

RAPPORT

Waterconservering zuidoost Fryslân

Klant: Provincie Fryslân

Referentie: BH9644-RHD-ZZ-XX-RP-Z-0001

Status: DefinitiefConcept/

Datum: 25 september 2023

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX Amersfoort
Water & Maritime
Trade register number: 56515154

+31 88 348 20 00 **T**
+31 33 463 36 52 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Waterconservering zuidoost Fryslân

Sub titel:

Referentie: BH9644-RHD-ZZ-XX-RP-Z-0001

Status: 00/Concept

Datum: 25 september 2023

Projectnaam: Waterconservering zuidoost Fryslân

Projectnummer: BH9644

Auteur(s): Ben van der Wal

Opgesteld door:

Gecontroleerd door:

Datum:

Goedgekeurd door:

Datum:

Classificatie

Open

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden veelevoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Let op: dit document bevat mogelijk persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V.. Voordat publicatie plaatsvindt (of anderszins openbaarmaking), dient dit document te worden geanonimiseerd of dient toestemming te worden verkregen om dit document met persoonsgegevens te publiceren. Dit hoeft niet als wet- of regelgeving anonimiseren niet toestaat.

Inhoud

1	Inleiding	1
2	Modelaanpassingen	2
2.1	Laagopbouw	2
2.2	Vergelijking model 2021 en model 2018	3
2.3	Opschaling conductance	3
3	Scenario's	6
3.1	Scenario's in het kort	6
3.2	Referentie GH50	6
3.3	Scenario WATCON1	7
3.4	Scenario COMBI2R	8
3.5	COMBI2L	10
3.6	Scenario COMBI2Rb	12

Literatuurlijst

Bijlagen

Bijlage 1 Doorlaatvermogen middeldiepe pakket en weerstand Peelo

Bijlage 2 Model 2021 versus model 2018

Bijlage 3 Scenario COMBI2L, kaartjes lokale maatregelen

Bijlage 4 Effect scenario's op de GLG

Bijlage 5 Analyse natte omstandigheden GHG bij scenario COMBI2R

1 Inleiding

In 2018 zijn in het kader van de “Brede grondwaterstudie Fryslân” (RHDHV, 2018) verschillende scenario’s doorgerekend. Aan de hand van deze scenario’s is onderzocht wat het effect van klimaatverandering is op het grondwatersysteem van Fryslân en wat de effectiviteit van maatregelen is om deze veranderingen te mitigeren. In een aantal van deze scenario’s speelde ook maatregelen op het vlak van waterconserving op de zandgronden in zuidoost Fryslân een rol. Provincie Fryslân en Wetterskip Fryslân willen de uitkomsten van een aantal van deze waterconservingsscenario’s in meer detail beschikbaar hebben om te gebruiken in berekeningen met de Waterwijzer Landbouw en Waterwijzer Natuur. Deze berekeningen worden uitgevoerd in het kader van een Publiek Private Samenwerking (PPS) “Klimaatrobuust waterbeheer Friese zandgronden”. De berekeningen zijn daartoe in 2022 op een raster met celgrootte 100*100 meter doorgerekend in plaats van het oorspronkelijke raster van 250*250 meter.

De provincie heeft verzocht het model aan te passen op basis van de REGIS II versie 2.2 en om ook aanvullend de droge periode 2018 – 2019 door te rekenen.

Bij de uitvoering van de Grondwaterstudie Fryslân in 2018 zijn de modelberekeningen uitgevoerd met SEAWAT met een vaste dichtheidsverdeling. Omdat in zuidoost Fryslân het zoute water geen rol speelt is ervoor gekozen de berekeningen nu uit te voeren met MODFOW6 zonder rekening te houden met variabele dichtheid. De berekeningen worden wel, net als in 2018, uitgevoerd met FLUZO voor de grondwateraanvulling.

Het doel van deze aanvullende studie is het digitaal aanleveren van de resultaten van de scenario’s waterconserving Friese zandgronden. Deze resultaten zijn berekend met het verfijnde model. Dit rapport is een kort verslag en beschrijft de bevindingen van de aanpassingen van het model (hoofdstuk 2) en de scenario’s die berekend zijn (hoofdstuk 3). De figuren zijn voornamelijk “screendumps” die in het proces zijn gebruikt bij de communicatie met de opdrachtgever en zijn niet opnieuw gemaakt voor dit verslag.

Van de scenario’s zijn de volgende bestanden opgeleverd:

- De Gemiddelde Hoogste Grondwaterstand (GHG) en de Gemiddelde Laagste Grondwaterstand (GLG)
- De GHG en GLG berekend voor de droge jaren 2018 en 2019
- De grondwaterstand en stijghoogte voor alle berekende tijdstappen.

2 Modelaanpassingen

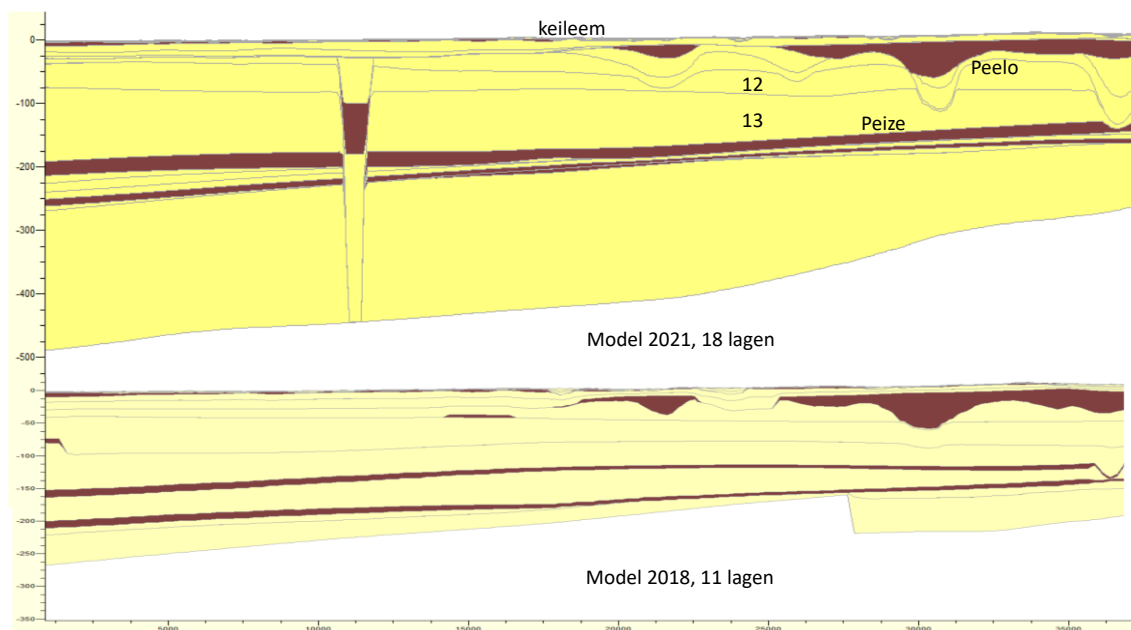
2.1 Laagopbouw

Dit hoofdstuk beschrijft de aanpassingen die in 2022 zijn doorgevoerd ten opzichte van het model dat in 2018 is gebruikt voor de uitvoering van de Grondwaterstudie Fryslân.

Er is een nieuwe laagopbouw aangemaakt met de lagentool uit het Nederlands Hydrologisch Instrumentarium op basis van het Methodiek Interactieve Planning Waterbeheer (MIPWA)-lagenmodel. Dit lagenmodel is gebaseerd op REGIS II v2.2 en is aangevuld met een meer gedetailleerde kaart voor de keileem. De nieuwe laagopbouw is figuur 2.1 vergeleken met de laagopbouw die bij de uitvoering van de Grondwaterstudie Fryslân in 2018 is toegepast

De geel gekleurde lagen in figuur 2.1 zijn de goed doorlatende lagen, de donkere lagen zijn slecht doorlatend. In 2018 was het Peize-complex opgedeeld in 3 lagen, een goed doorlatend deel met zowel aan de onder als bovenkant een slecht doorlatend deel waarin geconcentreerd de verticale weerstand is opgenomen. Het lagenmodel van het model Grondwaterstudie Fryslân (2018) was gebaseerd op REGIS II v2.1. Destijds is nieuwe informatie over de opbouw van het Peize-complex aan het lagenmodel toegevoegd. Deze verbeterde laagopbouw is nu onderdeel van REGIS II v2.2 (2021).

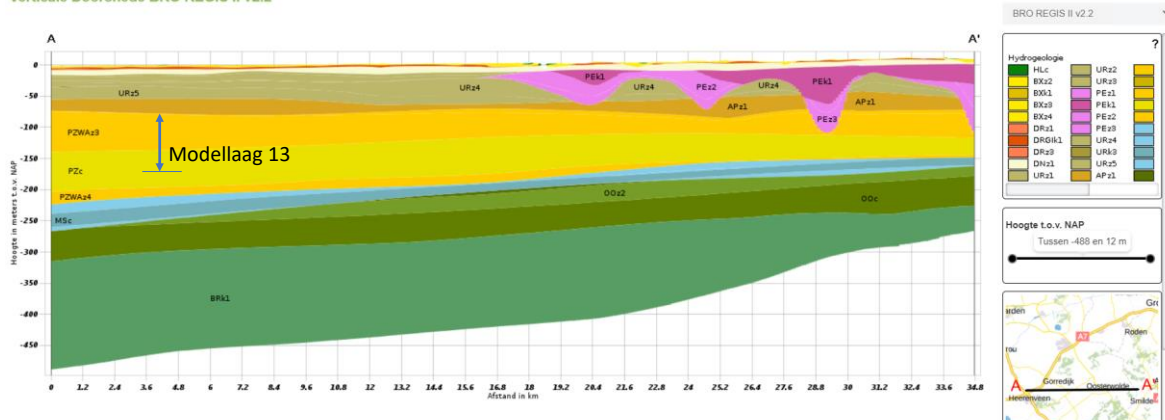
In de laagopbouw van 2021 is het Peize-complex geschematiseerd in twee lagen, een goed doorlatend deel boven een slecht doorlatend deel met gelijke dikte. Het goed doorlatende deel is onderdeel van modellaag 13, zie figuur 2.2.



Figuur 2.1 Laagopbouw model 2021 (boven) en model 2018 (onder)

De Peelo geulen en de geulopvullingen zijn in de nieuwe REGIS ook verbeterd zoals bovenin figuur 2.1 te zien is. In het model van 2018 is een aantal geulen alsnog in de het model opgenomen door parameters ter plaatse van de geulen aan te passen. De geulen zijn toen niet in de laagopbouw zelf verwerkt.

Verticale Doorsnede BRO REGIS II v2.2



Figuur 2.2 Laagopbouw REGIS II v2.2

2.2 Vergelijking model 2021 en model 2018

In paragraaf 2.1 zijn twee veranderingen in de laagopbouw benoemd. Andere verschillen met het model dat in 2018 is gebruikt voor de Grondwaterstudie Fryslân zijn:

- De weerstand van de Peelklei; de weerstand is daar waar de Peelklei minder goed ontwikkeld is veel hoger in het nieuwe lagenmodel. Daar waar de weerstand kleiner is dan 20000 d is een factor 0.1 op de weerstand toegepast.
- Het doorlaatvermogen van het middeldiepe pakket. In het nieuwe lagenmodel is het doorlaatvermogen hoger (op 1 locatie na) dan in het oorspronkelijke model en ook in vergelijking met pomproefgegevens. Er is een kaart met factoren gemaakt om het doorlaatvermogen te corrigeren, zodat het doorlaatvermogen beter aansluit bij de pomproefgegevens.

Met name deze twee parameters zorgen ervoor dat de modeluitkomsten fors verschillen en dat de uitkomsten minder goed aansluiten bij de metingen. Het verschil in parameters en hoe deze zijn aangepast om een beter ijkresultaat te krijgen is beschreven in bijlage 1. Het verschil in uitkomsten en de vergelijking met de metingen is beschreven in bijlage 2.

Op verzoek van de opdrachtgever is ook gekeken naar een aantal meetpunten in het Drents Friese Wold. Dit heeft geleid tot een aantal zeer lokale aanpassingen van het model, beschreven in bijlage B2.4.

2.3 Opschaling conductance

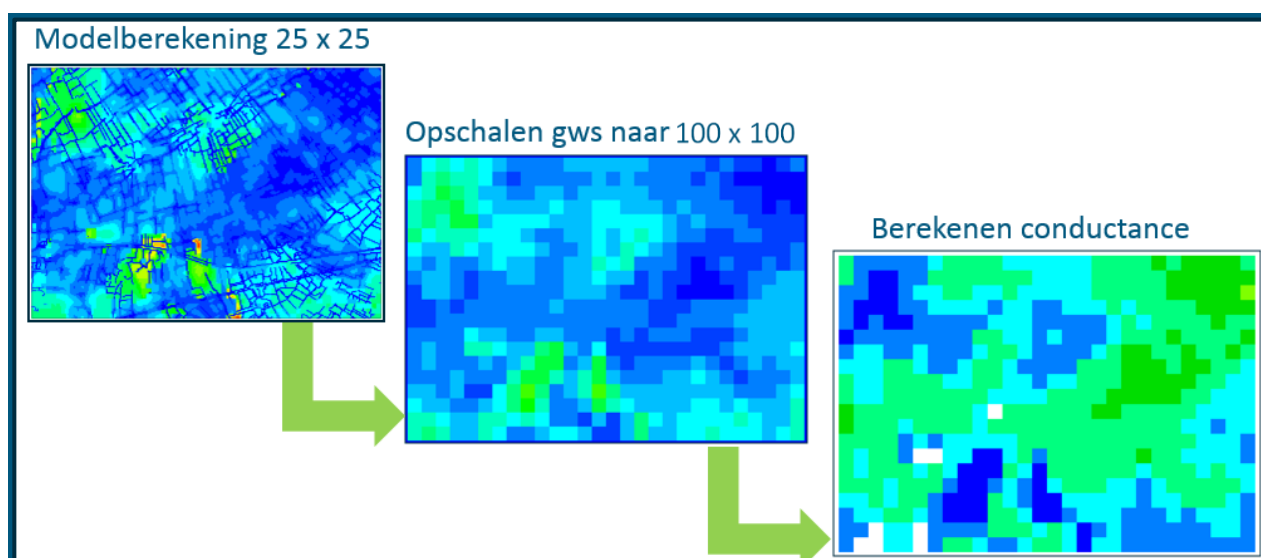
De schematisatie van het oppervlaktewatersysteem en het topsysteem is overgenomen uit MIPWA v4. Bij het aanpassen van de gridgrootte van het model, in dit geval van 25x25 m (MIPWA v4) naar 100x100 m (bij de Grondwaterstudie Fryslân in 2018 was dat 250*250 meter), is het van belang om de conductances op een juiste manier op te schalen. Bij opschaling van 25x25 m resolutie naar 100x100 m resolutie volstaat het niet als alleen de conductances van de inliggende cellen worden opgeteld. Bij grotere cellen gaat namelijk ook de horizontale weerstand van de percelen naar de ontwateringsmiddelen een rol spelen, zeker als doorlatendheid van de bodem slecht is. Bij het gewoon optellen van de conductances van de inliggende cellen wordt de horizontale stroming verwaarloosd.

Voor het opschalen van de conductances is gebruik gemaakt van de methode, die eerder ook in 2018 bij de Brede Grondwaterstudie Fryslân (Royal HaskoningDHV, 2020) is toegepast. Figuur 2.3 geeft de methode schematisch weer. Ten behoeve van de opschaling is het model eerst stationair doorgerekend op 25x25 m met voor alle sloten een peil op 0 m+NAP en een standaardwaarde voor de

grondwateraanvulling. Er wordt bij deze berekening op een goede manier rekening gehouden met de horizontale stroming naar de waterlopen.

De grondwaterstand wordt vervolgens omgezet naar 100*100 m door de grondwaterstand berekend op cellen van 25*25 m te middelen. De afvoer van de individuele cellen wordt opgeteld. Dat levert een grondwaterstand en een afvoerflux Q_{afvoer_gem} en grondwaterstand gws_{gem} is eenvoudig de opgeschaalde conductance, C_{gem} , als volgt te bepalen:

$$\text{Opgeschaalde conductance, } Cond = \frac{A * Q_{afvoer_gem}}{GWS_{gem} - \text{Peil}}$$



Figuur 2.3: Schematische weergave opschalingsmethode conductances

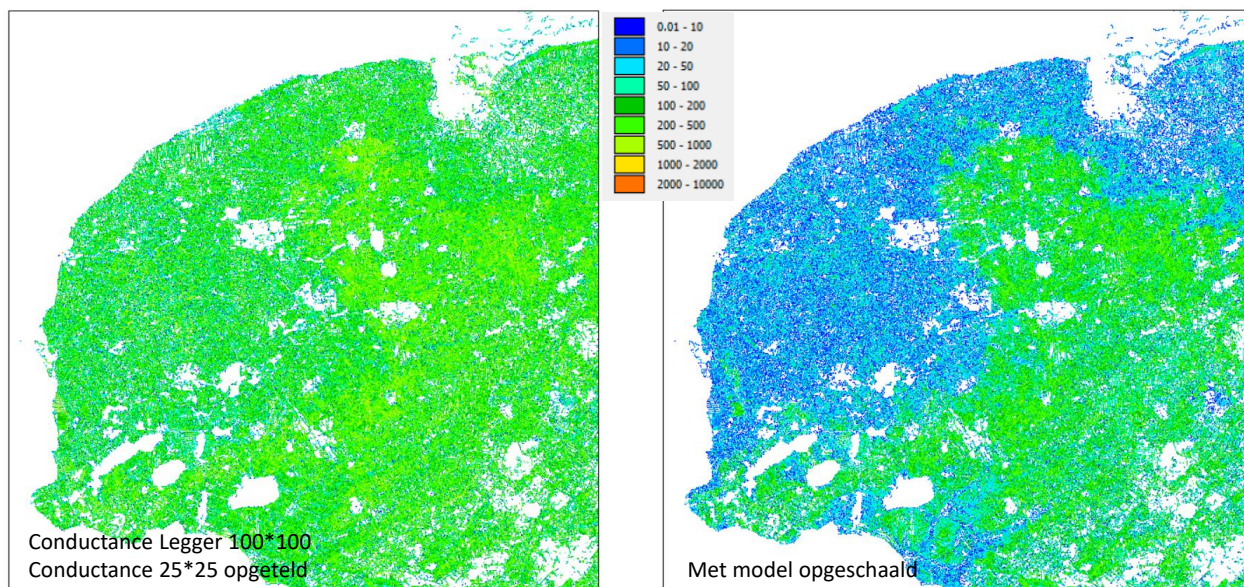
Figuur 2.4 geeft voor het modelgebied een vergelijking tussen de conductance op 100x100 m gridcellen, berekend als som van de conductance van de inliggende 25x25 m gridcellen (links) en berekend met de opschalingsmethode (rechts). De gebruikte opschalingsmethode zorgt over het gehele modelgebied voor lagere conductances. Met name het noordelijk kleigebied krijgt lagere conductances.

Omdat nu gerekend is met kleinere celgrootte (100*100 m) dan ten tijde van de Brede Grondwaterstudie Fryslân, is besloten de opschaling opnieuw te doen. Nu is deze uitgevoerd met iMOD, zodat de opschaling voor geheel Friesland met 1 berekening uitgevoerd kon worden in plaats van met een groot aantal deelmodellen. Tevens is de opschaling dit keer ook apart voor de boezemwatergangen uitgevoerd. De opgeschaalde conductance is in intensity-duration-frequency (idf's) beschikbaar en kan dus ook voor andere studies gebruikt worden.

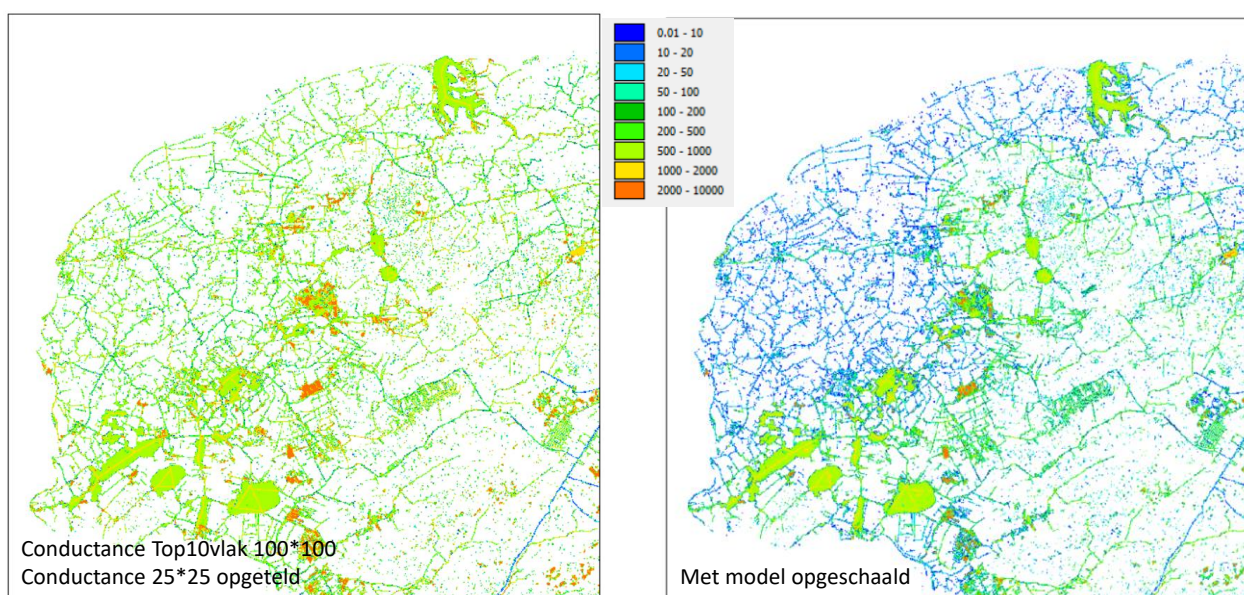
De methodiek van opschalen heeft als grote voordeel dat wordt uitgegaan van modeluitkomsten berekend op basis van cellen met een grootte van 25*25m met alle kenmerken van de bodemopbouw op deze schaal inclusief de horizontale stroming naar de waterlopen. Bij het gebruik van analytische formules ten behoeve van de opschaling is een sterke vereenvoudiging van de schematisatie benodigd waardoor de opgeschaalde weerstand minder goed zal aansluiten bij het 25*25 model.

De methodiek heeft echter wel als nadeel dat bij het berekenen van de conductance van een cel van 100*100 ook waterlopen van de aangelegene cellen een rol spelen. Een deel van de conductance van een waterloop komt in de ernaast gelegen cellen terecht. Bij geringe doorlatendheid van de deklaag is dit

aandeel kleiner dan bij een grotere doorlatendheid. Bij een grotere doorlatendheid is de correctie echter weer kleiner. Voor regionale studies weegt het voordeel zwaarder dan het nadeel.



*Figuur 2.4 Conductance leggerwatergangen 100*100 in MIPWA (links) en opgeschaald met het model (rechts)*



*Figuur 2.5 Conductance boezem (Top10vlak) 100*100 in MIPWA (links) en opgeschaald met het model (rechts)*

3 Scenario's

3.1 Scenario's in het kort

Er zijn twee referentiesituaties, de huidige situatie (2001-2010) en een klimaatscenario GH2050 (Gematigd scenario onder invloed van hoge waarden), verder GH50 genoemd, (KNMI 2014, klimaatscenario's voor Nederland). Bij dit GH50 scenario is uitgegaan van een autonome ontwikkeling volgens de inzichten uit de Grondwaterstudie Fryslân in 2018. In hoofdstuk 3.2 is beschreven wat de verschillen zijn tussen het klimaatreferentiescenario en de huidige situatie.

Een tweetal scenario's uit de Grondwaterstudie Fryslân zijn in het kader van deze studie opnieuw berekend met dus een kleinere celgrootte en aangepaste lagenopbouw:

- **WATCON1** (waterconservering via oppervlaktewatersysteem)
Peilverhoging van watervoerende waterlopen met enkele decimeters en bodemverhoging van droogvallende waterlopen eveneens met enkele decimeters.
- **COMBI2R**
Dit combinatiescenario is gelijk aan WATCON1, alleen nu aangevuld met het vervangen van alle aanwezige conventionele drainage door peilgestuurde drainage.

In hoofdstuk 3.3 en 3.4 is nader beschreven welke maatregelen onderdeel zijn van deze scenario's. De scenario's zijn in eerste instantie doorgerekend ten opzichte van het klimaatscenario GH50. Later zijn ze ook opgeleverd ten opzichte van de huidige situatie (referentie). Naast kaartjes met de maatregelen zijn de stationair berekende effecten van de scenario's weergegeven. Het effect op de GLG voor de verschillende scenario's is weergegeven in bijlage 4.

Naast deze eerder in 2018 doorgerekende scenario's via de Grondwaterstudie Fryslân is een extra scenario doorgerekend met lokale maatregelen voor 11 deelgebieden. Dit scenario met lokale maatregelen is gebaseerd op praktijkproeven water vasthouden die daadwerkelijk zijn uitgevoerd bij verschillende agrarische bedrijven in het Friese zandgebied. Het gaat daarbij om een combinatie van verschillende maatregelen, zoals sloten verondiepen of dempen, stuwen plaatsen en aanleg van peilgestuurde drainage. We hebben dit scenario COMBI2-L(okaal) genoemd. De uitgevoerde maatregelen zijn beschreven in hoofdstuk 3.5.

Bij de Brede Grondwaterstudie Fryslân (2018) was er met name aandacht voor de GVG en GLG. De maatregelen bij COMBI2R zijn echter jaarrond doorgevoerd. Bij het opnieuw doorrekenen van scenario COMBI2R bleek dat de GHG op sommige locaties te nat wordt. Bij nadere beschouwing bleek dat er bij de uitvoering van de Grondwaterstudie Fryslân geen randvoorwaarden waren opgegeven voor de peilgestuurde drainage in de winter. Om deze reden is een aanvullend scenario, COMBI2Rb, doorgerekend waarbij de maatregelen in het natte seizoen zijn aangepast. Dit scenario is beschreven in hoofdstuk 3.6.

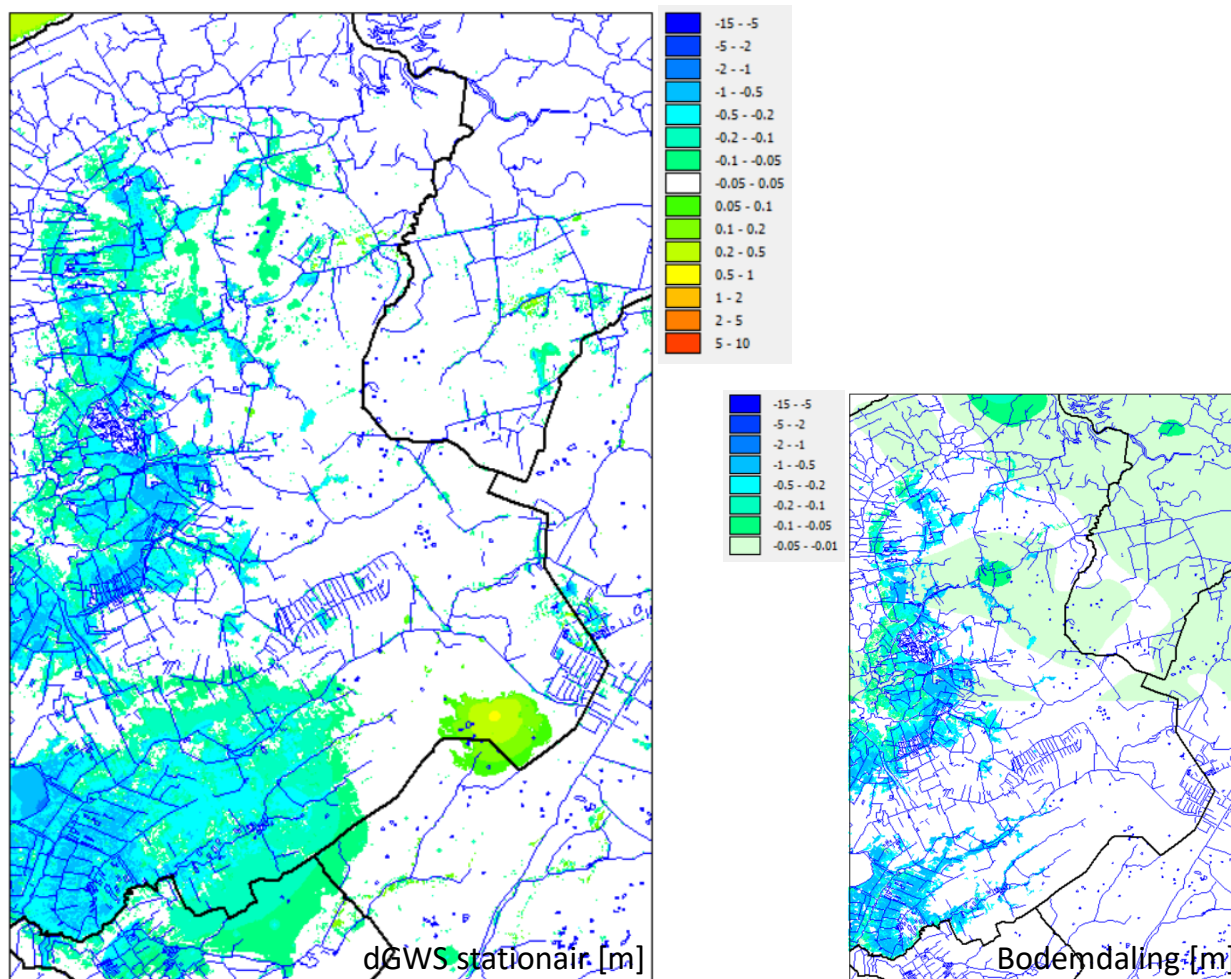
3.2 Referentie GH50

Het klimaatscenario bestaat uit een viertal aanpassingen ten opzichte van de huidige situatie. Er is gerekend met het GH klimaatscenario voor 2050 van het KNMI (uit 2014) en met een autonome ontwikkeling. Onder autonome ontwikkeling verstaan we ontwikkelingen die ten tijde van de uitvoering van Grondwaterstudie Fryslân in 2018 bestuurlijk waren vastgesteld:

- Voortschrijdende bodemdaling (conform Veenweidevisie 2015 en door gas- en zoutwinning).
- Drinkwaterwinning Terwisscha (nabij Appelscha) verminderd tot 4,5 miljoen m³/jaar.

En daarnaast:

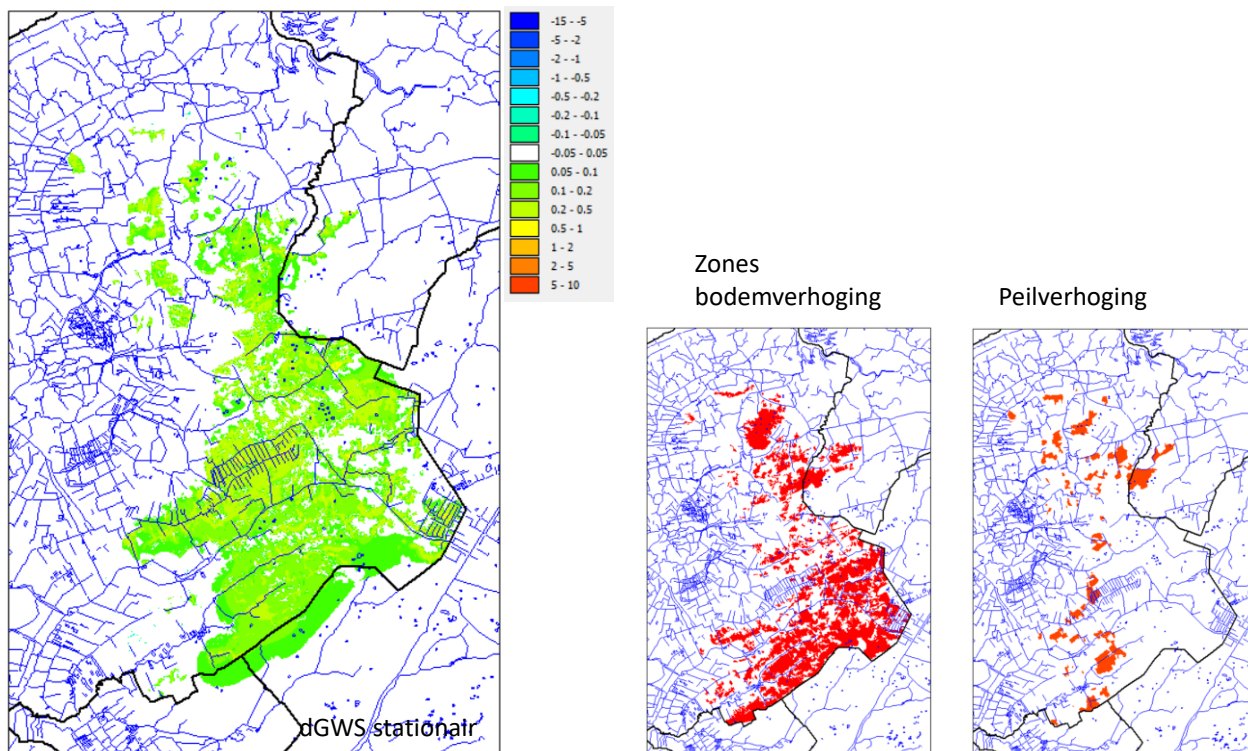
- Neerslag en verdamping volgens GH2050 (KNMI, 2014).
- Zeespiegelstijging conform GH2050 (KNMI, 2014).



Figuur 3.1 Extra bodemdaling (rechts) en stationair berekende effect op de grondwaterstand van de maatregelen ten opzichte van de huidige situatie, exclusief de aanpassing van de neerslag en verdamping

3.3 Scenario WATCON1

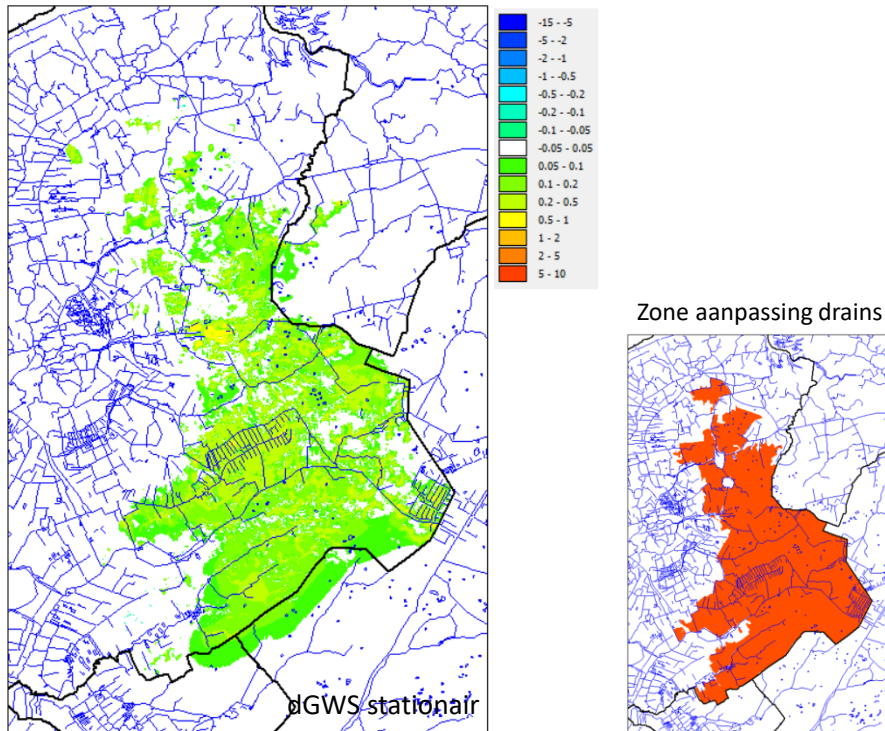
In het scenario WATCON1 zijn een tweetal maatregelen verwerkt ten behoeve van de waterconserving in het zandgebied van zuidoost Friesland. Het betreft bodemverhoging van droogvallende waterlopen en een peilverhoging voor waterlopen die gedurende het hele zomerseizoen watervoerend blijven. Het stationair berekende effect van deze maatregelen zijn weergegeven in figuur 3.2.



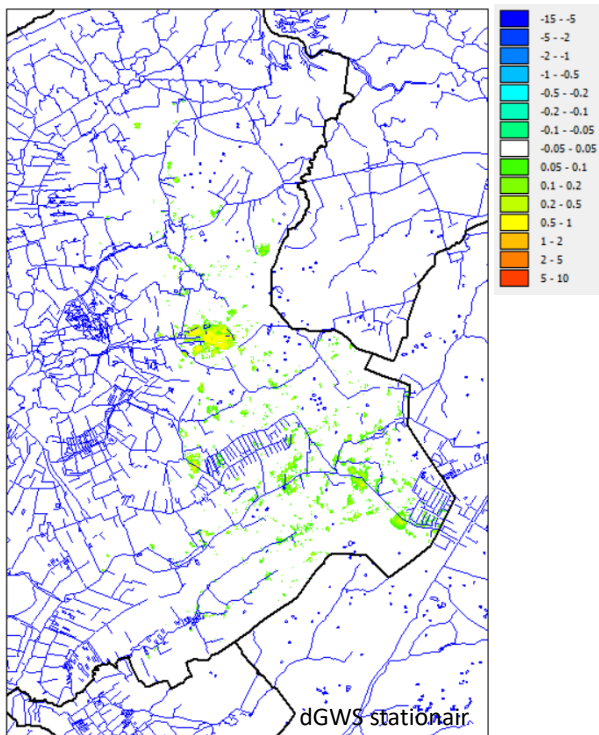
Figuur 3.2 Zone maatregelen (rechts) bij WATCON1 en stationair berekende effect op de grondwaterstand ten gevolge van de maatregelen voor de referentiesituatie 2015.

3.4 Scenario COMBI2R

Scenario COMBI2R(egionaal) is in principe gelijk aan het scenario WATCON1, alleen is er nog een extra maatregel toegevoegd. Aanwezige conventionele drainage in het aangegeven gebied worden vervangen door ondiepe drainage met een kleinere drainafstand en een ontwateringsdiepte tot 30 cm gedurende het groeiseizoen. Het stationair berekende effect is weergegeven ten opzichte van GH50 en ten opzichte van WATCON1.



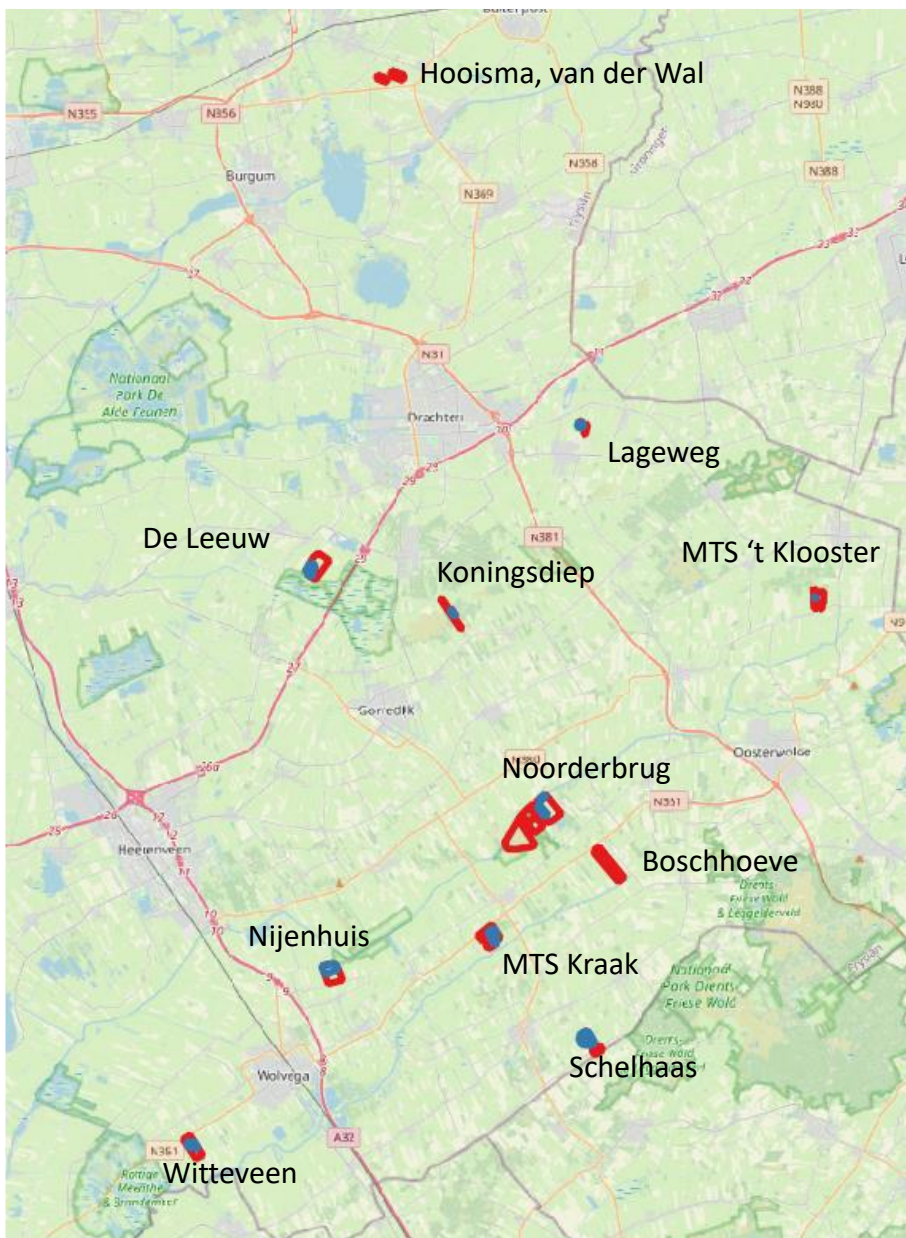
Figuur 3.3 Zone maatregelen (rechts) COMBI2R en stationair berekende effect (links) op de grondwaterstand ten gevolge van de maatregelen ten opzichte van referentiesituatie (2015).



Figuur 3.4 Stationair berekende effect op de grondwaterstand ten gevolge van COMBI2R tov WATCON1.

3.5 COMBI2L

Het scenario COMBI2L(okaal) bestaat uit lokale maatregelen in 11 gebieden. De 11 gebieden zijn opgenomen in figuur 3.5 en de bijbehorende maatregelen zijn benoemd in tabel 3.1. De maatregelen zijn daadwerkelijk uitgevoerd middels een aantal praktijkproeven in het zandgebied van Fryslân. De uitgevoerde maatregelen zijn afgeleid uit deelrapportages die zijn aangeleverd door de provincie. Deze deelrapportage zijn opgesteld ten behoeve van de individuele praktijkproeven op bedrijfsniveau (Bodem- en Waterscans, Aequator, 2018 en 2019) Uit deze rapportages bleek niet altijd eenduidig hoe de maatregelen bedoeld zijn en hoe ze het systeem beïnvloeden. Uiteindelijk zijn de maatregelen vertaald naar modelparameters, waarbij het peil of de bodem in de waterlopen en in de drains, binnen de zones zoals die zijn weergegeven in bijlage 3, zijn aangepast. Voor elk van de 11 gebieden zijn zones in twee kleuren in de kaartjes opgenomen, rode en blauwe. In de tabel zijn de zonenummers ook in de kleur rood of blauw.



Figuur 3.5 Zones lokale maatregelen (COMBI2-L(okaal))

Het scenario COMBI2-L(okaal) levert per agrarisch bedrijf een wisselend beeld op. Op locaties zonder wateraanvoer verandert de GLG niet of nauwelijks en zal met name de GVG (voorjaarsgrondwaterstand) langer hoger zijn. Bij situaties van wateraanvoer wordt juist de GLG verhoogd. In sommige gevallen wordt de GLG dermate verhoogd dat zelfs sprake is van een Gemiddelde Hoogste Grondwaterstand (GHG) situatie.

Het effect zal dus niet altijd uit de GLG en GHG blijken. Om deze reden zijn in bijlage 3 een aantal grafieken opgenomen die tijdsafhankelijk het effect van de maatregelen tonen.

Tabel 3.1 Maatregelen COMBI2L(okaal)

Gebied	zone	WP	ZP	bodem	bodem	drains hoog	drains laag	opmerking
		[m tov NAP]	[m tov NAP]	[m tov NAP]	[m tov MV]	[m tov MV]	[m tov MV]	
Hooisma	1	1.4	1.4					
	3	1.87	1.87					
	4	1.7	1.7					
Koningsdiep	1			1				
	2	0.25	0.25					
	1					0.4	0.4	
Lage weg	1				0.6			
	2				0.4			
De Leeuw	1					max(MV-0.7, 3.6)	max(MV-0.7, 2.1)	
	1	-2.6	-2.6			max(MV-0.2, -2.6)	max(MV-0.7, -2.6)	
MTS t Klooster	3	5.5	5.5					
	4	6.5	6.5					
	5					max(MV-0.2, 6.7)	max(MV-0.7, 6.2)	
	6	6.5	6.5					
Noorderbrug	1				0			alle waterlopen en drains
	4	1.4	1.6					
	5	1.6	2.2					
	6	1.4	1.7					
	7	1.4	1.7					
	1					max(MV-0.7, ZP)	max(MV-0.7, WP)	
	2					max(MV-0.7, ZP)	max(MV-0.7, WP)	
MTS Kraak	1	1.3	1.9					
	2	0.8	1.4					
	3	0	0.6					
	4	0.8	1.4					
	1					max(MV-0.7, ZP)	max(MV-0.7, WP)	
	2					max(MV-0.7, ZP)	max(MV-0.7, WP)	
Nijenhuis	1	-2.1	-2.1					
Schelhaas	1					MV-0.2	MV-0.7	
	1					MV-0.2	MV-0.7	
	2					MV-0.2	MV-0.7	
	3			3				
	4	3.2	3.7					
	5	3.2	3.7					
	1	2.3	2.8					
	2	2.6	3.1					
	3	2.7	3.2					
	4	3.5	4					
	5	2.7	3.2					
	6	2.6	3.1					
	1	-0.9	-0.5					
1					max(MV-0.7, ZP)	max(MV-0.7, WP)		
Boschhoeve	1	2.7	3.2					
	2	2.5	3					
	3	3.5	3.5					

3.6 Scenario COMBI2Rb

Bij de Brede Grondwaterstudie Fryslân was er met name aandacht voor de GVG en GLG. Bij het opnieuw doorrekenen van scenario COMBI2R bleek dat de GHG op sommige locaties te nat wordt. Om deze reden is een aanvullend scenario, COMBI2Rb, doorgerekend waarbij de maatregelen in het natte seizoen zijn aangepast.

In bijlage 5 is geanalyseerd welke maatregelen verantwoordelijk zijn voor de natte omstandigheden. Deze bleken te worden veroorzaakt doordat het drainageniveau in de winter bij het scenario COMBI2R erg hoog was ingesteld: MV -0.3 m. In het aangepaste scenario is dit verlaagd tot een ontwateringsdiepte van 0.7 m ten opzicht van maaiveld en is tevens de conductance van de drains verhoogd. Bij ondiepe drains wordt tevens de drainafstand verkleind. Daar is bij de berekeningen in 2018 geen rekening mee gehouden.

4 Conclusies en aanbevelingen

4.1 Conclusies

Grondwatermodel

Ten opzichte van de Grondwaterstudie Fryslân (2018) is een meer fjnischalig model opgeleverd, waarmee verschillende scenario's voor waterconservering zijn doorgerekend. Het model rekent op een fijner grid van 100*100 meter en is gebaseerd op de nieuwste (REGIS) gegevens betreffende de ondergrond. De conductance van de waterlopen is opgeschaald en het model is aanvullend gekalibreerd, waarbij aanpassingen zijn gedaan aan het doorlaatvermogen van het middeldiepe pakket en aan de weerstand van de Peelo-klei.

Scenario's

Scenario WATCON1 en COMBI2R zijn op dezelfde wijze doorgerekend als de Brede Grondwaterstudie Fryslân. De scenario's zijn aanvullend ook ten opzichte van de huidige situatie doorgerekend en niet alleen ten opzichte van het klimaatscenario GH50.

Bij scenario COMBI2R wordt ook buiten het groeiseizoen een geringe ontwateringsdiepte (van 0,3 meter) aangehouden. Bij peilgestuurde drainage is dat niet plausibel, omdat naar verwachting juist in perioden van neerslagoverschot een lagere ontwateringsdiepte zal worden aangehouden. Daarom is besloten om aanvullend een scenario COMBI2Rb door te rekenen met een ontwateringsdiepte van 0,7 meter buiten het groeiseizoen.

Uit de resultaten blijkt dat ten gevolge van het scenario COMBI2R effecten zichtbaar zijn bij de GLG, dit geldt zowel als er gerekend is met de huidige situatie als referentie als ook met de GH50 als referentie. De GLG gaat bij dit scenario structureel omhoog. Een berekening voor de jaren 2018 en 2019 laat zien dat het effect op de GLG in extreem droge jaren wel kleiner is. Op de hoger gelegen delen concentreert het effect zich in zones langs de grotere waterlopen.

Het scenario COMBI2-L(okaal) levert per agrarisch bedrijf een wisselend beeld op. Op locaties zonder wateraanvoer verandert de GLG niet of nauwelijks en zal met name de GVG (voorjaarsgrondwaterstand) langer hoger zijn. Bij situaties van wateraanvoer wordt juist de GLG verhoogd. In sommige gevallen wordt de GLG dermate verhoogd dat zelfs sprake is van een Gemiddelde Hoogste Grondwaterstand (GHG) situatie.

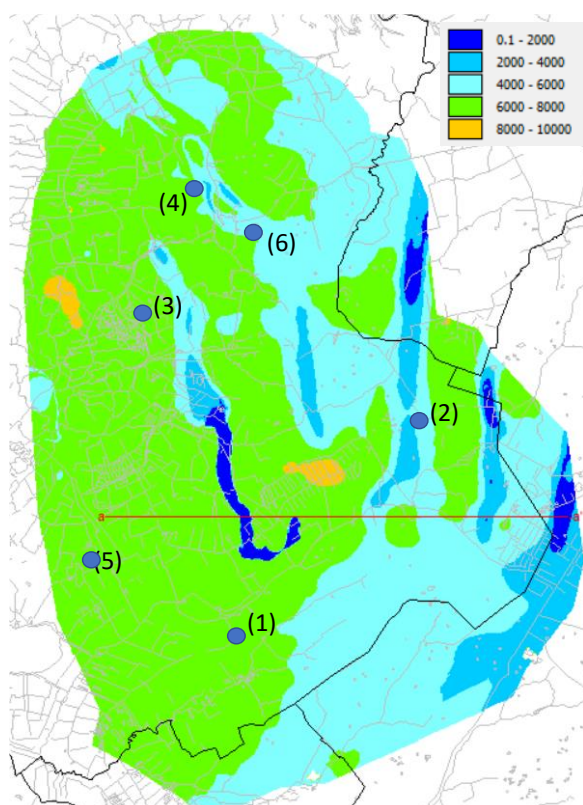
4.2 Aanbevelingen

Het blijkt goed mogelijk om met lokale maatregelen het grondwatersysteem lokaal te beïnvloeden. Zonder wateraanvoer zijn de effecten met name in het voorjaar zichtbaar door grondwaterstanden die langer hoog blijven. Uit scenario COMBI2R blijkt dat het wel mogelijk is een structurele verhoging van de GLG tot stand te brengen. Om effect op de GLG te verkrijgen zonder wateraanvoer zijn maatregelen over grotere gebieden benodigd.

Bijlage 1 Doorlaatvermogen middeldiepe pakket en weerstand Peelo

B1.1 Doorlaatvermogen middeldiepe pakket

Het doorlaatvermogen, weergegeven in figuur B1.1, wijkt behoorlijk af van het doorlaatvermogen in het model van 2018. Op 6 locaties is het doorlaatvermogen vergeleken met het oude model en met de kD afgeleid uit pompproeven. Duidelijk blijkt dat in het nieuwe model het doorlaatvermogen hoger is dan in het oude model en dan volgens de pompproeven, behalve voor locatie 1. Om de uitkomsten van het nieuwe model beter te laten aansluiten bij de uitkomsten van het model uit 2018 is een factor voor het doorlaatvermogen geïntroduceerd weergegeven in figuur B1.3.



Figuur B1.1 Doorlaatvermogen middeldiepe pakket

Doorlaatvermogen middeldiepe pakket (laag 10 t/13) [m²/d]

Voor Oldeholtpade ook laag 10 t/m 18
Oude model laag 6 t/m 9

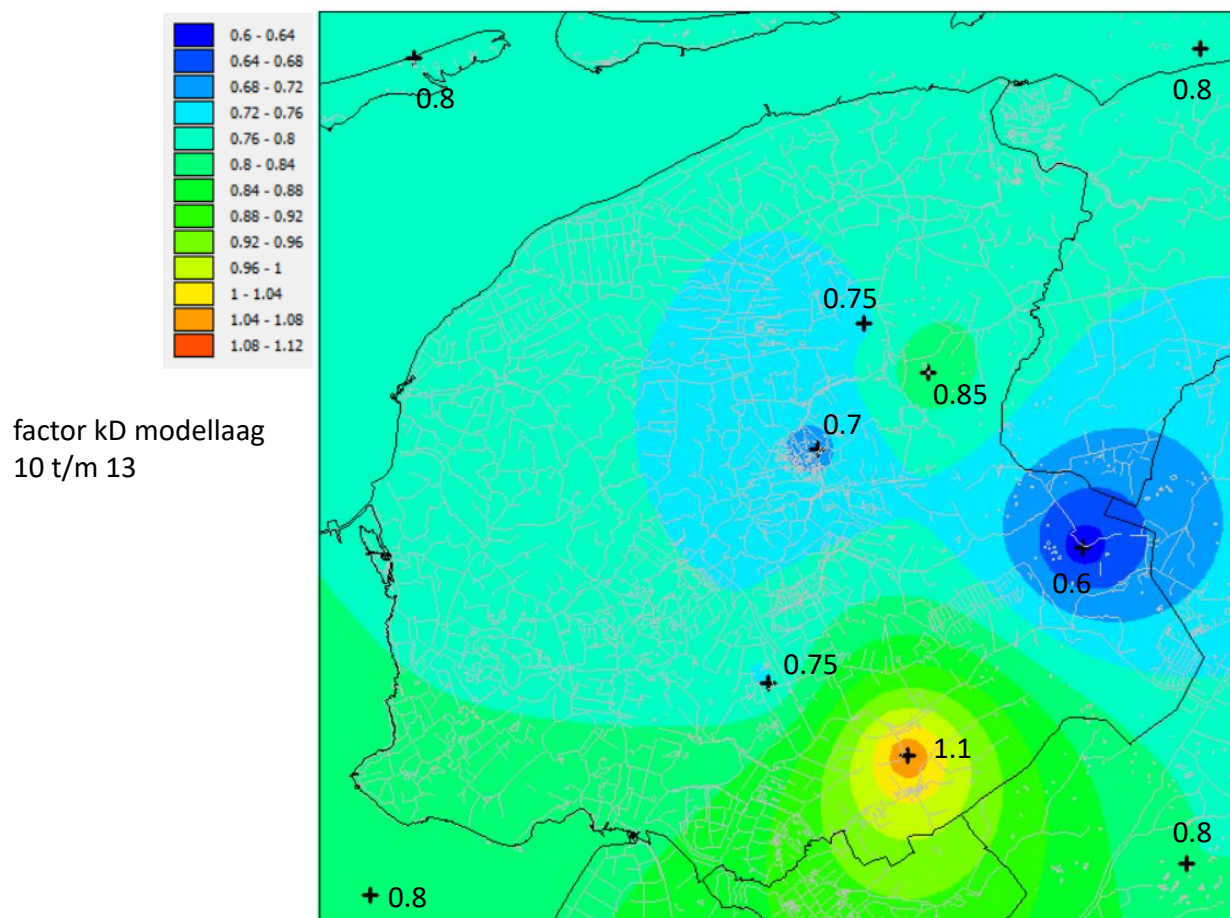
	Model	Oude model	Pompproef
(1) Oldeholtpade	6800/7400	3600/4100	8200
(2) Janssensstichting	4500	3800	2500
(3) Eernewoude	7200	5000	5000
(4) Noord Burgum	6800	5000	5200
(5) Oudehaske	6800	4400	5200
(6) Hoogzand	5400	4100	4500

Locatie (zie bijlage 1)	kD (m ² /etm)	s (-)	$\lambda = \sqrt{kDc}$ (m)	c (etm)	a (-)	Dikte wa- tervoerende pakket (m)	k _h (m/etm)
Janssensstichting 2000-3000	0,002	960	360	0,15	70 à 90	30-35	
Bernewoude	5000	0,002	1660	550	0,2	110	45
Spannenburg	6200	0,002	2200	780	-	150	40
Noordbergum	5200	-	1300	325	0,3	100	50
Oudehaske	5200	0,003	1530	465	-	150	35
Hoogzand	4000-5000	-	1000	250	-	125	32-40
Hommerts	6800	0,0002	2800	1150	-	150	45
Balk	7500	0,0015	3355	1500	-	140	45-55
* Oldeholtpade	8200	0,0015	2100 à 2600	500 à 800	-	(165)	(50)
**Ouwsterhaule	250-350	-	50 à 70	10 à 15	-	25-35	10
Uitwellingerga	410	-	150	55	-	12	35
Heerenveen	350	0,0009	300	165	-	29	20

* Het middeldiepe en diepe watervoerende pakket vormen hier één watervoerende laag.

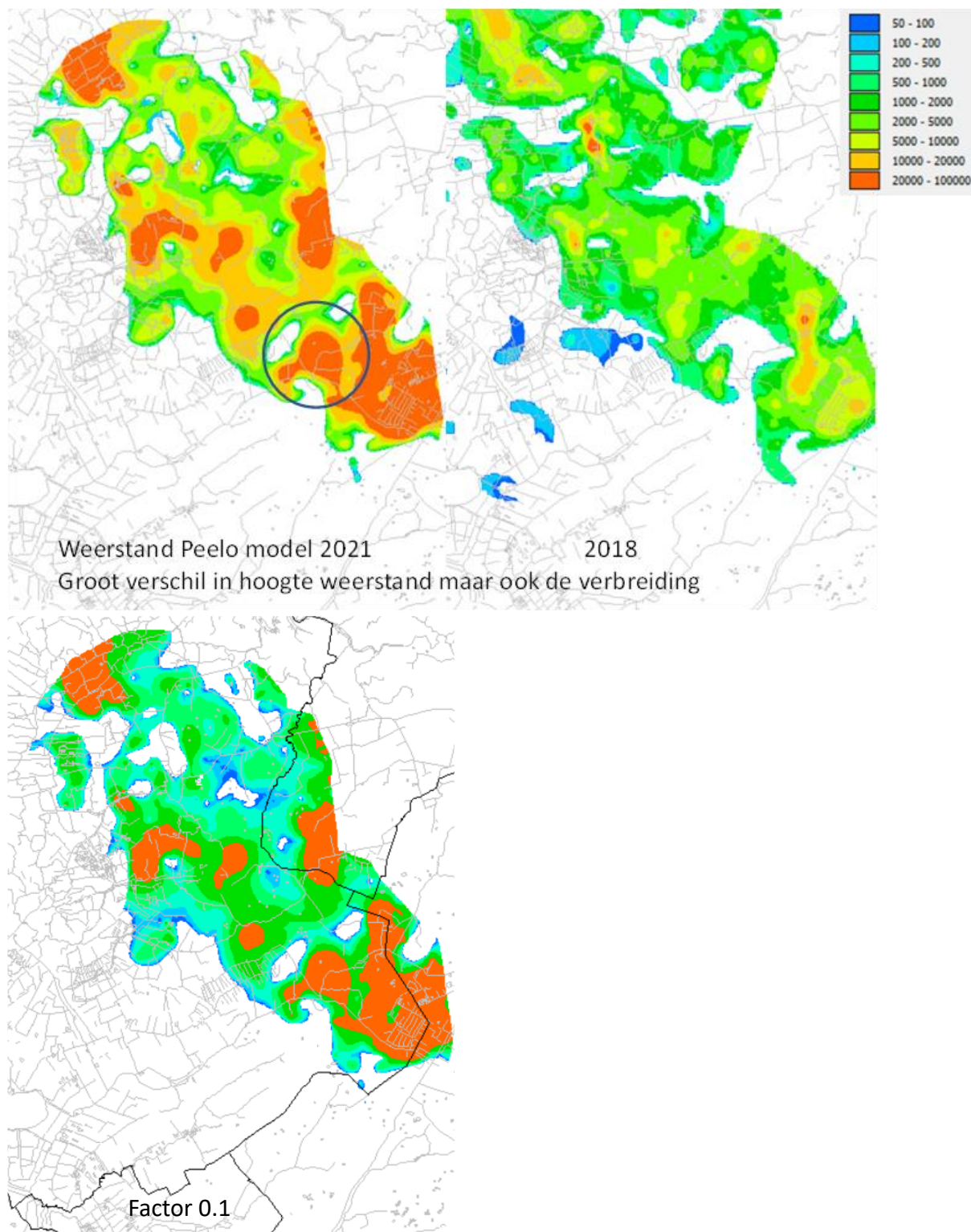
** Deze pompproeven hebben betrekking op een ondiepe watervoerende laag (Formaties van Eindhoven en/of Urk II).

Figuur B1.2 kopie pompproefresultaten (lit.)



Figuur B1.3 Factor toegepast op het doorlaatvermogen van het middeldiepe pakket.

B1.2 Weerstand Peelo klei

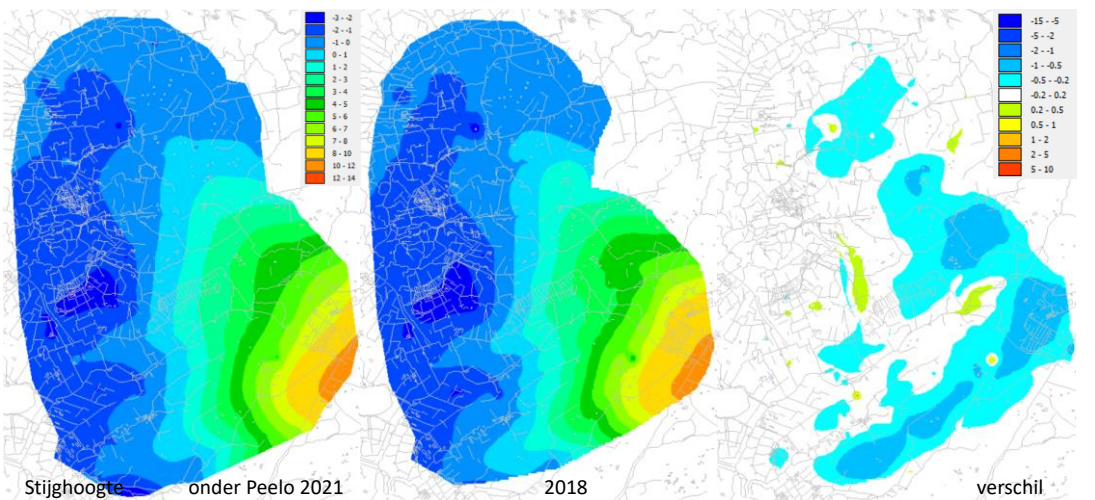
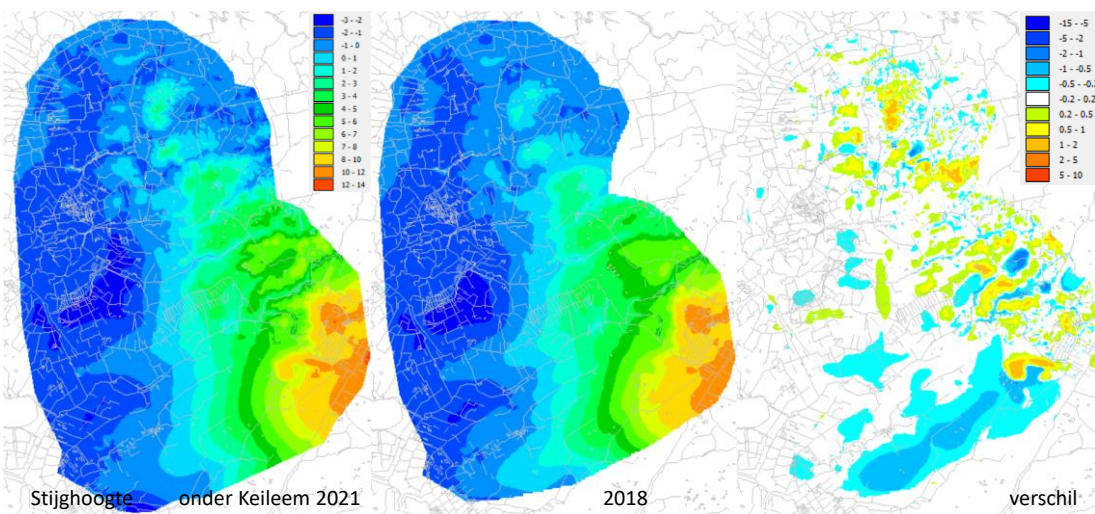
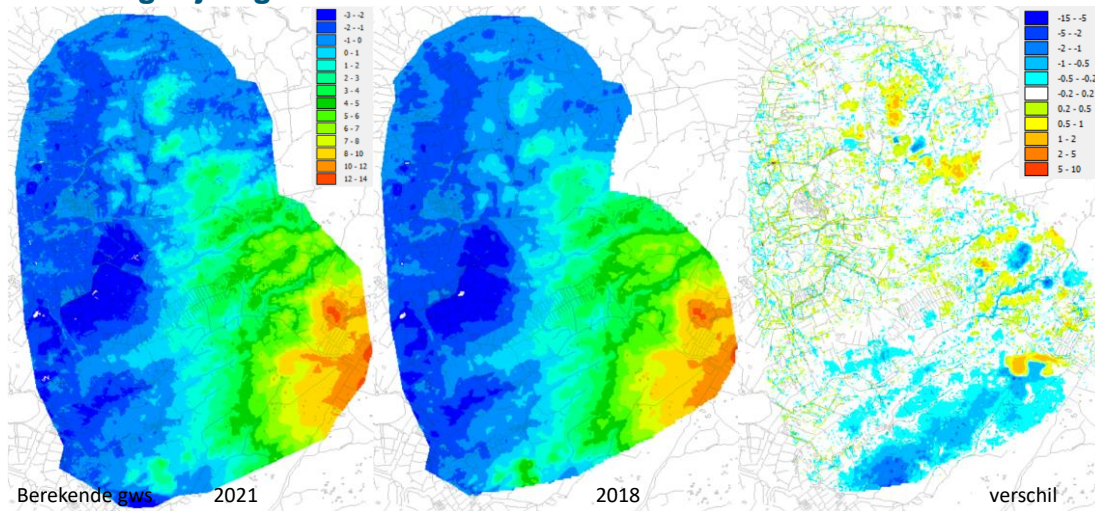


Figuur B2.1 Weerstand Peelo, nieuwe model (links boven), oude model (rechts boven) en nieuwe model gecorrigeerd met een factor 0.1 waar de weerstand kleiner is dan 20000.

Er is een groot verschil in weerstand tussen het oude en nieuwe model zowel wat betreft de grootte van de weerstand als de verspreiding ervan. Dat is goed te zien in het met de cirkel gemarkeerde gebied in figuur B2.1. Dit verschil is ook in eerdere studies opgemerkt (lit..) en om de weerstand meer vergelijkbaar te krijgen met het oude model is in de gebieden met een weerstand kleiner dan 20000 dagen een factor 0.1 toegepast. Deze correctie is nu ook toegepast.

Bijlage 2 Model 2021 versus model 2018

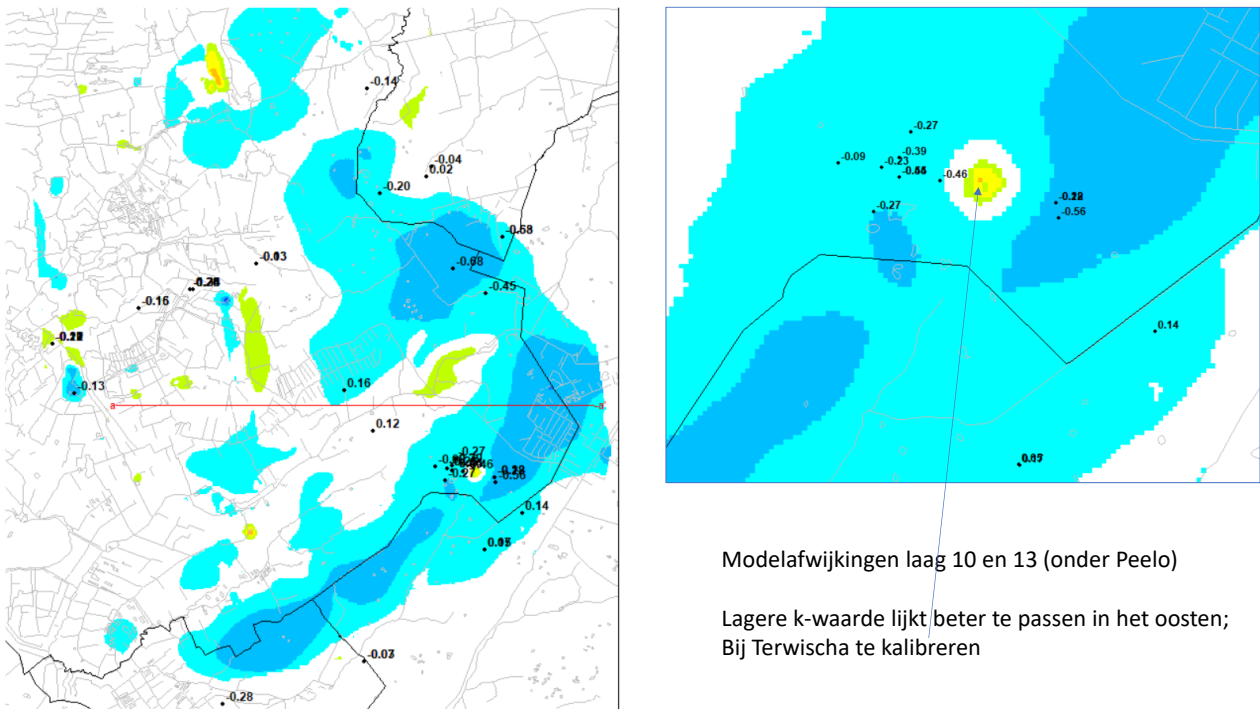
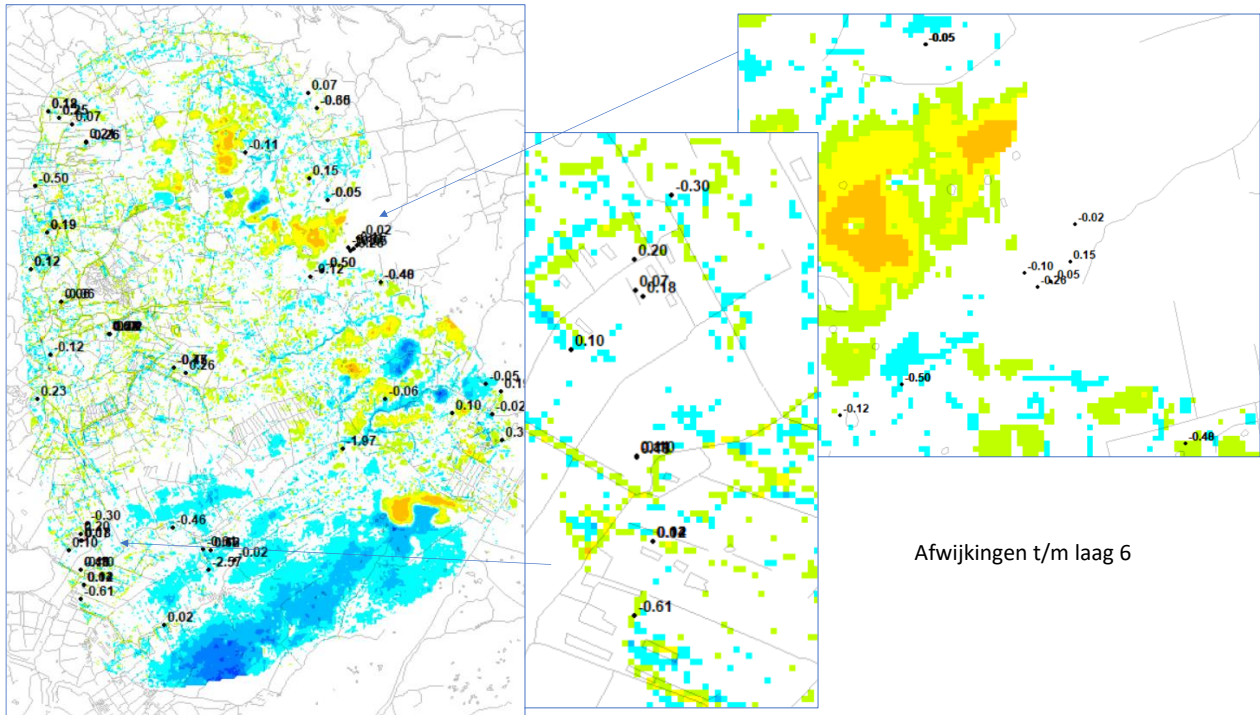
B2.2 Vergelijking uitkomsten



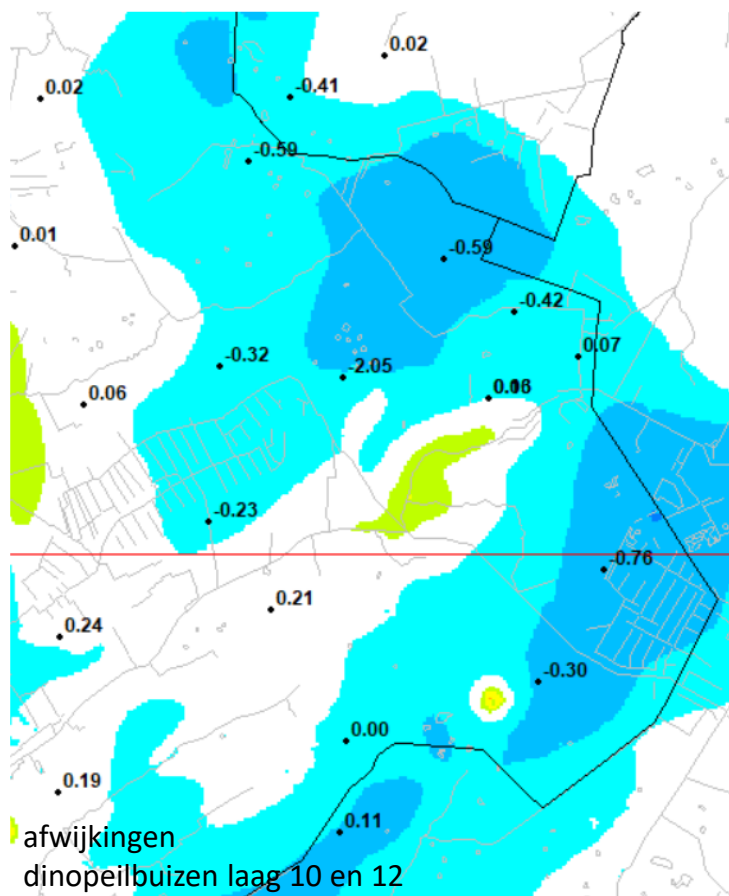
Figuur B2.1 Stijghoogte model 2021 en 2018 en het verschil op 3 niveau's

B2.2 Vergelijking uitkomsten met metingen

Het nieuwe model laat forse verschillen zien met het model uit 2018. Dit wil nog niet zeggen dat daarmee de uitkomsten minder goed zijn dan de resultaten uit 2018. Om deze reden zijn de uitkomsten ook vergeleken met de metingen. In de verschilkaarten zijn de modelafwijkingen van het nieuwe model opgenomen, figuur B2.2 en B2.3.



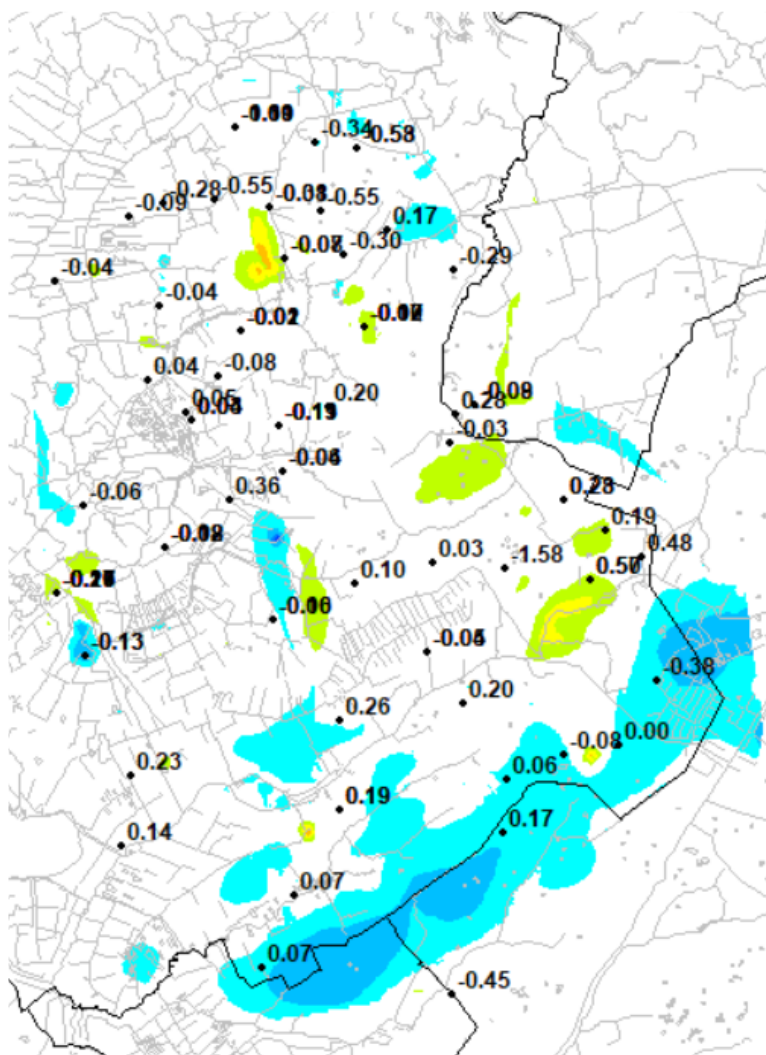
Figuur B2.2 Modelafwijkingen nieuwe model, laag 1 t/m 6 (boven), laag 10 en 13 (onder)



Figuur B2.3 Modelafwijkingen nieuwe model, laag 10 en 12 dino peilbuizen (legenda, zie figuur B2.1)

Wat opvalt is dat in laag 1 t/m 6 juist in de zones met grote verschillen tussen de modellen geen meetpunten aanwezig zijn. De oorzaak van het verschil tussen de twee modellen komt hier voornamelijk door het verschil in de weerstand van de Peeloklei. Het is niet goed aan te geven welke van de schematiseringen beter is.

Dat geldt niet voor de verschillen in de diepere lagen. De stijghoogte in het nieuwe model is duidelijk lager dan het oorspronkelijke model en de afwijkingen ten opzichten van de metingen zijn hier negatief, wat een te lage stijghoogte betekent. Het verschil is in grote zones meer dan 50 cm. Voor de legenda zie figuur B2.1. Door de modelparameters dichter bij die van het oude model te brengen zal het model dus verbeteren ten opzichte van de metingen. Dit is zichtbaar gemaakt in figuur B2.4. De verschillen tussen de twee modellen in het middeldiepe pakket is nu kleiner en de afwijkingen zijn aanvaardbaar.

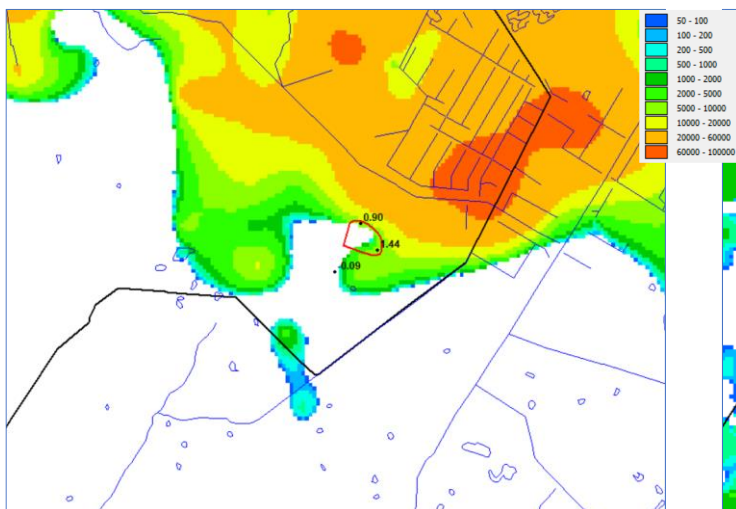


Figuur B2.4 Verschil tussen nieuwe en oude model en modelafwijkingen nieuwe model na kalibratie, laag 10 en 12 dino peilbuizen

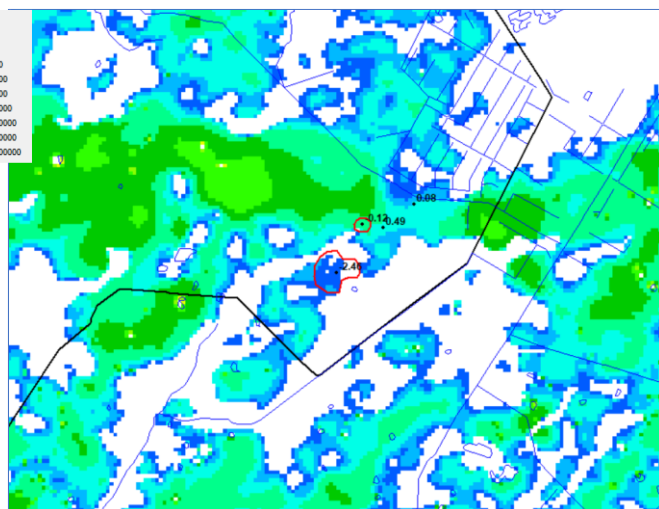
B2.3 Vergelijking met metingen Drents-Friese Wold

De metingen op de rand van de Peeloklei vertonen grote afwijkingen (figuur B2.5 links boven). Door een factor op de weerstand te hanteren van 0.1 (waar de weerstand kleiner is dan 20000) verbetert het resultaat. Het is echter aannemelijk dat de Peeloklei minder ver door loopt. Binnen de rood gemarkeerde zone (2) is de Peeloklei weggenomen uit het model.

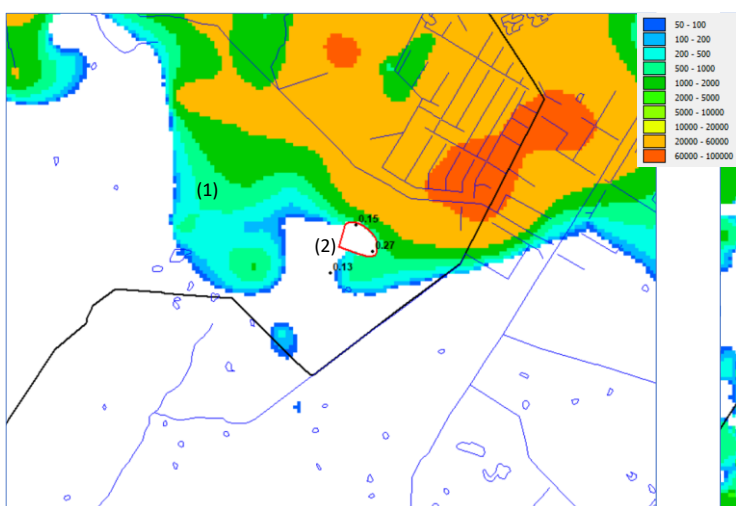
De weerstand van de Keileem is in de omgeving van de meetpunten juist te laag. Door het verlagen van de weerstand van de Peeloklei wordt de afwijking ter plaatse van de noordelijke rood gemarkeerde zone ((4) in figuur rechts boven) groter en is een grotere weerstand van de keileem benodigd om de afwijking te verkleinen. Ter plaatse van de zuidelijke gemarkeerde zone (3) is de weerstand van de keileem veel te laag om een goede grondwaterstand te berekenen. Waarschijnlijk wordt dit veroorzaakt door de aanwezigheid van een schijngrondwaterspiegel. In overleg is deze laatste aanpassing niet doorgevoerd in het model.



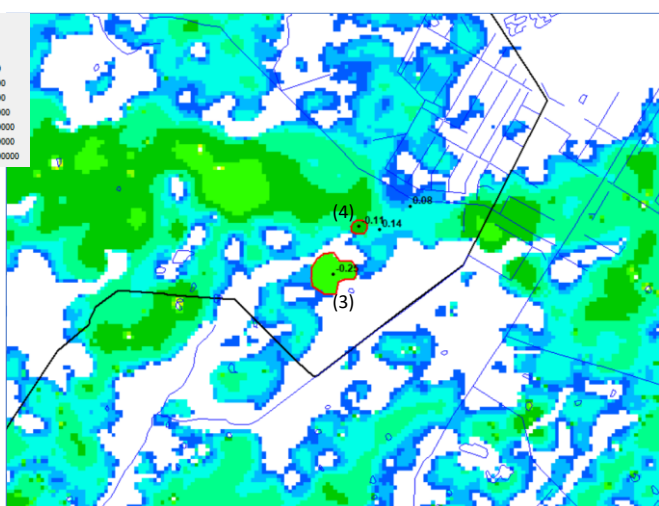
Weerstand Peeloklei (C9) [d] voor kalibratie
afwijkingen modellaag 7 boven de kleilaag



Weerstand keileem (C6) [d] voor kalibratie
afwijkingen modellaag 4 en 1 boven de kleilaag



Weerstand Peeloklei (C9) [d] na kalibratie
afwijkingen modellaag 7 boven de kleilaag



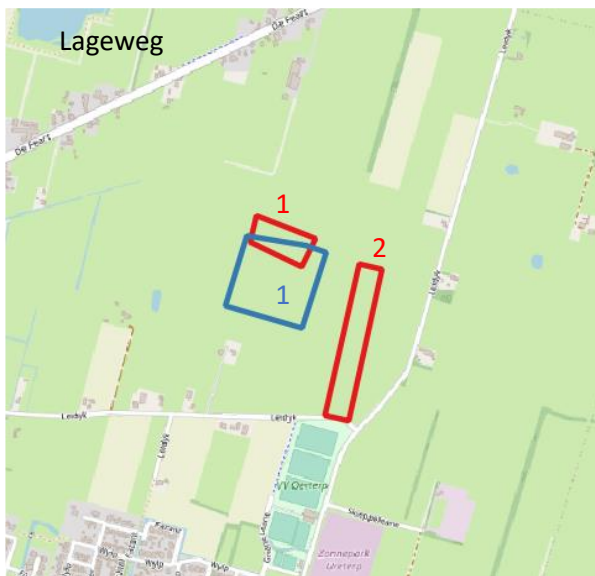
Weerstand keileem (C6) [d] na kalibratie
afwijkingen modellaag 4 en 1 boven de kleilaag

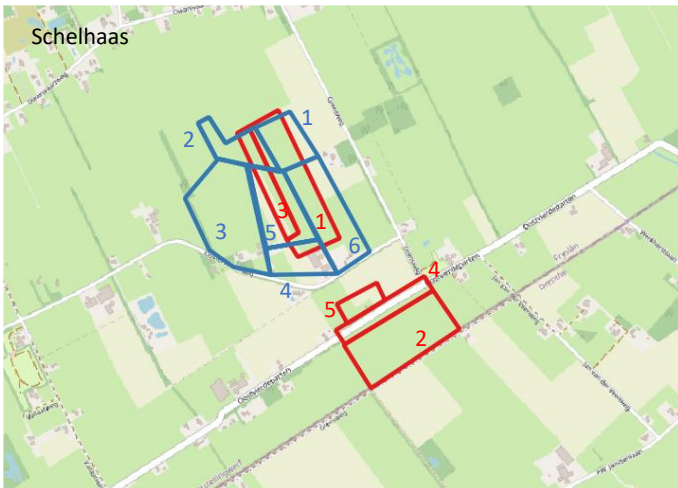
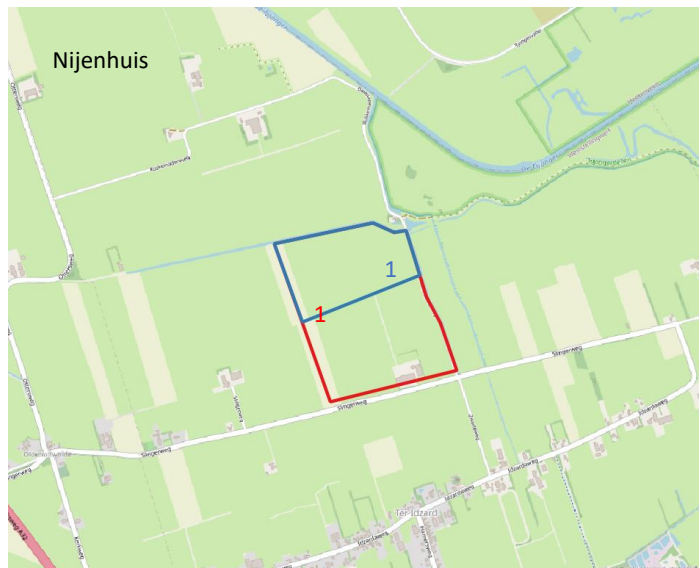
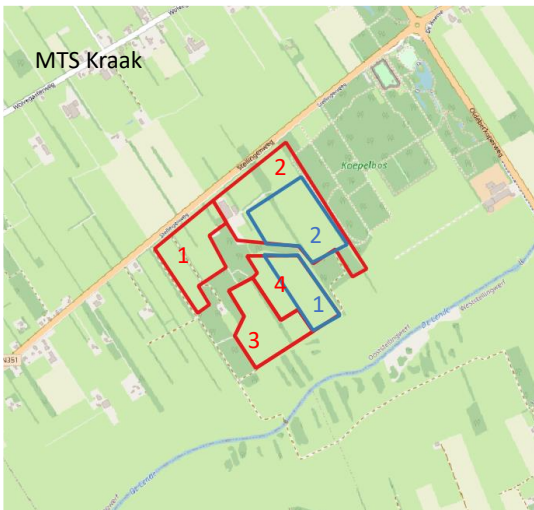
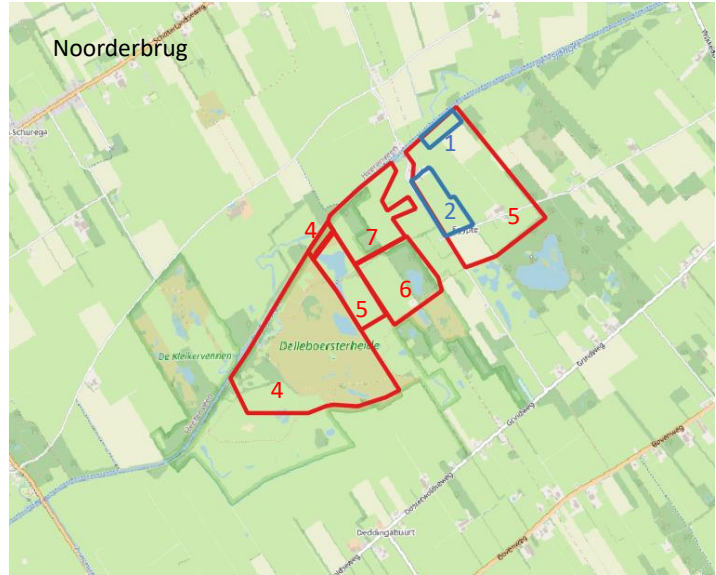
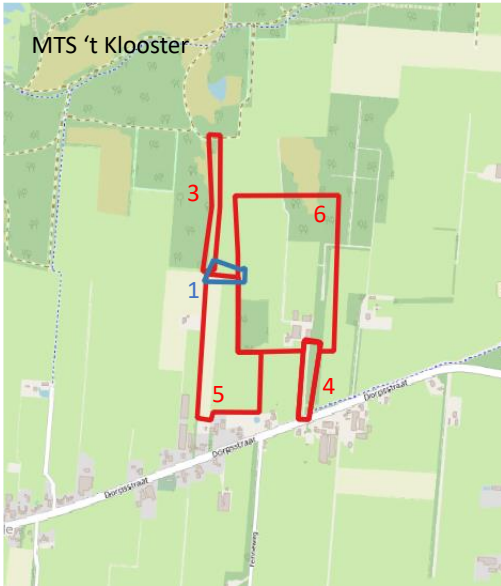
- (1) Factor 0,1 weerstand Peeloklei als weerstand <20000
- (2) Weerstand Peelo 0 d
- (3) Weerstand Keileem 4000 d
- (4) Weerstand Keileem 2000d

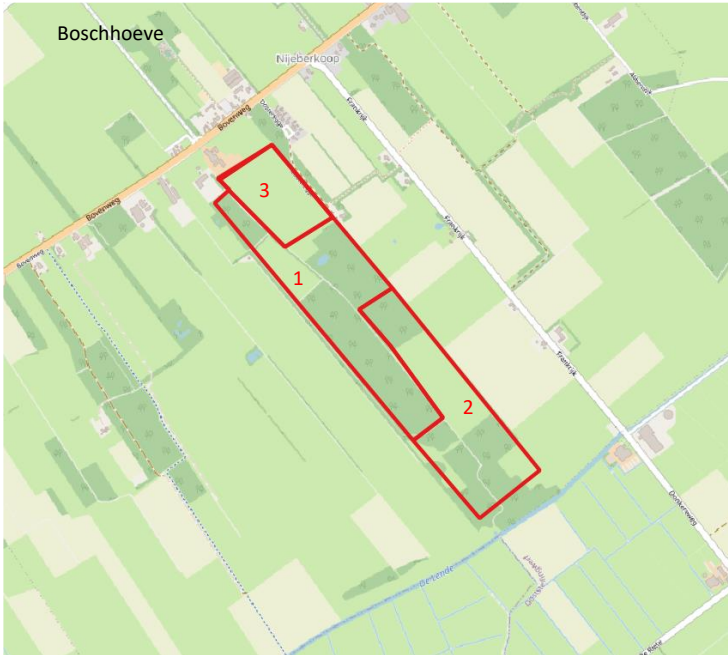
Figuur B2.5 Weerstand Peelo en Keileem voor (boven) en na (onder) kalibratie

Bijlage 3 Scenario COMBI2L

B3.1 Kaartjes locale maatregelen

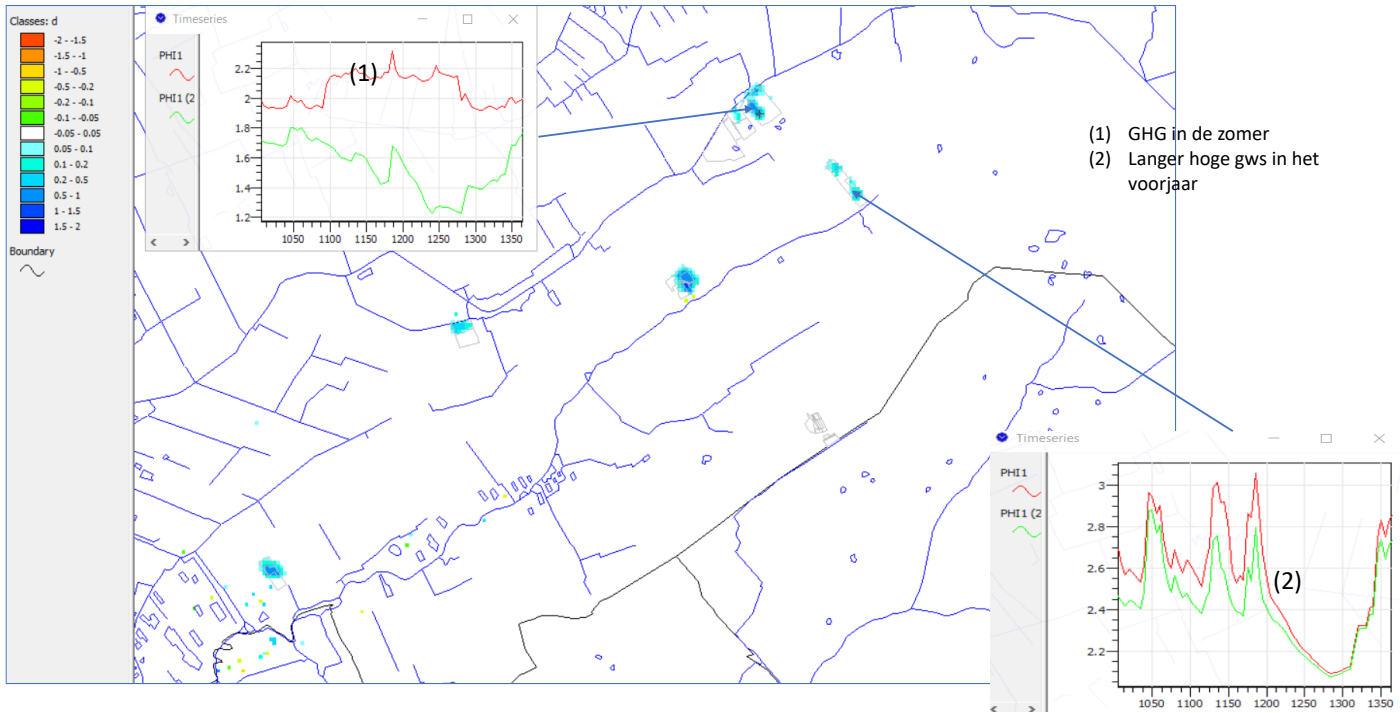




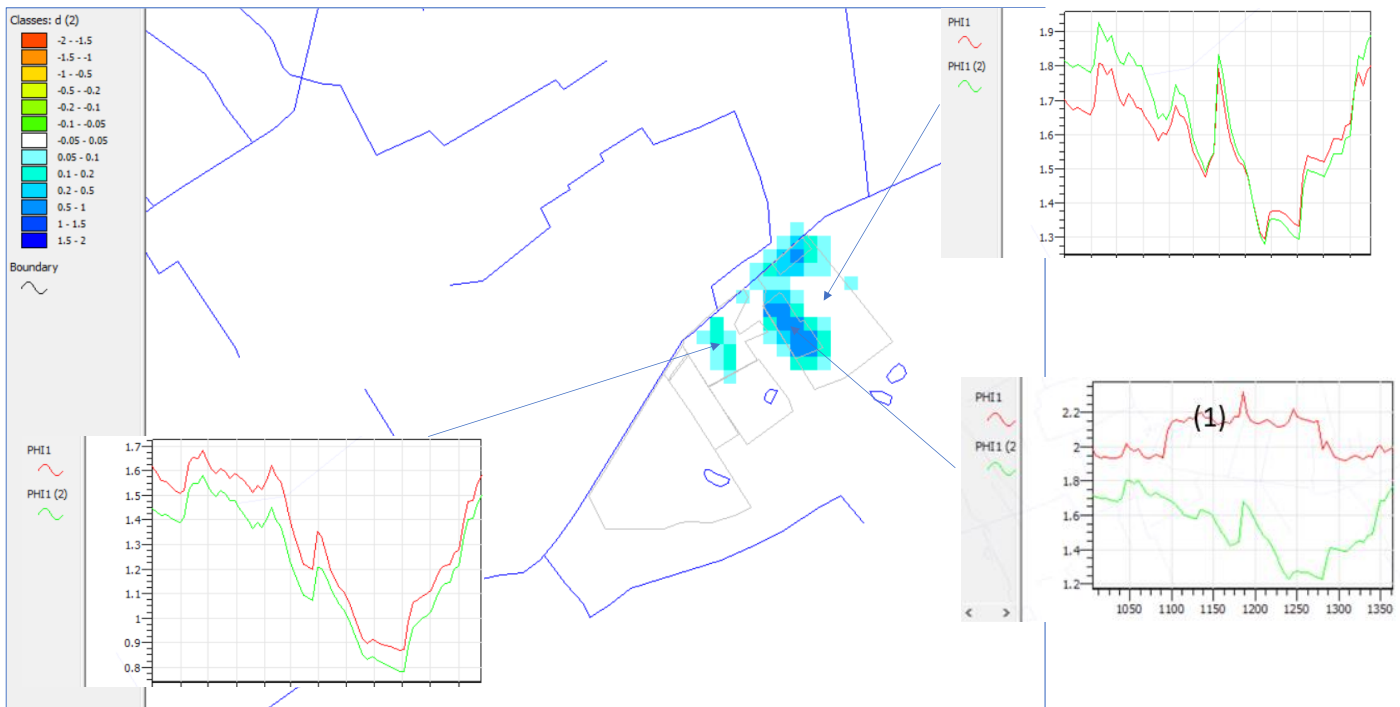


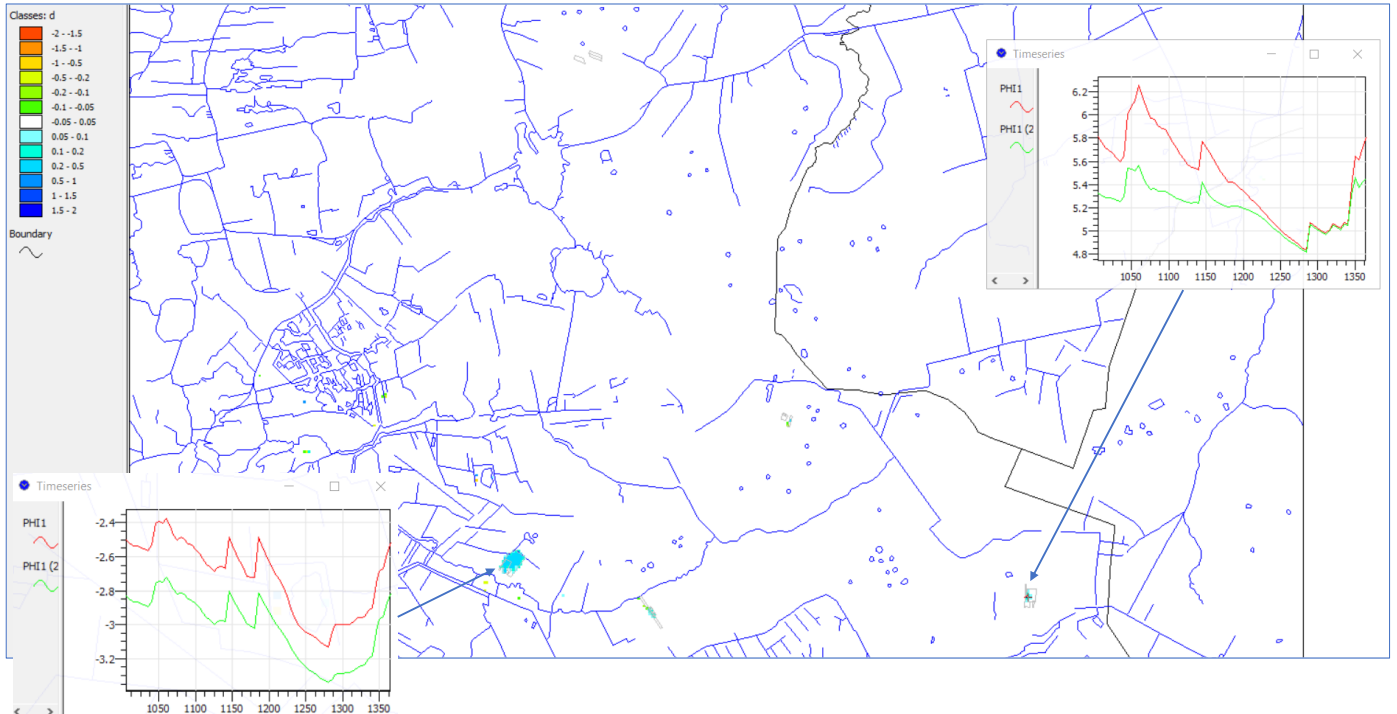
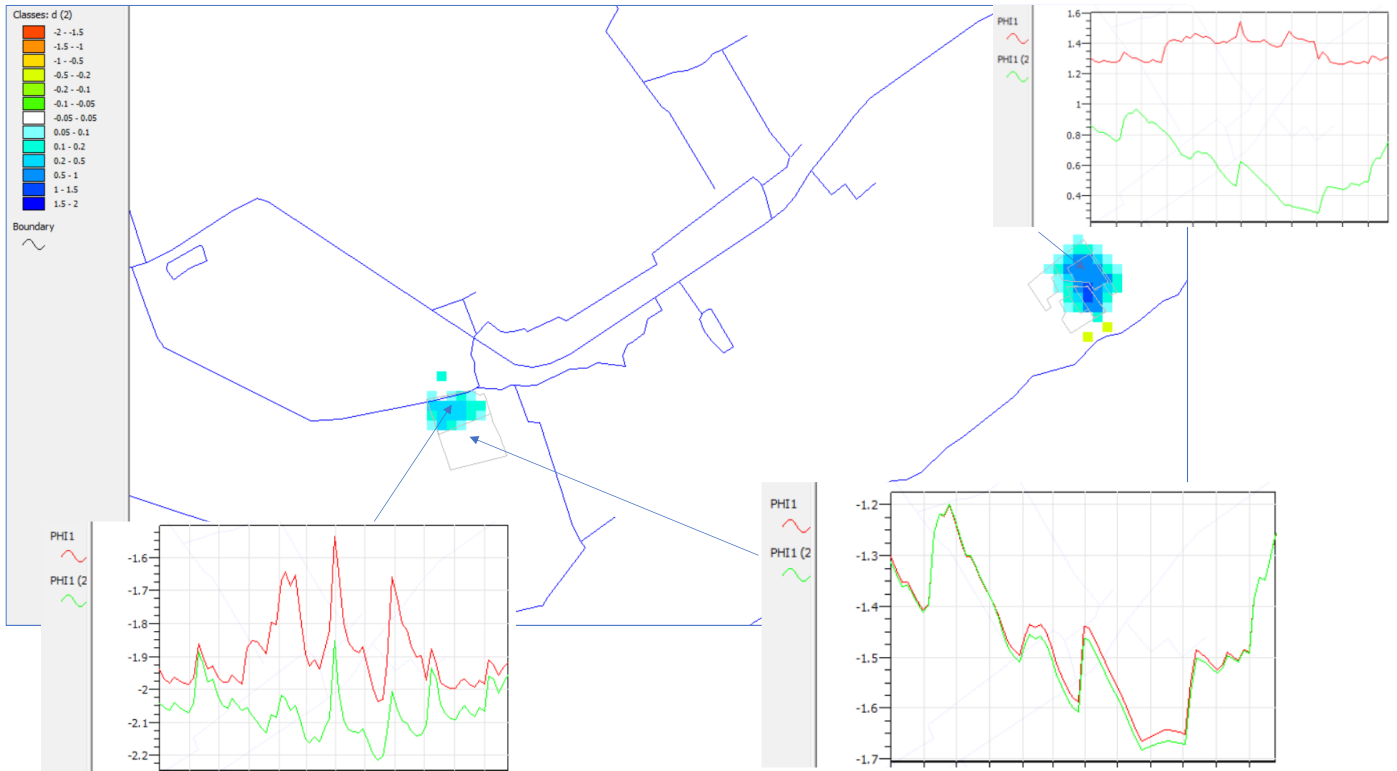
B3.1 Berekend tijdsafhankelijke effect van lokale maatregelen COMBI2L

Het berekende effect is weergegeven voor een moment in de zomer (20 juli 1997). De grafieken geven de berekende grondwaterstand voor 1997 weer (dag 1000 t/m 1365). De rode lijn is de grondwaterstand na de maatregelen, de groene lijn de grondwaterstand in de referentie.

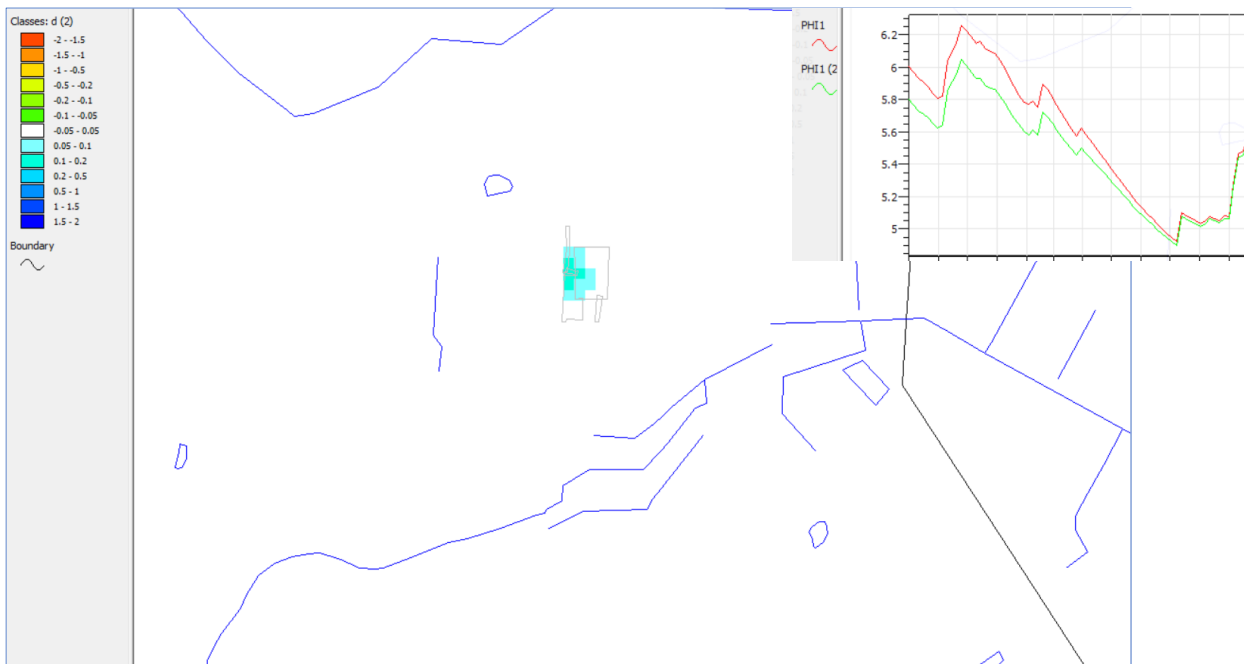
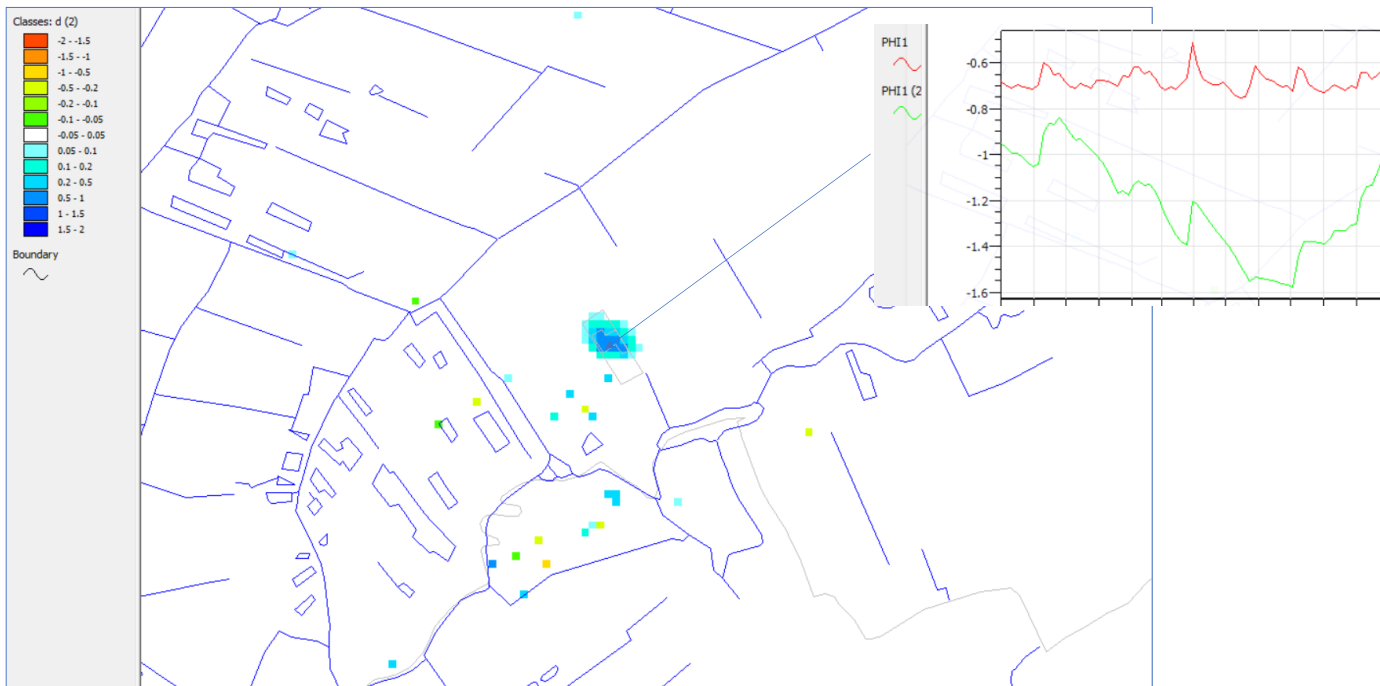


Berekende effect GWS COMBI2L 20 juli 1997 (tijdstap 1200 in grafiek)



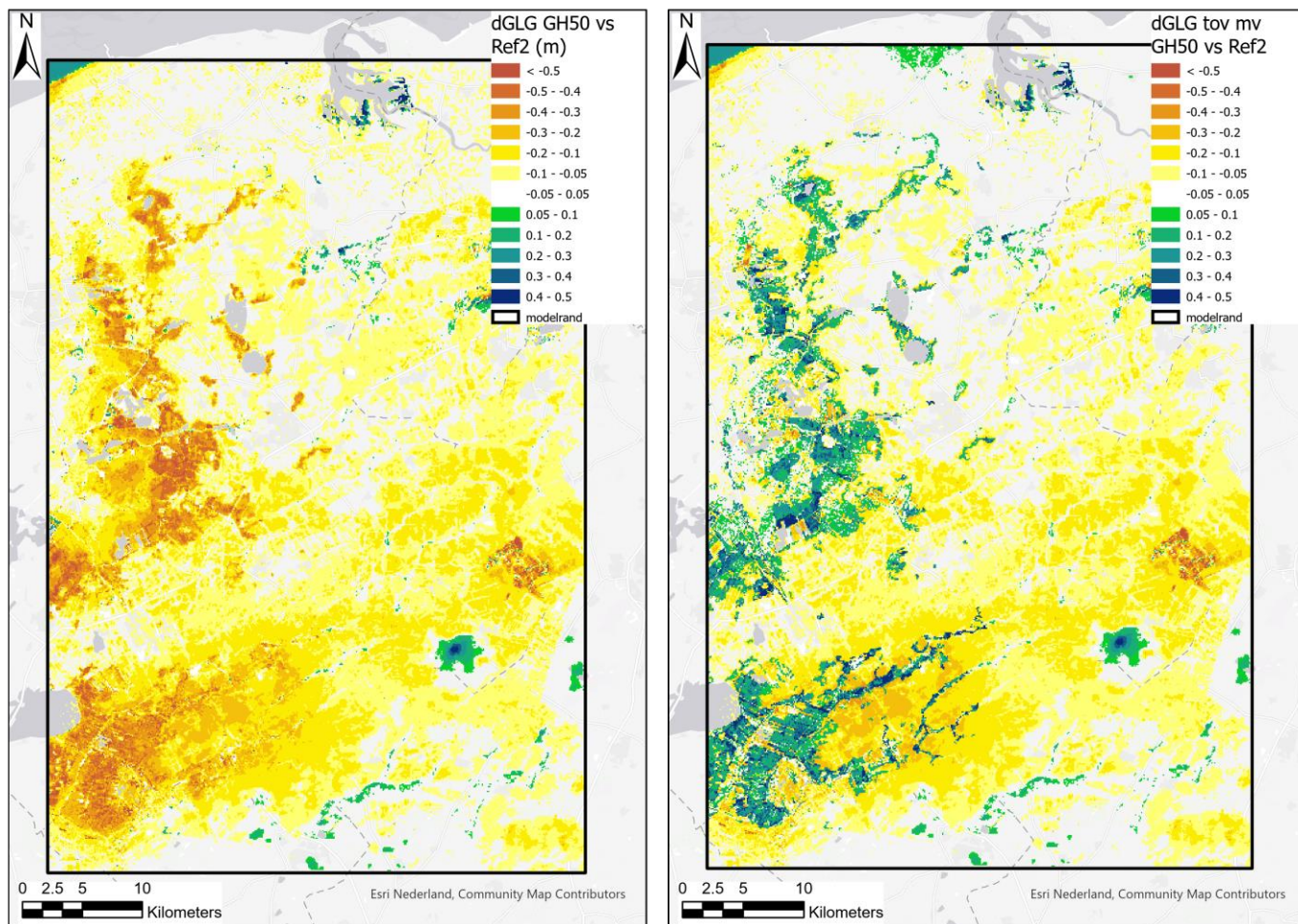


Berekende effect GWS COMBI2L 20 juli 1997 (tijdstap 1200 in grafiek van jaar 1997)

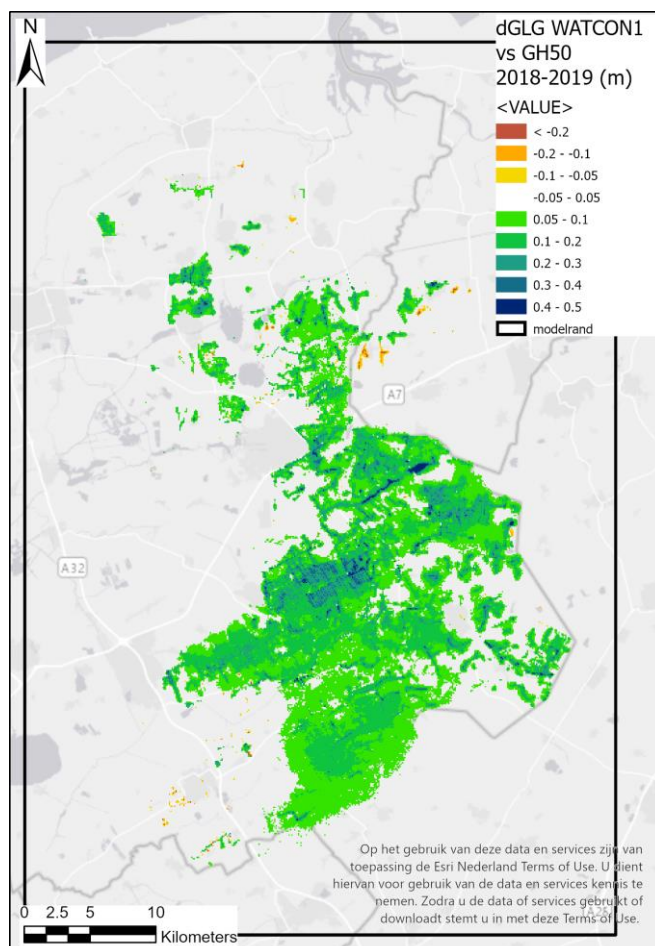
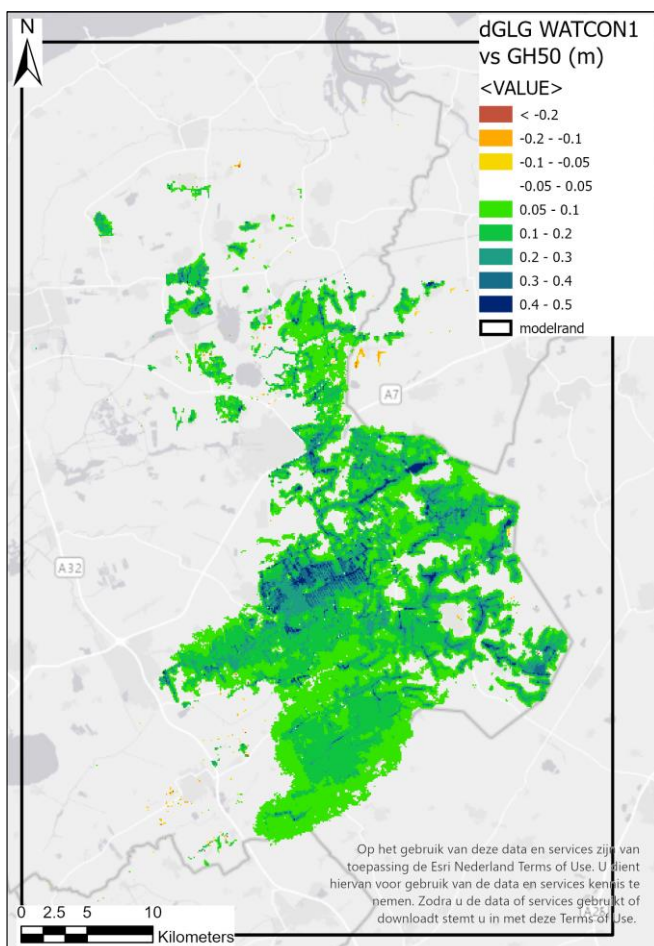


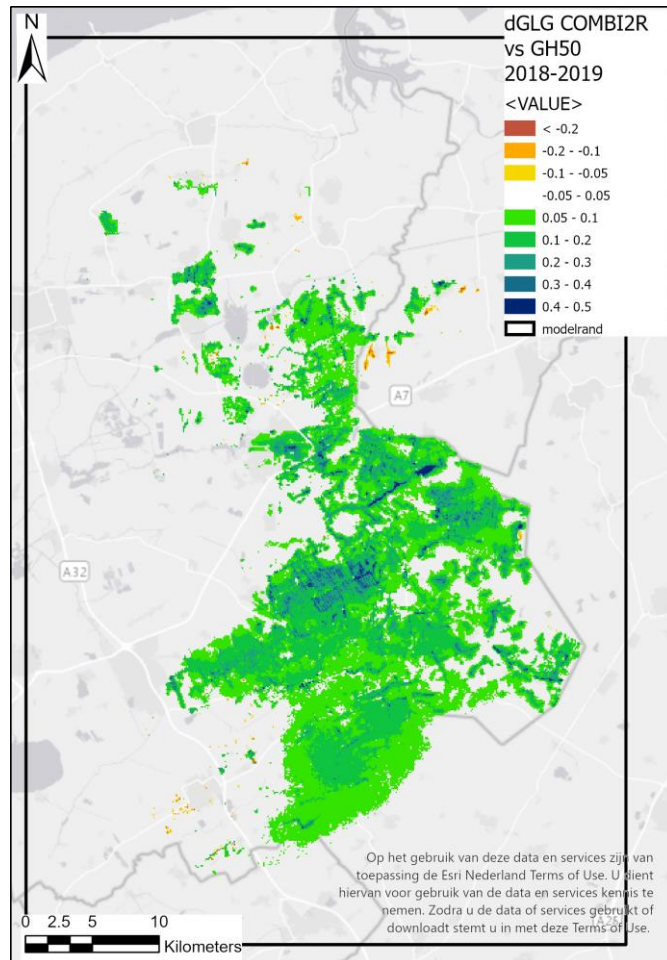
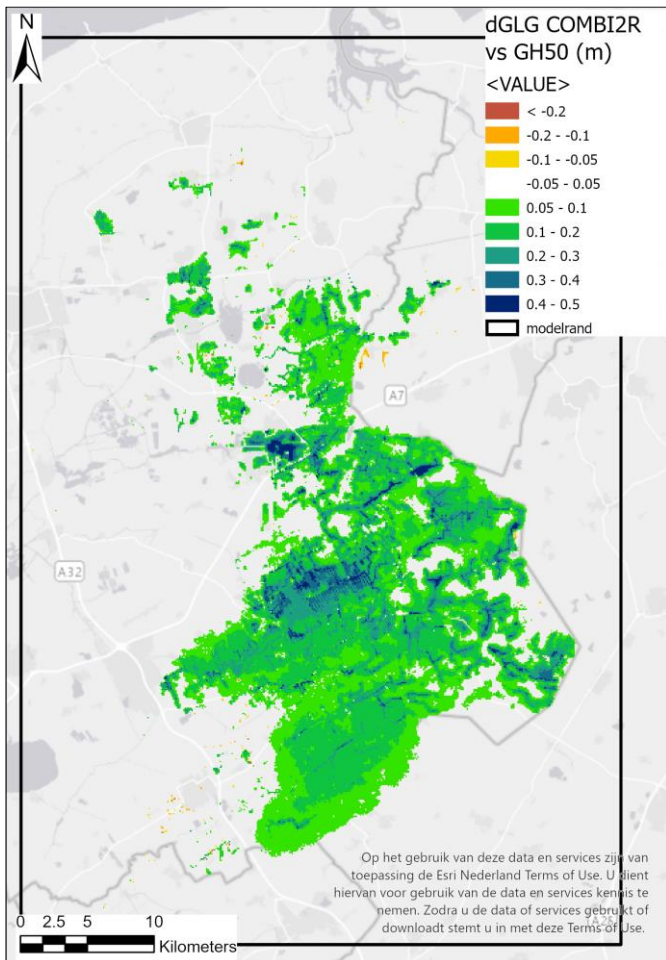
Bijlage 4 Effect scenario's op de GLG

B4.1 GH50 ten opzichte van de huidige situatie

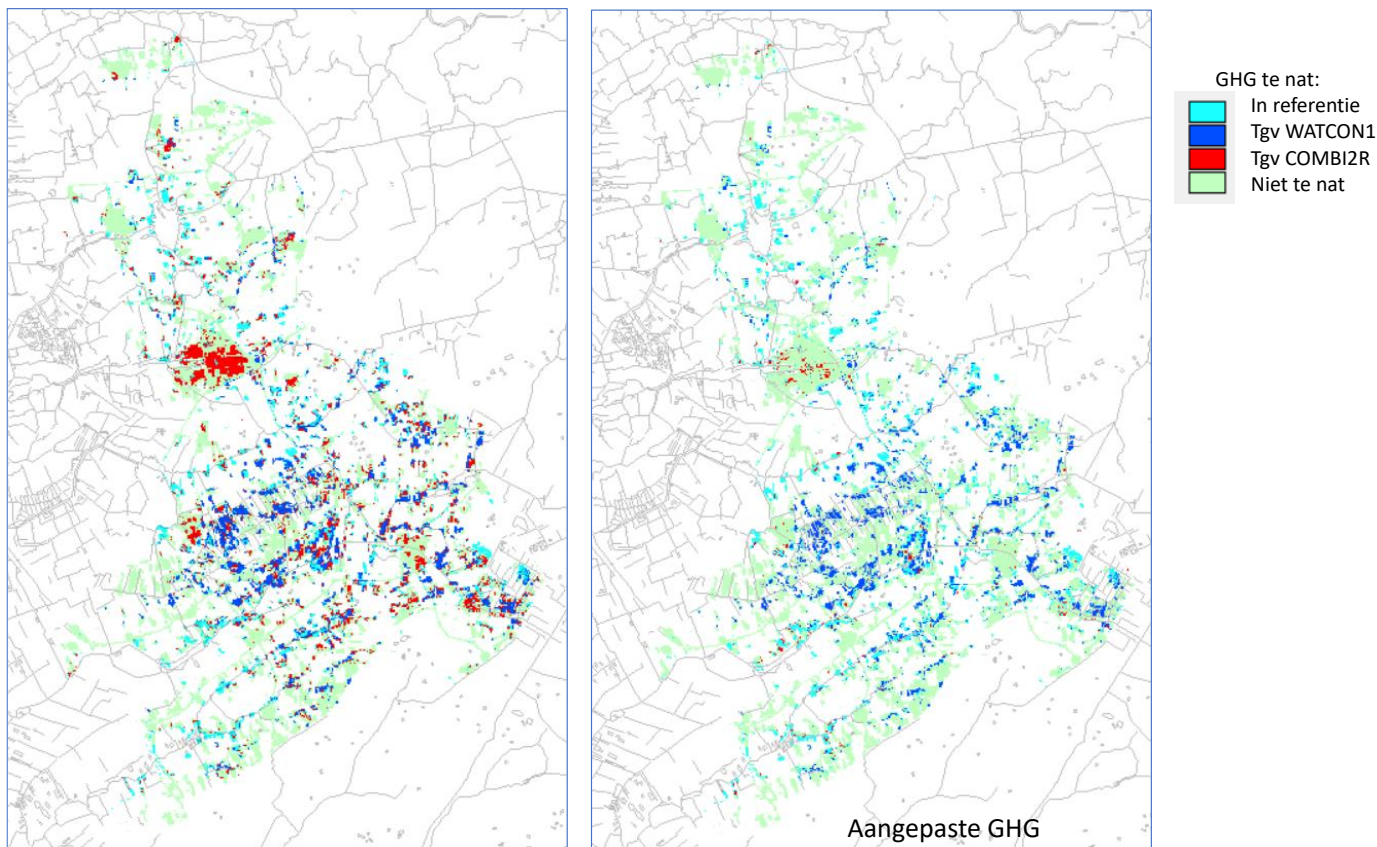


B4.2 Berekende effect scenario's WATCON1 en COMBI2R op GLG in de droge jaren 2018 en 2019 tov periode 2001 t/m 2009





Bijlage 5 Analyse natte omstandigheden GHG bij scenario COMBI2R



Figuur B5.1 zones waar de GHG te nat is bij COMBI2R (links) en na aanpassing COMBI2Rb (rechts)

In het linker figuur is zichtbaar gemaakt waar de GHG (hoger wordt dan 50 cm tov MV). Deze natte omstandigheden worden niet alleen veroorzaakt door de maatregelen die in COMBI2R zijn toegevoegd, drains op MV -0.3m. Bij het aangepaste scenario COMBI2Rb zijn twee aanpassingen doorgevoerd op het oorspronkelijke scenario:

- Drainagepeil in de winter: MV -0.7m.
- Conductance van de drainage verhoogd (*2) in verband met het feit dat de drainage intensiever zal zijn. Eerder is hier geen rekening mee gehouden.

