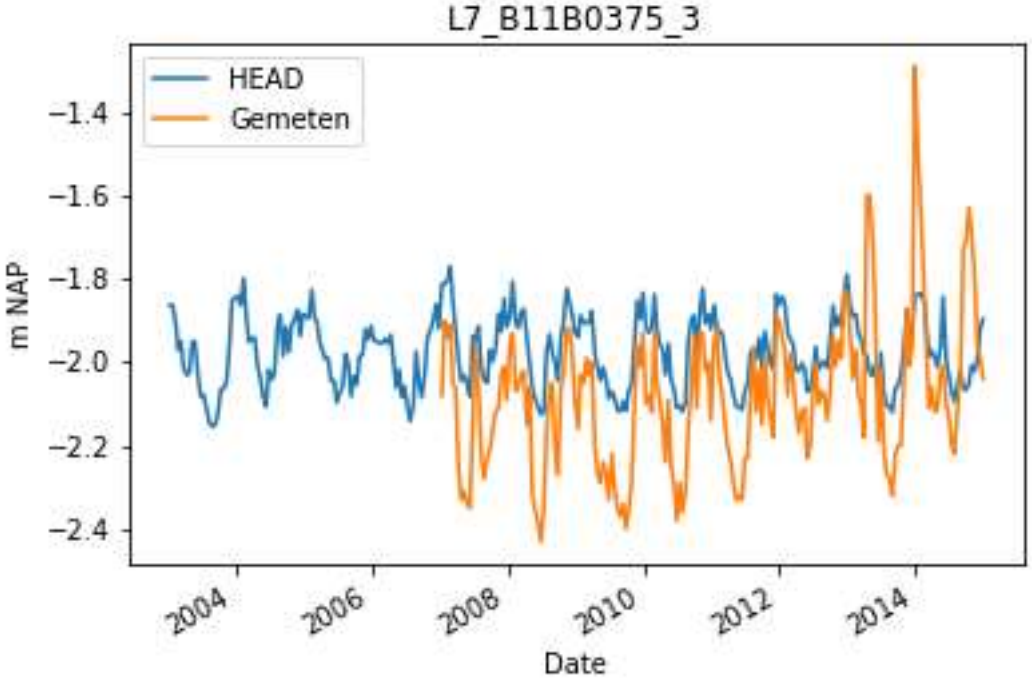

L7_11BP0088_2
HEAD
Gemeten
m NAP
−1.7
−1.8
−1.9
−2.0
−2.1
−2.2
−2.3
−2.4
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

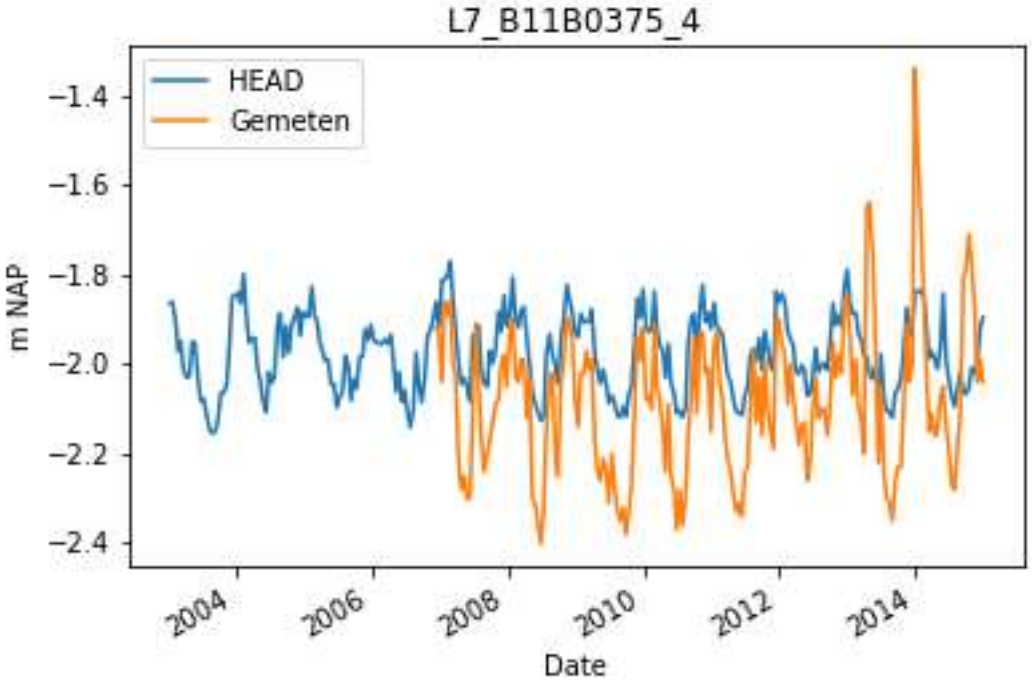

L7_11BP0088_4
HEAD
Gemeten
−1.7
−1.8
−1.9
−2.0
−2.1
−2.2
−2.3
−2.4
m NAP
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

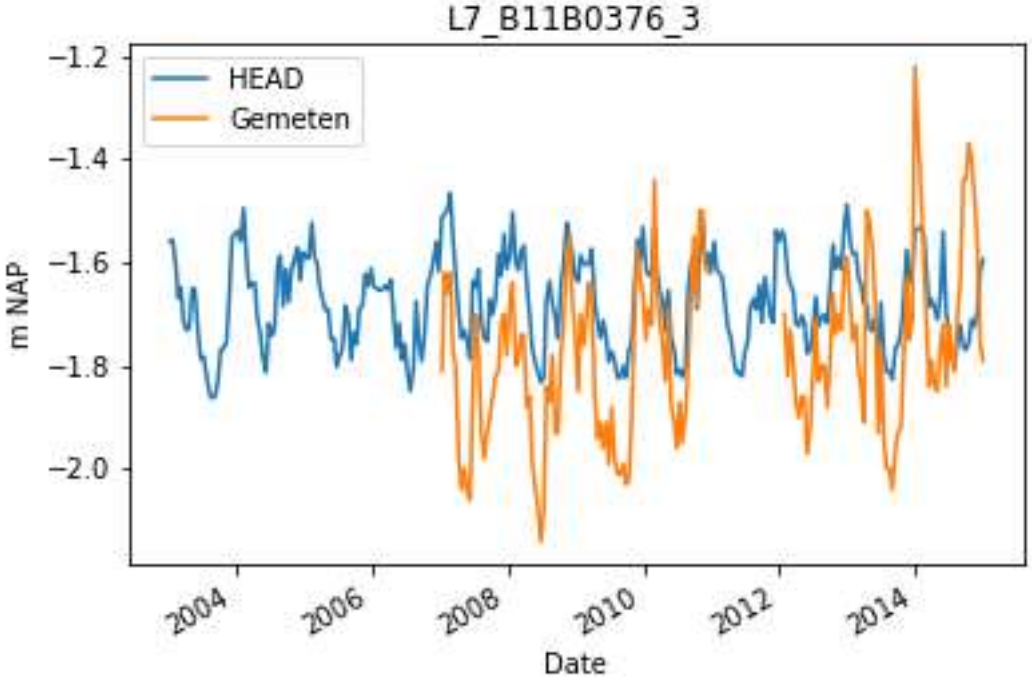

L7_11BP0089_3
HEAD
Gemeten
−0.9
−1.0
−1.1
−1.2
−1.3
−1.4
m NAP
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

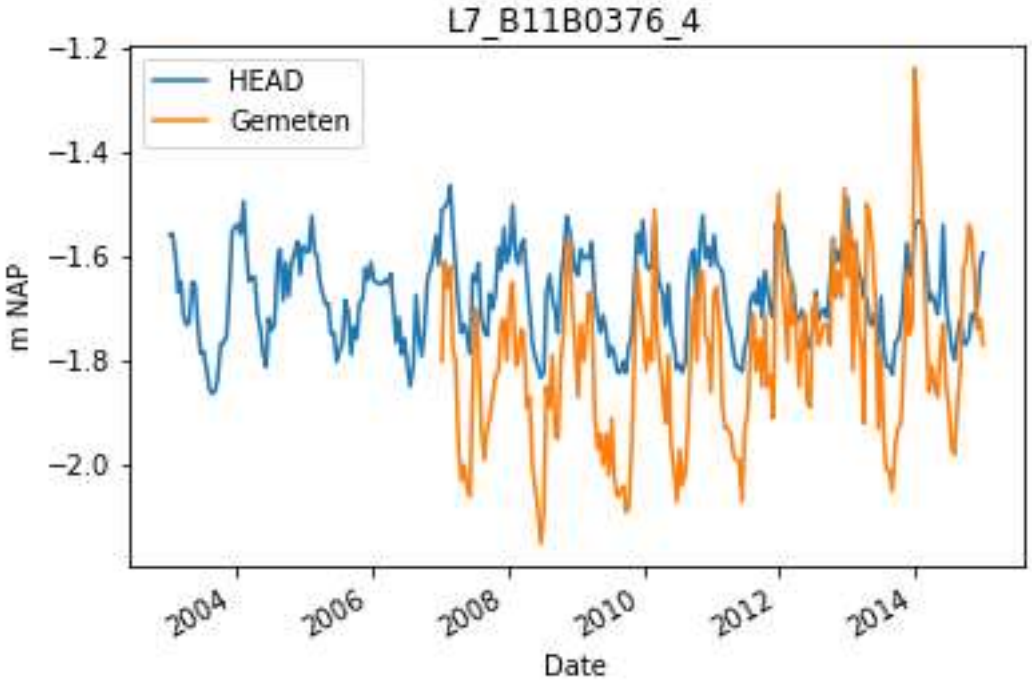

L7_11EP0099_2
m NAP
0.6
0.4
0.2
0.0
−0.2
HEAD
Gemeten
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

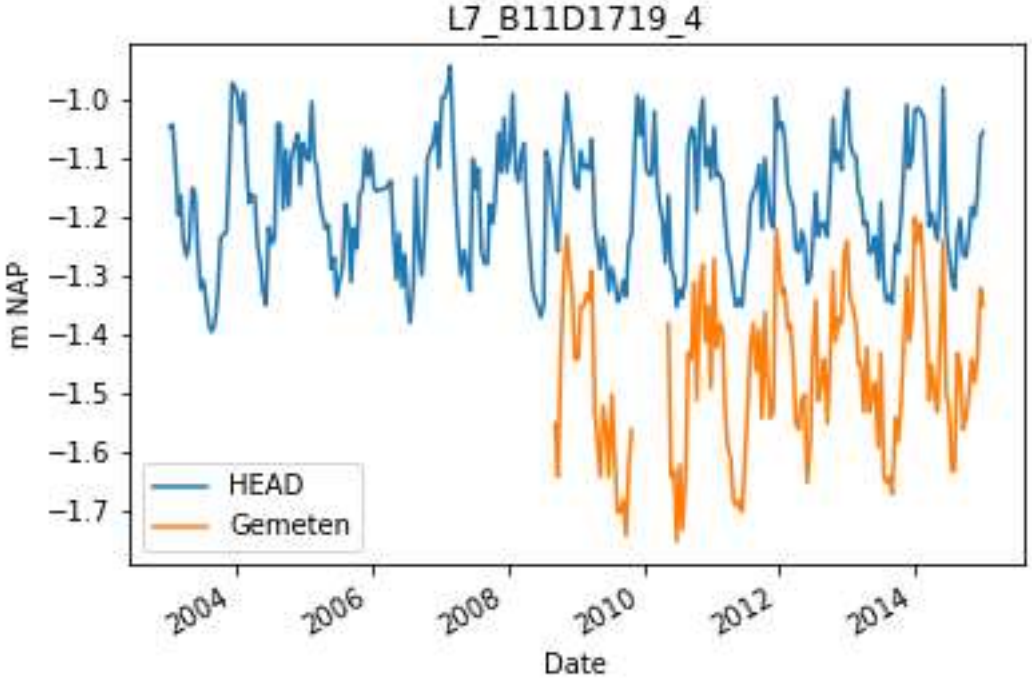

L7_11GP0027_2
m NAP
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
HEAD
Gemeten
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date


L7_B11B0375_3
HEAD
Gemeten
−1.4
−1.6
−1.8
−2.0
−2.2
−2.4
m NAP
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

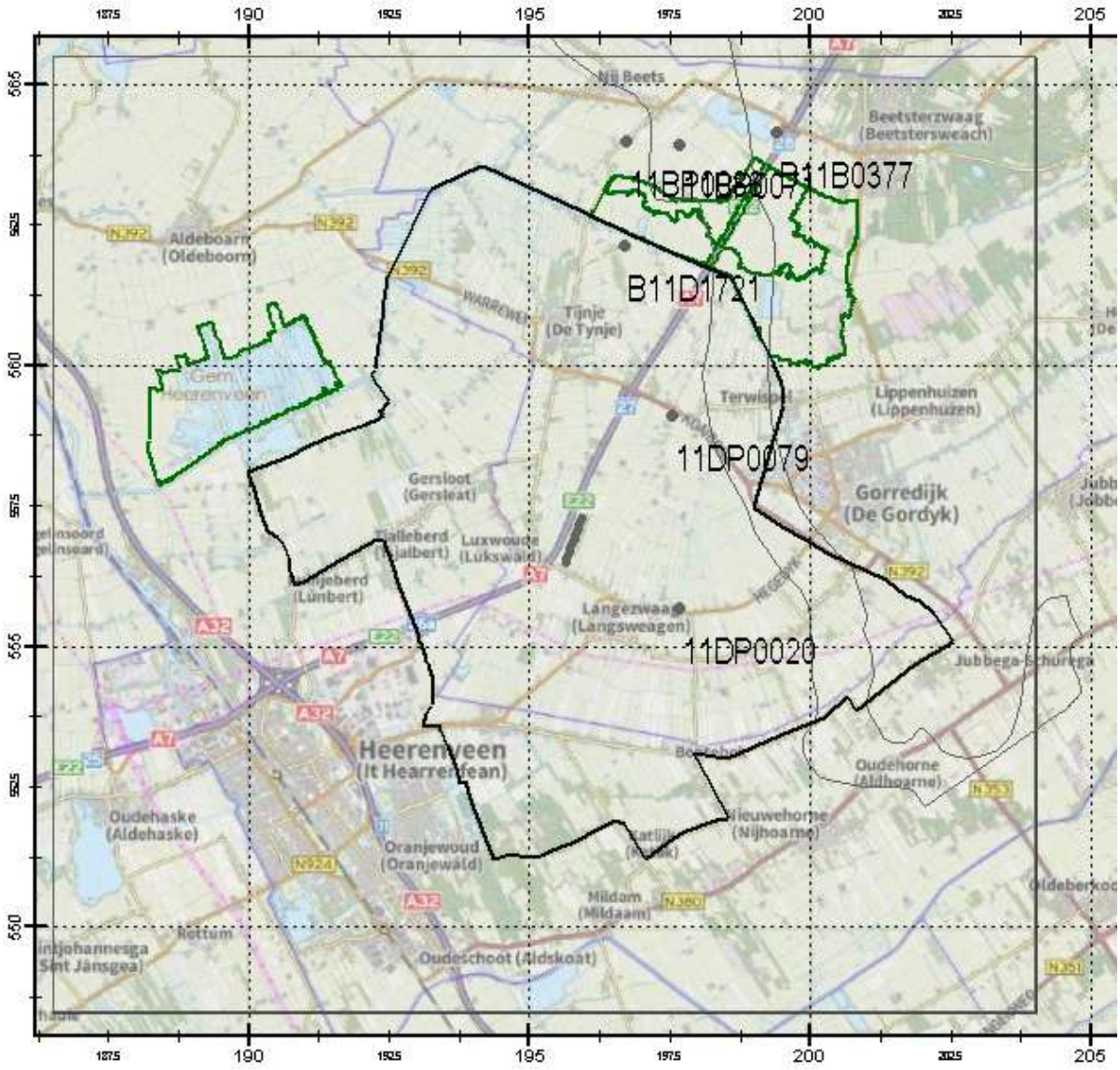

L7_B11B0375_4
HEAD
Gemeten
−1.4
−1.6
−1.8
−2.0
−2.2
−2.4
m NAP
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date


L7_B11B0376_3
HEAD
Gemeten
−1.2
−1.4
−1.6
−1.8
−2.0
m NAP
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

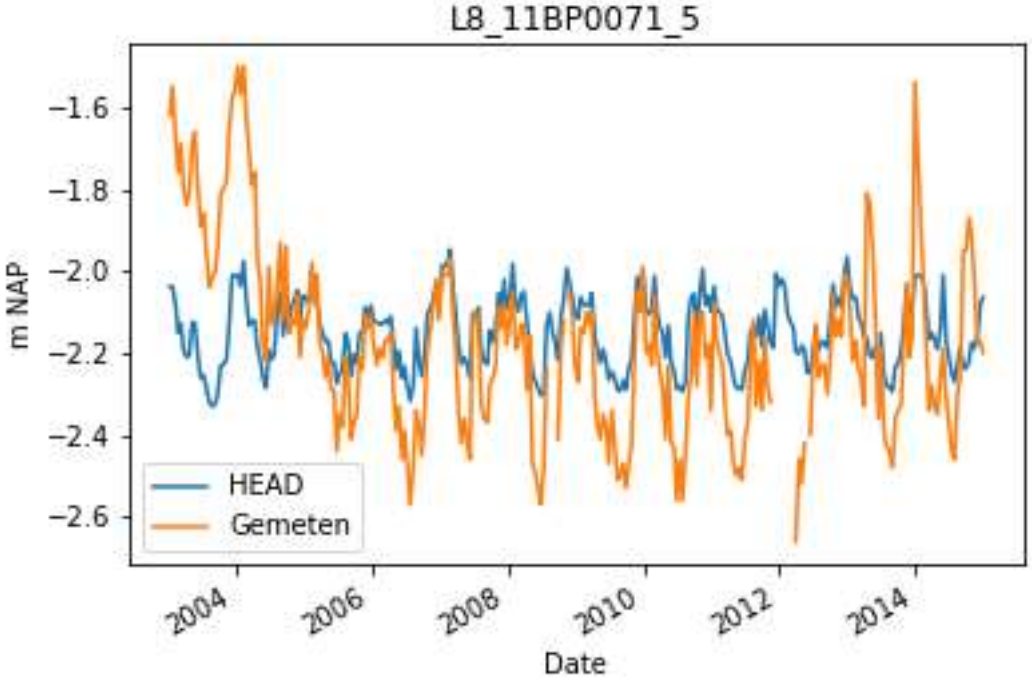

L7_B11B0376_4
HEAD
Gemeten
−1.2
−1.4
−1.6
−1.8
−2.0
m NAP
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

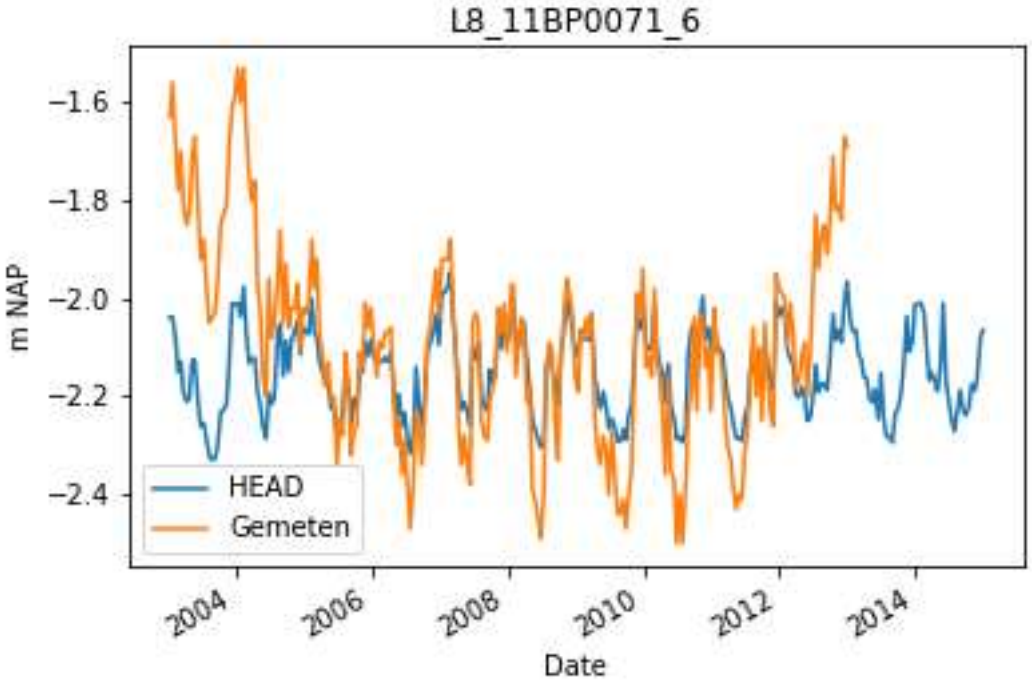

L7_B11D1719_4
m NAP
−1.0
−1.1
−1.2
−1.3
−1.4
−1.5
−1.6
−1.7
HEAD
Gemeten
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

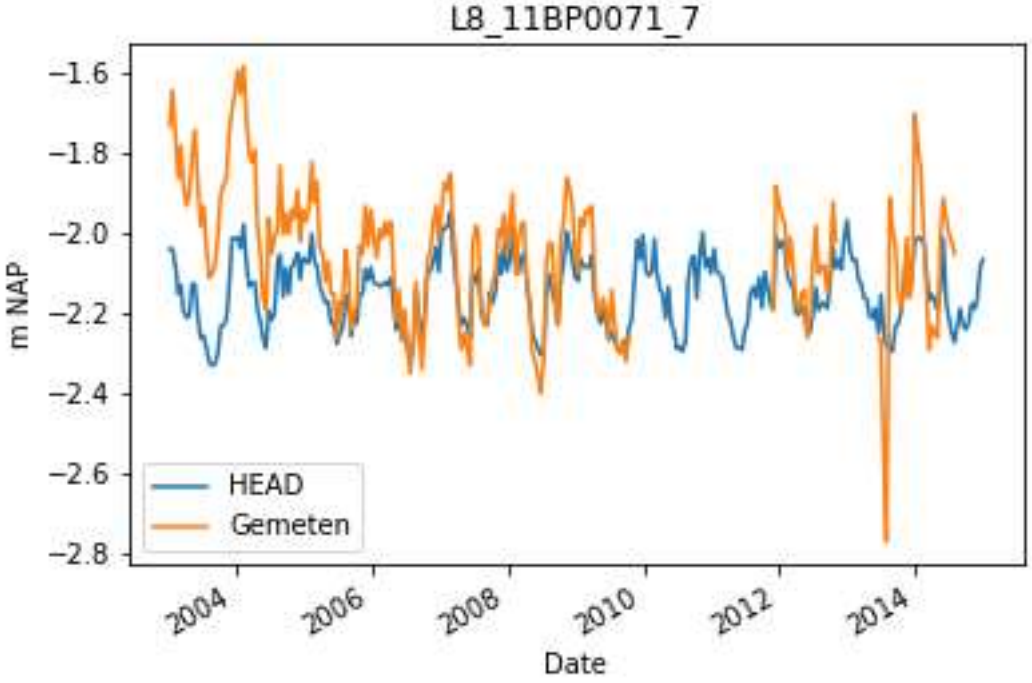
Modellaag 8:

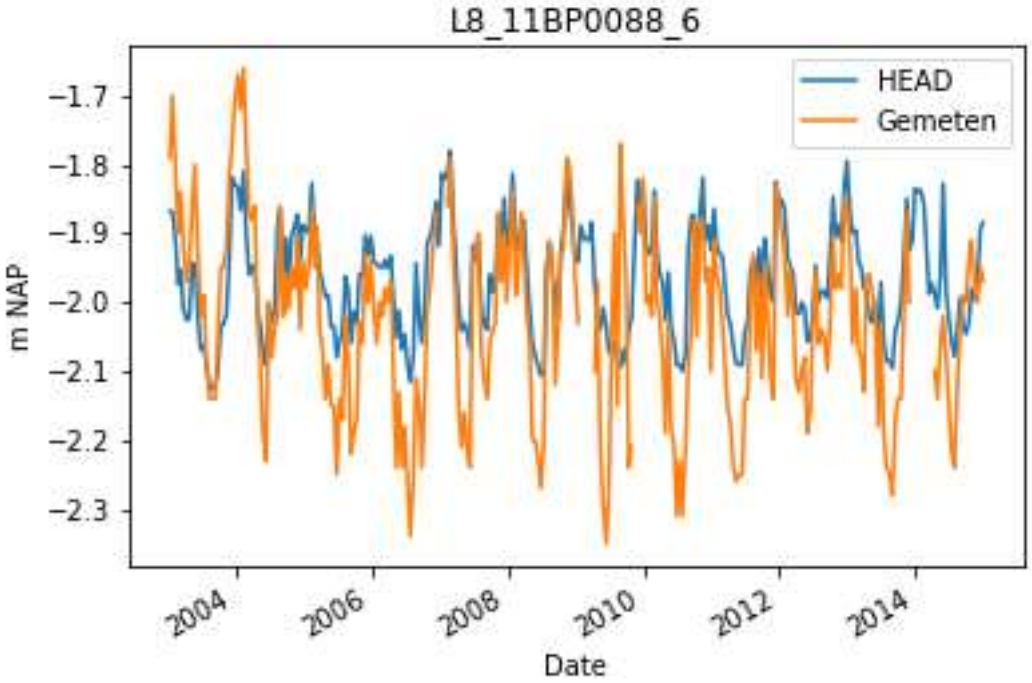


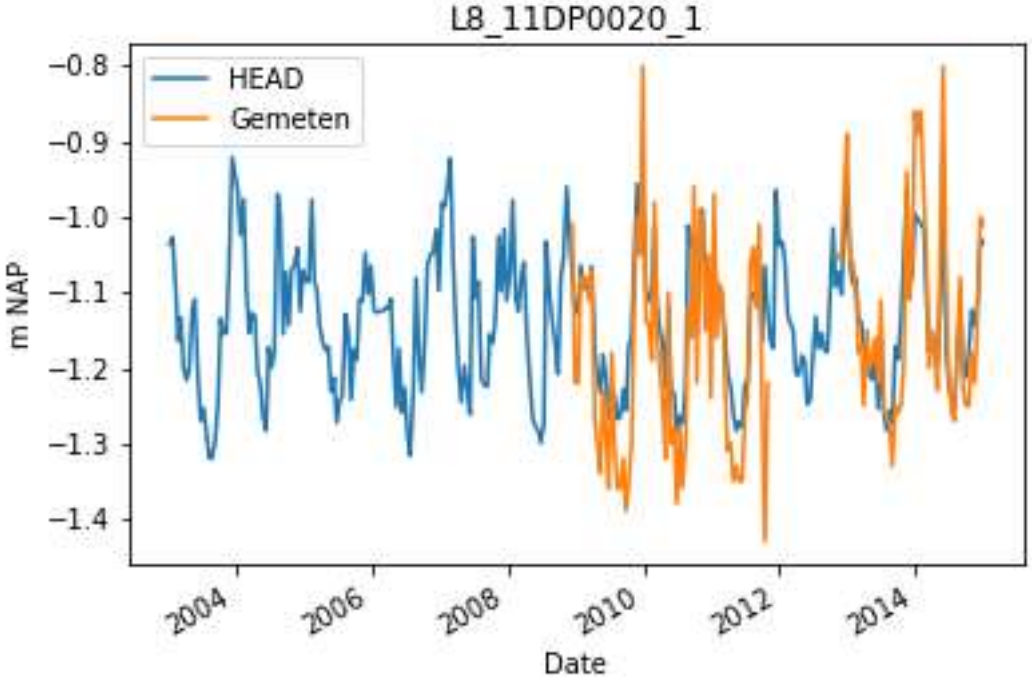
B11B0377
B11D1721
11DP0079
11DP0020
Nij Beets
Beetsterzwaag
(Beetstersweach)
Aldeboarn
(Oldeboorn)
Tijnje
(De Tynje)
Terwispel
Lippenhuizen
(Lippenhuizen)
Gersloot
(Gersleat)
Gorredijk
(De Gordyk)
Langezwaag
(Langsweagen)
Heerenveen
(It Hearrenfean)
Oudehaske
(Aldehaske)
Oranjewoud
(Oranjewald)
Oudehorne
(Aldhoarne)
Nieuwehorne
(Nijhoarne)
Mildam
(Mildaam)
Oudeschoot (Aldskoat)
Rottum

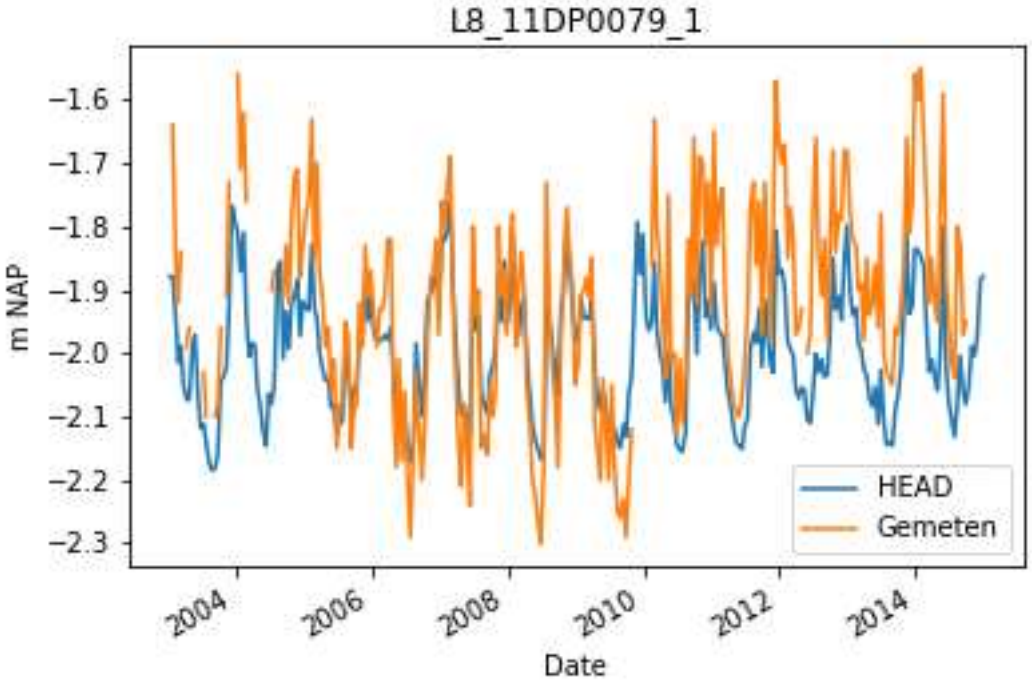

L8_11BP0071_5
m NAP
−1.6
−1.8
−2.0
−2.2
−2.4
−2.6
HEAD
Gemeten
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

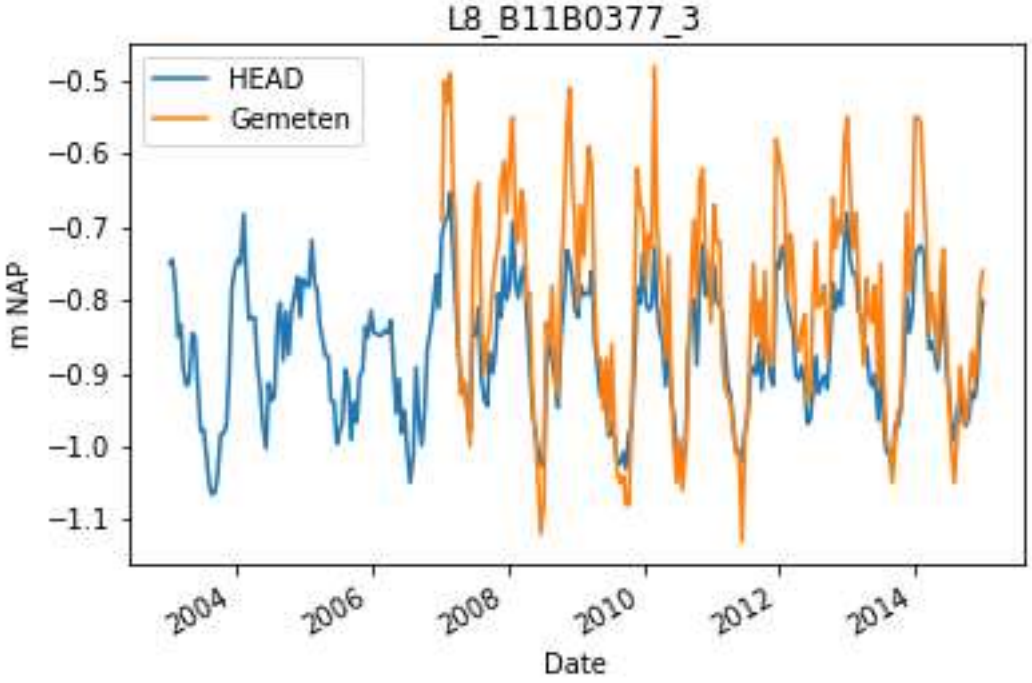

L8_11BP0071_6
m NAP
−1.6
−1.8
−2.0
−2.2
−2.4
HEAD
Gemeten
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

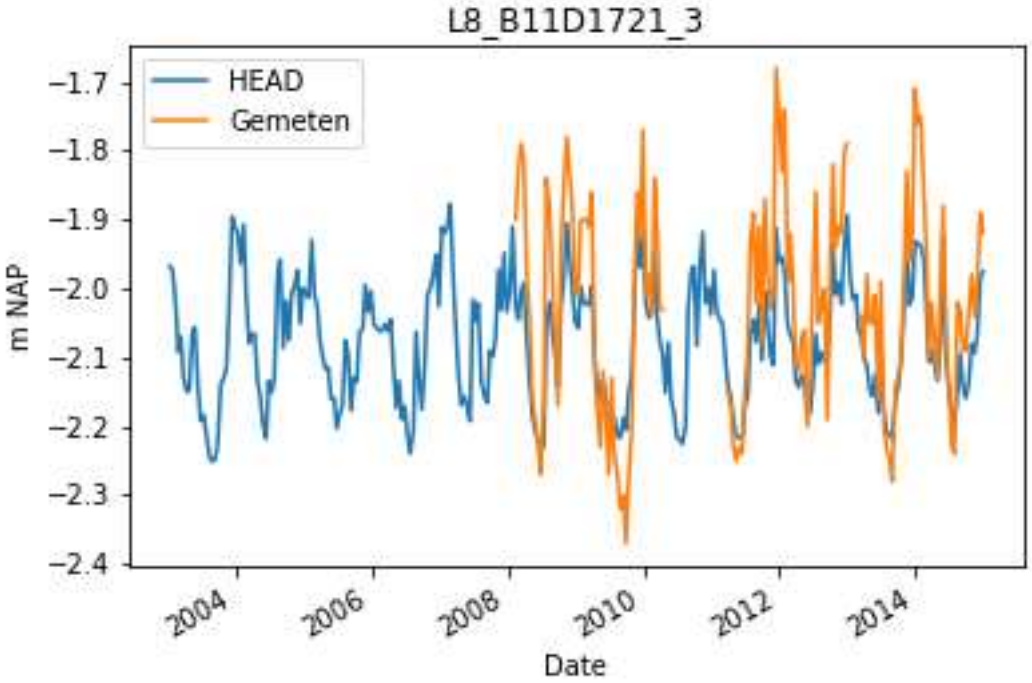

L8_11BP0071_7
−1.6
−1.8
−2.0
−2.2
−2.4
−2.6
−2.8
m NAP
HEAD
Gemeten
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

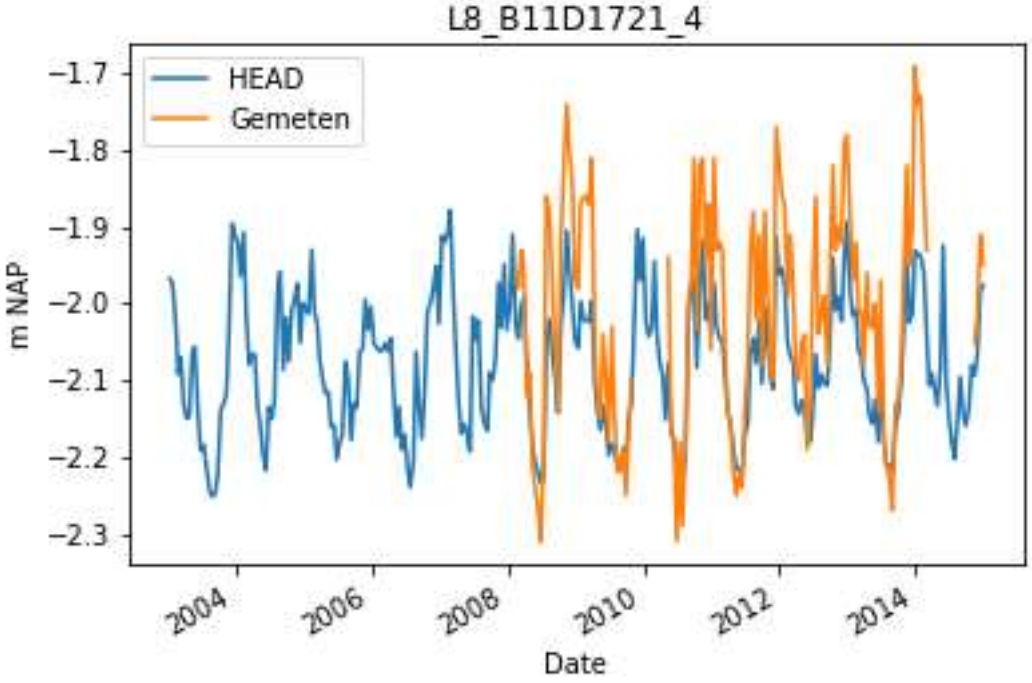

L8_11BP0088_6
−1.7
−1.8
−1.9
−2.0
−2.1
−2.2
−2.3
m NAP
HEAD
Gemeten
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date


L8_11DP0020_1
HEAD
Gemeten
m NAP
−0.8
−0.9
−1.0
−1.1
−1.2
−1.3
−1.4
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

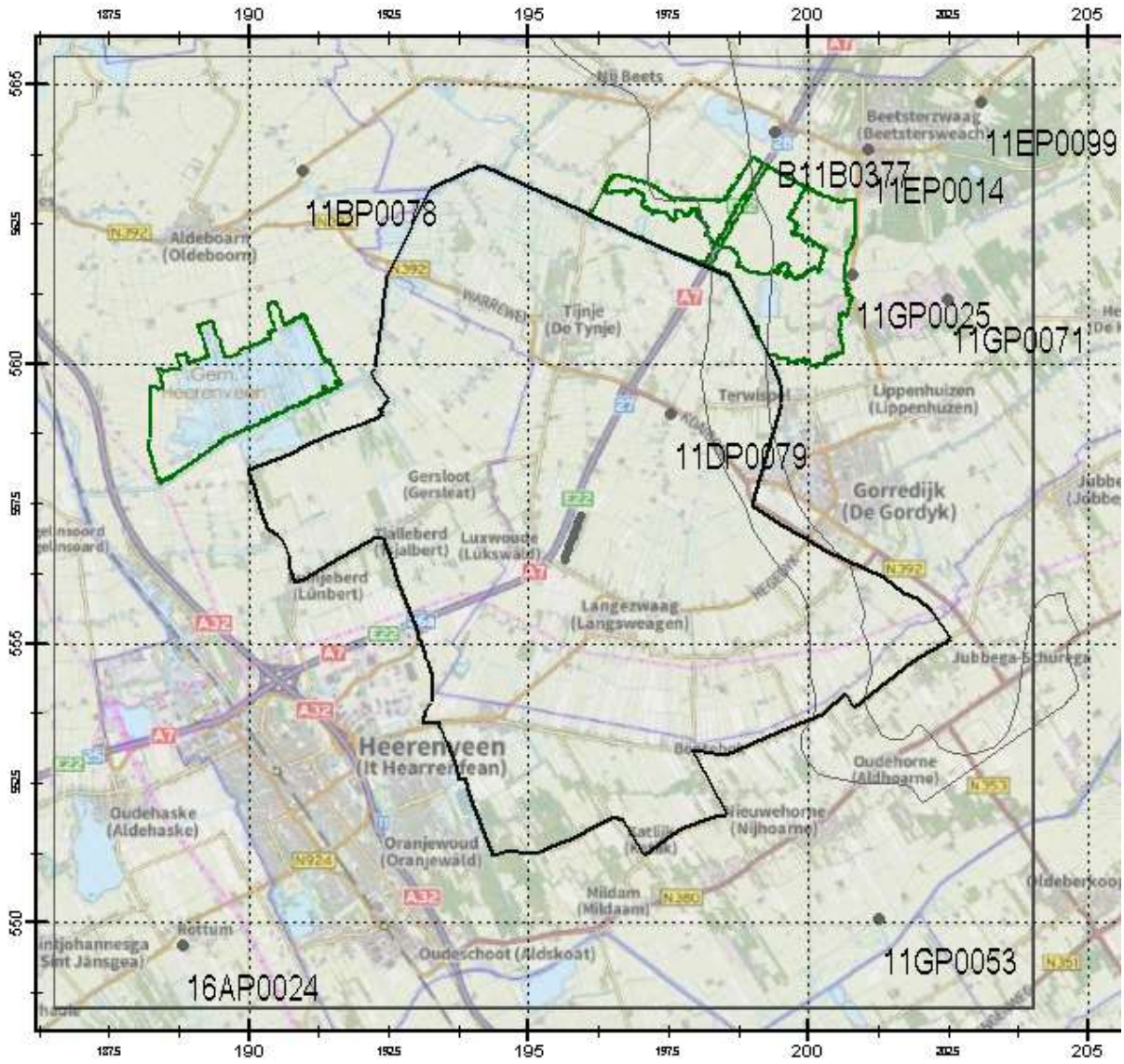

L8_11DP0079_1
m NAP
−1.6
−1.7
−1.8
−1.9
−2.0
−2.1
−2.2
−2.3
HEAD
Gemeten
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date


L8_B11B0377_3
HEAD
Gemeten
−0.5
−0.6
−0.7
−0.8
−0.9
−1.0
−1.1
m NAP
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

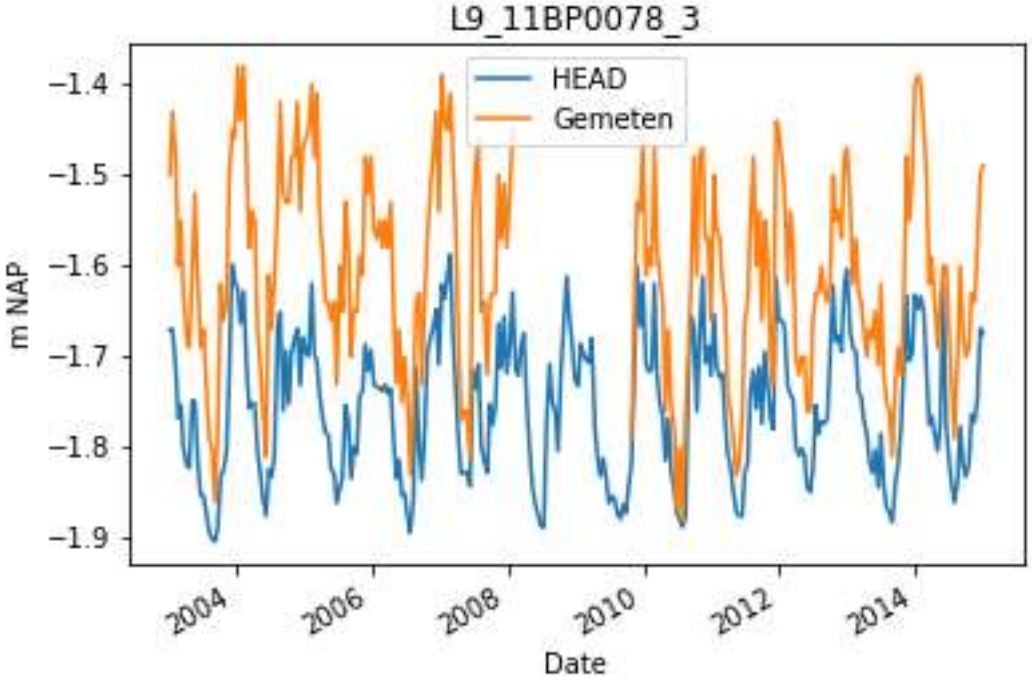

L8_B11D1721_3
HEAD
Gemeten
−1.7
−1.8
−1.9
−2.0
−2.1
−2.2
−2.3
−2.4
m NAP
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

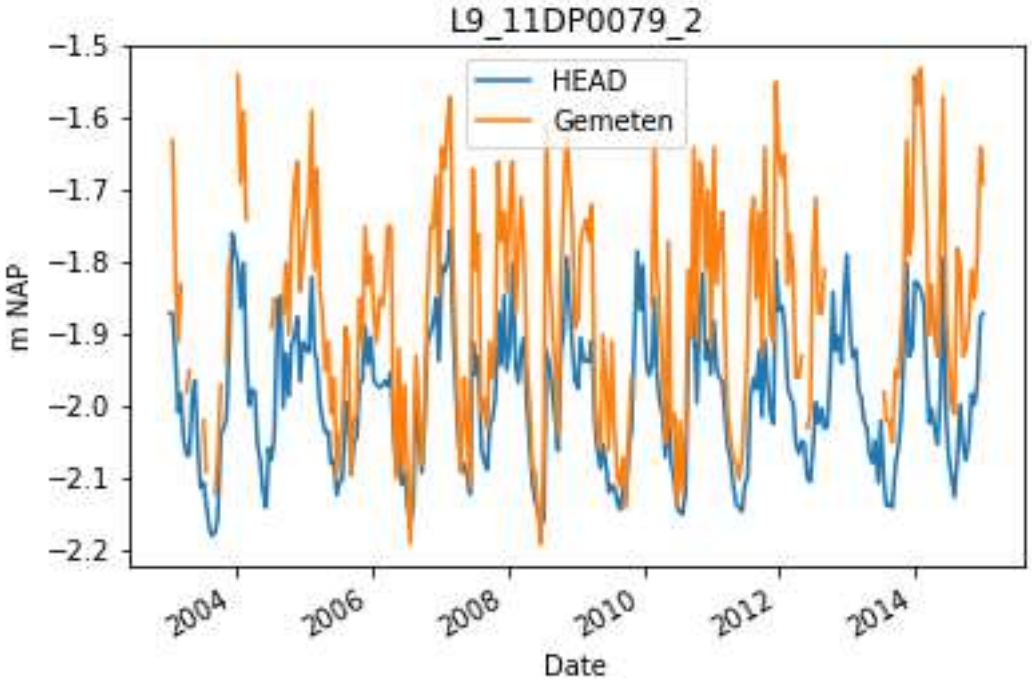

L8_B11D1721_4
HEAD
Gemeten
−1.7
−1.8
−1.9
−2.0
−2.1
−2.2
−2.3
m NAP
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

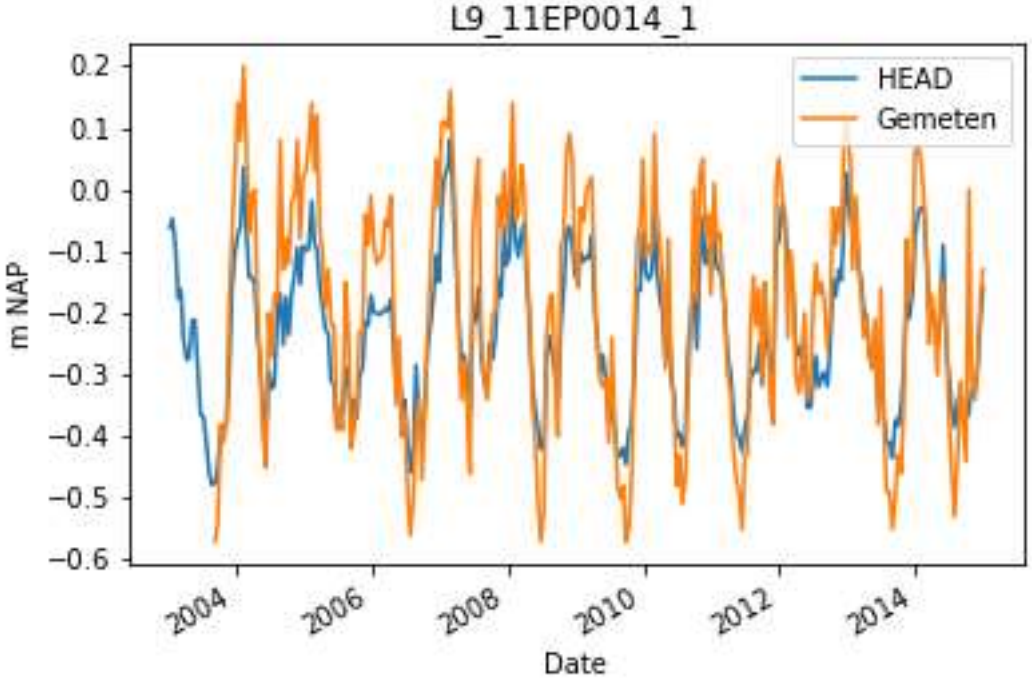
Modellaag 9:

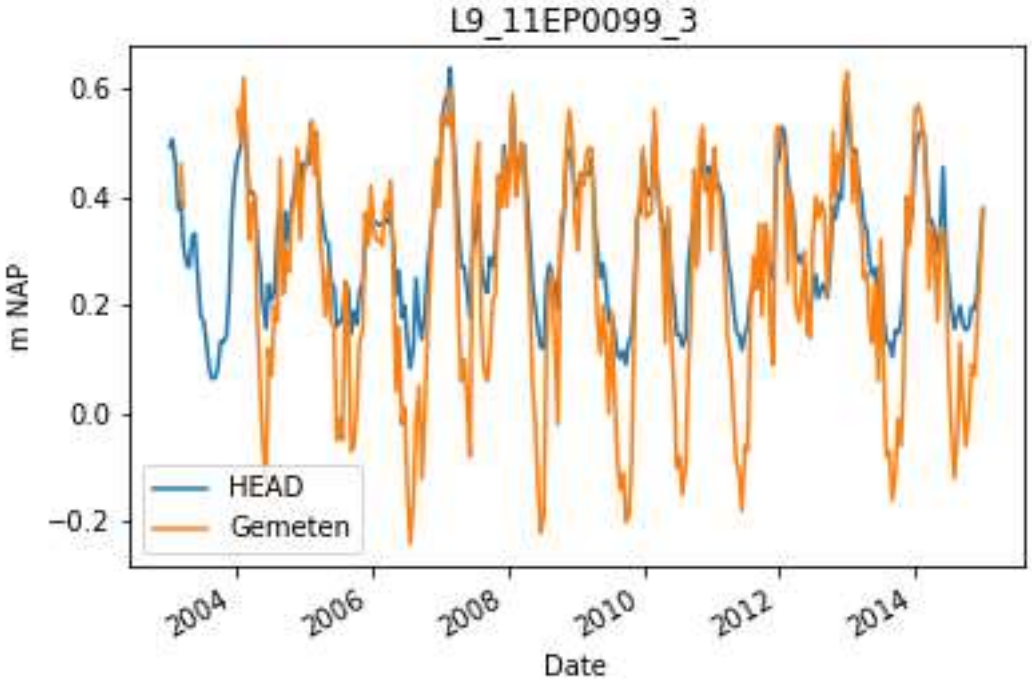


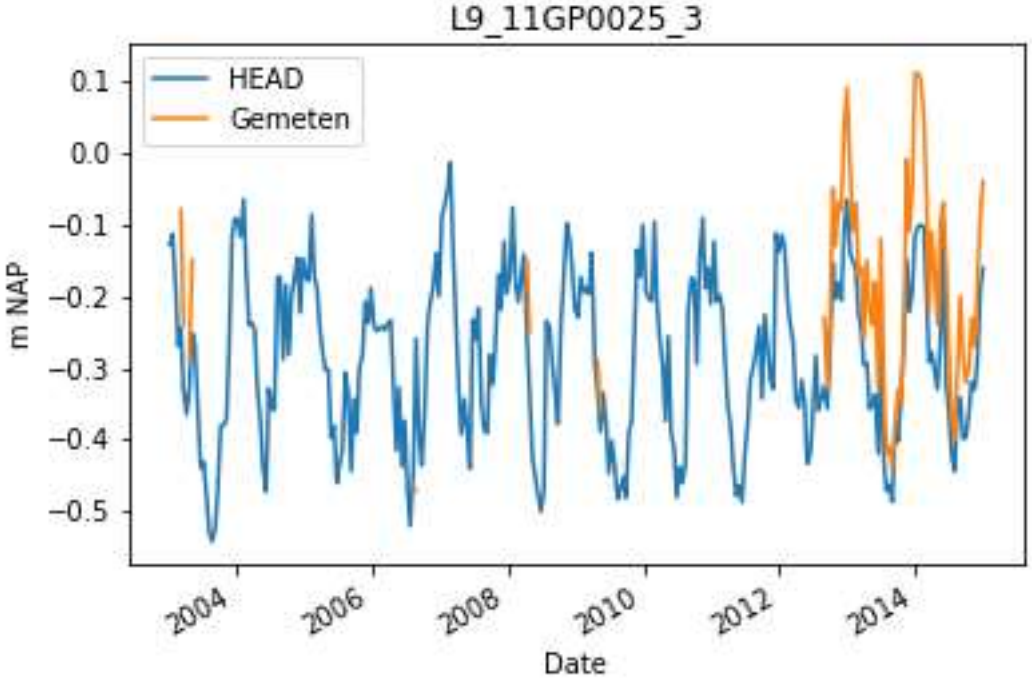
11EP0099
B11B0377
11EP0014
11BP0078
11GP0025
11GP0071
11DP0079
11GP0053
16AP0024
Aldeboarn (Oldeboorn)
Tijnje (De Tynje)
Terwispel
Lippenhuizen (Lippenhuizen)
Gersloot (Gersleat)
Gorredijk (De Gordyk)
Langezwaag (Langsweagen)
Heerenveen (It Hearrenfean)
Oudehaske (Aldehaske)
Oranjewoud (Oranjewald)
Oudehorne (Aldhoarne)
Nieuwehorne (Nijhoarne)
Mildam (Mildaam)
Oudeschoot (Aldskoat)
Rottum
Jubbega-Schurega

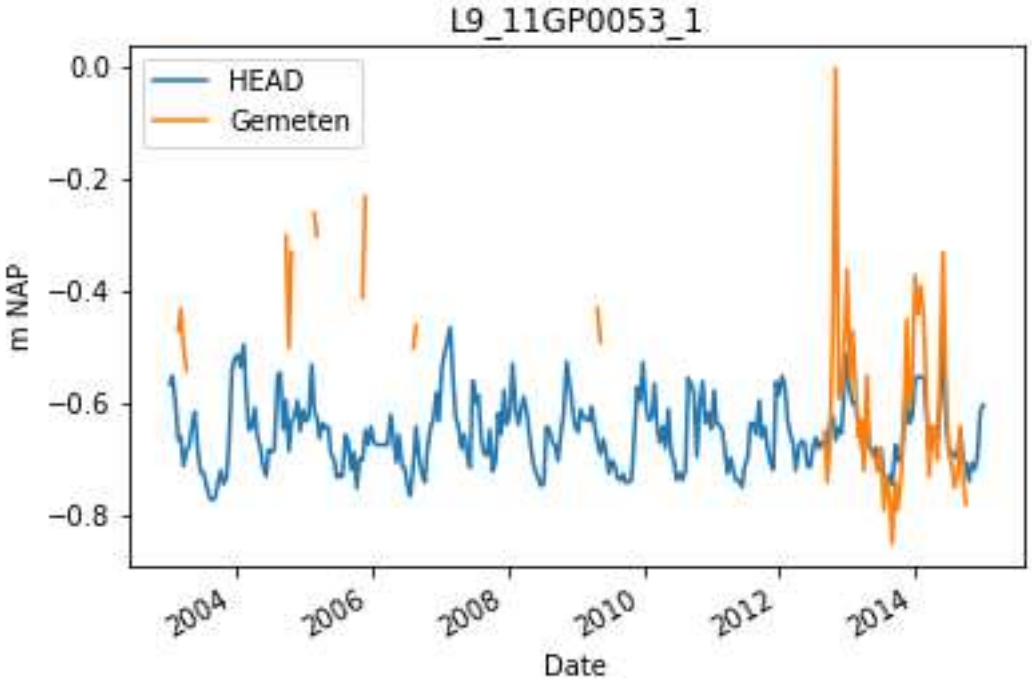

L9_11BP0078_3
HEAD
Gemeten
m NAP
−1.4
−1.5
−1.6
−1.7
−1.8
−1.9
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

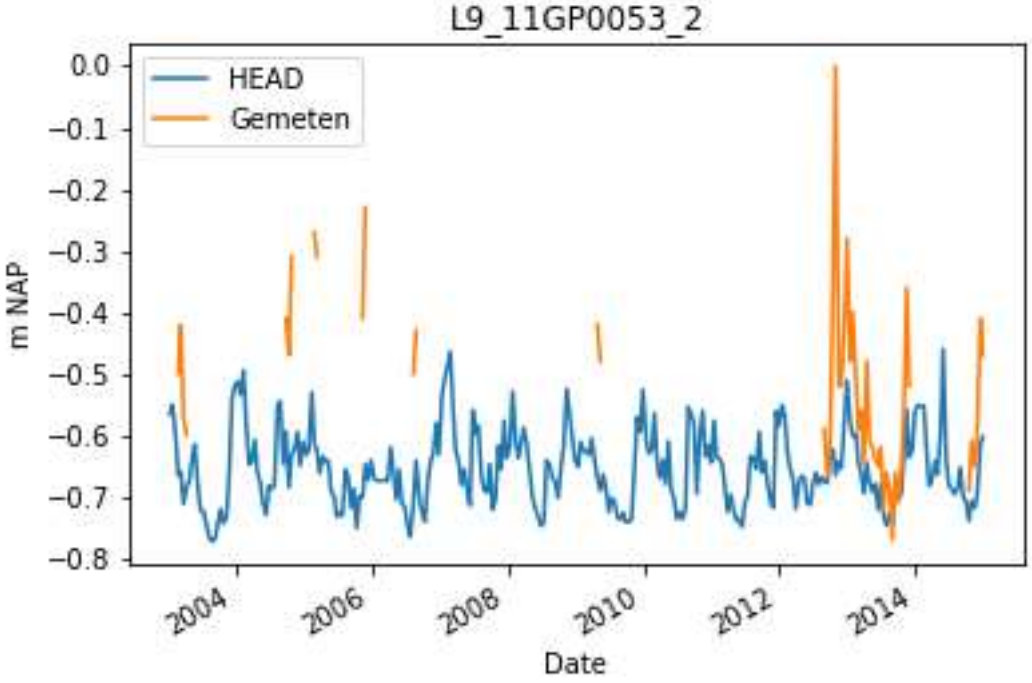

L9_11DP0079_2
HEAD
Gemeten
m NAP
−1.5
−1.6
−1.7
−1.8
−1.9
−2.0
−2.1
−2.2
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

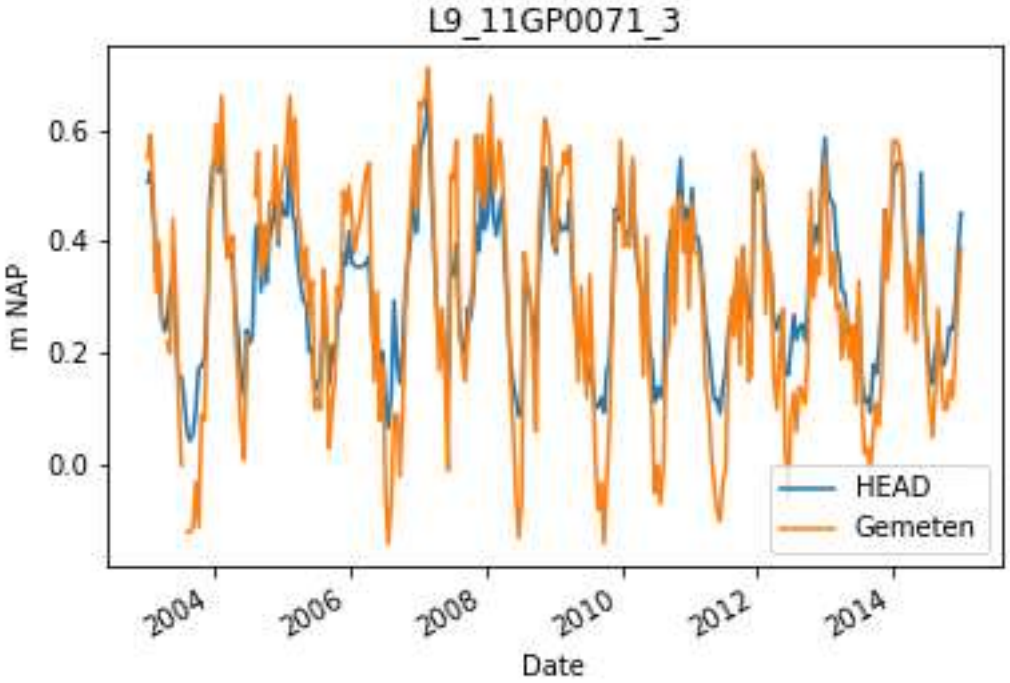

L9_11EP0014_1
HEAD
Gemeten
m NAP
Date
0.2
0.1
0.0
−0.1
−0.2
−0.3
−0.4
−0.5
−0.6
2004
2006
2008
2010
2012
2014

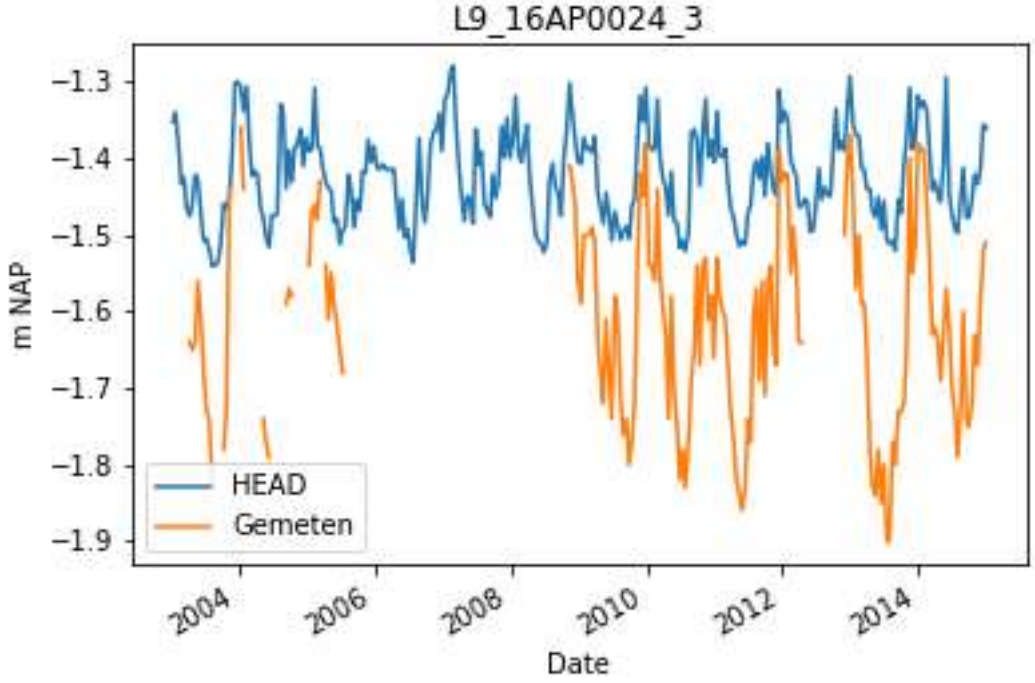

L9_11EP0099_3
HEAD
Gemeten
m NAP
Date
0.6
0.4
0.2
0.0
−0.2
2004
2006
2008
2010
2012
2014

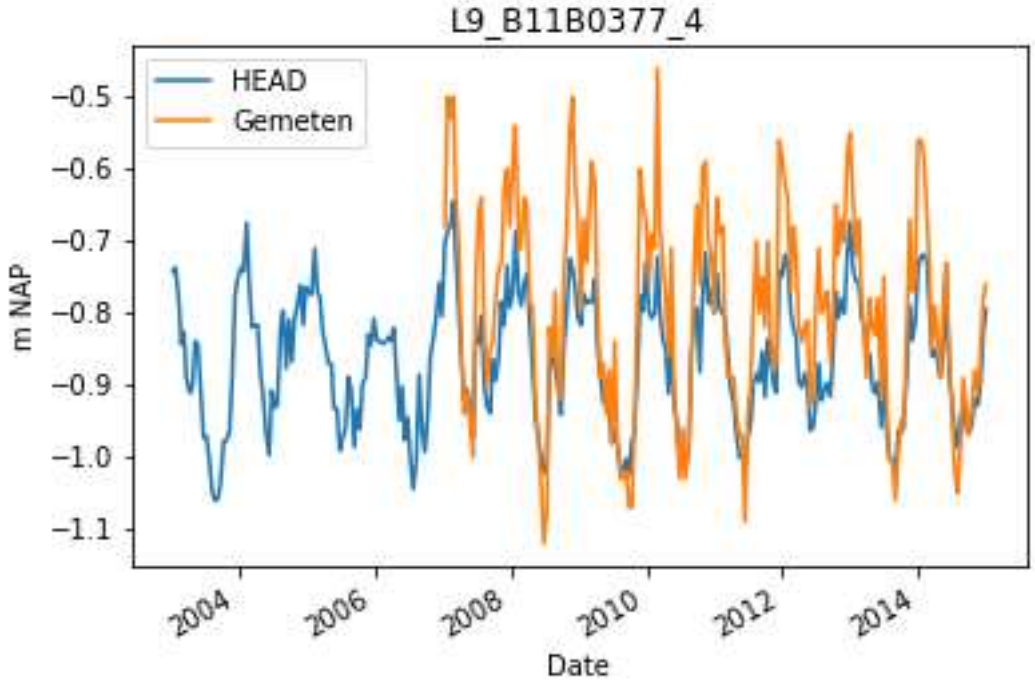

L9_11GP0025_3
HEAD
Gemeten
0.1
0.0
−0.1
−0.2
−0.3
−0.4
−0.5
m NAP
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date


L9_11GP0053_1
HEAD
Gemeten
0.0
−0.2
−0.4
−0.6
−0.8
m NAP
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

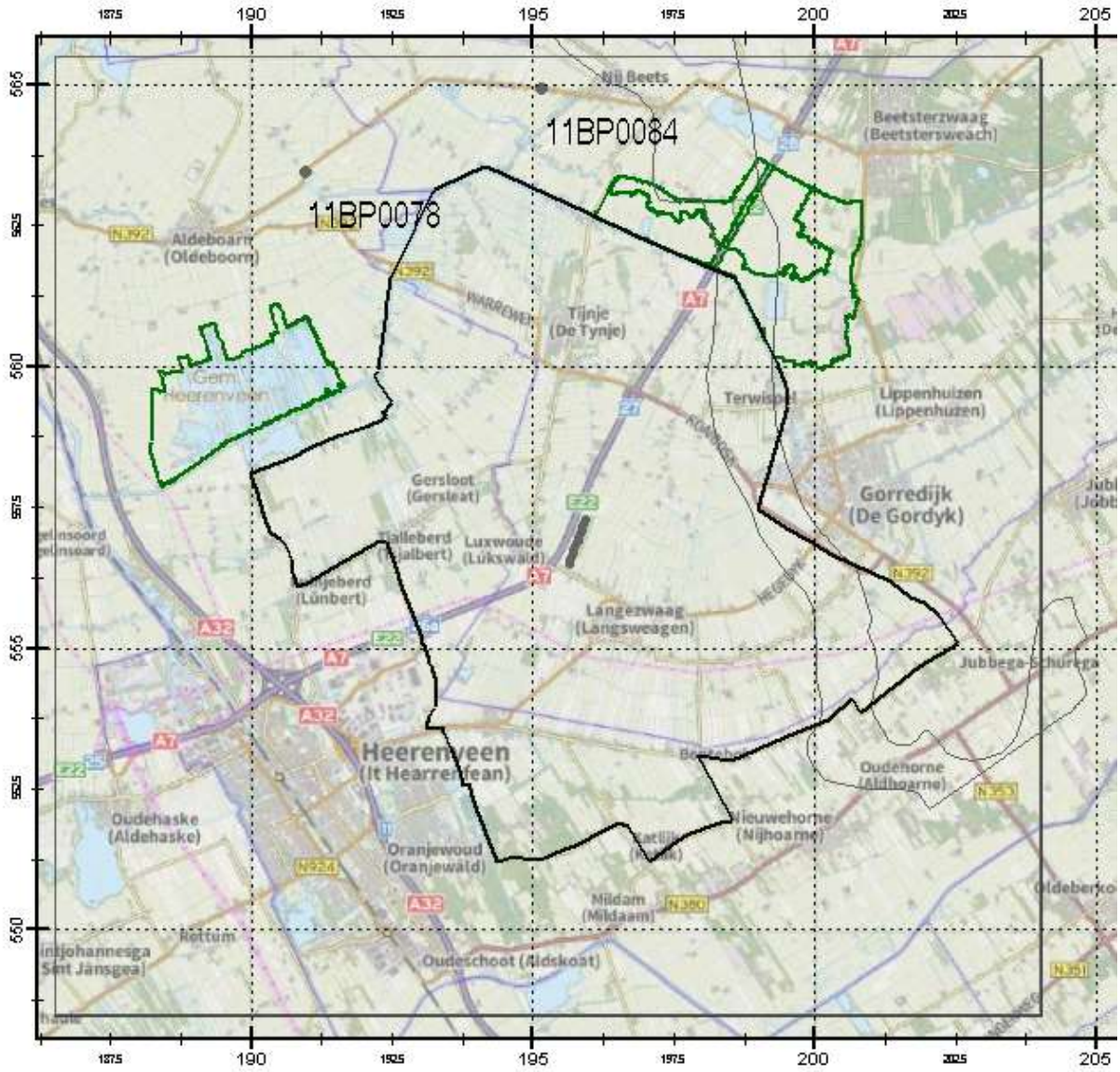

L9_11GP0053_2
HEAD
Gemeten
0.0
−0.1
−0.2
−0.3
−0.4
−0.5
−0.6
−0.7
−0.8
m NAP
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

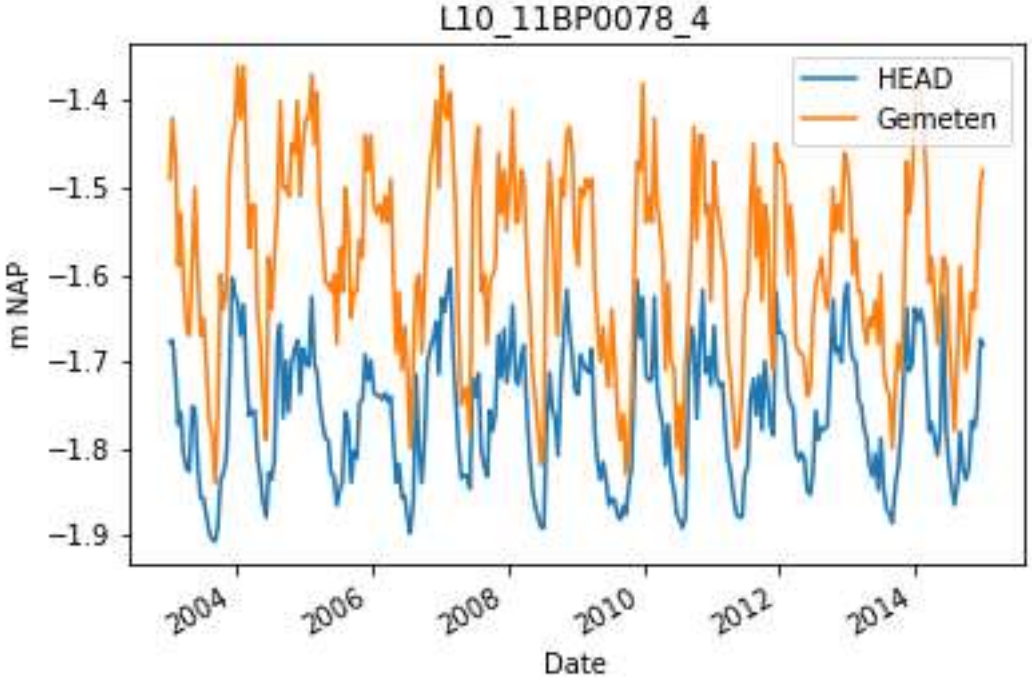

L9_11GP0071_3
0.6
0.4
0.2
0.0
m NAP
HEAD
Gemeten
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

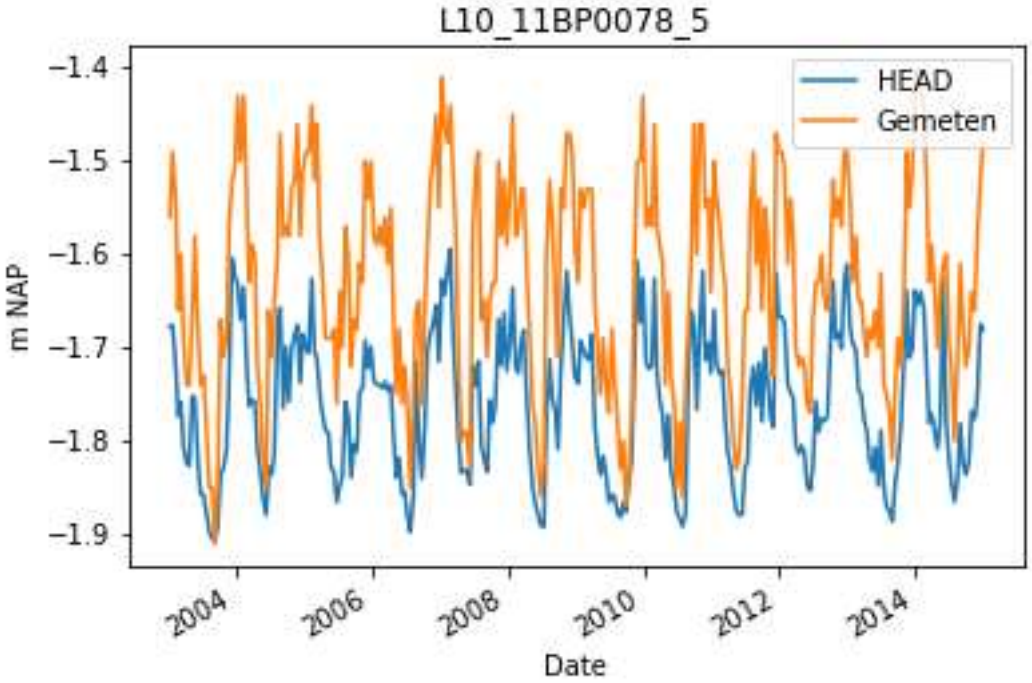

L9_16AP0024_3
−1.3
−1.4
−1.5
−1.6
−1.7
−1.8
−1.9
m NAP
HEAD
Gemeten
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

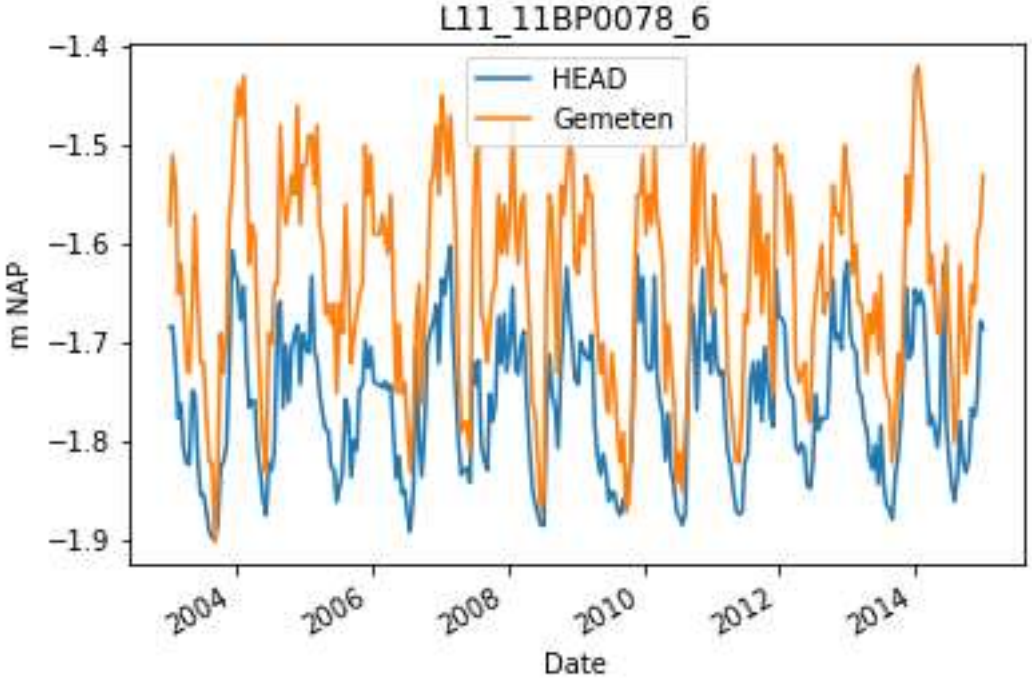

L9_B11B0377_4
−0.5
−0.6
−0.7
−0.8
−0.9
−1.0
−1.1
m NAP
HEAD
Gemeten
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

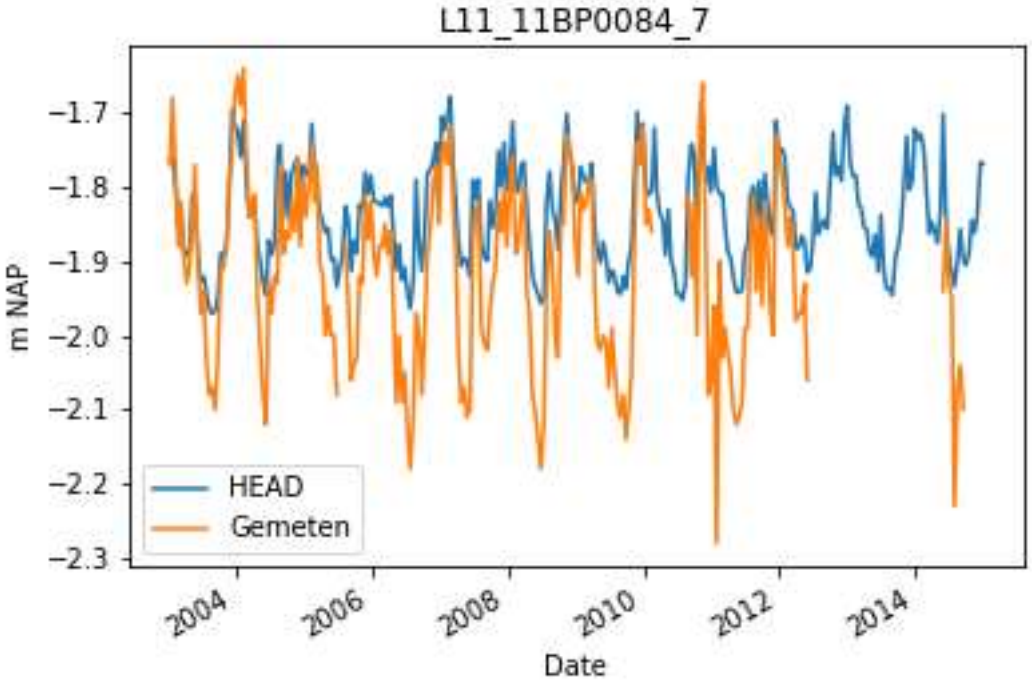
Modellaag 10 en 11:




L10_11BP0078_4
HEAD
Gemeten
m NAP
−1.4
−1.5
−1.6
−1.7
−1.8
−1.9
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date


L10_11BP0078_5
HEAD
Gemeten
m NAP
−1.4
−1.5
−1.6
−1.7
−1.8
−1.9
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

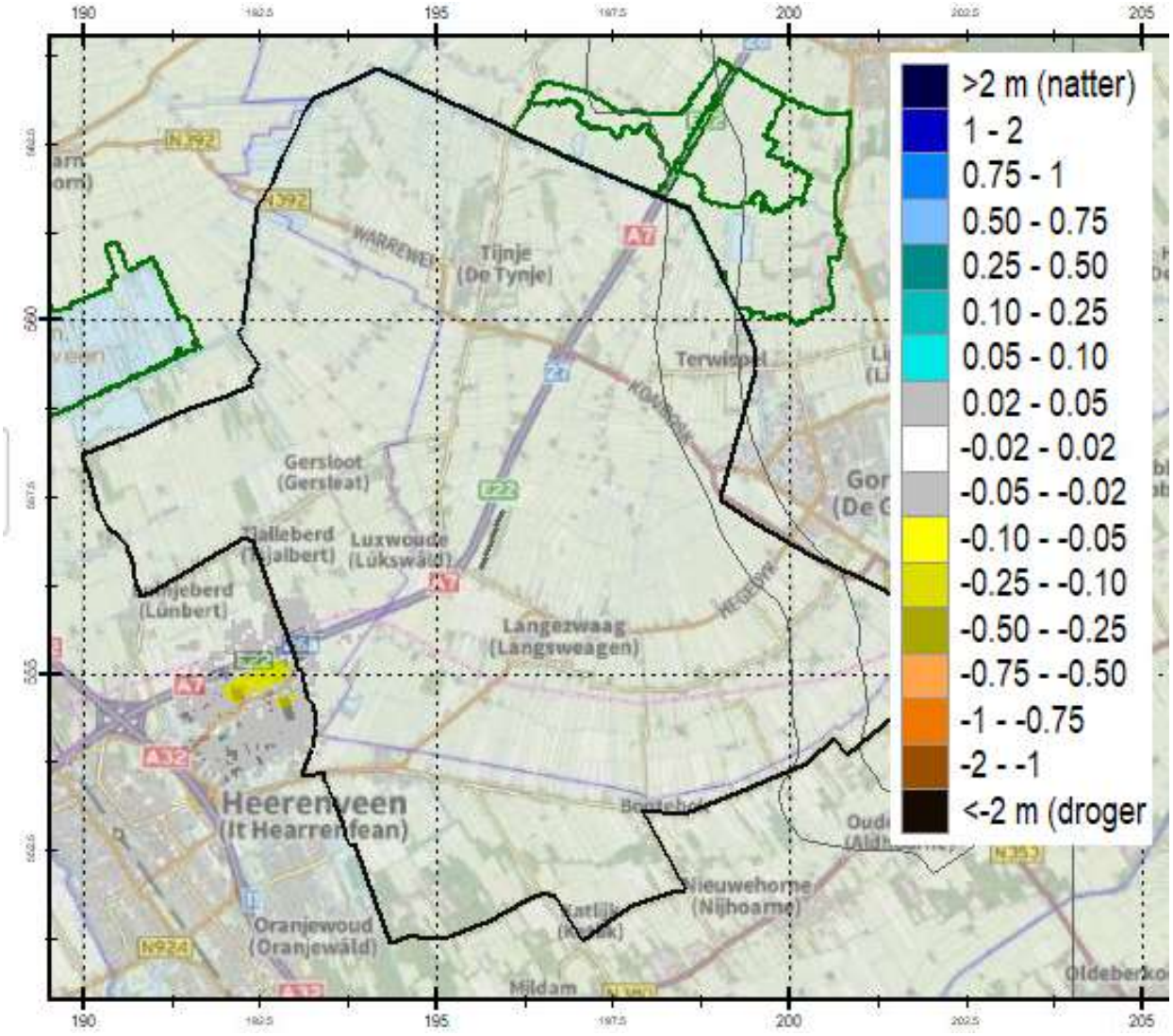

L11_11BP0078_6
HEAD
Gemeten
m NAP
−1.4
−1.5
−1.6
−1.7
−1.8
−1.9
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date


L11_11BP0084_7
HEAD
Gemeten
m NAP
−1.7
−1.8
−1.9
−2.0
−2.1
−2.2
−2.3
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Date

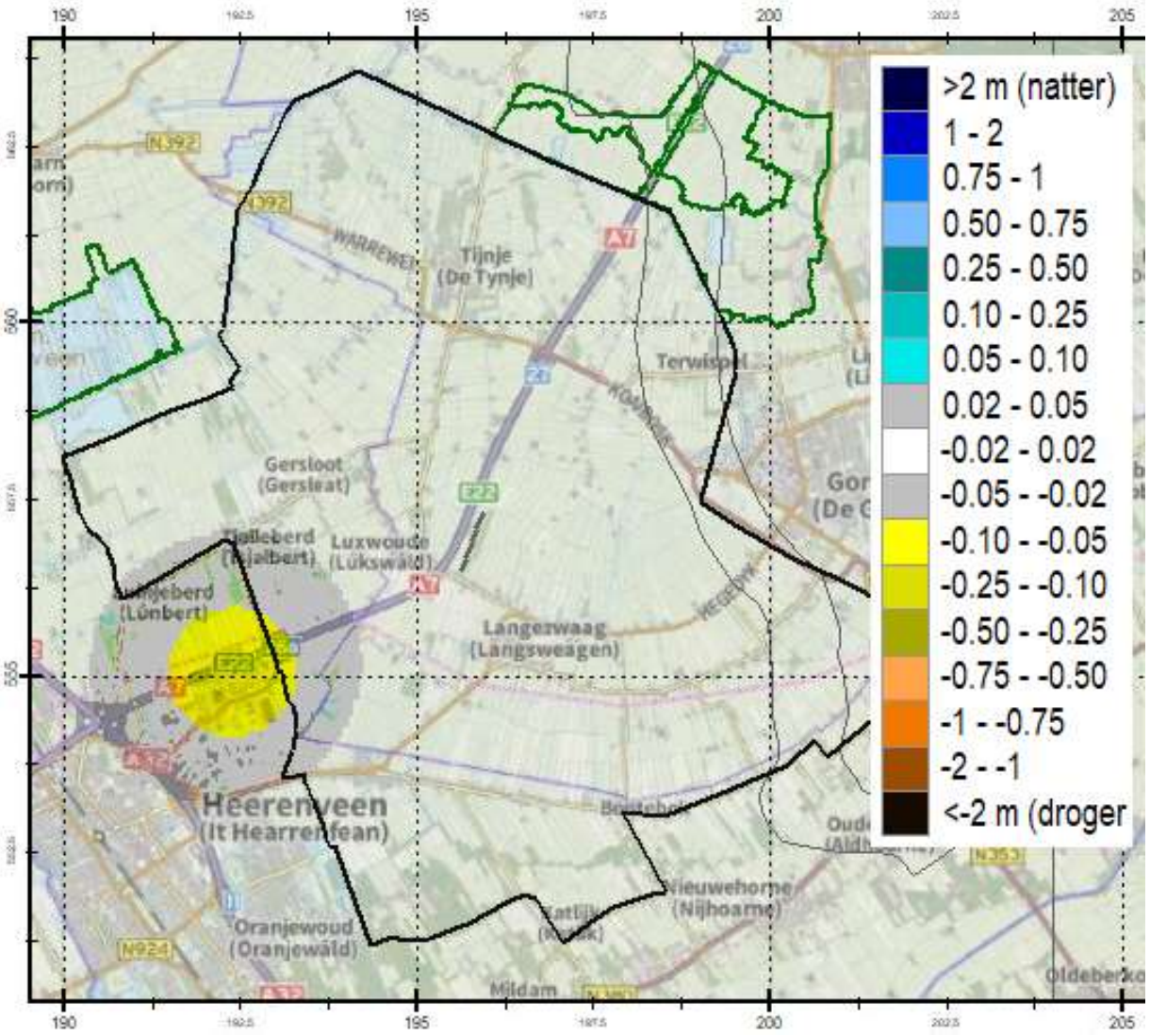
Bijlage 10 Effect winning AWARE

Verlaging GLG door winning AWARE (referentiemodel t.o.v. model huidige situatie)

Freatisch (WVL1)



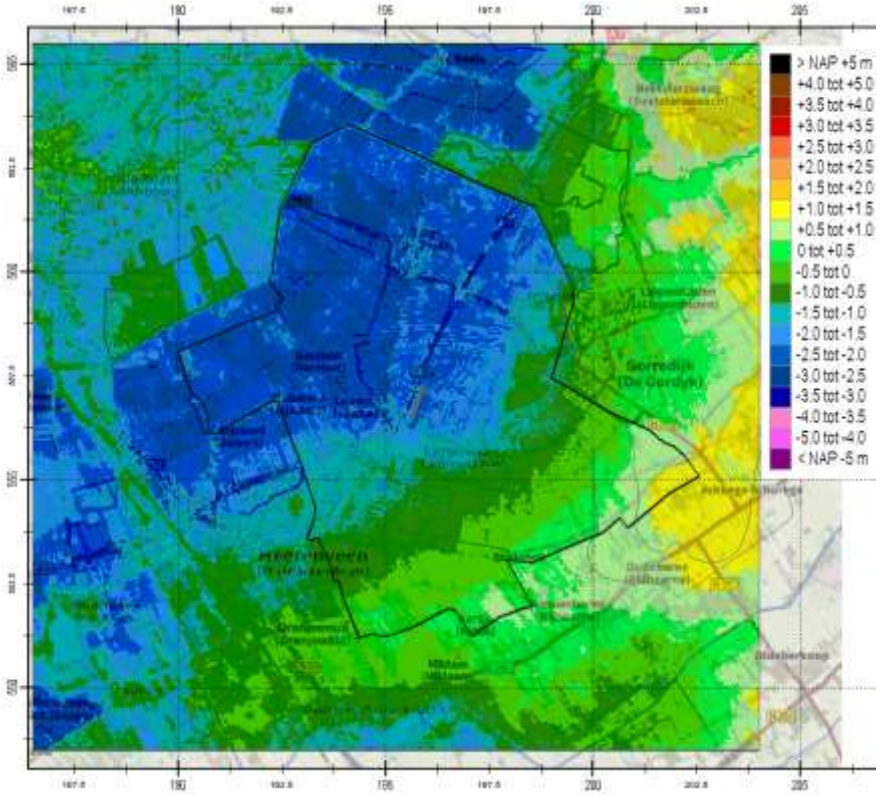
Bepompt pakket (WVL10)



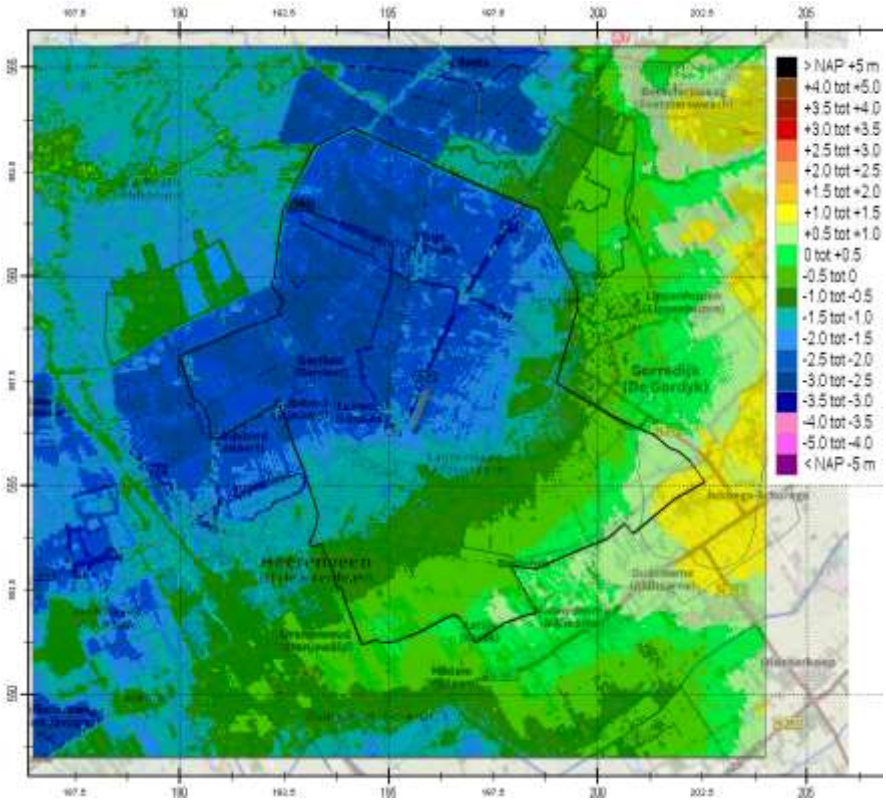
Bijlage 11 GxG's referentiesituatie 2028 (REF28)

WVL1: freatisch

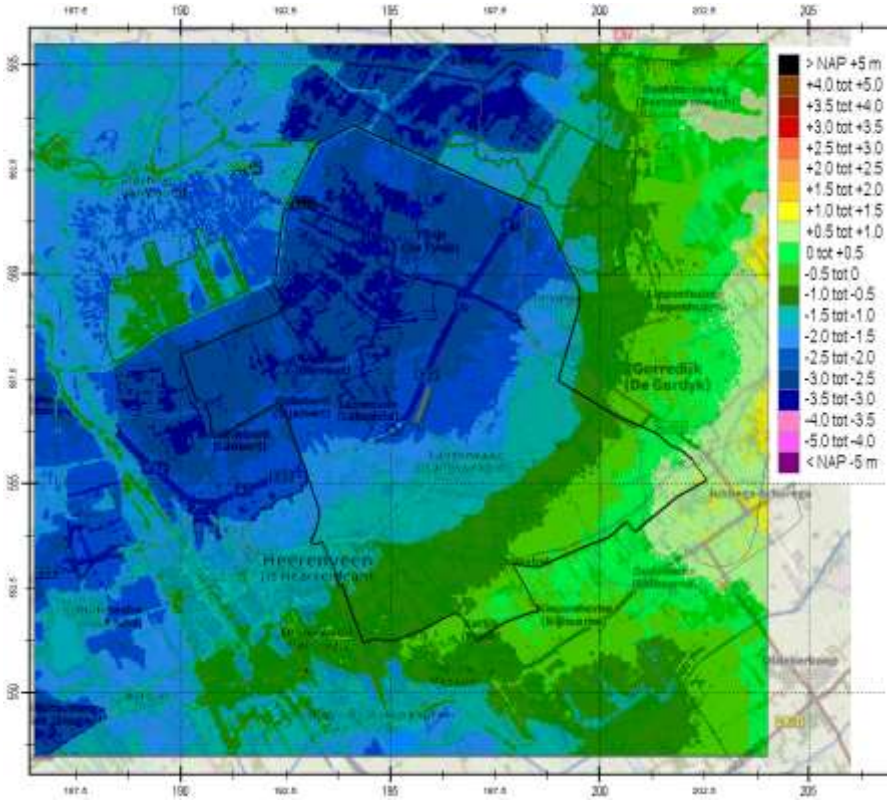
GHG (Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand):



GVG (Gemiddelde Voorjaarsgrondwaterstand):

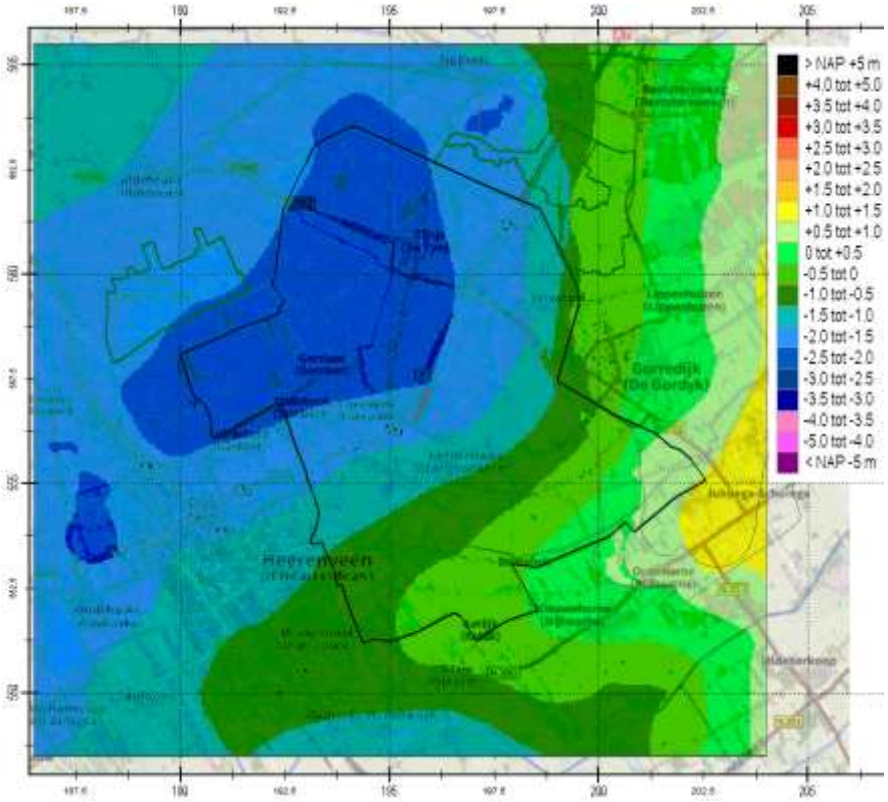


GLG (Gemiddeld Laagste Grondwaterstand):

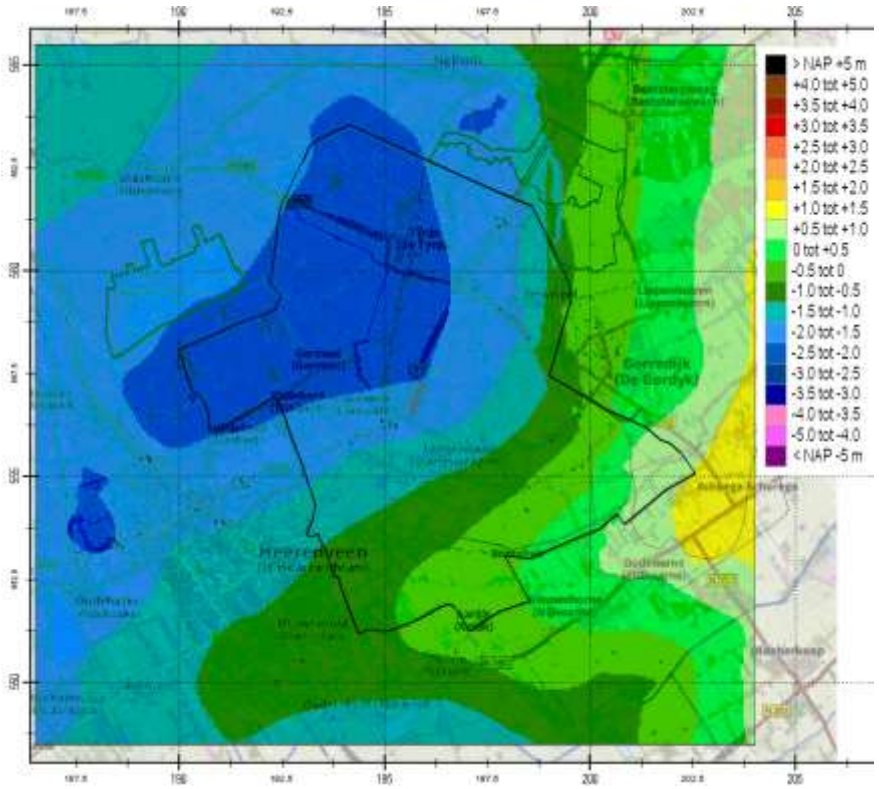


WVL10: onderzijde bepompt pakket

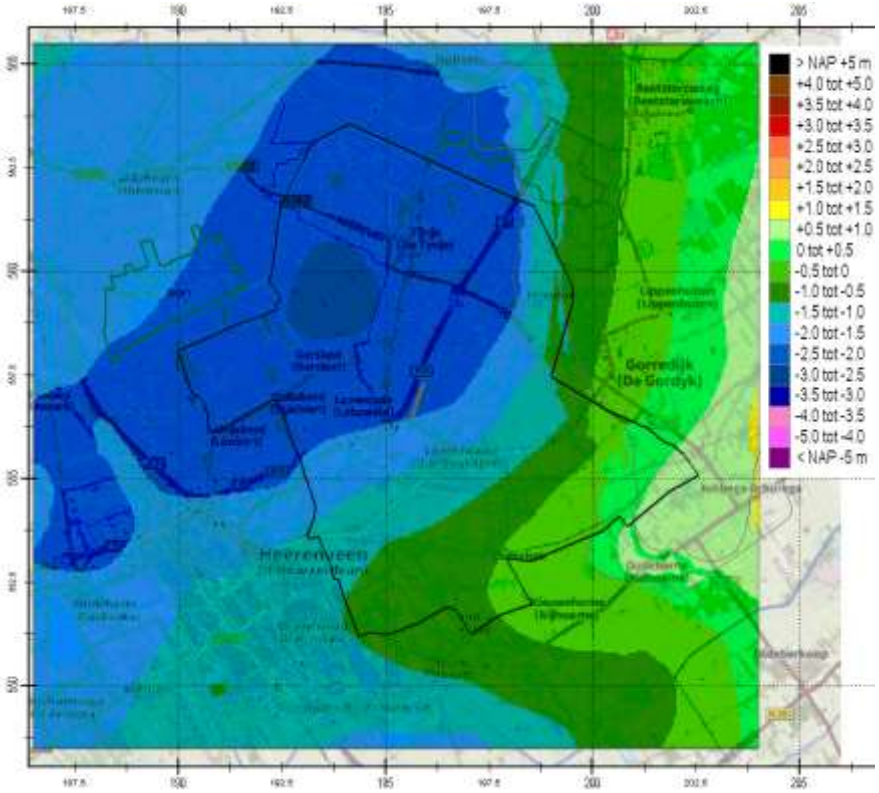
GHG:



GVG:



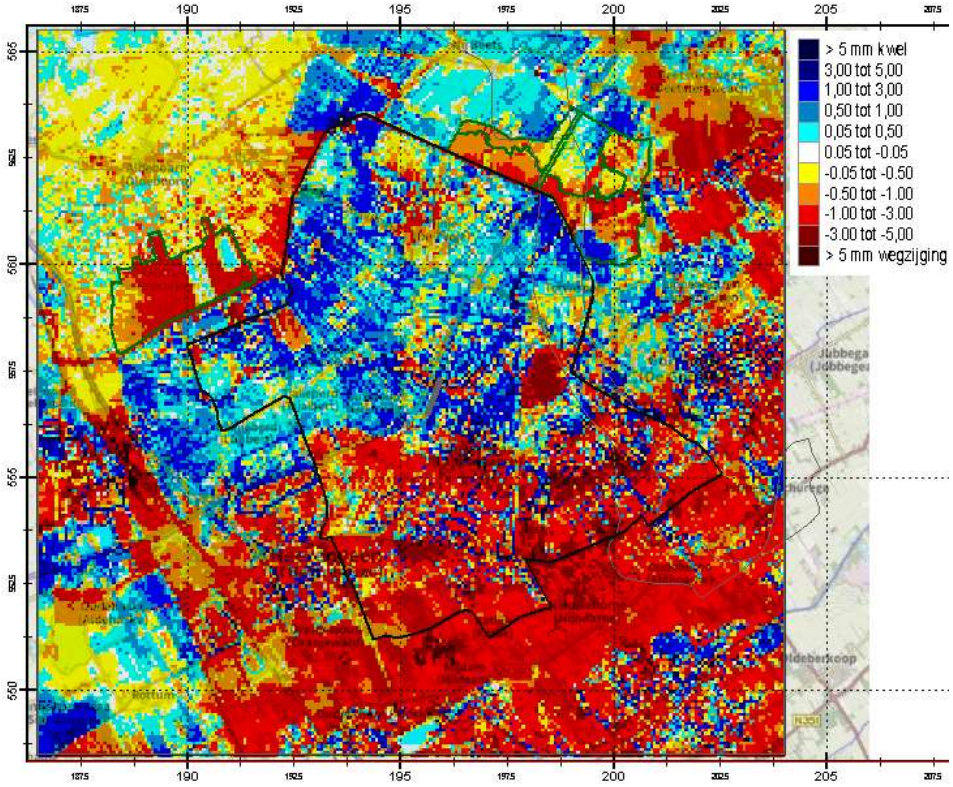
GLG:


> NAP +5 m
+4.0 tot +5.0
+3.5 tot +4.0
+3.0 tot +3.5
+2.5 tot +3.0
+2.0 tot +2.5
+1.5 tot +2.0
+1.0 tot +1.5
+0.5 tot +1.0
0 tot +0.5
-0.5 tot 0
-1.0 tot -0.5
-1.5 tot -1.0
-2.0 tot -1.5
-2.5 tot -2.0
-3.0 tot -2.5
-3.5 tot -3.0
-4.0 tot -3.5
-5.0 tot -4.0
< NAP -5 m
Gorredijk
(De Gordyk)
Heerenveen

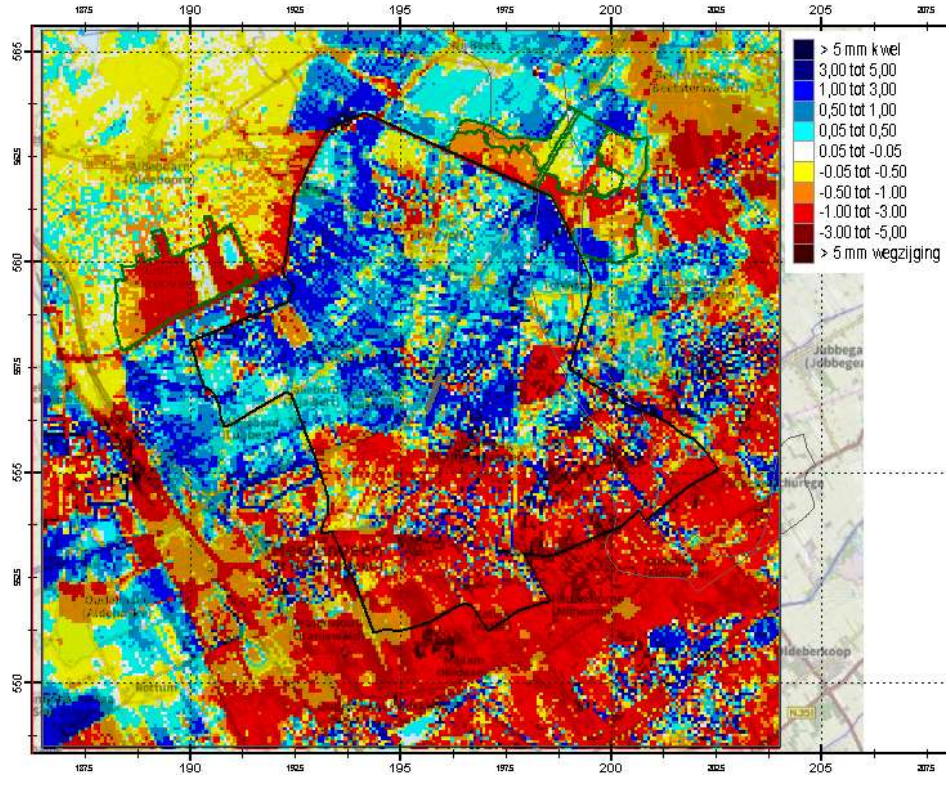
Bijlage 12 Kwel- en infiltratiefluxen (WVL1-4) referentiesituatie 2028 (REF28)

Kwelflux over keileem (tussen WVL1 en WVL4 in mm/d)

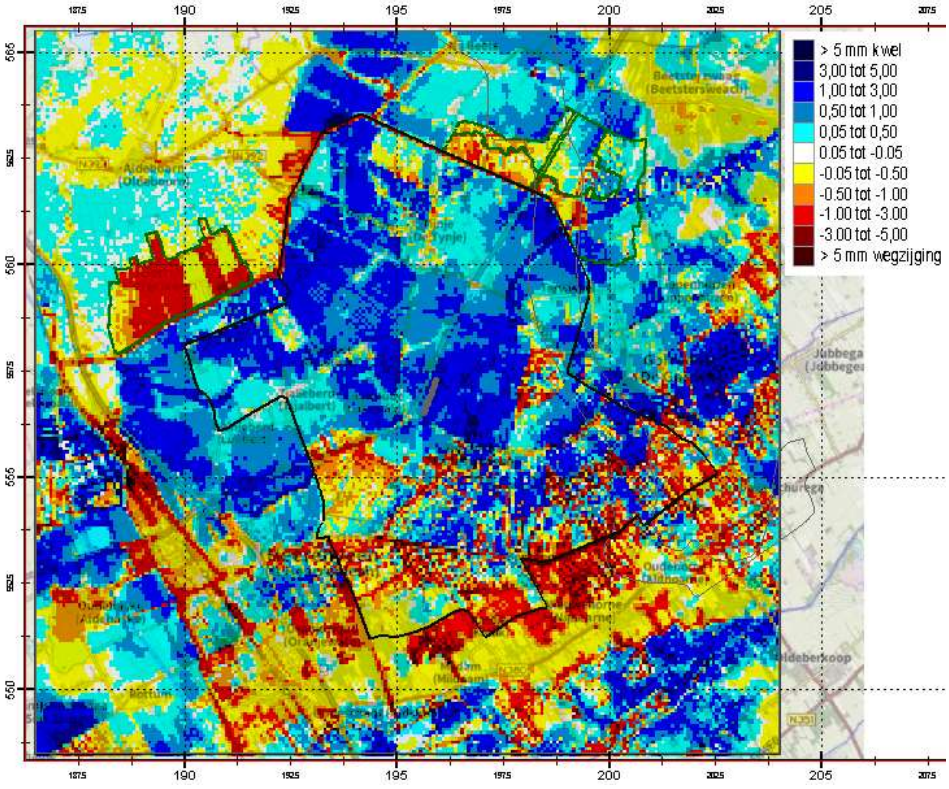
GHG (Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand):



GVG (Gemiddelde Voorjaarsgrondwaterstand):



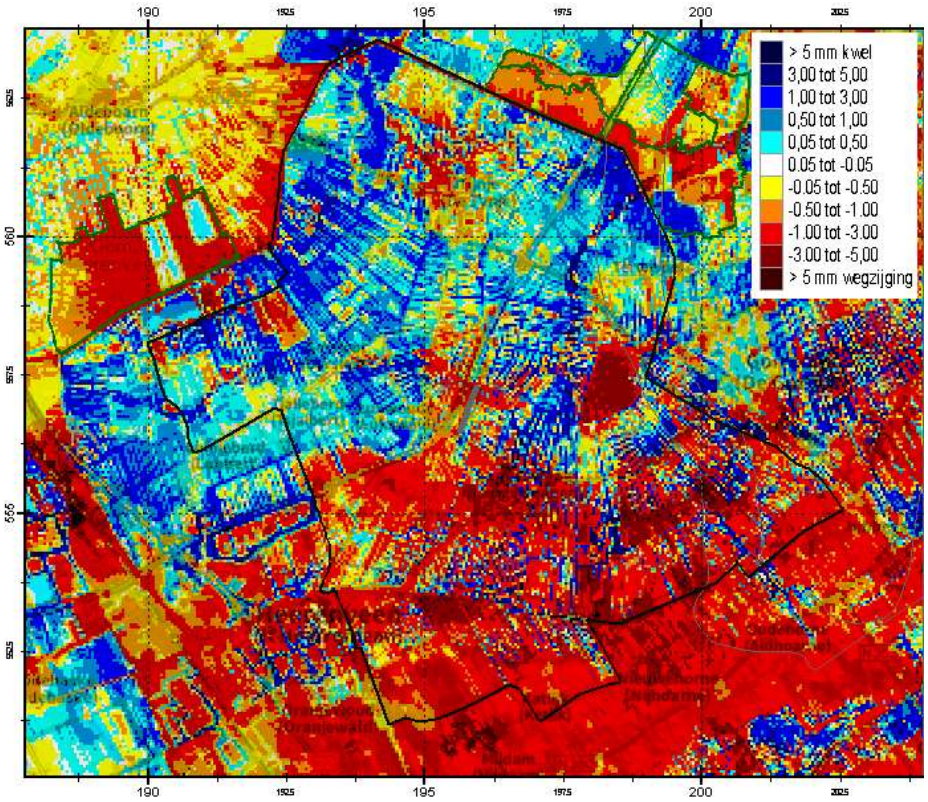
GLG (Gemiddeld Laagste Grondwaterstand):



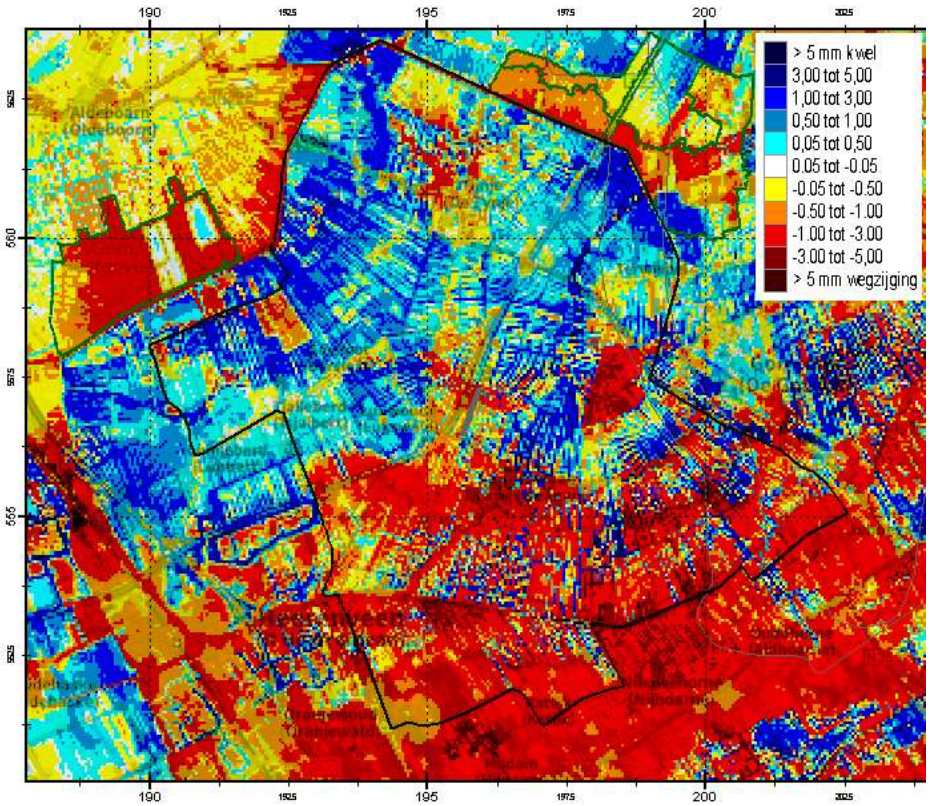
Bijlage 13 Kwel- en infiltratiefluxen (WVL1-4) winning 2028

Kwelflux over keileem (tussen WVL1 en WVL4 in mm/d)

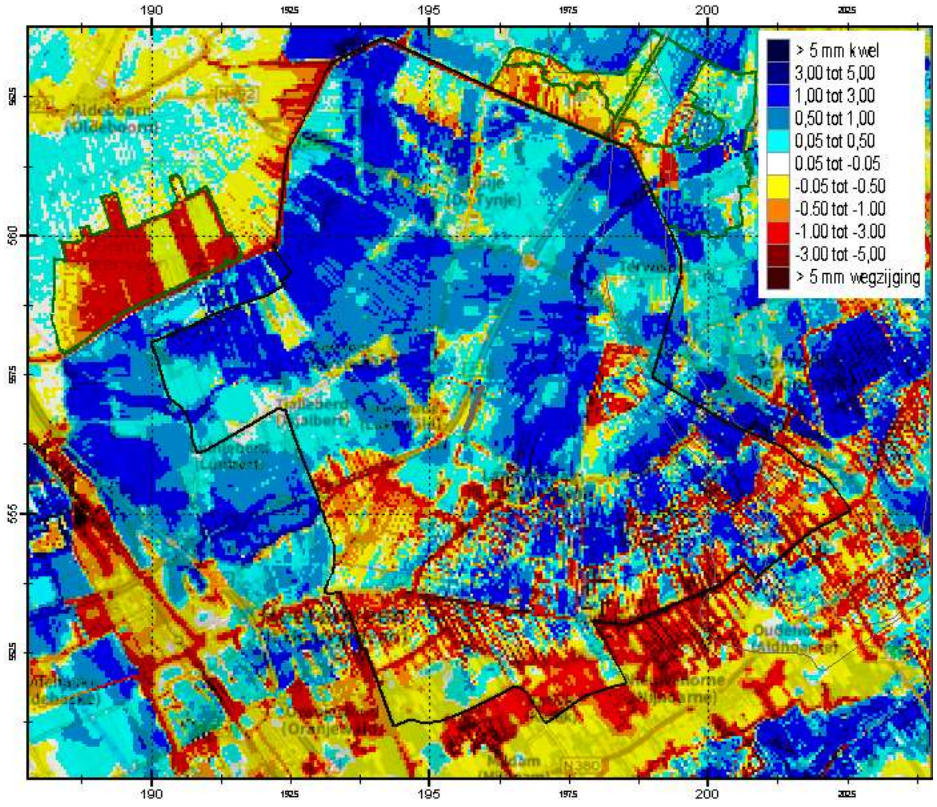
GHG (Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand):



GVG (Gemiddelde Voorjaarsgrondwaterstand):



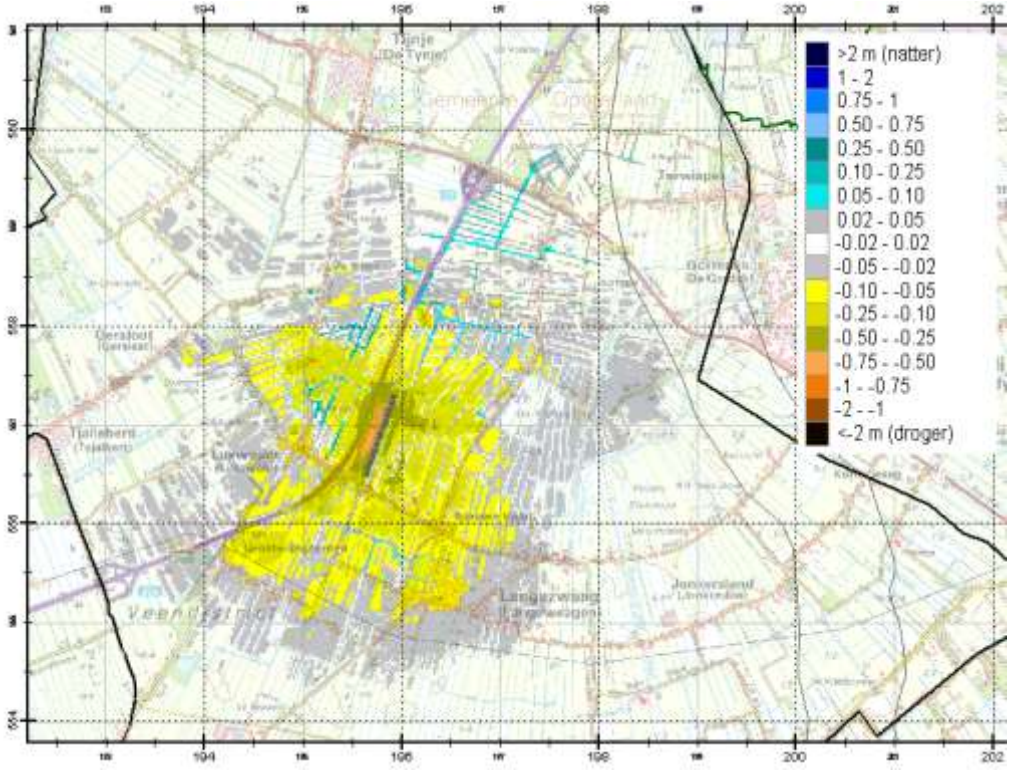
GLG (Gemiddeld Laagste Grondwaterstand):



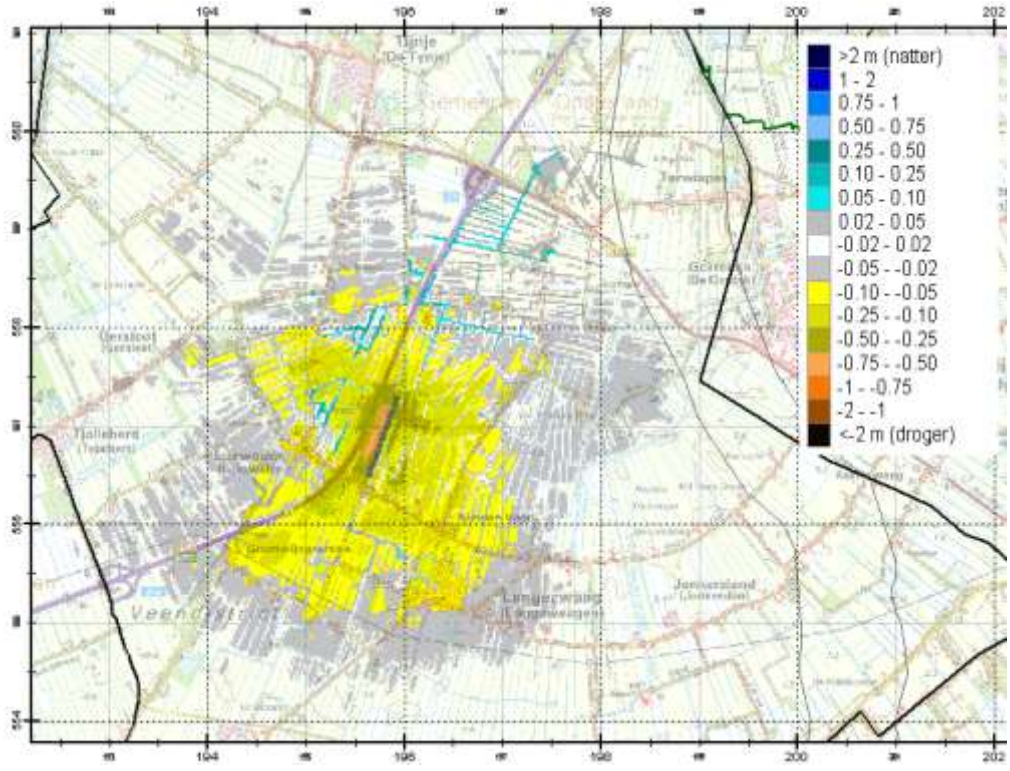
Bijlage 14 Freatische verlagingen winning 2028 met peilopzet

Verlagingen freatische GxG's (WVL1) WINNING28 met peilopzet

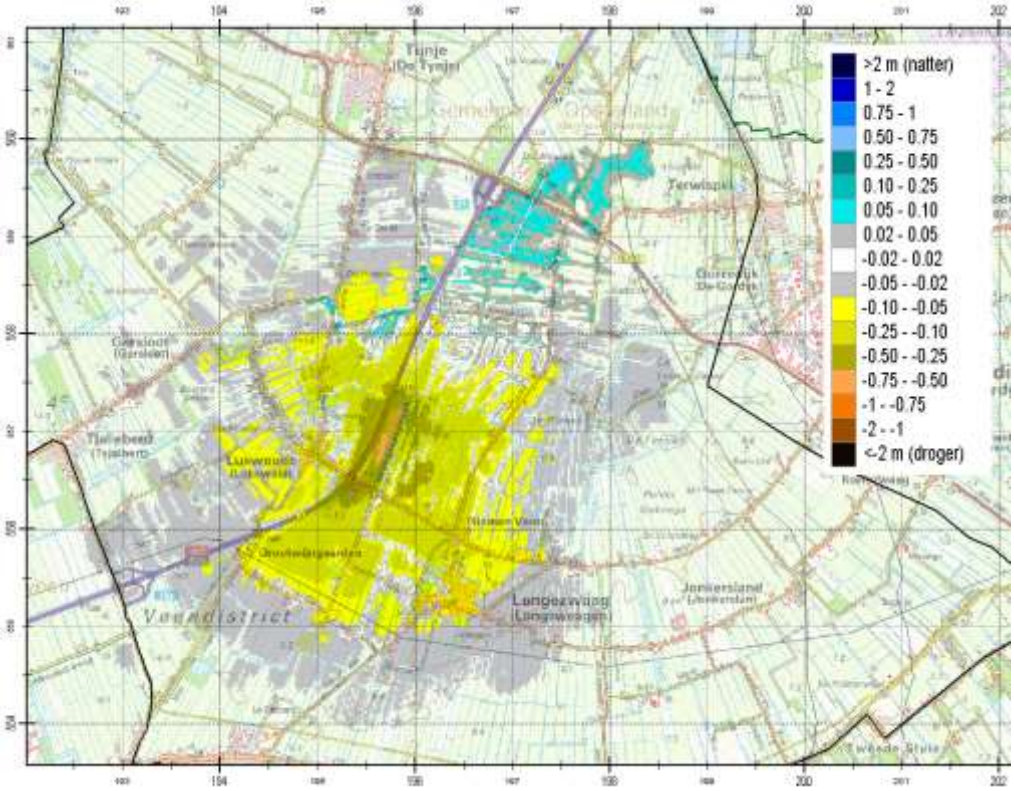
GHG (Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand):



GVG (Gemiddeld Voorjaarsgrondwaterstand):



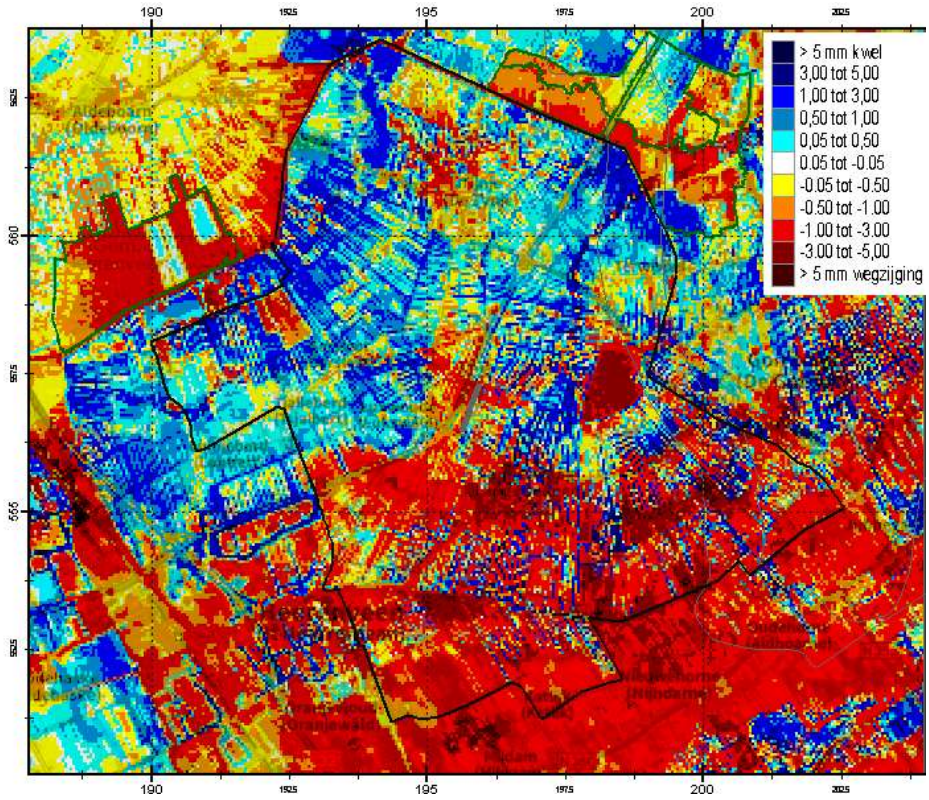
GLG (Gemiddeld Laagste Grondwaterstand):



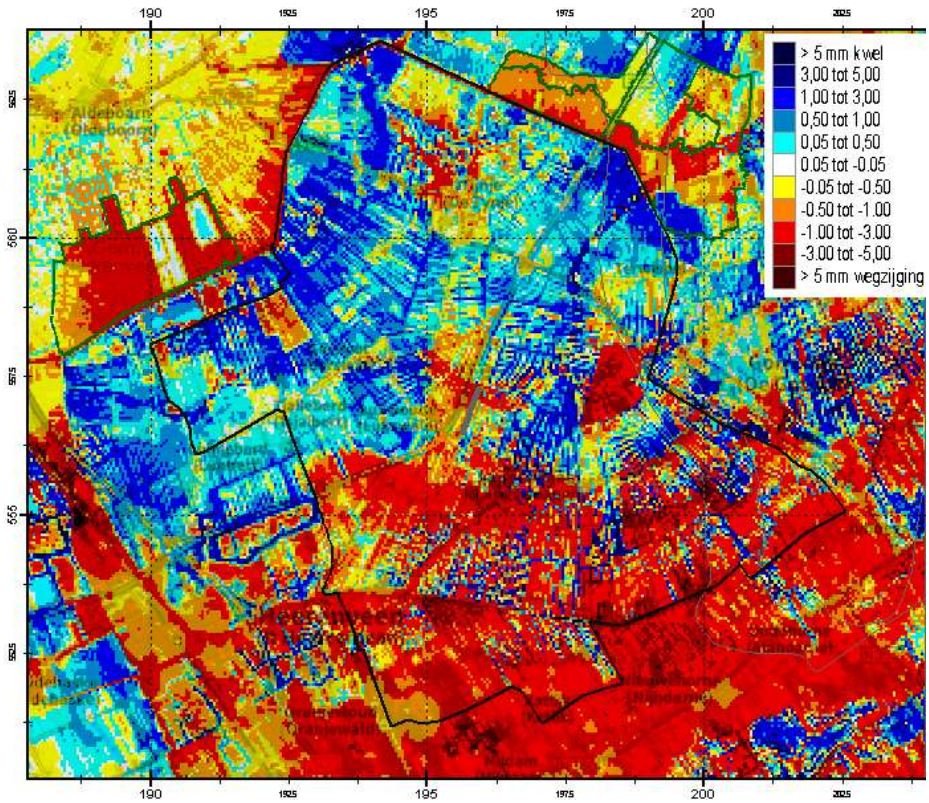
Bijlage 15 Kwel- en infiltratiefluxen (WVL1-4) winning 2028 met peilopzet

Kwelflux over de keileem (tussen WVL1 en WVL4 in mm/d) WINNING28 met peilopzet

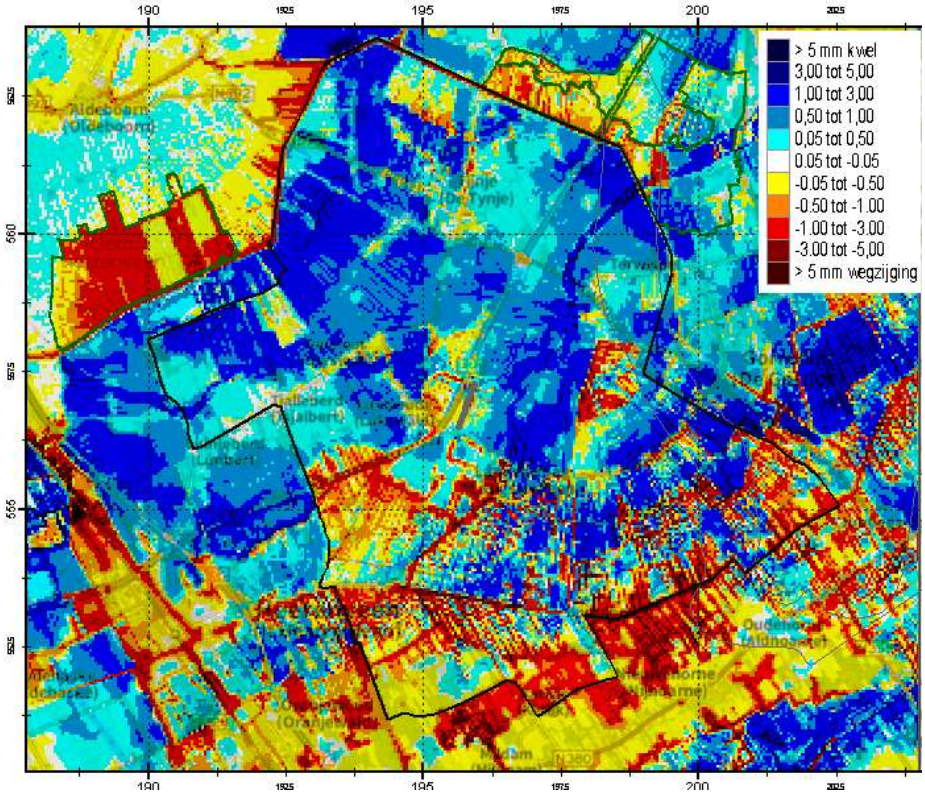
GHG (Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand):



GVG (Gemiddelde Voorjaarsgrondwaterstand):



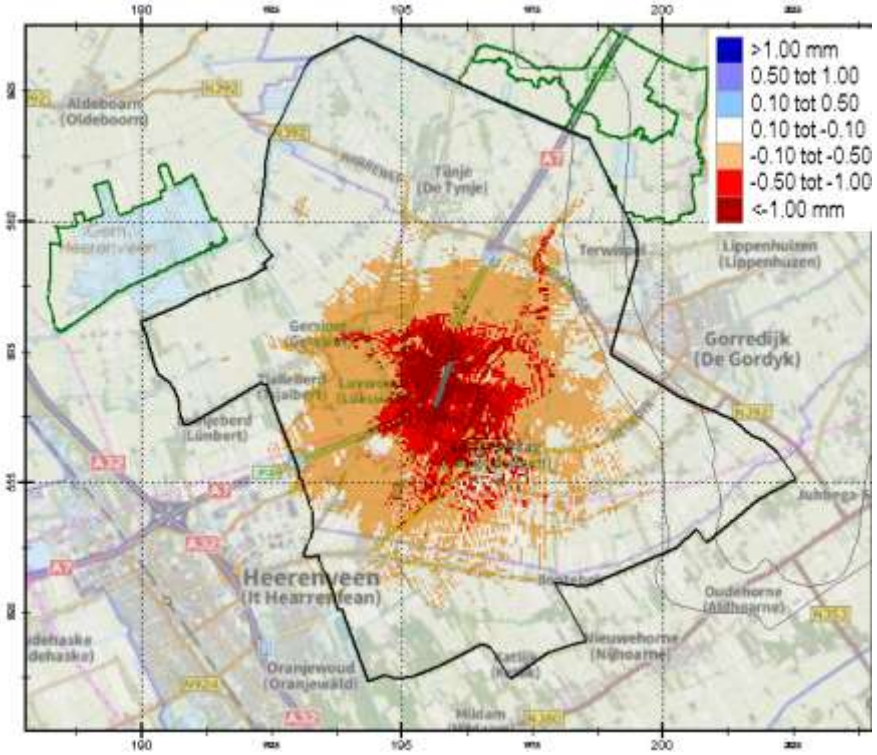
GLG (Gemiddeld Laagste Grondwaterstand):



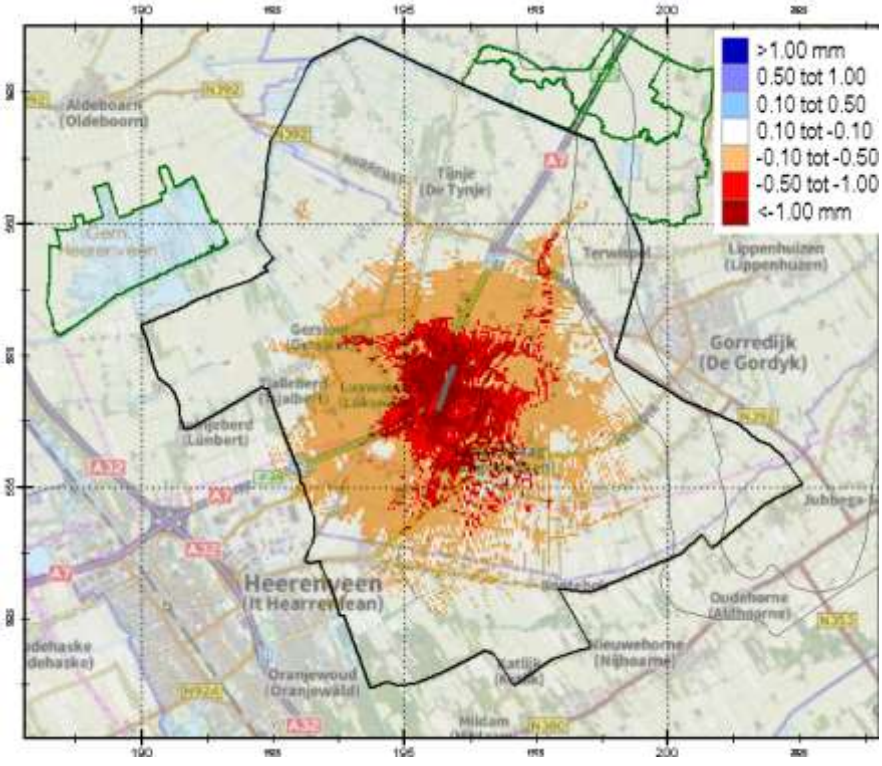
Bijlage 16 Verandering kwel- en wegzijgingsfluxen (WVL1-4) winning 2028 met peilopzet

Verandering in kwelflux over de keileem (tussen WVL1 en WVL4 in mm/d)
WINNING28 met peilopzet

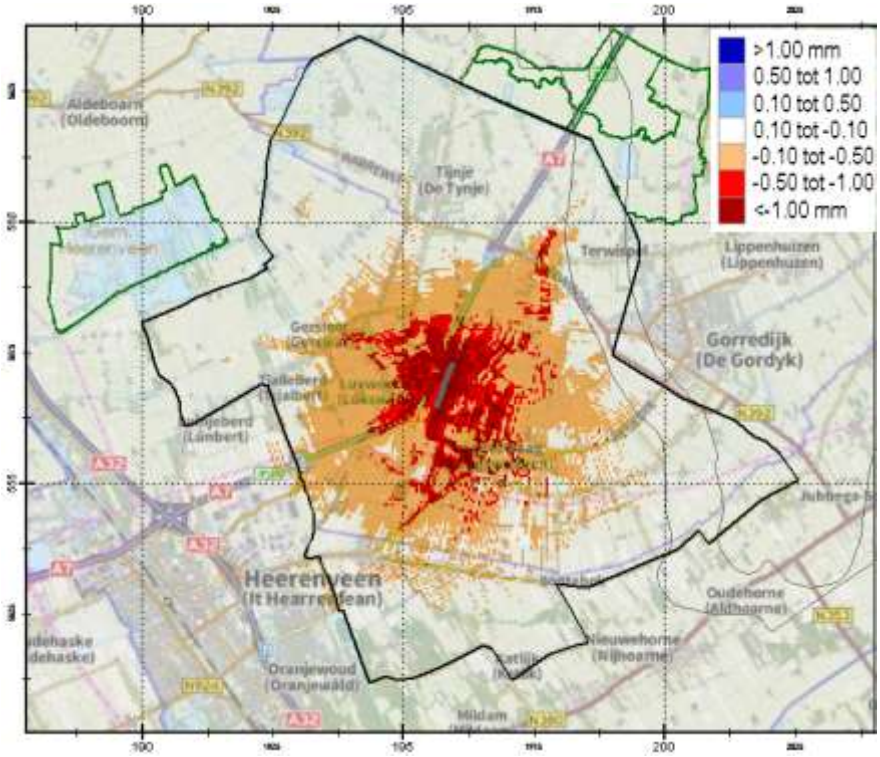
GHG (Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand):



GVG (Gemiddelde Voorjaarsgrondwaterstand):



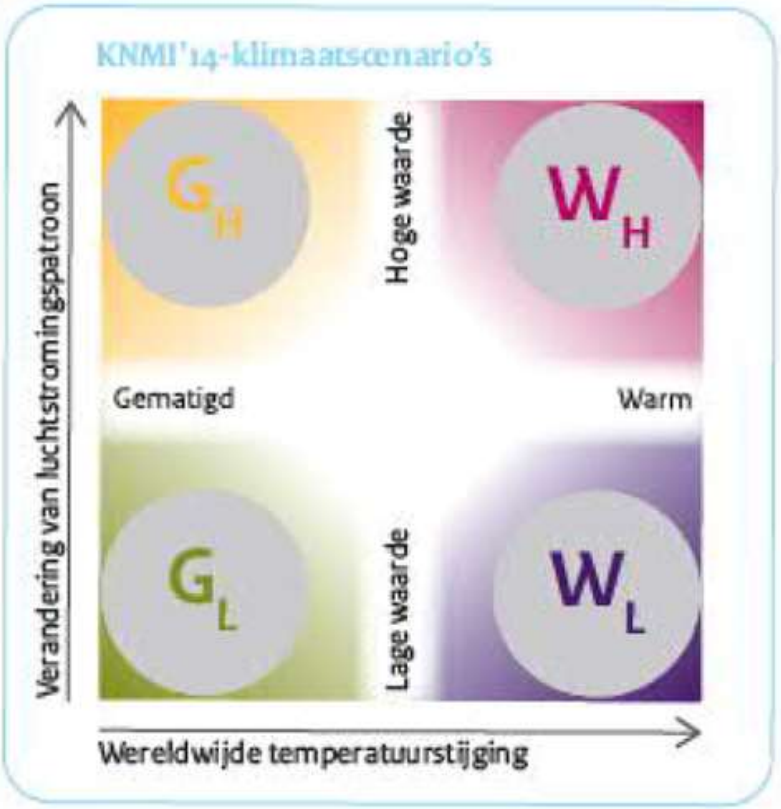
GLG (Gemiddeld Laagste Grondwaterstand):



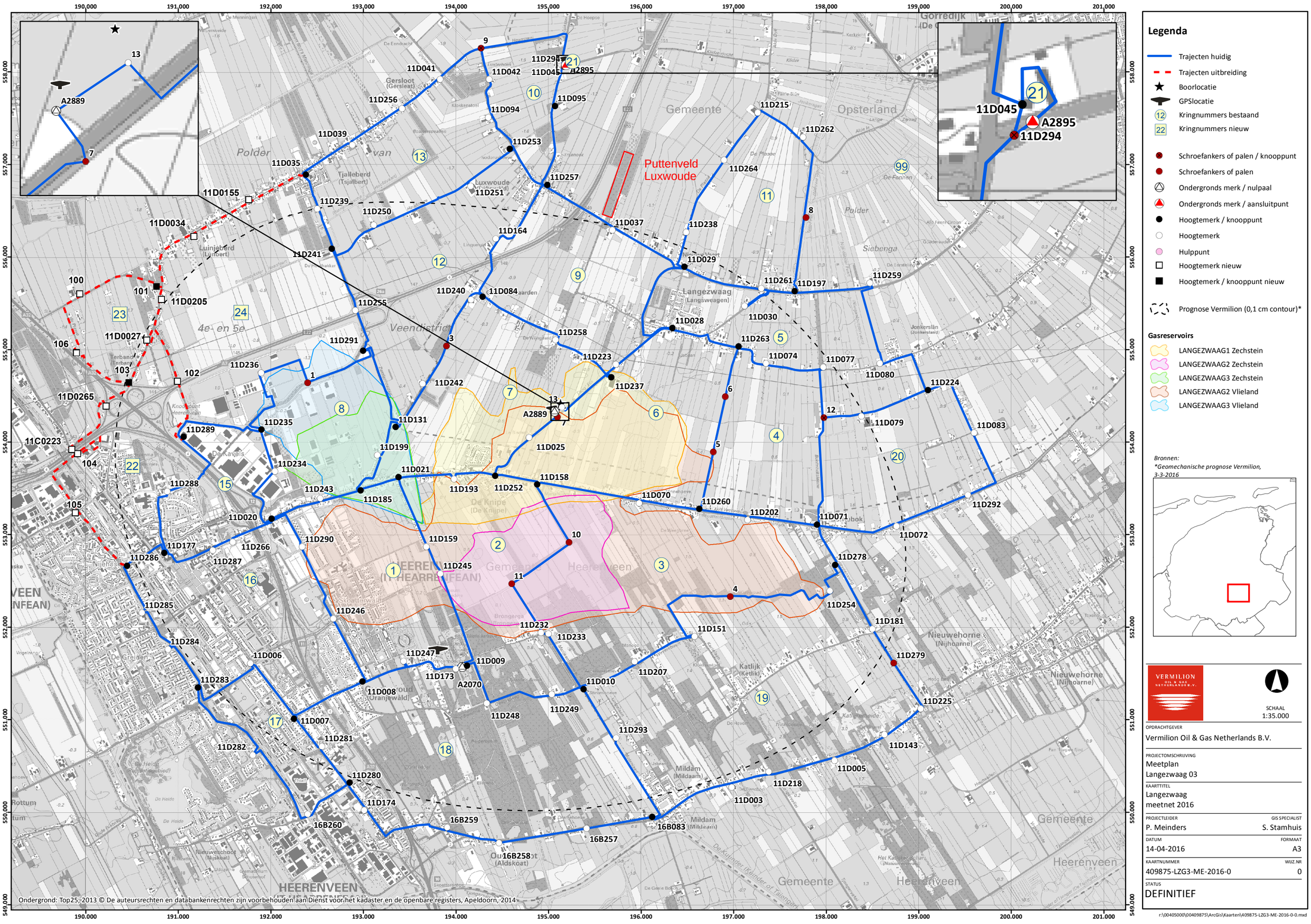
Bijlage 17 Klimaatscenario’s

Scenario 2050	**Gl**	**Gh**	**Wl**	**Wh**
Zeespiegelstijging	15 - 30 cm	15 - 30 cm	20 - 40 cm	20 - 40 cm
Neerslag (jaar)	+ 4%	+ 2,5%	+ 5,5%	+ 5%
Toename verdamping	+ 3%	+ 5%	+ 4%	+ 7%
Neerslag zomer	+ 1,2%	- 8%	+ 1,4%	- 13%
Verdamping zomer	+ 4%	+ 7%	+ 4%	+ 11%

Scenario 2085	**Gl**	**Gh**	**Wl**	**Wh**
Zeespiegelstijging	25 - 60 cm	25 - 60 cm	45 - 80 cm	45 - 80 cm
Neerslag (jaar)	+ 5%	+ 5%	+ 7%	+ 7%
Toename verdamping	+ 2,5%	+ 5,5%	+ 6%	+ 10%
Neerslag zomer	+ 1%	- 8%	- 5%	- 23%
Verdamping zomer	+ 3,5%	+ 8,5%	+ 9%	+ 15%



Bijlage 18 Bodemdaling als gevolg van gaswinning



Legenda

- Trajecten huidig
- Trajecten uitbreiding
- Boorlocatie
- GPSlocatie
- Kringnummers bestaand
- Kringnummers nieuw
- Schroefankers of palen / knooppunt
- Schroefankers of palen
- Ondergronds merk / nulpaal
- Ondergronds merk / aansluitpunt
- Hoogtemerk / knooppunt
- Hoogtemerk
- Hulppunt
- Hoogtemerk nieuw
- Hoogtemerk / knooppunt nieuw
- Prognose Vermilion (0,1 cm contour)*

Gasreservoirs

- LANGEZWAAG1 Zechstein
- LANGEZWAAG2 Zechstein
- LANGEZWAAG3 Zechstein
- LANGEZWAAG2 Vlieland
- LANGEZWAAG3 Vlieland

Bronnen:
**Geomechanische prognose Vermilion, 3-3-2016*

VERMILION OIL & GAS NETHERLANDS B.V.

SCHAAL 1:35.000

OPDRACHTGEVER
Vermilion Oil & Gas Netherlands B.V.

PROJECTOMSCHRIJVING
Meetplan
Langezwaag 03

KAARTTITEL
Langezwaag
meetnet 2016

PROJECTLEIDER: P. Meinders
GIS SPECIALIST: S. Stamhuis
DATUM: 14-04-2016
FORMAAT: A3
KAARTNUMMER: 409875-LZG3-ME-2016-0
WIJZ.NR: 0
STATUS: DEFINITIEF

r:\00405000\00409875\ArcGis\kaarten\409875-LZG3-ME-2016-0-0.mxd

Verkeersbewegingen

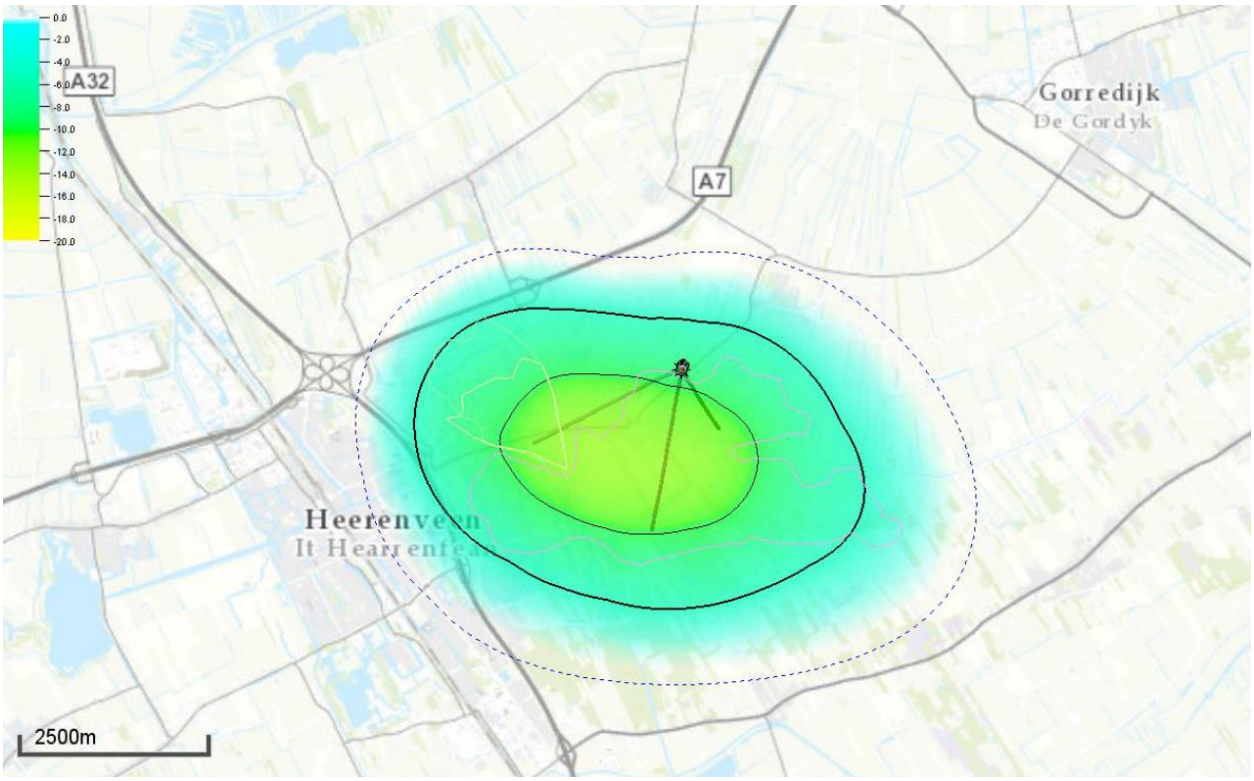
Extra verkeersbewegingen zullen kwantitatief worden onderbouwd op basis van ervaringen bij vergelijkbare grondwaterwinningen. Vitens zal onderzoeken hoe overlast voor omwonenden tot het minimum beperkt kan blijven.

Recreatie

In het MER zullen via inrichtingsvarianten effecten voor recreatief medegebruik van het bosperceel worden bepaald.

Gaswinning door Vermilion

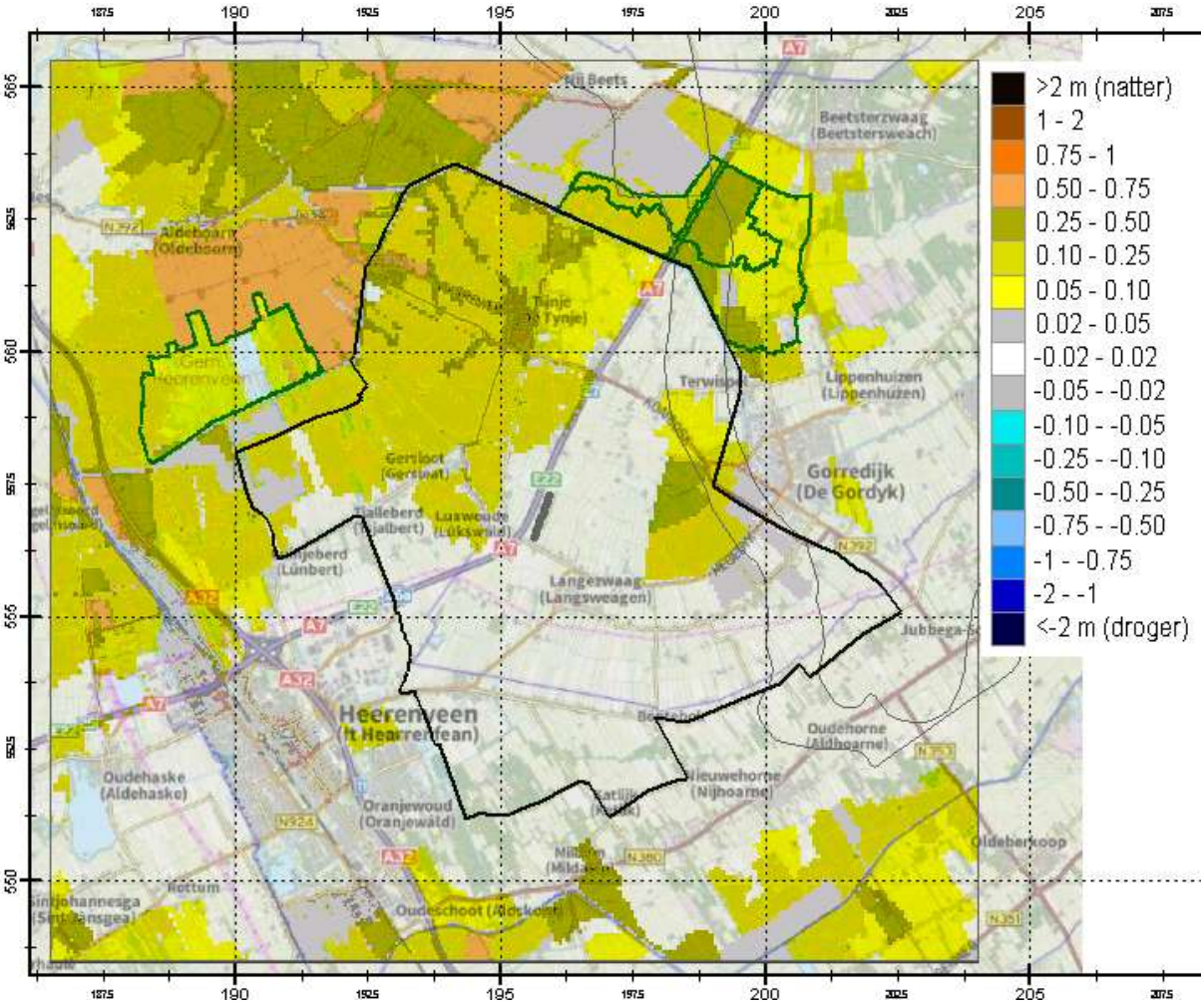
Naar aanleiding van geuite ongerustheid tijdens een door Vitens gehouden voorlichtingsavond d.d. 8 februari 2018, zal in het MER expliciet aandacht worden besteed aan effecten over en weer tussen gaswinning door Vermilion bij Langezwaag en waterwinning door Vitens bij Luxwoude. Provincie en Vitens hebben tijdens deze hoorzitting toegezegd dat de onderlinge relatie van beide activiteiten goed in beeld zal worden gebracht, mede om te voorkomen dat burgers in geval van schade problemen kunnen krijgen bij de bewijsvoering. Het meetnet zal hiertoe worden ingericht. Overlap en cumulatieve effecten worden overigens niet verwacht, gelet op de reikwijdte van de contouren van de bodemdalingskom van Vermilion, zie figuur 19.



Figuur 19: bodemdalingskom (P10) t.g.v. Langezwaag winning. De stippellijn geeft het invloedsgebied, de kleuren de daling. Schaal is in mm. De 5, 10 mm contouren zijn ingetekend. Martens, H., Vermilion, februari 2017.

Bijlage 19 Gemiddelde bodemdaling per peilvak referentiesituatie 2050

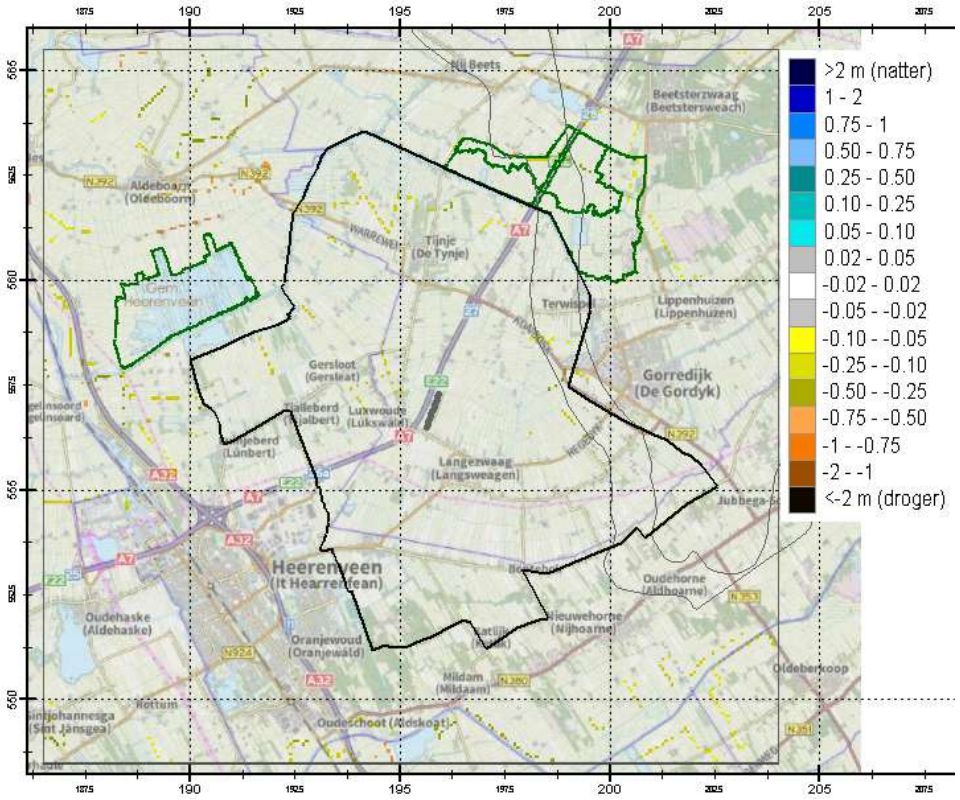
Gemiddelde bodemdaling (in m) per peilvak referentiesituatie 2050



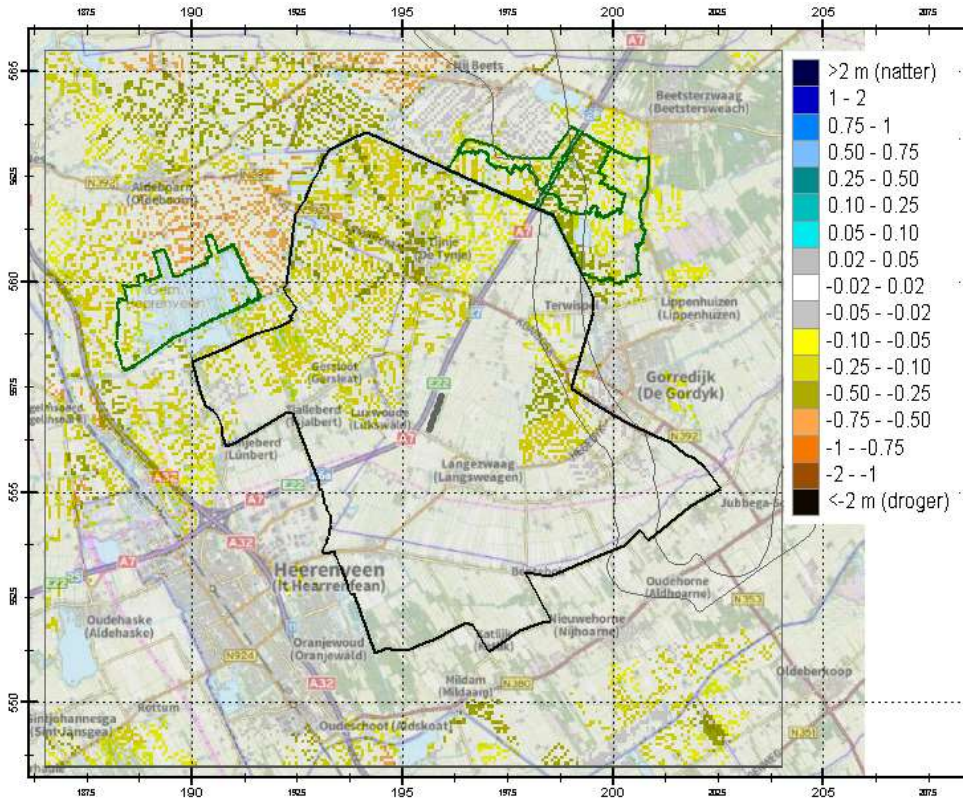
Bijlage 20 Verlaging in peilen en bodemhoogte referentiesituatie 2050

Verlaging in peilen en voor RIV-cellen ook bodemhoogte (in m) referentiesituatie 2050

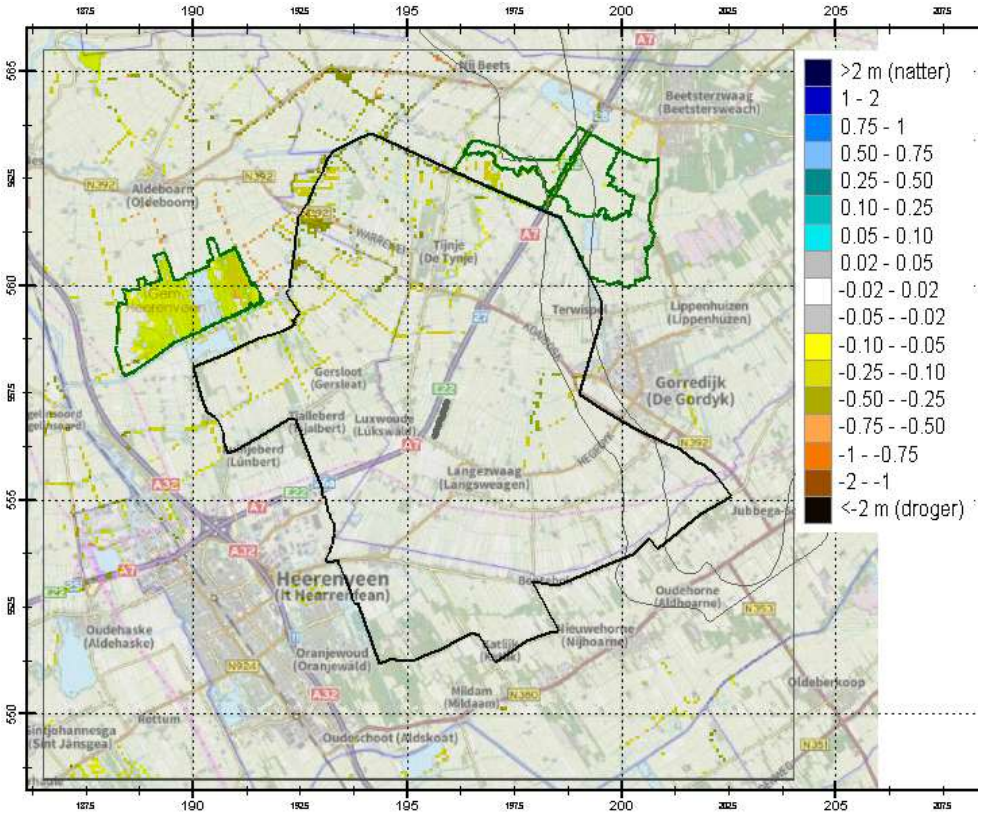
Legger



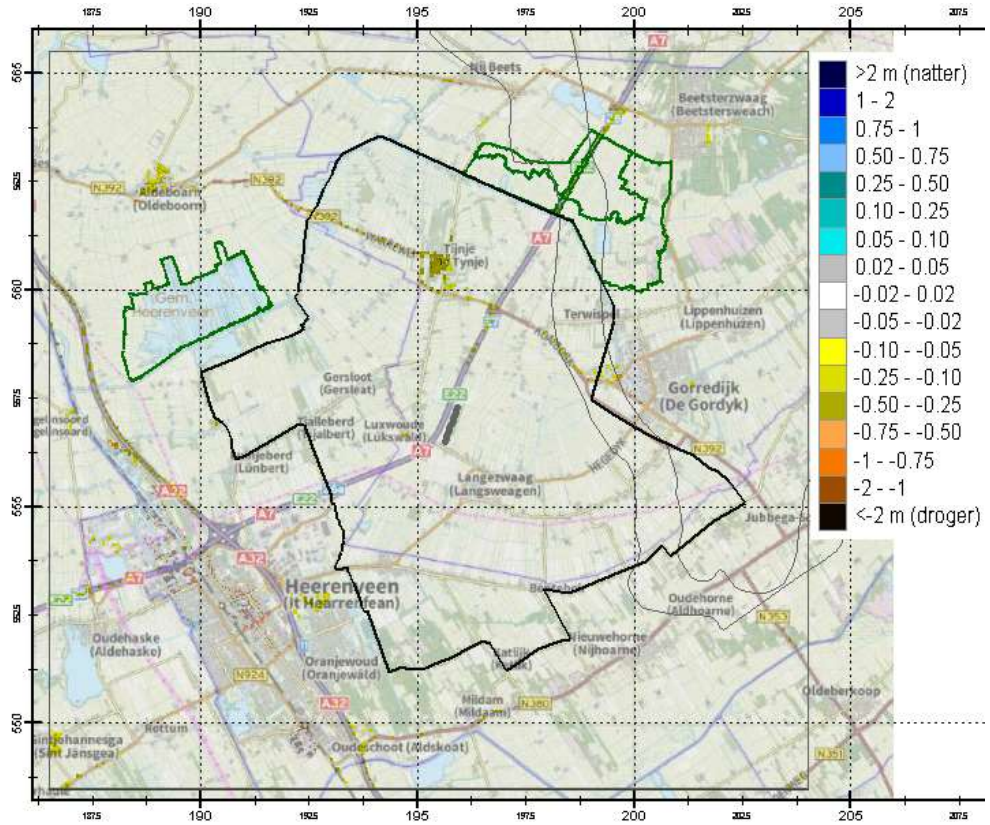
TOP10_LIJN



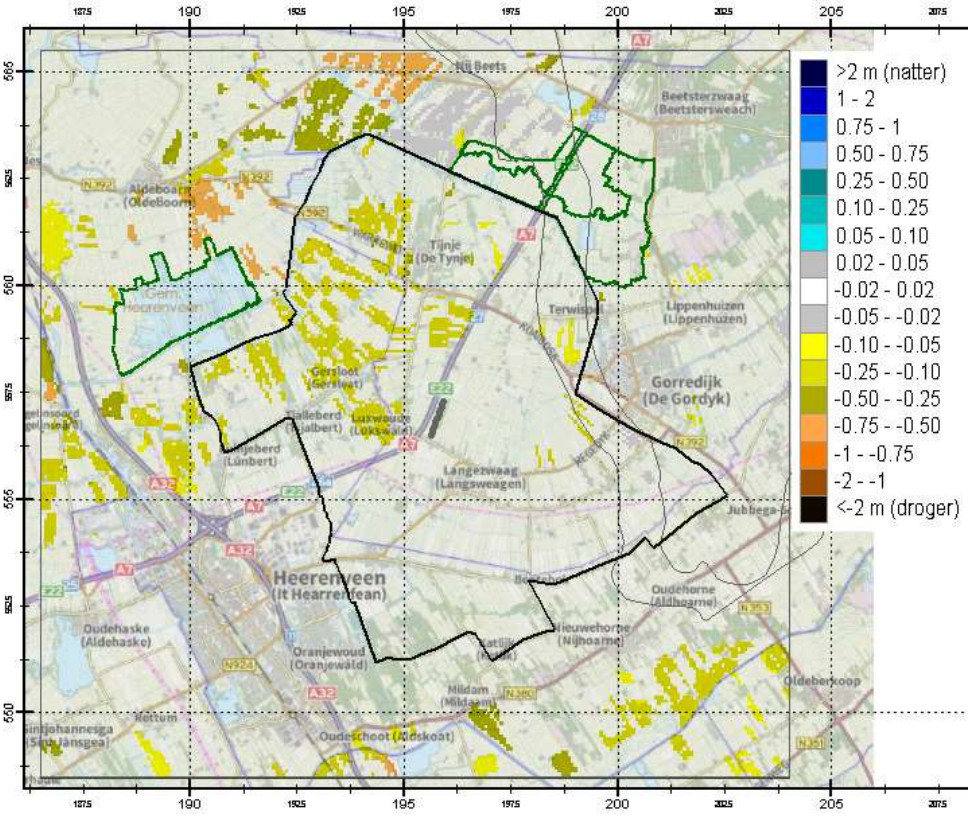
TOP10_VLAK



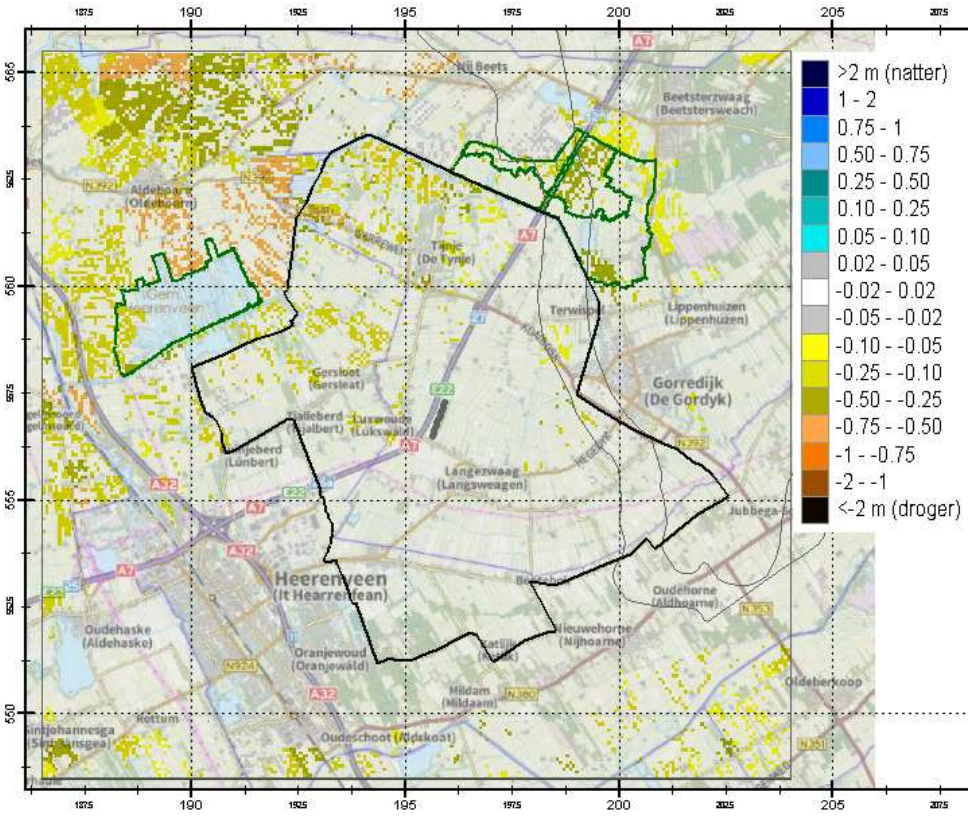
DRAINAGE STEDELIJK



DRAINAGE LANDELIJK



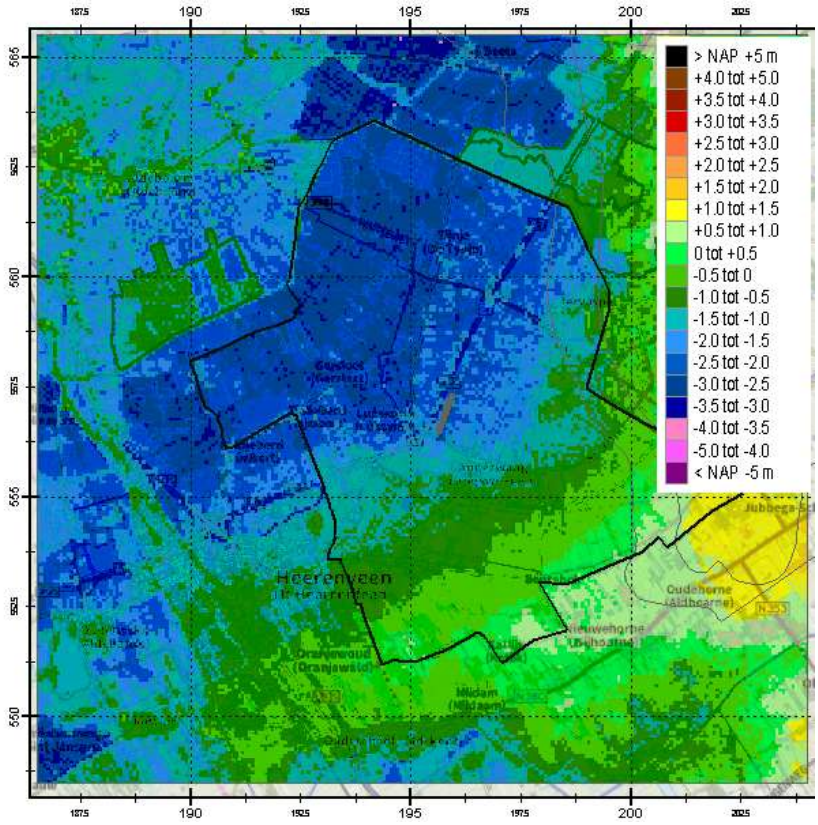
GREPPELS



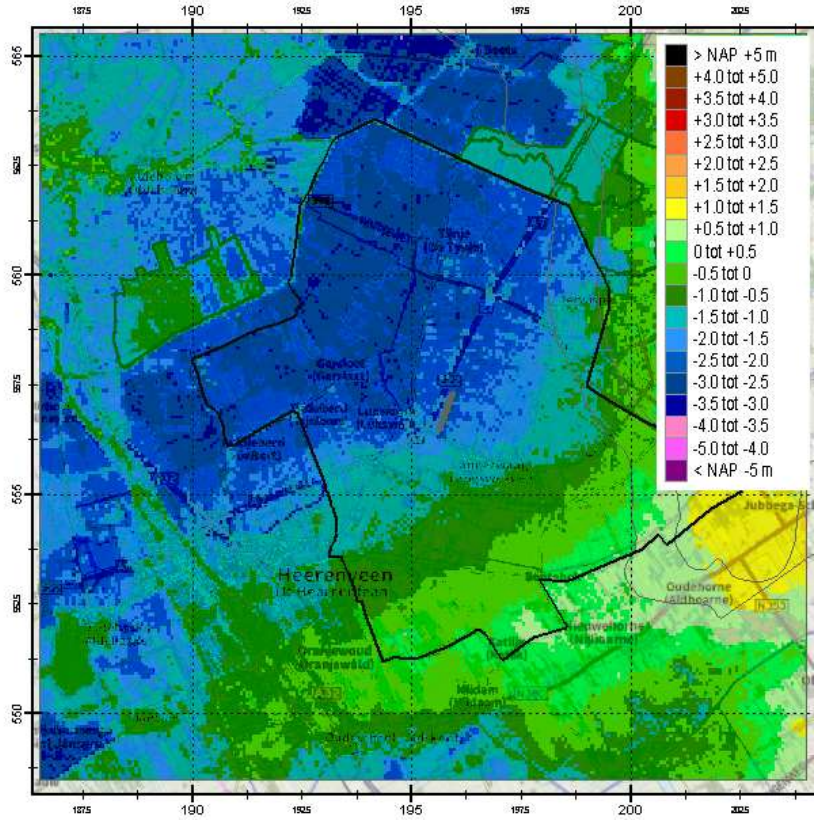
Bijlage 21 GxG's referentiesituatie 2050

WVL1: freatisch

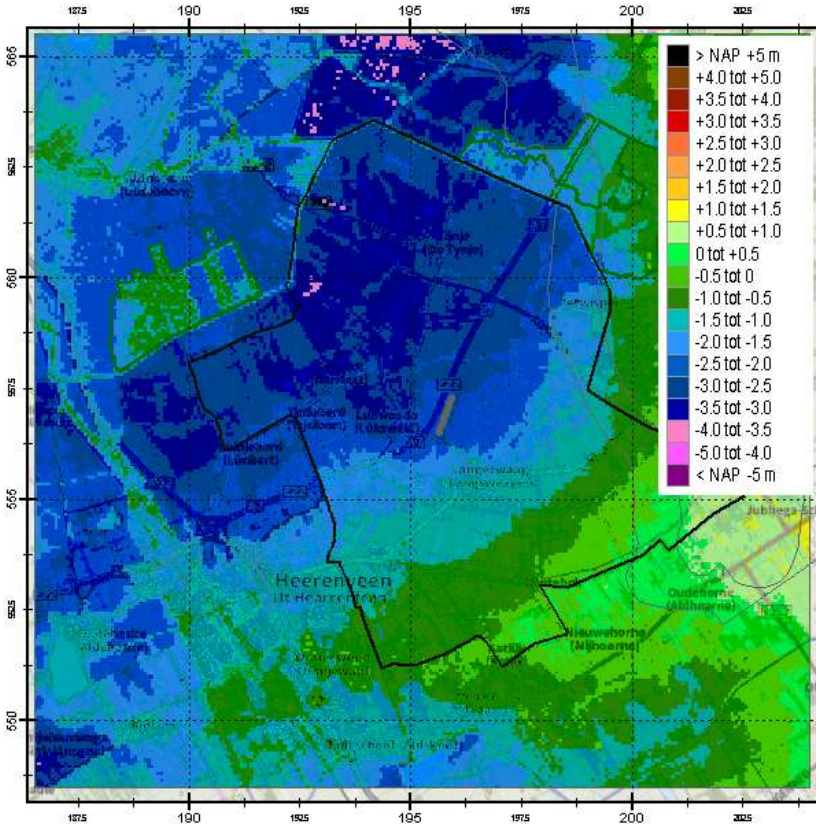
GHG (Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand):



GVG (Gemiddelde Voorjaarsgrondwaterstand):

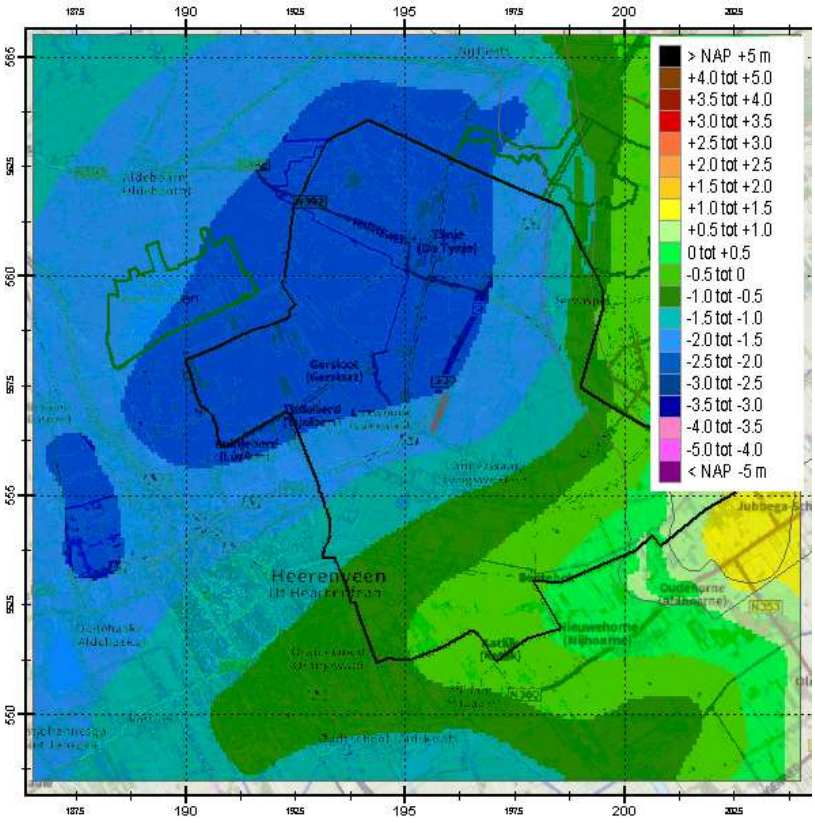


GLG (Gemiddeld Laagste Grondwaterstand):

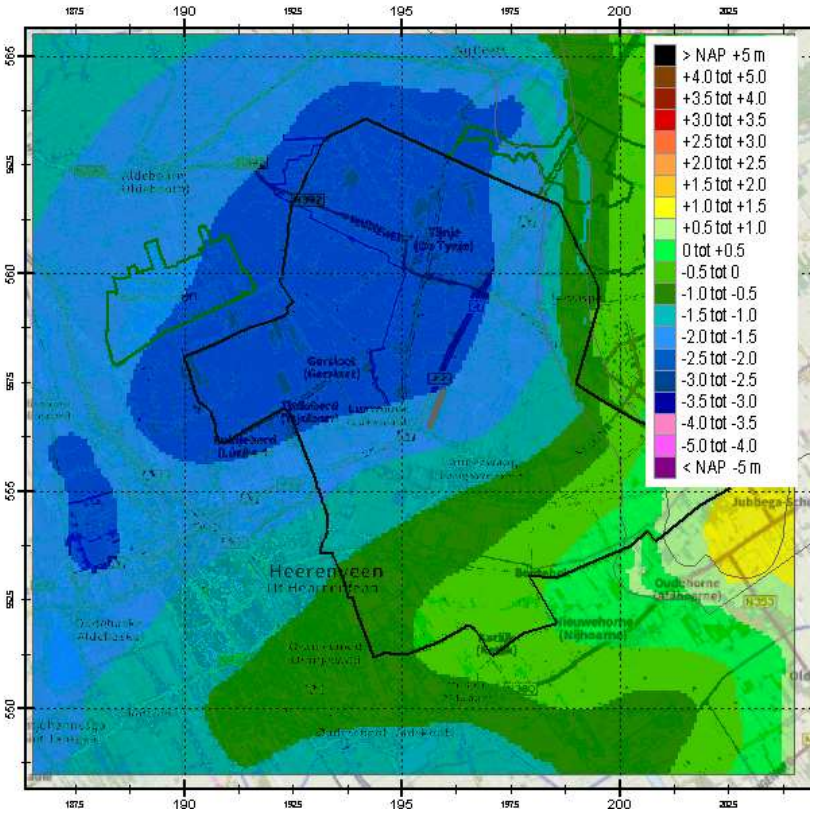


WVL10: onderste deel bepompt pakket

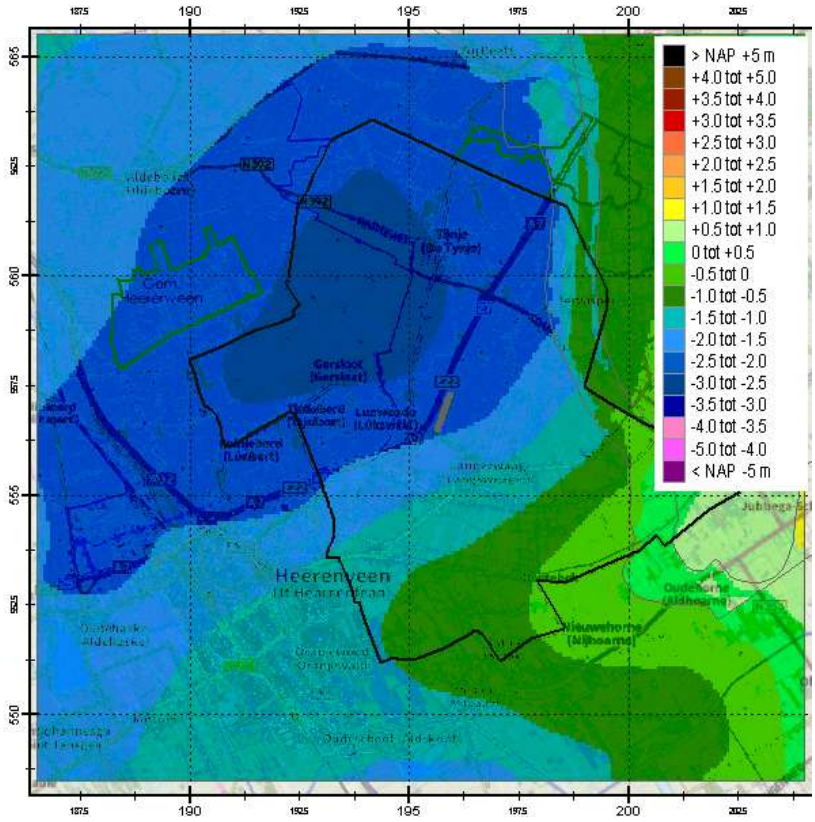
GHG:



GVG:



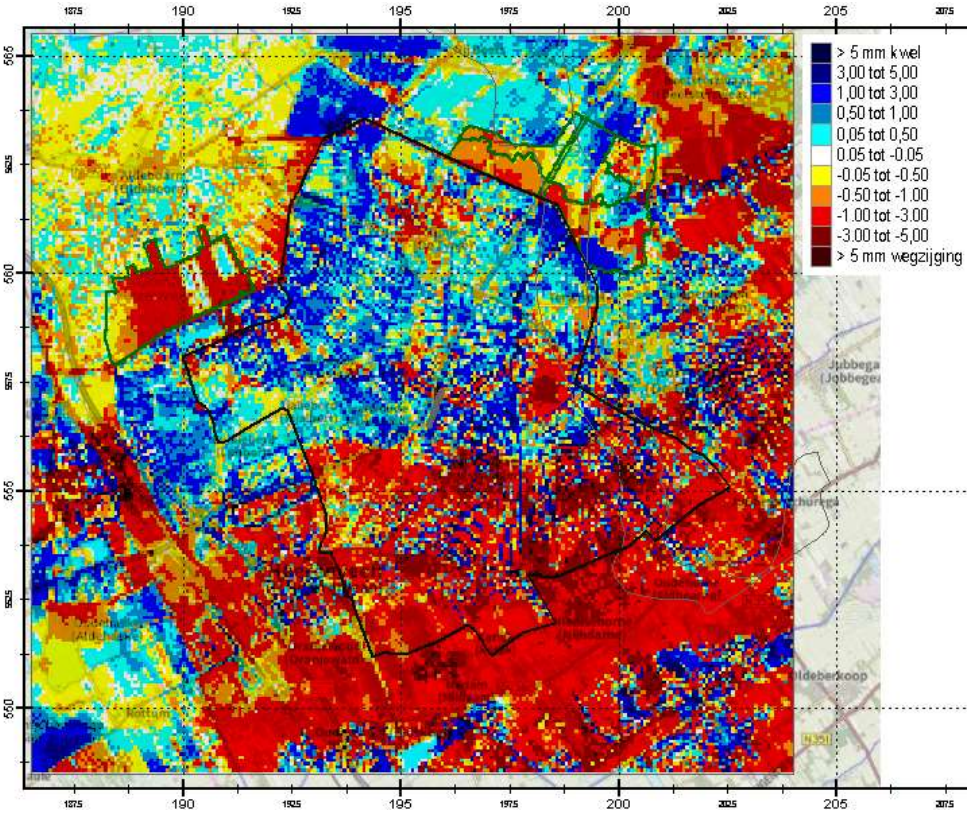
GLG:


> NAP +5 m
+4.0 tot +5.0
+3.5 tot +4.0
+3.0 tot +3.5
+2.5 tot +3.0
+2.0 tot +2.5
+1.5 tot +2.0
+1.0 tot +1.5
+0.5 tot +1.0
0 tot +0.5
-0.5 tot 0
-1.0 tot -0.5
-1.5 tot -1.0
-2.0 tot -1.5
-2.5 tot -2.0
-3.0 tot -2.5
-3.5 tot -3.0
-4.0 tot -3.5
-5.0 tot -4.0
< NAP -5 m
Heerenveen
Oudehorne (Aldhoarne)
Nieuwehorne (Nijhoarne)
190
195
200
560
565

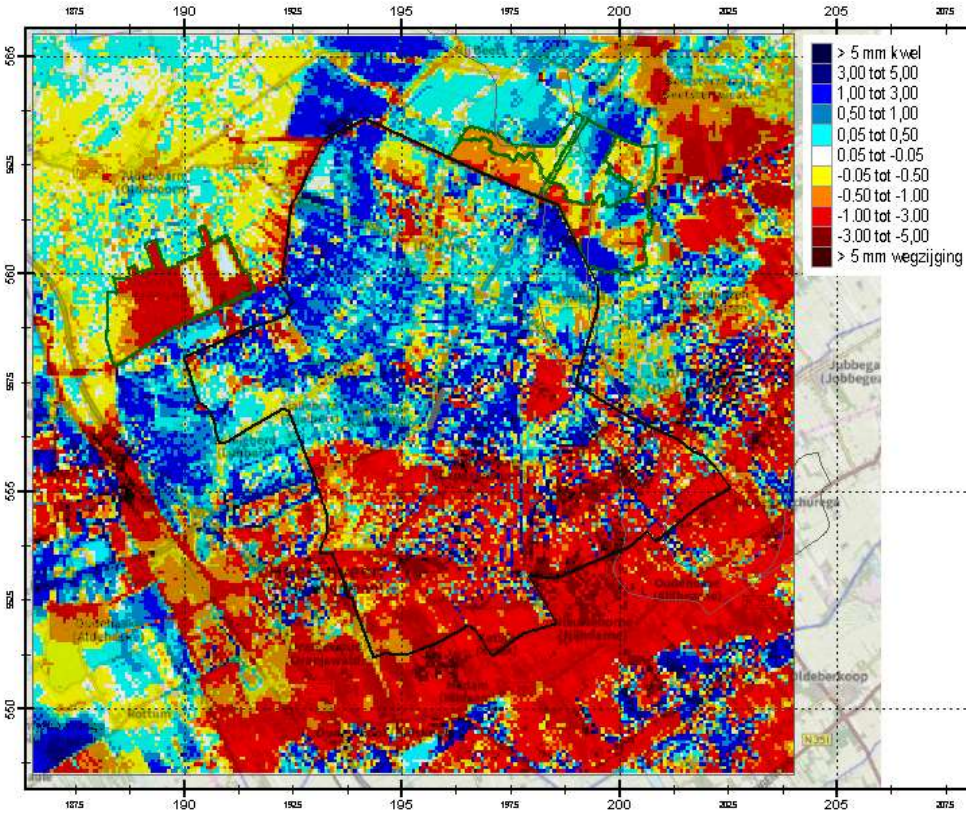
Bijlage 22 Kwel- en wegzijgingsfluxen (WVL1-4) referentiesituatie 2050

Kwelflux over keileem (tussen WVL1 en WVL4 in mm/d) REF50

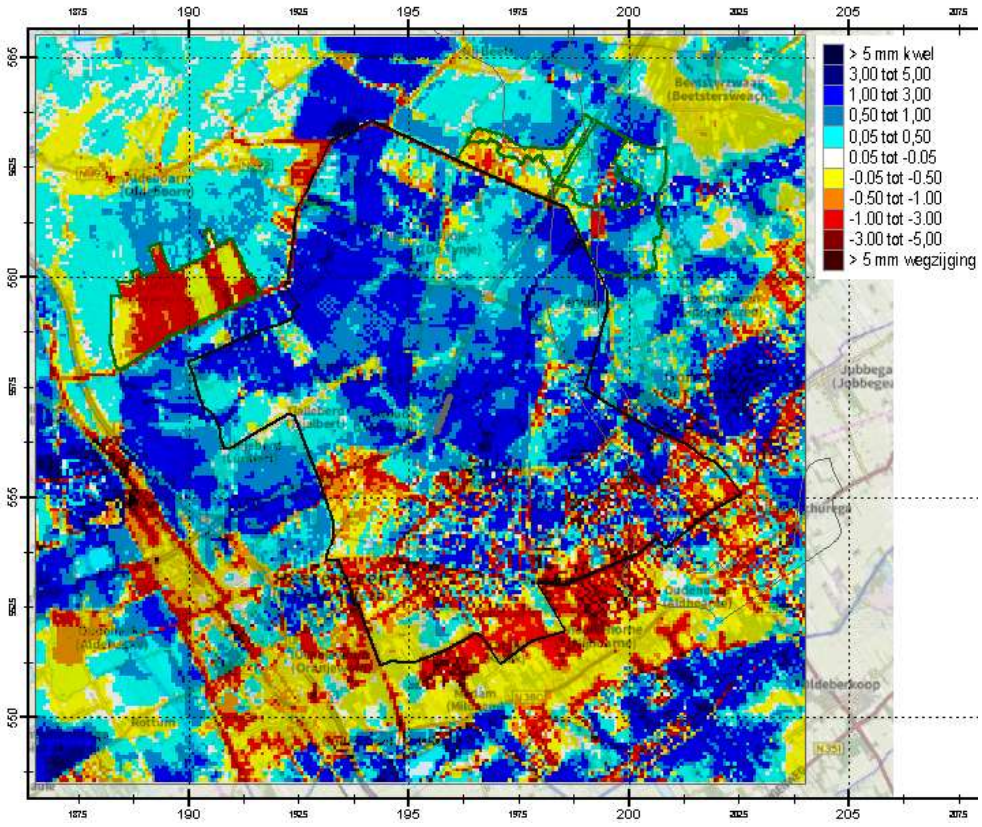
GHG (Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand):



GVG (Gemiddelde Voorjaarsgrondwaterstand):



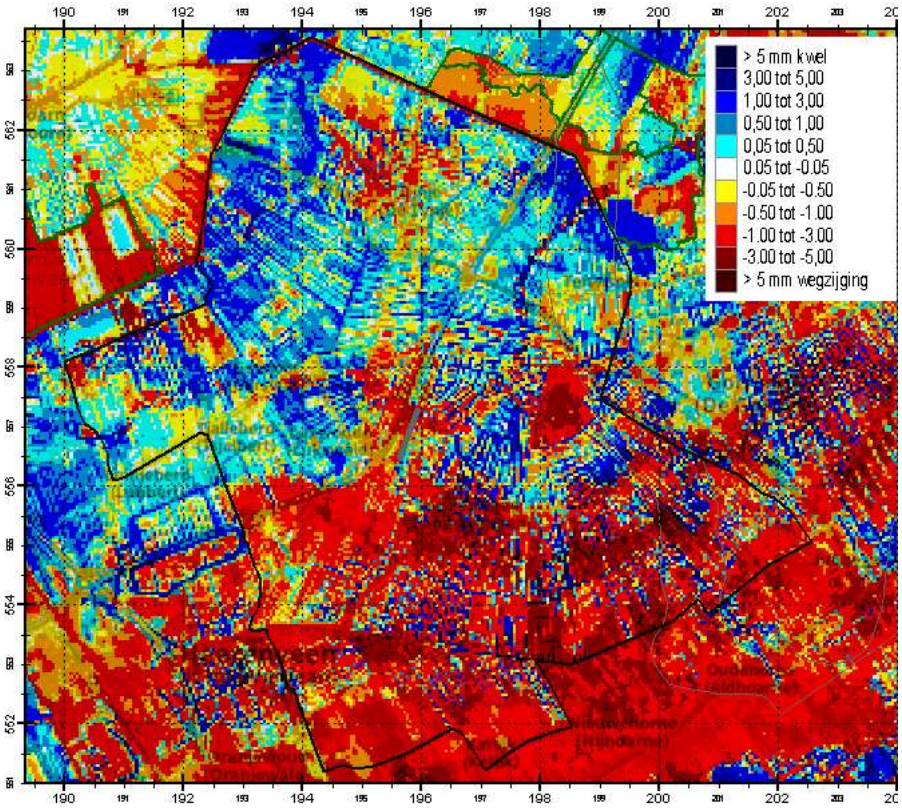
GLG (Gemiddeld Laagste Grondwaterstand):



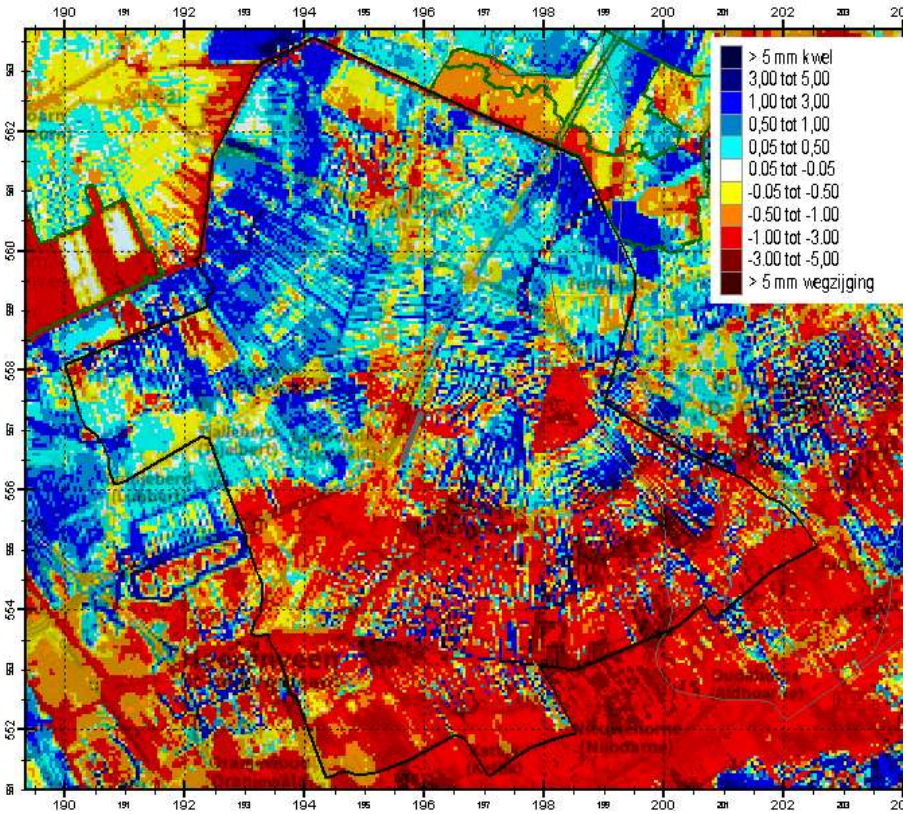
Bijlage 23 Kwel- en wegzijgingsfluxen (WVL1-4) winning 2050

Kwelflux over keileem (tussen WVL1 en WVL4 in mm/d) WINNING50

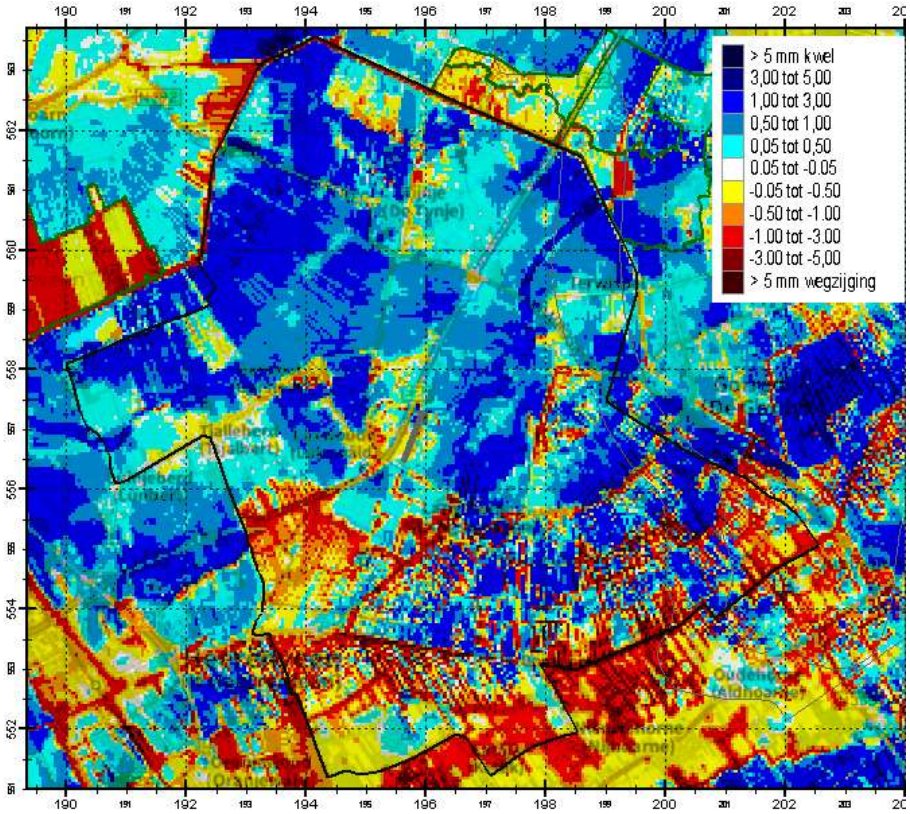
GHG (Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand):



GVG (Gemiddelde Voorjaarsgrondwaterstand):



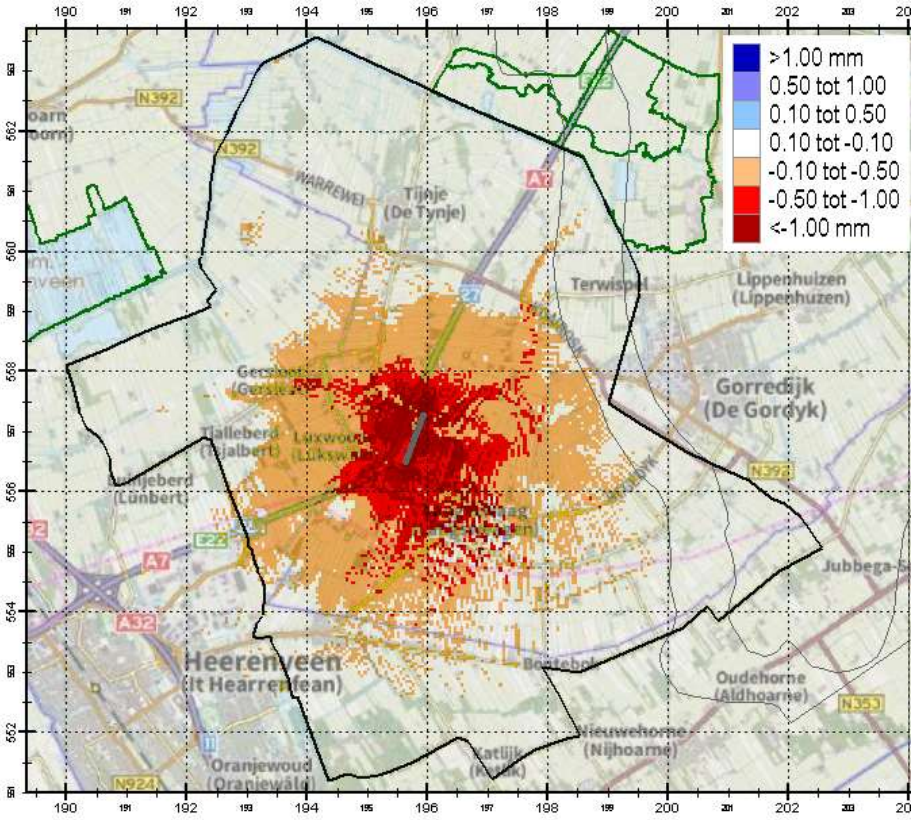
GLG (Gemiddeld Laagste Grondwaterstand):



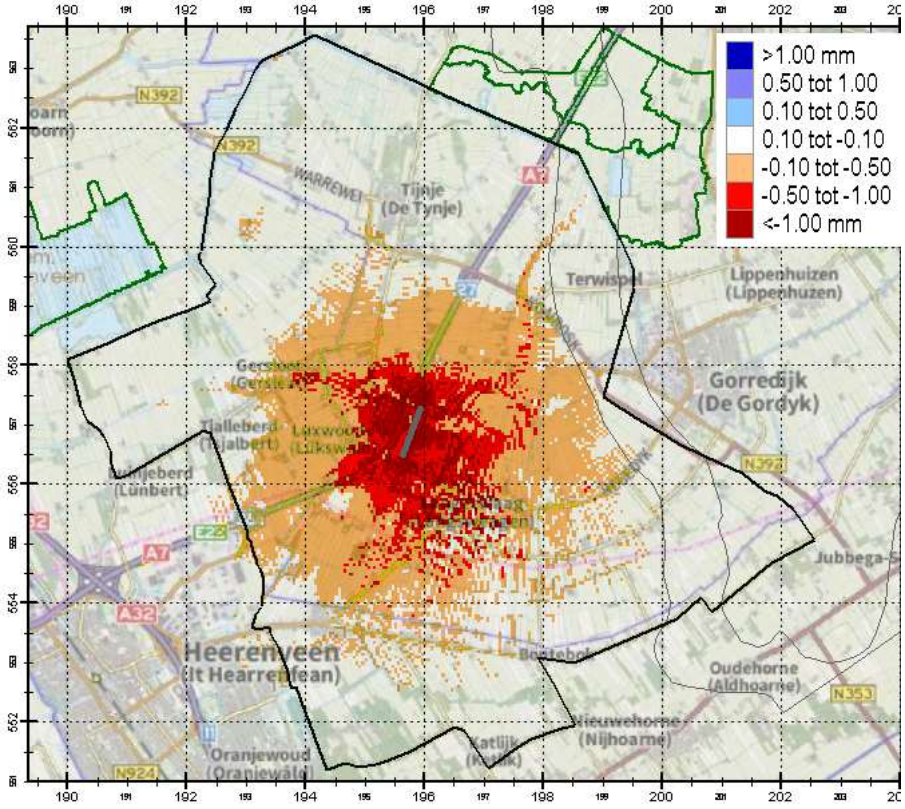
Bijlage 24 Verandering kwel- en wegzijgingsfluxen (WVL1-4) winning 2050

Verandering in kwelflux over keileem (tussen WVL1 en WVL4 in mm/d) WINNING50

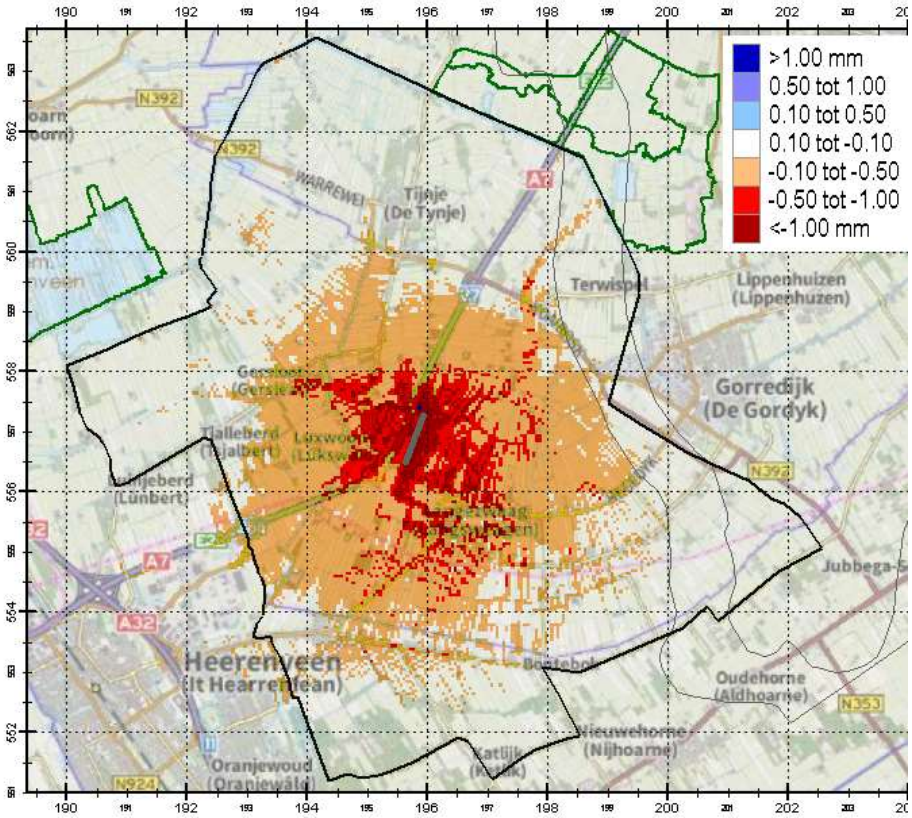
GHG (Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand):



GVG (Gemiddelde Voorjaarsgrondwaterstand):

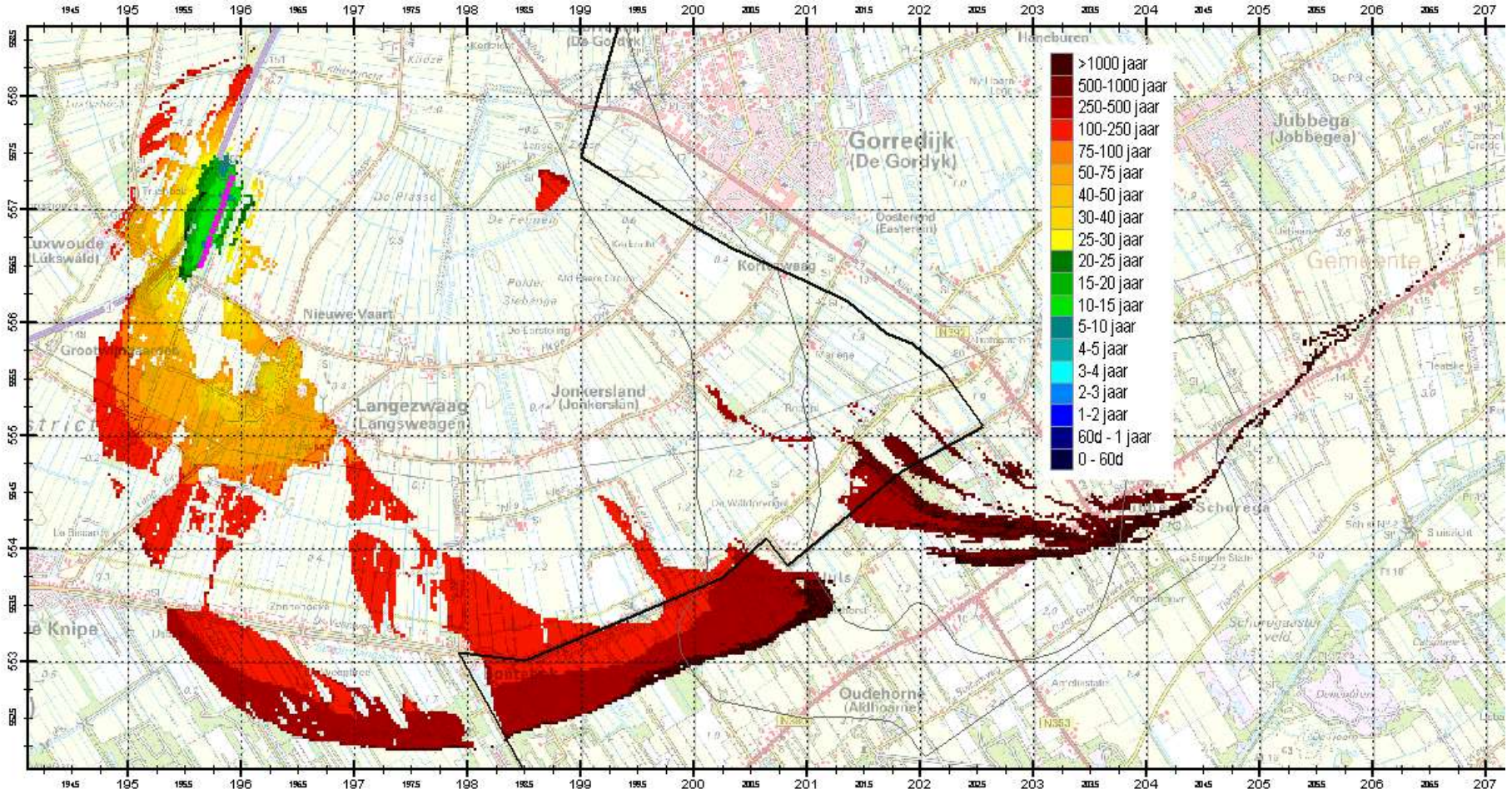


GLG (Gemiddeld Laagste Grondwaterstand):



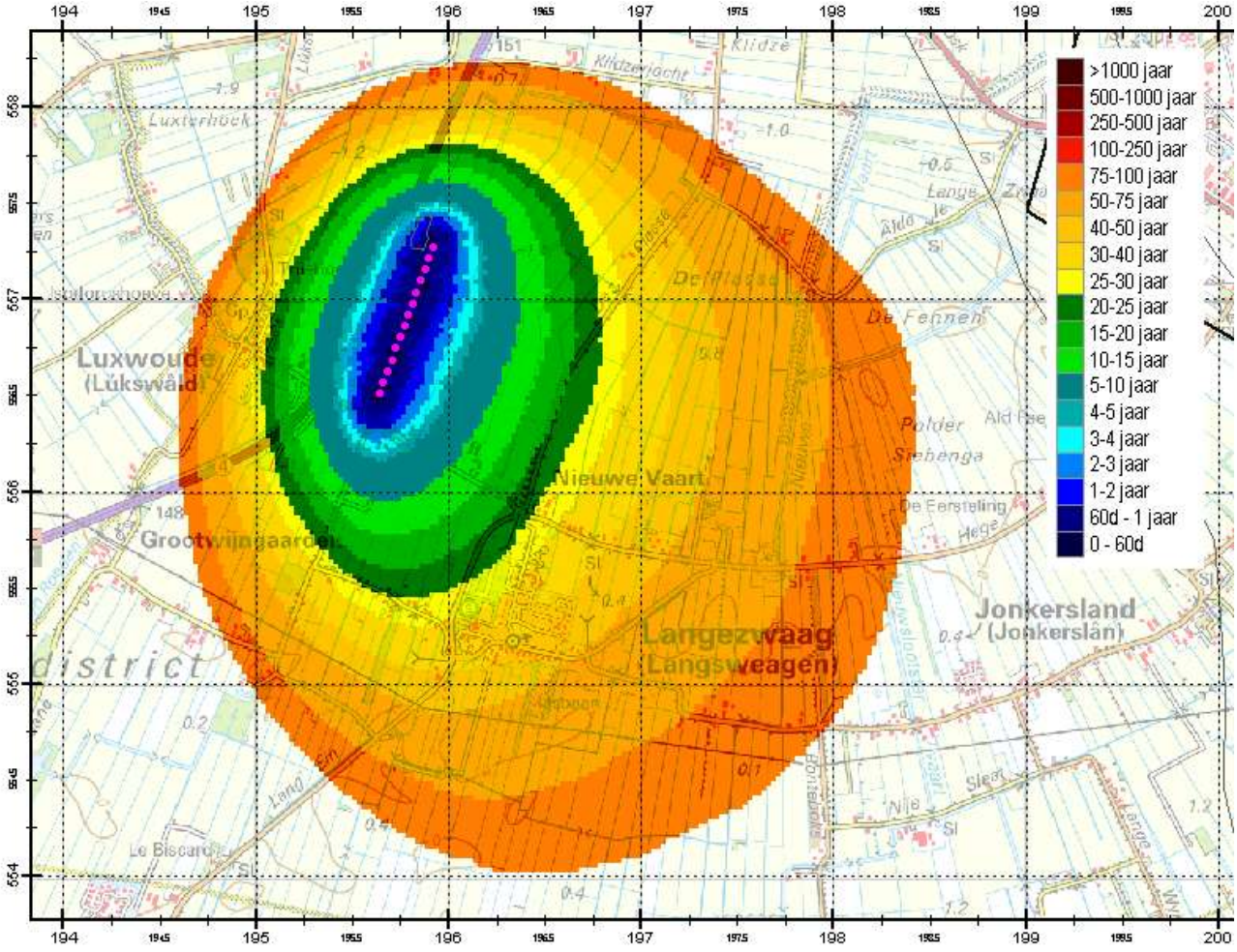
Bijlage 25 Intrekgebied vanaf grondwaterpeil voorkeursalternatief

Totaal intrekgebied vanaf grondwaterpeil voorkeursalternatief (winning 2028, op basis van stationaire model)



Bijlage 26 100-jaarszone in het bepompt pakket voorkeursalternatief

100-jaarszone bepompt pakket voorkeursalternatief (winning 2028, op basis van stationaire model)



Bijlage 27 Hydrologische effecten t.o.v. ligging N2000-gebieden



Legenda

- Begrenzing tunneldal seismiek
- zoekgebied grondwaterwinning
- putten Luxwoude (concept)
- EXT_NAT_NATURA2000_V

Natura2000_Habitattypen 1

HABTYPE1, Defintief vastgesteld

- H0000,
- H0000, nee
- H3130, nee
- H4010A, ja
- H6230vka, ja
- H6410, ja
- H9190, nee

Verlagingen_bepompt_GLG_VKA2028

meters

- -0.9 - -0.8
- -0.8 - -0.7
- -0.7 - -0.6
- -0.6 - -0.5
- -0.5 - -0.4
- -0.4 - -0.3
- -0.3 - -0.2
- -0.2 - -0.1
- -0.1 - -0.05
- -0.05 - -0.02
- <-0.02
- 2 cm-verlagingscontour bepompt pakket

Hydrologische effecten natuur: ligging N2000-zones met 2 cm-verlagingscontour bepompt pakket (GLG)

Grondwaterwinning Luxwoude voorkeursalternatief

Opdrachtgever: VITENS
Projectnummer: 364919

SWECO

Status: Definitief
Datum: 14-1-2021
Schaal: 1:50000
Formaat: A3

Getekend: RO - Gecontroleerd: SS

0 500 1,000 1,500 2,000 2,500 3,000 meter

N

© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

C:\Data\Software\ArcGIS\Luxwoude\MXD\Luxwoude_MER_Effectbepaling.mxd 14-1-2021 11:25:12



Legenda

- Begrenzing tunneldal seismiek
- zoekgebied grondwaterwinning
- putten Luxwoude (concept)
- EXT_NAT_NATURA2000_V

Natura2000_Habitattypen 1

HABTYPE1, Defintief vastgesteld

- H0000,
- H0000, nee
- H3130, nee
- H4010A, ja
- H6230vka, ja
- H6410, ja
- H9190, nee

Verlagingen_freatisch_GLG_VKA2028

meters

- -0.9 - -0.8
- -0.8 - -0.7
- -0.7 - -0.6
- -0.6 - -0.5
- -0.5 - -0.4
- -0.4 - -0.3
- -0.3 - -0.2
- -0.2 - -0.1
- -0.1 - -0.05
- -0.05 - -0.02
- <-0.02
- 2 cm-verlagingscontour bepompt pakket

Hydrologische effecten natuur: ligging N2000-zones met freatische 2 cm-verlagingscontour (GLG)

Grondwaterwinning Luxwoude voorkeursalternatief

Opdrachtgever: VITENS
Projectnummer: 364919

SWECO

Status: Definitief
Datum: 14-1-2021
Schaal: 1:50000
Formaat: A3

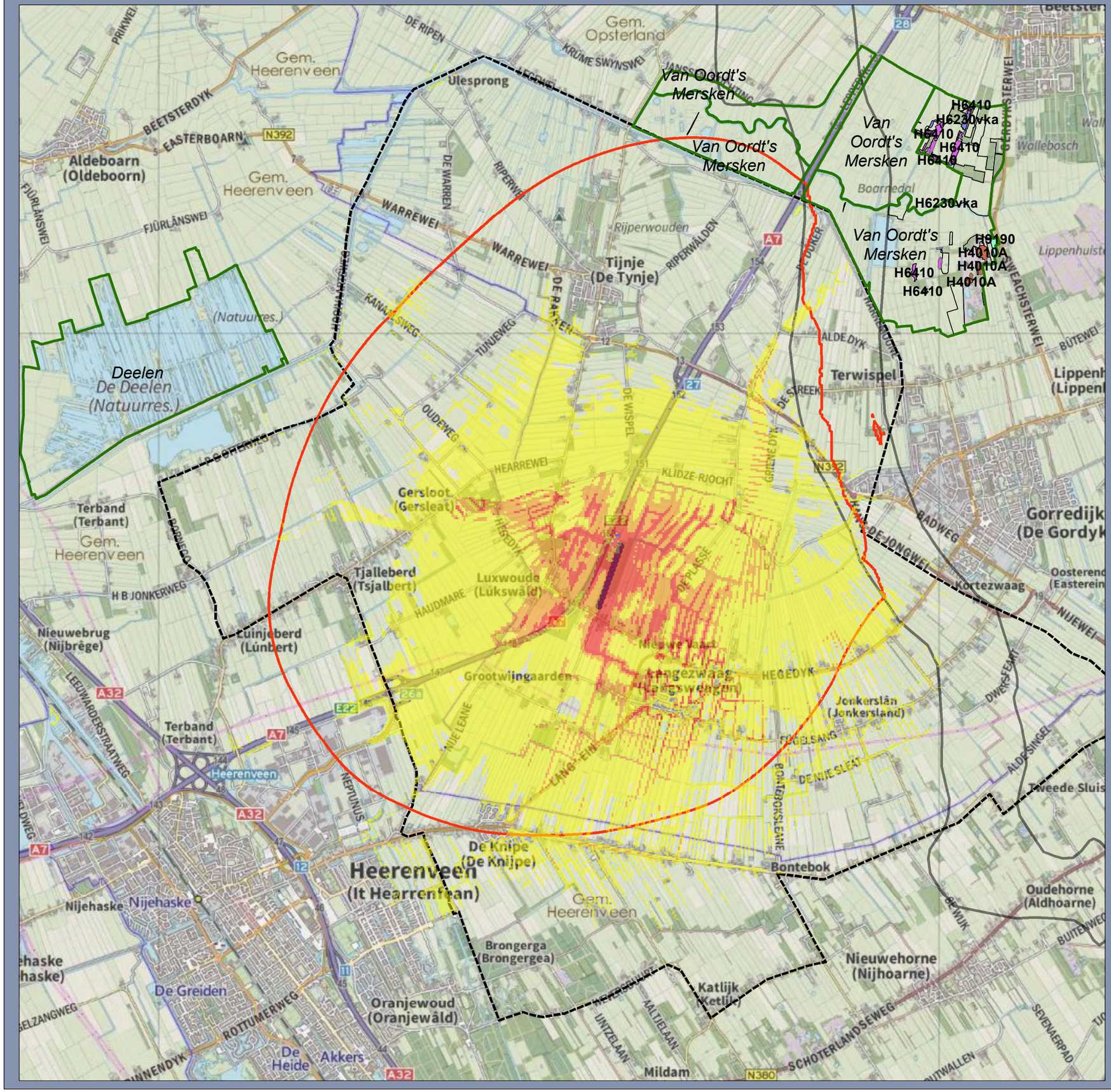
Getekend: RO - Gecontroleerd: SS

0 500 1,000 1,500 2,000 2,500 3,000 meter

N

© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

C:\Data\Software\ArcGIS\Luxwoude\MXD\Luxwoude_MER_Effectbepaling.mxd 14-1-2021 11:25:12



Legenda

- Begrenzing tunneldal seismiek
- zoekgebied grondwaterwinning
- putten Luxwoude (concept)
- EXT_NAT_NATURA2000_V

Natura2000_Habitattypen 1

HABTYPE1, Defintief vastgesteld

- H0000,
- H0000, nee
- H3130, nee
- H4010A, ja
- H6230vka, ja
- H6410, ja
- H9190, nee

Effect_kwelfluxen_GLG_VKA2028

mm/d

- > +1
- +0.5 tot +1
- +0.1 tot +0.5
- -0.1 tot +0.1
- -0.1 tot -0.5
- -0.5 tot -1
- < -1
- 2 cm-verlagingscontour bepompt pakket

Hydrologische effecten natuur: ligging N2000-zones met verandering kwel-/wegzijgingsfluxen (GLG)

Grondwaterwinning Luxwoude voorkeursalternatief

Opdrachtgever: VITENS
Projectnummer: 364919

SWECO

Status: Definitief
Datum: 14-1-2021
Schaal: 1:50000
Formaat: A3

Getekend: RO - Gecontroleerd: SS

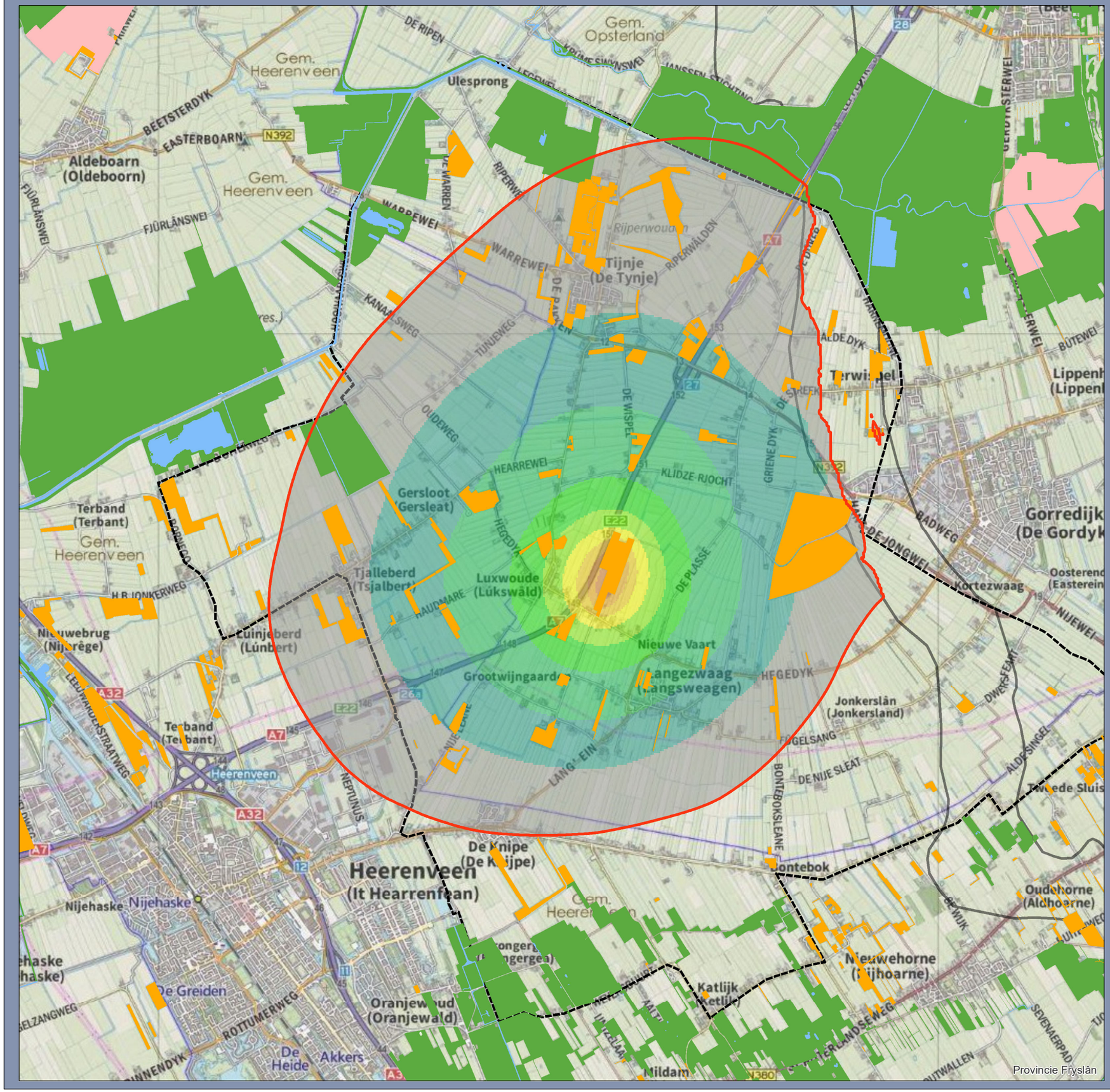
0 500 1,000 1,500 2,000 2,500 3,000 meter

N

© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

C:\Data\Software\ArcGIS\Luxwoude\MXD\Luxwoude_MER_Effectbepaling.mxd 14-1-2021 11:25:12

Bijlage 28 Hydrologische effecten t.o.v. ligging NNN-gebieden



Legenda

- zoekgebied grondwaterwinning
- putten Luxwoude (concept)
- Begrenzing tunneldal seismiek

Ecologische HoofdStructuur

- EHS water
- EHS overige natuur
- EHS Beheergebied
- Beheergebied en natuur buiten EHS

Verlagingen_bepompt_GLG_VKA2028

meters

- -0.9 - -0.8
- -0.8 - -0.7
- -0.7 - -0.6
- -0.6 - -0.5
- -0.5 - -0.4
- -0.4 - -0.3
- -0.3 - -0.2
- -0.2 - -0.1
- -0.1 - -0.05
- -0.05 - -0.02
- <-0.02
- 2 cm-verlagingscontour bepompt pakket

Hydrologische effecten natuur: ligging overige natuur met 2 cm-verlagingscontour bepompt pakket (GLG)

Grondwaterwinning Luxwoude voorkeursalternatief

Opdrachtgever: VITENS
Projectnummer: 364919

SWECO

Status: Definitief
Datum: 14-1-2021
Schaal: 1:50000
Formaat: A3

Getekend: RO - Gecontroleerd: SS

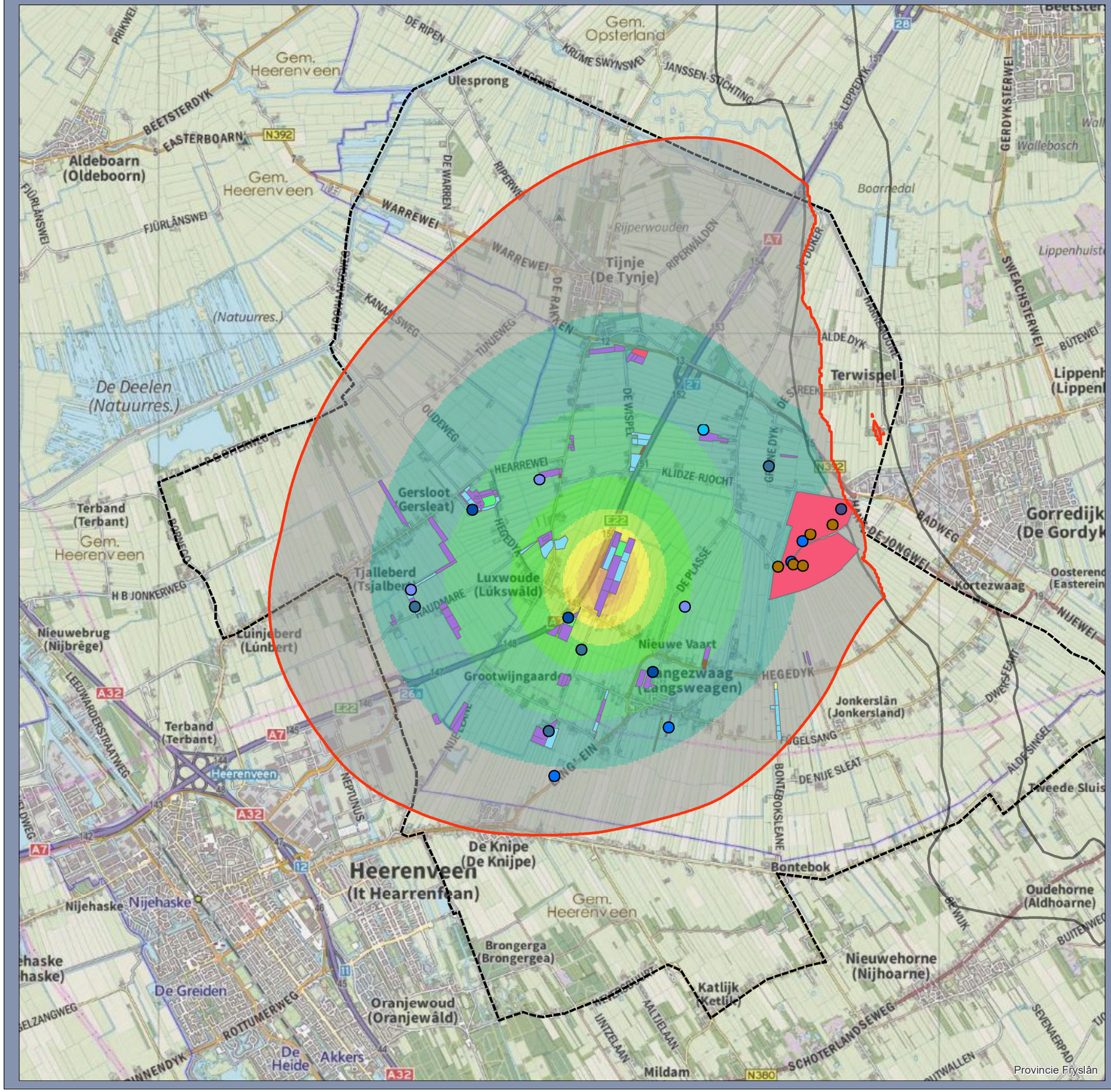
0 500 1,000 1,500 2,000 2,500 3,000 meter

N

© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

C:\Data\Software\ArcGIS\Luxwoude\MXD\Luxwoude_MER_Effectbepaling.mxd 14-1-2021 11:25:12

Bijlage 29 Hydrologische effecten t.o.v. ligging overige natuur



Legenda

- zoekgebied grondwaterwinning
- putten Luxwoude (concept)
- Begrenzing tunneldal seismiek

Punten sloten en grasland (Bosgroepen)

SBB_code

- 01-b: oppervlaktewater
- 05-a: oppervlaktewater
- 05-b: oppervlaktewater
- 05-d: oppervlaktewater
- 05C-1: oppervlaktewater
- 16B/b: Dotterbloemverbond 16RG11
- 50A: oppervlaktewater

Vlakken bosgebieden (Bosgroepen)

SBB_code

- De Fennen (hooiland)
- 43-g
- 43-h
- 43-i
- 43B-c
- X

Verlagingen_bepompt_GLG_VKA2028

meters

- -0.9 - -0.8
- -0.8 - -0.7
- -0.7 - -0.6
- -0.6 - -0.5
- -0.5 - -0.4
- -0.4 - -0.3
- -0.3 - -0.2
- -0.2 - -0.1
- -0.1 - -0.05
- -0.05 - -0.02
- <-0.02
- 2 cm-verlagingscontour bepompt pakket

Hydrologische effecten natuur: ligging overige natuur met 2 cm-verlagingscontour bepompt pakket (GLG)

Grondwaterwinning Luxwoude voorkeursalternatief

Opdrachtgever: VITENS
Projectnummer: 364919

SWECO

Status: Definitief
Datum: 14-1-2021
Schaal: 1:50000
Formaat: A3

Getekend: RO - Gecontroleerd: SS

0 500 1,000 1,500 2,000 2,500 3,000 meter

N

© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

C:\Data\Software\ArcGIS\Luxwoude\MXD\Luxwoude_MER_Effectbepaling.mxd 14-1-2021 11:25:12

Legenda

- zoekgebied grondwaterwinning
- putten Luxwoude (concept)
- Begrenzing tunneldal seismiek

Punten sloten en grasland (Bosgroepen)

SBB_code

- 01-b: oppervlaktewater
- 05-a: oppervlaktewater
- 05-b: oppervlaktewater
- 05-d: oppervlaktewater
- 05C-1: oppervlaktewater
- 16B/b: Dotterbloemverbond 16RG11
- 50A: oppervlaktewater

Vlakken bosgebieden (Bosgroepen)

SBB_code

- De Fennen (hooiland)
- 43-g
- 43-h
- 43-i
- 43B-c
- X

Verlagingen_freatisch_GVG_VKA2028

meters

- -0.9 - -0.8
- -0.8 - -0.7
- -0.7 - -0.6
- -0.6 - -0.5
- -0.5 - -0.4
- -0.4 - -0.3
- -0.3 - -0.2
- -0.2 - -0.1
- -0.1 - -0.05
- -0.05 - -0.02
- <-0.02
- 2 cm-verlagingscontour bepompt pakket

Hydrologische effecten natuur: ligging overige natuur met freatische 2 cm-verlagingscontour (GVG)

Grondwaterwinning Luxwoude voorkeursalternatief

Opdrachtgever: VITENS
Projectnummer: 364919

SWECO

Status: Definitief
Datum: 14-1-2021
Schaal: 1:50000
Formaat: A3

Getekend: RO - Gecontroleerd: SS

0 500 1,000 1,500 2,000 2,500 3,000 meter

N

© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

C:\Data\Software\ArcGIS\Luxwoude\MXD\Luxwoude_MER_Effectbepaling.mxd 14-1-2021 14:45:10

Legenda

- zoekgebied grondwaterwinning
- putten Luxwoude (concept)
- Begrenzing tunneldal seismiek

Punten sloten en grasland (Bosgroepen)

SBB_code

- 01-b: oppervlaktewater
- 05-a: oppervlaktewater
- 05-b: oppervlaktewater
- 05-d: oppervlaktewater
- 05C-1: oppervlaktewater
- 16B/b: Dotterbloemverbond 16RG11
- 50A: oppervlaktewater

Vlakken bosgebieden (Bosgroepen)

SBB_code

- De Fennen (hooiland)
- 43-g
- 43-h
- 43-i
- 43B-c
- X

Verlagingen_freatisch_GLG_VKA2028

meters

- -0.9 - -0.8
- -0.8 - -0.7
- -0.7 - -0.6
- -0.6 - -0.5
- -0.5 - -0.4
- -0.4 - -0.3
- -0.3 - -0.2
- -0.2 - -0.1
- -0.1 - -0.05
- -0.05 - -0.02
- <-0.02
- 2 cm-verlagingscontour bepompt pakket

Hydrologische effecten natuur: ligging overige natuur met freatische 2 cm-verlagingscontour (GLG)

Grondwaterwinning Luxwoude voorkeursalternatief

Opdrachtgever: VITENS
Projectnummer: 364919

SWECO

Status: Definitief
Datum: 14-1-2021
Schaal: 1:50000
Formaat: A3

Getekend: RO - Gecontroleerd: SS

0 500 1,000 1,500 2,000 2,500 3,000 meter

N

© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

C:\Data\Software\ArcGIS\Luxwoude\MXD\Luxwoude_MER_Effectbepaling.mxd 14-1-2021 11:25:12

Legenda

- zoekgebied grondwaterwinning
- putten Luxwoude (concept)
- Begrenzing tunneldal seismiek

Punten sloten en grasland (Bosgroepen)

SBB_code

- 01-b: oppervlaktewater
- 05-a: oppervlaktewater
- 05-b: oppervlaktewater
- 05-d: oppervlaktewater
- 05C-1: oppervlaktewater
- 16B/b: Dotterbloemverbond 16RG11
- 50A: oppervlaktewater

Vlakken bosgebieden (Bosgroepen)

SBB_code

- De Fennen (hooiland)
- 43-g
- 43-h
- 43-i
- 43B-c
- X

Effect_kwelfluxen_GVG_VKA2028

mm/d

- > +1
- +0.5 tot +1
- +0.1 tot +0.5
- -0.1 tot +0.1
- -0.1 tot -0.5
- -0.5 tot -1
- < -1
- 2 cm-verlagingscontour bepompt pakket

Hydrologische effecten natuur: ligging overige natuur met verandering kwel-/wegzijgingsfluxen (GVG)

Grondwaterwinning Luxwoude voorkeursalternatief

Opdrachtgever: VITENS
Projectnummer: 364919

SWECO

Status: Definitief
Datum: 14-1-2021
Schaal: 1:50000
Formaat: A3

Getekend: RO - Gecontroleerd: SS

0 500 1,000 1,500 2,000 2,500 3,000 meter

N

© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

C:\Data\Software\ArcGIS\Luxwoude\MXD\Luxwoude_MER_Effectbepaling.mxd 14-1-2021 14:45:10

Legenda

- zoekgebied grondwaterwinning
- putten Luxwoude (concept)
- Begrenzing tunneldal seismiek

Punten sloten en grasland (Bosgroepen)

SBB_code

- 01-b: oppervlaktewater
- 05-a: oppervlaktewater
- 05-b: oppervlaktewater
- 05-d: oppervlaktewater
- 05C-1: oppervlaktewater
- 16B/b: Dotterbloemverbond 16RG11
- 50A: oppervlaktewater

Vlakken bosgebieden (Bosgroepen)

SBB_code

- De Fennen (hooiland)
- 43-g
- 43-h
- 43-i
- 43B-c
- X

Effect_kwelfluxen_GLG_VKA2028

mm/d

- > +1
- +0.5 tot +1
- +0.1 tot +0.5
- -0.1 tot +0.1
- -0.1 tot -0.5
- -0.5 tot -1
- < -1
- 2 cm-verlagingscontour bepompt pakket

Hydrologische effecten natuur: ligging overige natuur met verandering kwel-/wegzijgingsfluxen (GLG)

Grondwaterwinning Luxwoude voorkeursalternatief

Opdrachtgever: VITENS
Projectnummer: 364919

SWECO

Status: Definitief
Datum: 14-1-2021
Schaal: 1:50000
Formaat: A3

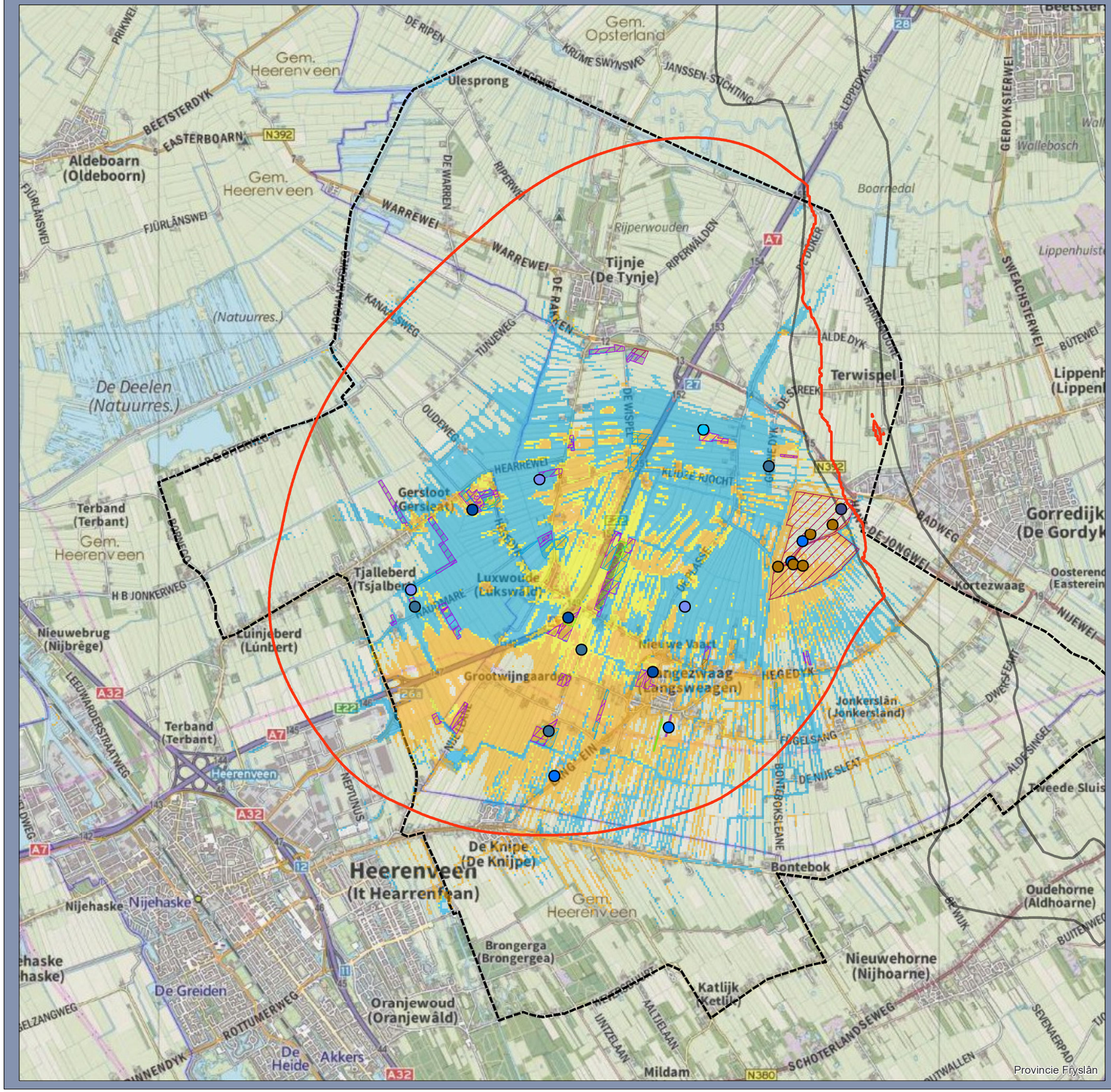
Getekend: RO - Gecontroleerd: SS

0 500 1,000 1,500 2,000 2,500 3,000 meter

N

© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

C:\Data\Software\ArcGIS\Luxwoude\MXD\Luxwoude_MER_Effectbepaling.mxd 14-1-2021 11:25:12



Legenda

- zoekgebied grondwaterwinning
- putten Luxwoude (concept)
- Begrenzing tunneldal seismiek

Punten sloten en grasland (Bosgroepen)

SBB_code

- 01-b: oppervlaktewater
- 05-a: oppervlaktewater
- 05-b: oppervlaktewater
- 05-d: oppervlaktewater
- 05C-1: oppervlaktewater
- 16B/b: Dotterbloemverbond 16RG11
- 50A: oppervlaktewater

Vlakken bosgebieden (Bosgroepen)

SBB_code

- De Fennen (hooiland)
- 43-g
- 43-h
- 43-i
- 43B-c
- X

Effect_kwel_wegzijging_GVG_VKA2028

- Minder kwel
- Kwel wordt wegzijging
- Meer wegzijging
- 2 cm-verlagingscontour bepompt pakket

Hydrologische effecten natuur: ligging overige natuur met verandering kwel-/wegzijgingstype (GVG)

Grondwaterwinning Luxwoude voorkeursalternatief

Opdrachtgever: VITENS
Projectnummer: 364919

SWECO

Status: Definitief
Datum: 14-1-2021
Schaal: 1:50000
Formaat: A3

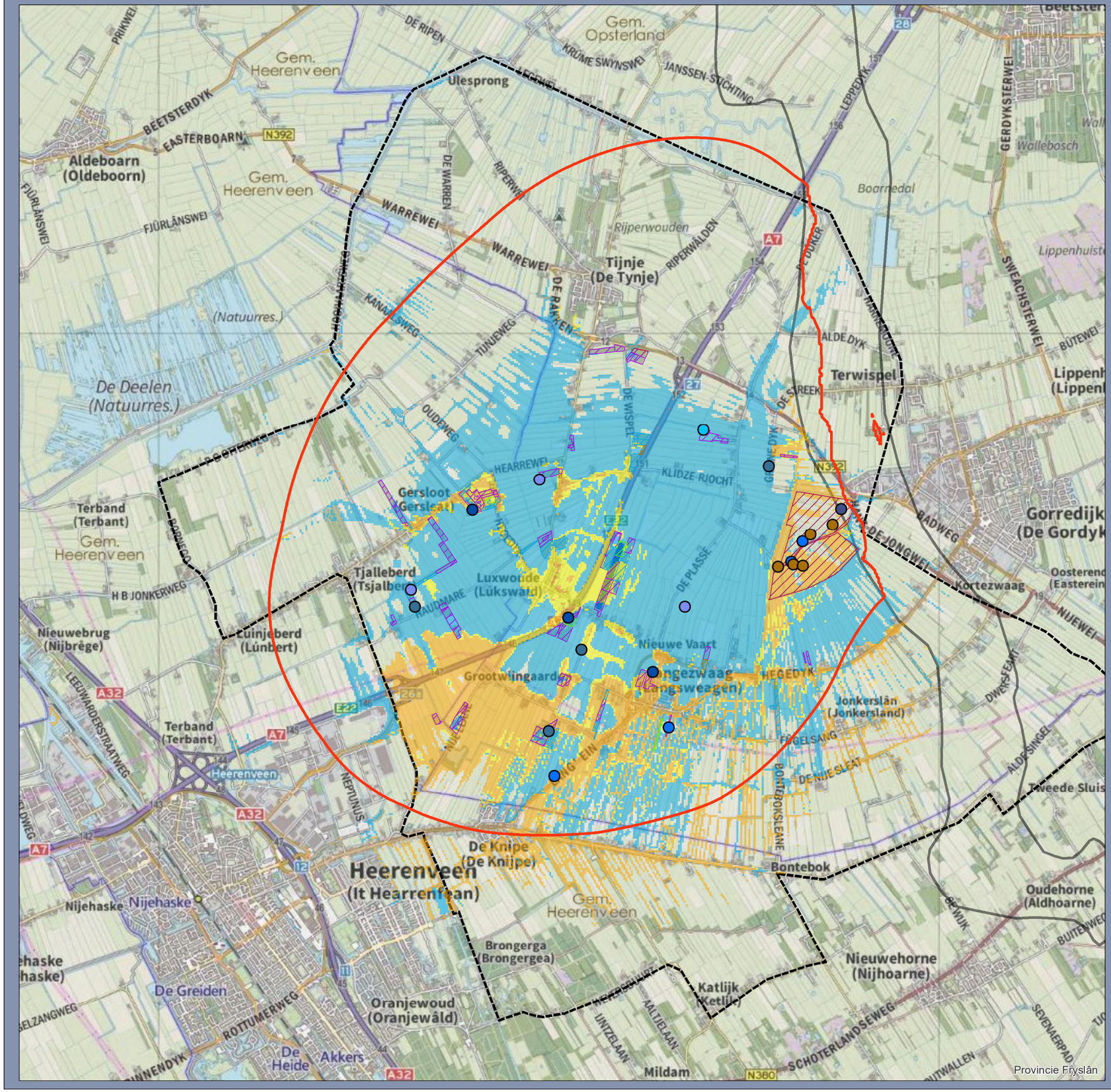
Getekend: RO - Gecontroleerd: SS

0 500 1,000 1,500 2,000 2,500 3,000 meter

N

© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

C:\Data\Software\ArcGIS\Luxwoude\MXD\Luxwoude_MER_Effectbepaling.mxd 14-1-2021 11:25:12



Legenda

- zoekgebied grondwaterwinning
- putten Luxwoude (concept)
- Begrenzing tunneldal seismiek

Punten sloten en grasland (Bosgroepen)

SBB_code

- 01-b: oppervlaktewater
- 05-a: oppervlaktewater
- 05-b: oppervlaktewater
- 05-d: oppervlaktewater
- 05C-1: oppervlaktewater
- 16B/b: Dotterbloemverbond 16RG11
- 50A: oppervlaktewater

Vlakken bosgebieden (Bosgroepen)

SBB_code

- De Fennen (hooiland)
- 43-g
- 43-h
- 43-i
- 43B-c
- X

Effect_kwel_wegzijging_GLG_VKA2028

- Minder kwel
- Kwel wordt wegzijging
- Meer wegzijging
- 2 cm-verlagingscontour bepompt pakket

Hydrologische effecten natuur: ligging overige natuur met verandering kwel-/wegzijgingstype (GLG)

Grondwaterwinning Luxwoude voorkeursalternatief

Opdrachtgever: VITENS
Projectnummer: 364919

SWECO

Status: Definitief
Datum: 14-1-2021
Schaal: 1:50000
Formaat: A3

Getekend: RO - Gecontroleerd: SS

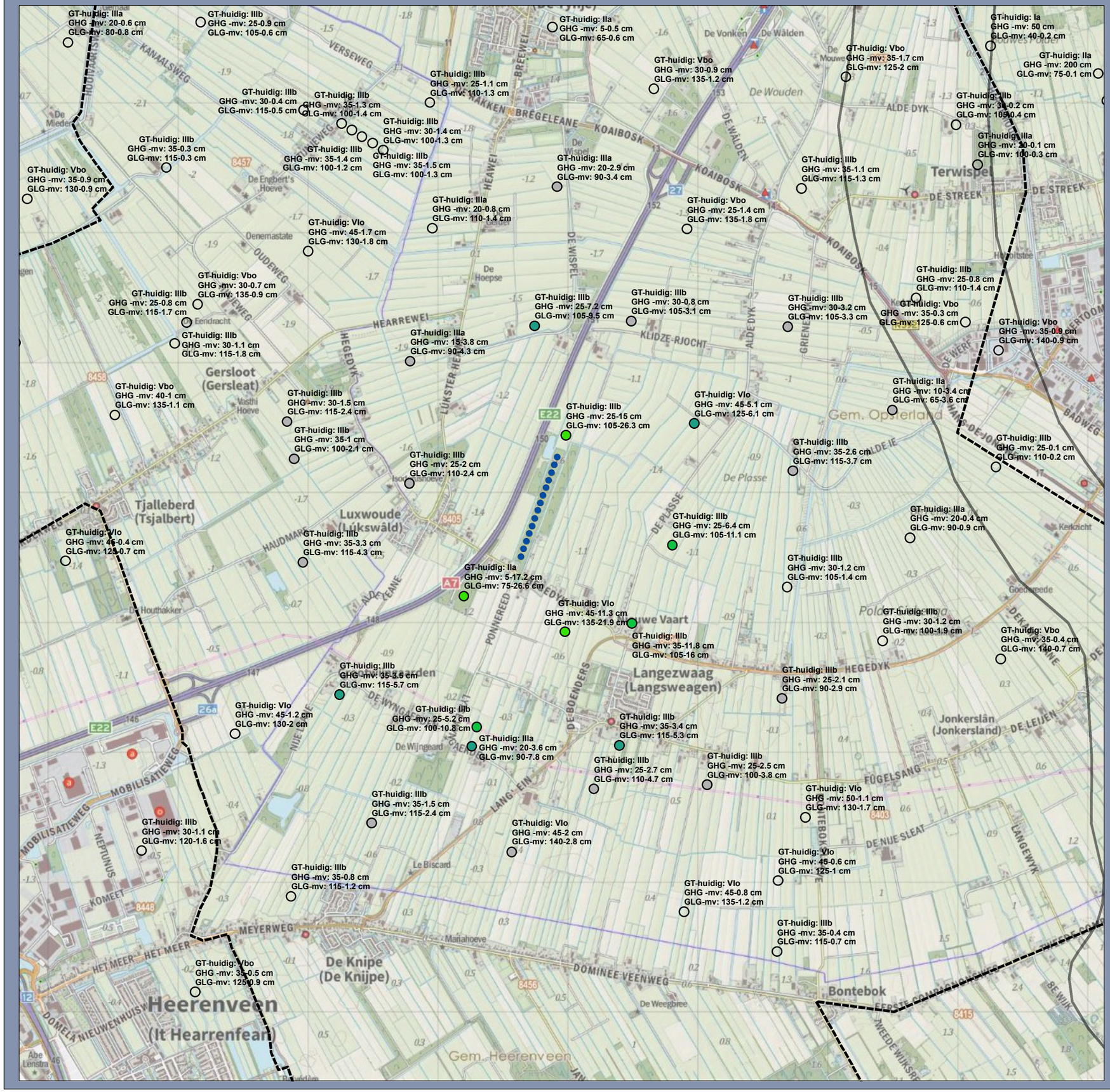
0 500 1,000 1,500 2,000 2,500 3,000 meter

N

© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

C:\Data\Software\ArcGIS\Luxwoude\MXD\Luxwoude_MER_Effectbepaling.mxd 14-1-2021 11:25:12

Bijlage 30 Effecten op GxG's veldschattingen



Legenda

veldschattingen_GxG_verlagingenVKA2028

Verlaging freatishche GLG in cm

- Geen veldschatting mogelijk
- -70 tot -60
- -60 tot -50
- -50 tot -40
- -40 tot -30
- -30 tot -20
- -20 tot -10
- -10 tot -5
- -5 tot -2
- <-2

zoekgebied drinkwaterwinning

putten Luxwoude (concept)

Begrenzing tunneldal seismiek

Label:
Huidige grondwatertrap
Huidige GHG in cm t.o.v. mv en berekende verlaging in cm
Huidige GLG in cm t.o.v. mv en berekende verlaging in cm

Toetsing effecten Landbouw: freatische verlagingen GHG/GLG tpv veldschattingen

Drinkwaterwinning Luxwoude

Opdrachtgever: VITENS
Projectnummer: 364919

SWECO

Status: Definitief
Datum: 23-10-2020
Schaal: 1:50.000
Formaat: A3

Getekend: RO - Gecontroleerd: SS

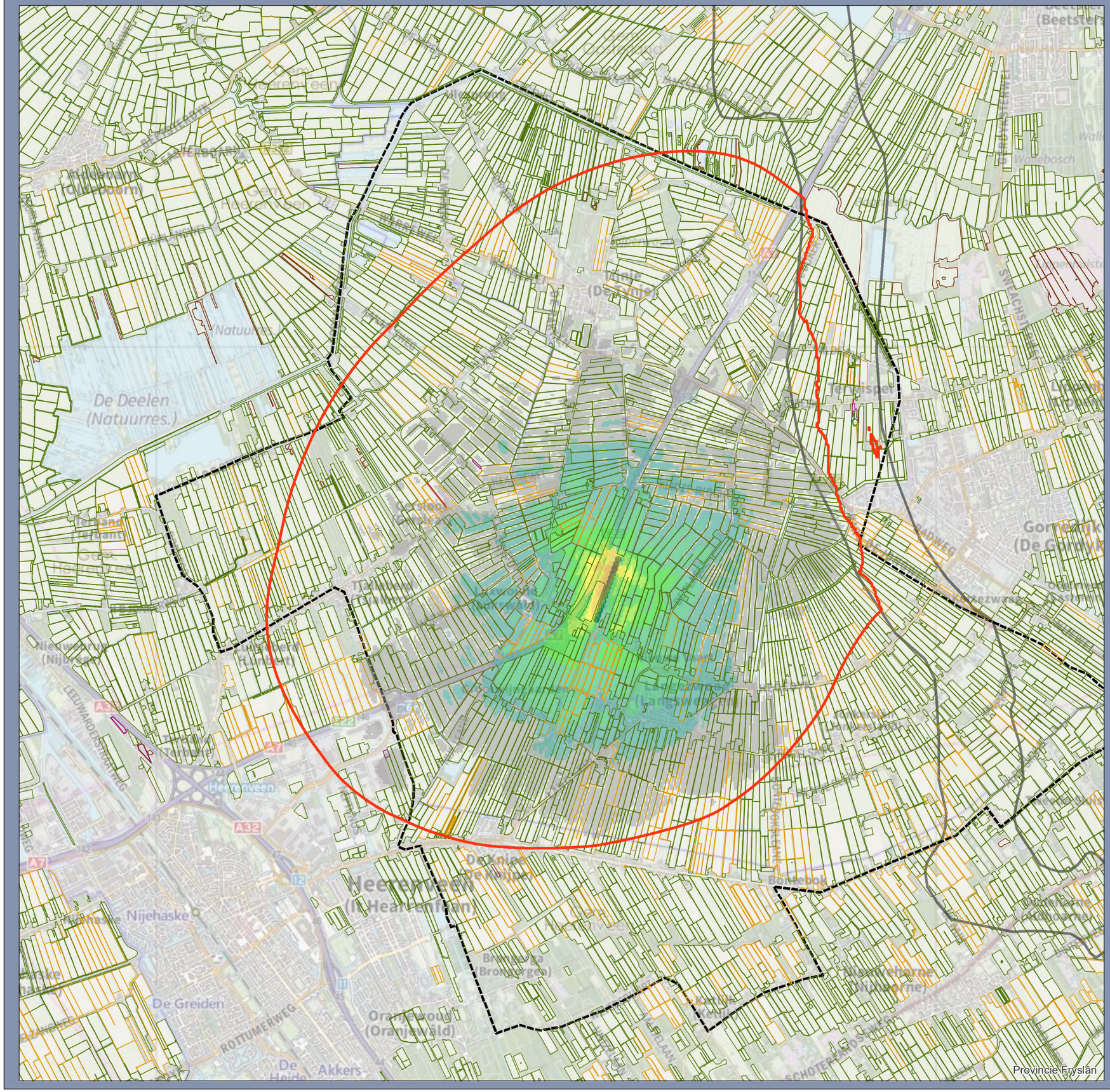
0 300 600 900 1,200 1,500 1,800 meter

N

© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

C:\Data\Software\ArcGIS\Luxwoude\MXD\Luxwoude_MER_Effectbepaling.mxd 23-10-2020 16:15:59

Bijlage 31 Effecten op landbouw: Basisregistratie Percelen 2020



Legenda

- zoekgebied grondwaterwinning
- putten Luxwoude (concept)
- Begrenzing tunneldal seismiek

BRP_gewas_2020

- Bouwland
- Braakland
- Grasland
- Natuurterrein
- Overige

Verlagingen_freatisch_GLG_VKA2028

meters

- -0.9 - -0.8
- -0.8 - -0.7
- -0.7 - -0.6
- -0.6 - -0.5
- -0.5 - -0.4
- -0.4 - -0.3
- -0.3 - -0.2
- -0.2 - -0.1
- -0.1 - -0.05
- -0.05 - -0.02
- <-0.02
- 2 cm-verlagingscontour bepompt pakket

Hydrologische effecten landbouw: BRP 2020 met freatische 2 cm-verlagingscontour (GLG)

Grondwaterwinning Luxwoude voorkeursalternatief

Opdrachtgever: VITENS
Projectnummer: 364919

SWECO

Status: Definitief
Datum: 15-1-2021
Schaal: 1:50000
Formaat: A3

Getekend: RO - Gecontroleerd: SS

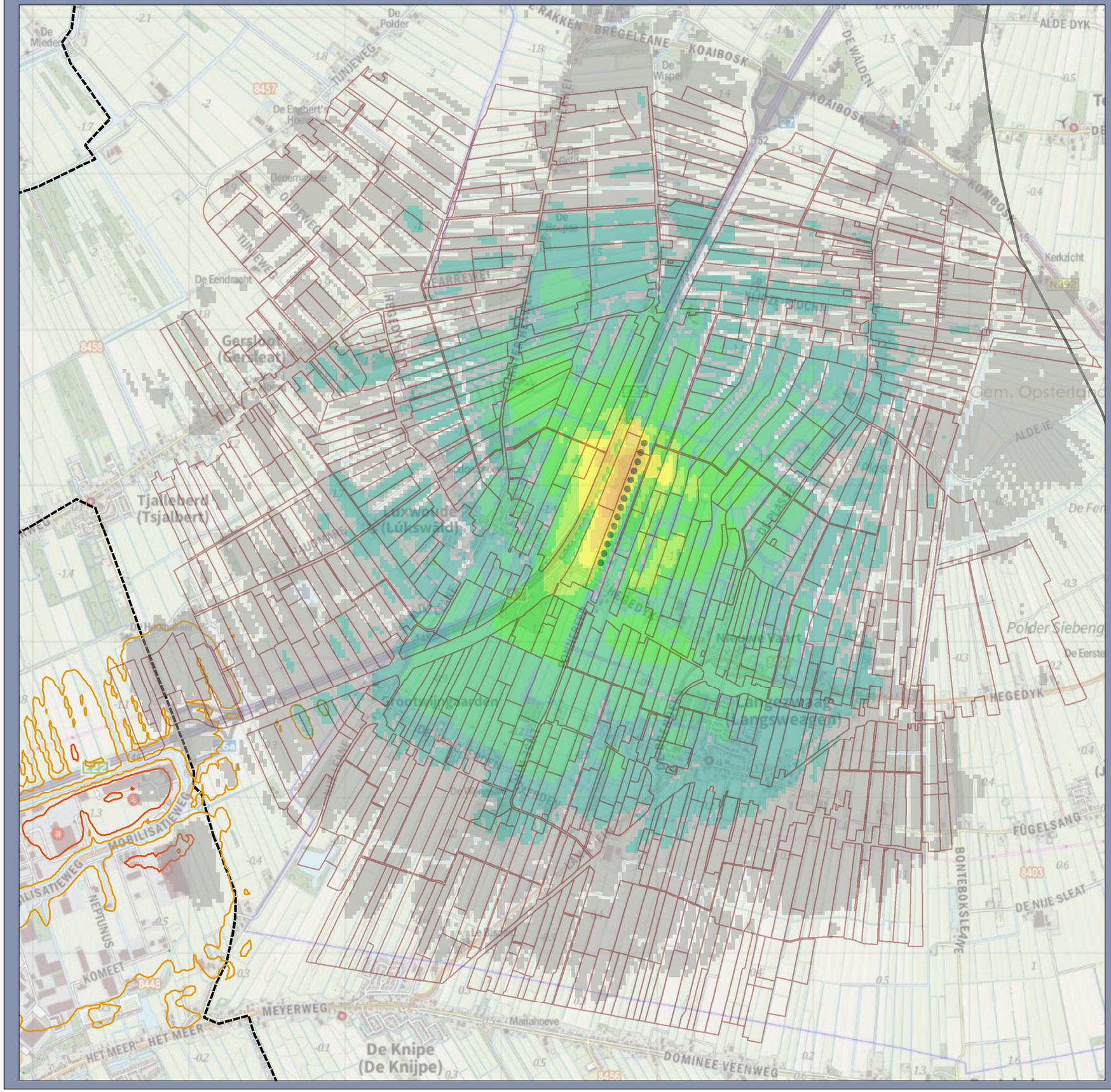
0 500 1,000 1,500 2,000 2,500 3,000 meter

N

© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

C:\Data\Software\ArcGIS\Luxwoude\MXD\Luxwoude_MER_Effectbepaling.mxd 15-1-2021 17:17:06

Bijlage 32 Combinatie effecten AWARE en Luxwoude



Legenda

- zoekgebied grondwaterwinning
- putten Luxwoude (concept)
- Begrenzing tunneldal seismiek

Verlagingen_freatisch_GLG_VKA2028

meters

- -0.9 - -0.8
- -0.8 - -0.7
- -0.7 - -0.6
- -0.6 - -0.5
- -0.5 - -0.4
- -0.4 - -0.3
- -0.3 - -0.2
- -0.2 - -0.1
- -0.1 - -0.05
- -0.05 - -0.02
- <-0.02

contour_l1_ref28_aware

- -0.05
- -0.02

Percelen inventarisatie Aequator

- Percelen inventarisatie Aequator

Overlap verlagingen Luxwoude en AWARE
Inventarisatie percelen Aequator

Grondwaterwinning Luxwoude voorkeursalternatief

Opdrachtgever: VITENS
Projectnummer: 364919

SWECO

Status: Definitief
Datum: 28-1-2021
Schaal: 1:25,000
Formaat: A3

Getekend: RO - Gecontroleerd: SS

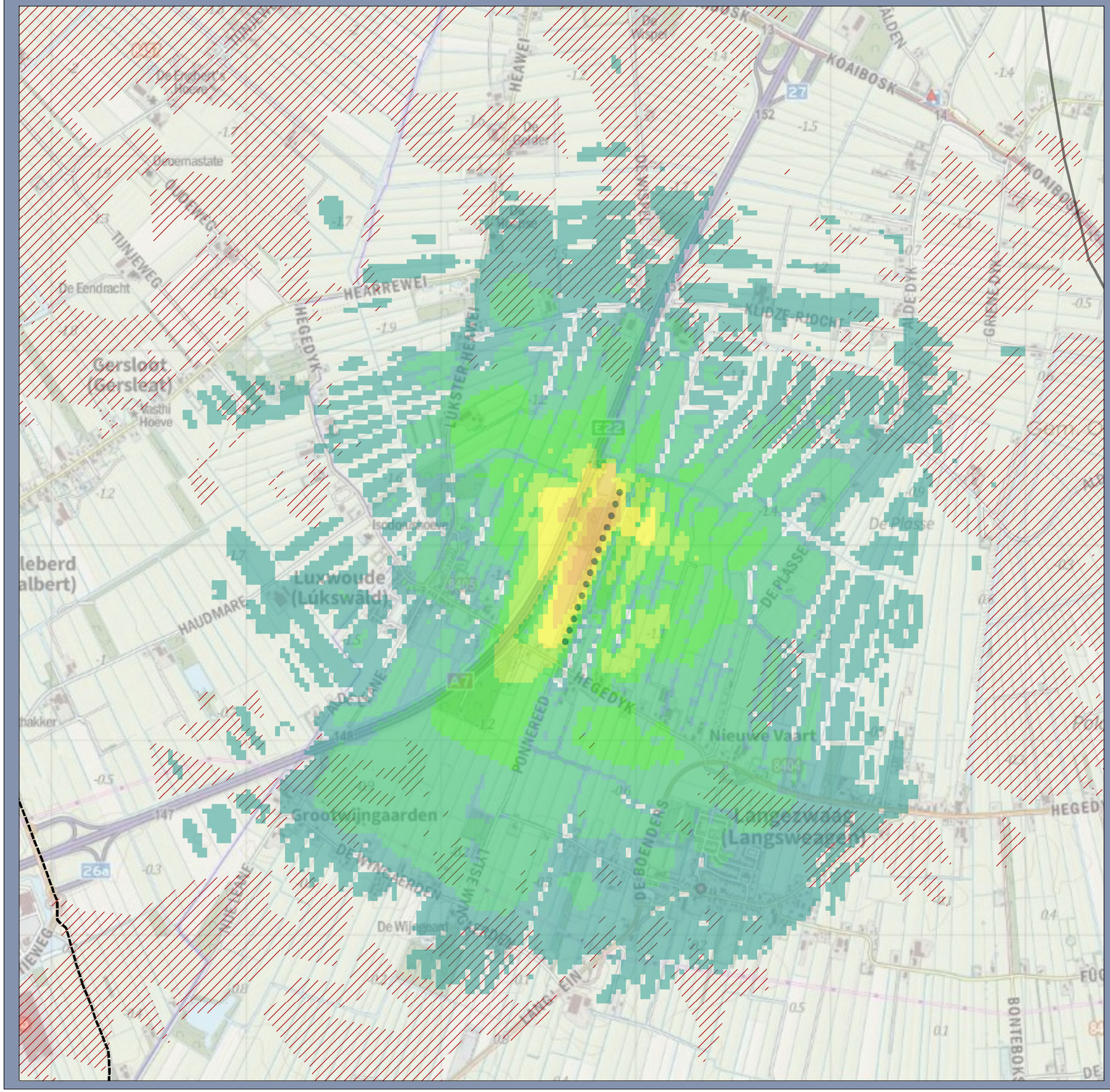
0 250 500 750 1,000 1,250 1,500 meter

N

© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

C:\Data\Software\ArcGIS\Luxwoude\MXD\Luxwoude_MER_Effectbepaling.mxd 28-1-2021 19:12:32

Bijlage 33 Kans op zettingen



Legenda

- zoekgebied grondwaterwinning
- putten Luxwoude (concept)
- Veendikte >20 cm
- Begrenzing tunneldal seismiek

Verlagingen_freat_GLG_VKA2028_5cm

meters

- -0.9 - -0.8
- -0.8 - -0.7
- -0.7 - -0.6
- -0.6 - -0.5
- -0.5 - -0.4
- -0.4 - -0.3
- -0.3 - -0.2
- -0.2 - -0.1
- -0.1 - -0.05
- <-0.05

Kans op zettingen: freatische verlagingen (GLG) vs. veendikte >20 cm

Grondwaterwinning Luxwoude voorkeursalternatief

Opdrachtgever: VITENS
Projectnummer: 364919

SWECO

Status: Definitief
Datum: 27-5-2021
Schaal: 1:20,000
Formaat: A3

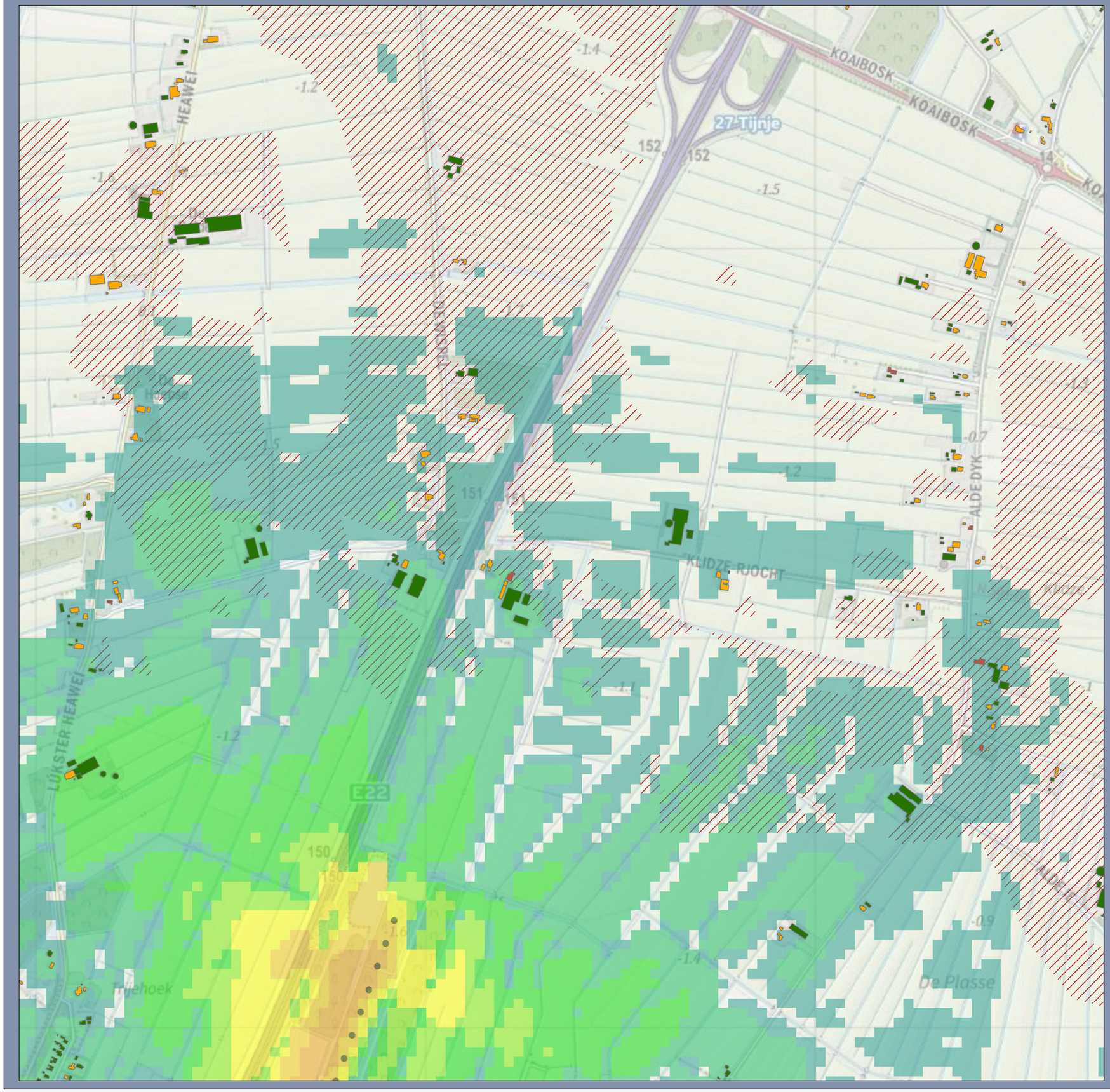
Getekend: RO - Gecontroleerd: SS

0 200 400 600 800 1,000 1,200 meter

N

© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

C:\Data\Software\ArcGIS\Luxwoude\MXD\Luxwoude_MER_Effectbepaling.mxd 27-5-2021 15:43:34



Legenda

Bouwjaar

- 1150 - 1900
- 1901 - 1970
- 1971 - 2019
- zoekgebied grondwaterwinning
- putten Luxwoude (concept)
- Veendikte >20 cm
- Begrenzing tunneldal seismiek

Verlagingen_freat_GLG_VKA2028_5cm

meters

- -0.9 - -0.8
- -0.8 - -0.7
- -0.7 - -0.6
- -0.6 - -0.5
- -0.5 - -0.4
- -0.4 - -0.3
- -0.3 - -0.2
- -0.2 - -0.1
- -0.1 - -0.05
- <-0.05

Kans op zettingen: freatische verlagingen (GLG) vs. veendikte >20 cm; aandachtsgebied 1

Grondwaterwinning Luxwoude voorkeursalternatief

Opdrachtgever: VITENS
Projectnummer: 364919

SWECO

Status: Definitief
Datum: 27-5-2021
Schaal: 1:10,000
Formaat: A3

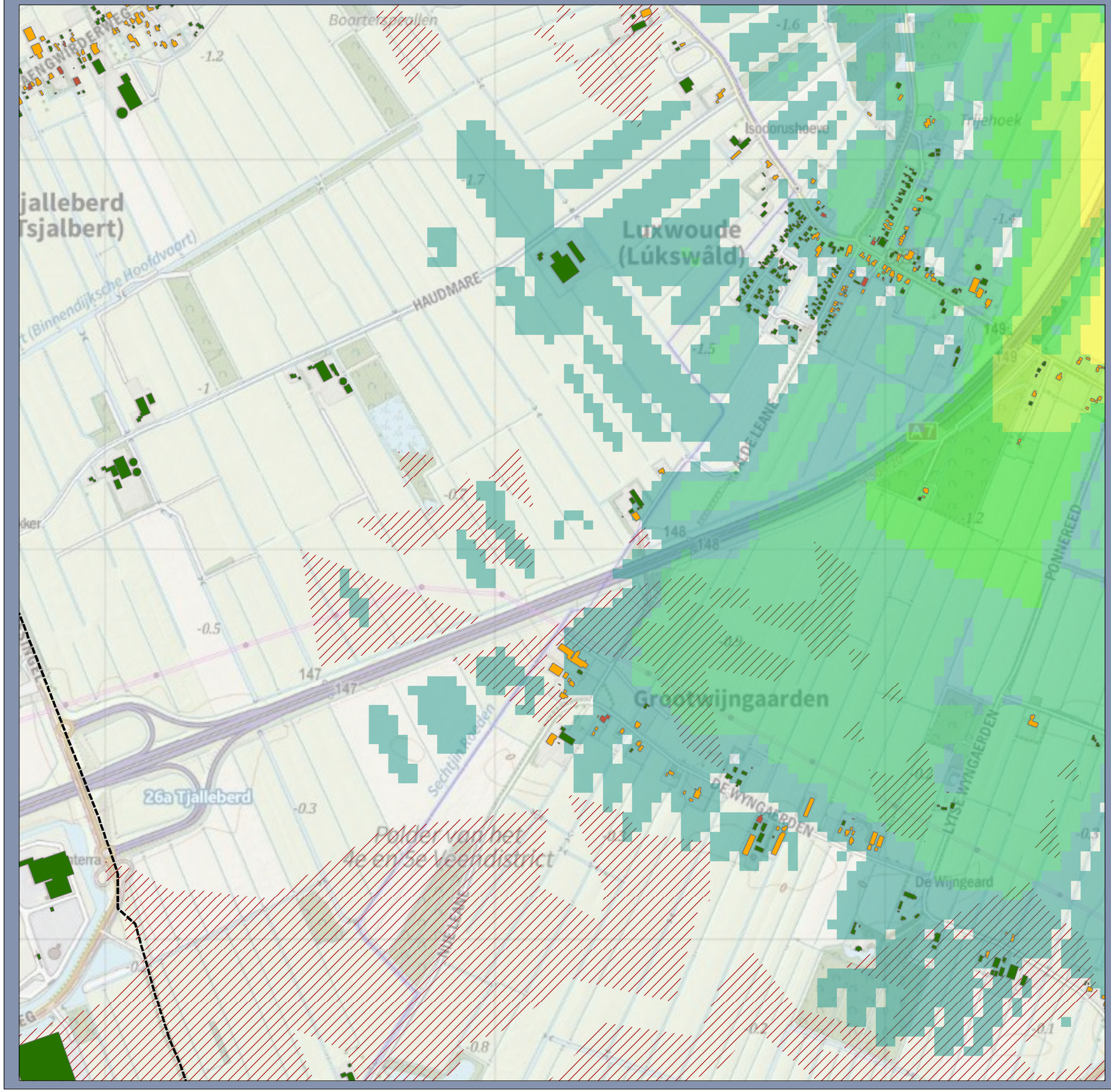
Getekend: RO - Gecontroleerd: SS

0 100 200 300 400 500 600 meter

N

© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

C:\Data\Software\ArcGIS\Luxwoude\MXD\Luxwoude_MER_Effectbepaling.mxd 27-5-2021 15:43:34



Legenda

Bouwjaar

- 1150 - 1900
- 1901 - 1970
- 1971 - 2019
- zoekgebied grondwaterwinning
- putten Luxwoude (concept)
- Veendikte >20 cm
- Begrenzing tunneldal seismiek

Verlagingen_freat_GLG_VKA2028_5cm

meters

- -0.9 - -0.8
- -0.8 - -0.7
- -0.7 - -0.6
- -0.6 - -0.5
- -0.5 - -0.4
- -0.4 - -0.3
- -0.3 - -0.2
- -0.2 - -0.1
- -0.1 - -0.05
- <-0.05

Kans op zettingen: freatische verlagingen (GLG) vs. veendikte >20 cm; aandachtsgebied 2

Grondwaterwinning Luxwoude voorkeursalternatief

Opdrachtgever: VITENS
Projectnummer: 364919

SWECO

Status: Definitief
Datum: 27-5-2021
Schaal: 1:10,000
Formaat: A3

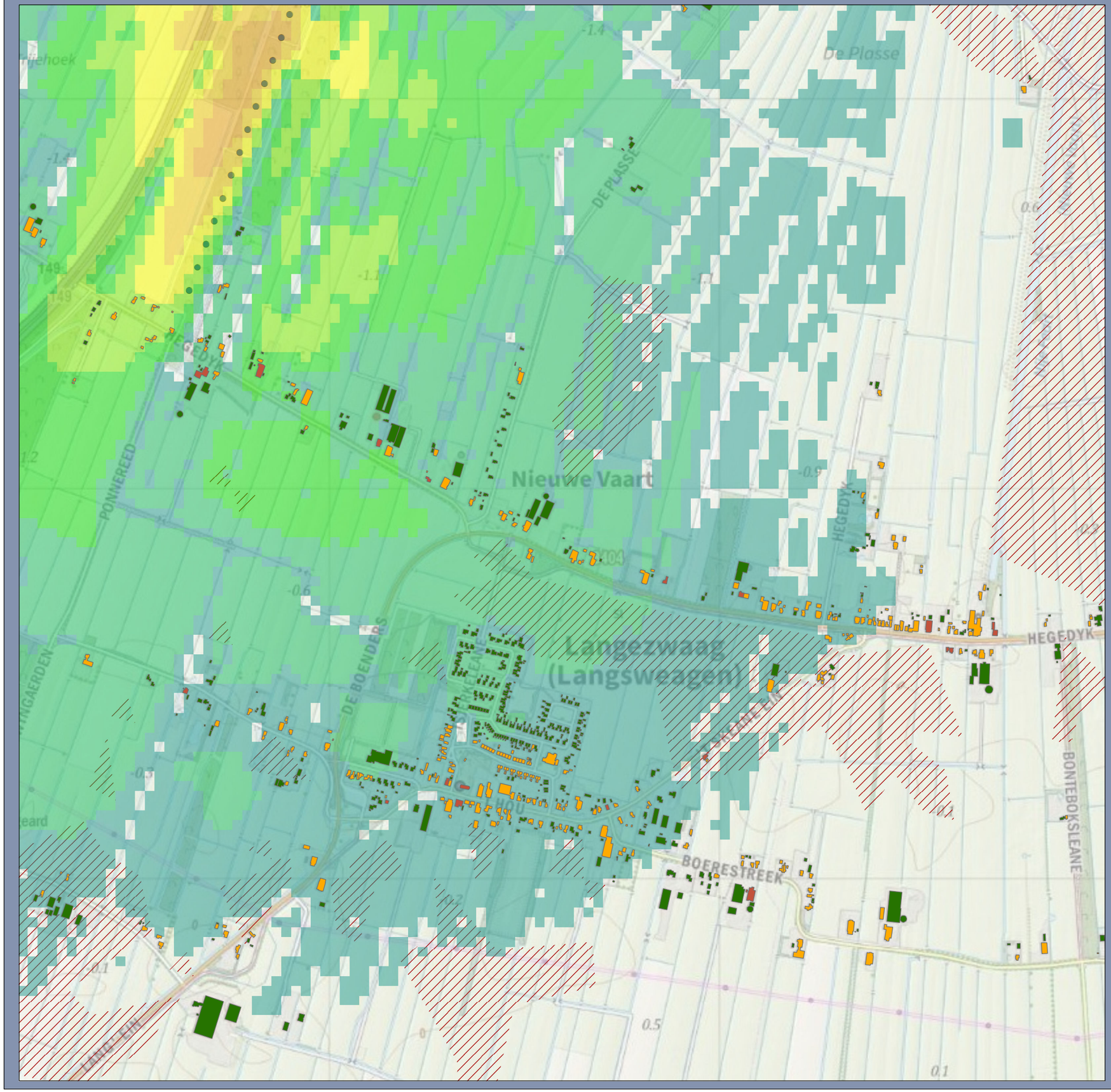
Getekend: RO - Gecontroleerd: SS

0 100 200 300 400 500 600 meter

N

© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

C:\Data\Software\ArcGIS\SLuxwoude\MXD\Luxwoude_MER_Effectbepaling.mxd 27-5-2021 15:43:34



Legenda

Bouwjaar

- 1150 - 1900
- 1901 - 1970
- 1971 - 2019
- zoekgebied grondwaterwinning
- putten Luxwoude (concept)
- Veendikte >20 cm
- Begrenzing tunneldal seismiek

Verlagingen_freat_GLG_VKA2028_5cm

meters

- -0.9 - -0.8
- -0.8 - -0.7
- -0.7 - -0.6
- -0.6 - -0.5
- -0.5 - -0.4
- -0.4 - -0.3
- -0.3 - -0.2
- -0.2 - -0.1
- -0.1 - -0.05
- <-0.05

Kans op zettingen: freatische verlagingen (GLG) vs. veendikte >20 cm; aandachtsgebied 3

Grondwaterwinning Luxwoude voorkeursalternatief

Opdrachtgever: VITENS
Projectnummer: 364919

SWECO

Status: Definitief
Datum: 27-5-2021
Schaal: 1:10,000
Formaat: A3

Getekend: RO - Gecontroleerd: SS

0 100 200 300 400 500 600 meter

N

© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

C:\Data\Software\ArcGIS\Luxwoude\MXD\Luxwoude_MER_Effectbepaling.mxd 27-5-2021 15:43:34