

RAPPORT

De Run - Hydrologische modellering

Projectplan Grootgoor

Klant: Waterschap De Dommel

Referentie: WATBD5471R001F02

Versie: 01/Finale versie

Datum: 27 november 2018

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Jonkerbosplein 52
6534 AB Nijmegen
Netherlands
Water

Trade register number: 56515154

+31 88 348 70 00 **T**
+31 24 323 93 46 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: De Run - Hydrologische modellering

Ondertitel:
Referentie: WATBD5471R001F02
Versie: 01/Finale versie
Datum: 27 november 2018
Projectnaam: Projectplan Grootgoor
Projectnummer: BD5471
Auteur(s): Marcel van de Waart en Paul Aalders

Opgesteld door: Marcel van de Waart en Paul Aalders

Gecontroleerd door: Paul Aalders

Datum/Initialen: 27 november 2018



Goedgekeurd door: Onno de Vrind

Datum/Initialen: 27 november 2018



Classificatie

Projectgerelateerd



Disclaimer

No part of these specifications/printed matter may be reproduced and/or published by print, photocopy, microfilm or by any other means, without the prior written permission of HaskoningDHV Nederland B.V.; nor may they be used, without such permission, for any purposes other than that for which they were produced. HaskoningDHV Nederland B.V. accepts no responsibility or liability for these specifications/printed matter to any party other than the persons by whom it was commissioned and as concluded under that Appointment. The integrated QHSE management system of HaskoningDHV Nederland B.V. has been certified in accordance with ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 and OHSAS 18001:2007.

Inhoud

1	Inleiding	1
2	Oppervlaktewatermodel	2
2.1	Stationair	2
2.1.1	Modeldoel	2
2.1.2	Achtergrond model	2
2.2	Dynamisch	5
2.2.1	Modeldoel	5
2.2.2	Achtergrond model	5
2.3	Modelbeoordeling	9
2.3.1	Meetpunten	9
2.3.2	Modelbeoordeling	10
3	Beekherstel scenario	14
3.1	Inleiding	14
3.2	Bovenstrooms	15
3.2.1	Herkomst/inleiding	15
3.2.2	Ontwerp	15
3.3	Grootgoor	16
3.3.1	Herkomst/inleiding	16
3.3.2	Ontwerp	16
3.4	Benedenstrooms	18
3.4.1	Herkomst/inleiding	18
3.4.2	Ontwerp	18
3.5	Modelresultaten	22
3.5.1	Effecten beekherstel in de gemiddelde afvoersituaties	26
3.5.1.1	Grootgoor en Bovenstrooms	26
3.5.1.2	Traject Benedenstrooms	26
3.5.2	Inundatiebeelden Bovenstrooms	27
3.5.3	Inundatiebeelden Grootgoor	29
3.5.4	Inundatiebeelden Benedenstrooms	31
4	Waterberging Grootgoor	33
4.1	Inleiding	33
4.2	Verantwoording ontwerp	33
4.3	Referentie situatie	33
4.4	Waterbergingssituatie	35
4.5	Bepaling maximaal invloedsgebied waterberging	39

5	Conclusies en aanbevelingen	40
5.1	Conclusies	40
5.2	Aanbevelingen	40
6	Referenties	41

Bijlagen

1. Resultaten Grondwatermodellering
2. Memo Technische aandachtspunten Sobek modellering

1 Inleiding

De Run is een beek in Noord-Brabant en stroomt ten zuidwesten van Eindhoven uit in De Dommel. Het hele stroomgebied is gelegen binnen het beheergebied van waterschap De Dommel. De Run kenmerkt zich door een sterk verval dat in de huidige situatie wordt opgevangen door een groot aantal stuwen.

In 2011/2012 zijn door DHV modelberekeningen uitgevoerd ter ondersteuning van het projectplan beekherstel/waterberging in het stroomgebied van de Run. Tevens is in 2015/2016 door Royal HaskoningDHV een visie opgesteld voor het hele stroomgebied van de Run. Het waterschap heeft Royal HaskoningDHV gevraagd om op basis van de visie en het projectplan uit 2012 opnieuw een projectplan op te stellen voor beekherstel en waterberging Grootgoor en deze te laten voldoen aan de nieuwe uitgangspunten [1].

Daarnaast is voor zowel het boven- als benedenstroomse traject beekherstel voorzien. Aangezien de hydrologische samenhang van het hele stroomgebied van de Run groot is, wordt het beekherstel van het volledige traject als geheel gemodelleerd. Het totale interessegebied loopt dus vanaf de provinciale weg N397 tot aan de uitstroom in De Dommel ten zuiden van Veldhoven.

In deze rapportage worden de resultaten van de berekeningen met het oppervlaktewatermodel samengevat. De grondwatermodellering is door waterschap De Dommel uitgevoerd. De resultaten van deze modelberekeningen zijn samengevat in Bijlage 1.

2 Oppervlaktewatermodel

Binnen dit project wordt gebruik gemaakt van een stationair Sobek1D model en van een dynamisch 1D2D-Sobek model, beide modellen worden voor andere doelen ingezet. Zowel het stationaire als het dynamische model bestaat uit een koppeling tussen twee reeds bestaande HMI modellen. De koppeling is uitgevoerd zodat het volledige projectgebied kan worden doorgerekend. In de komende paragrafen wordt voor het stationaire en het dynamische model een korte toelichting gegeven over het modeldoel en opbouw van het model.

Ten aanzien van de aangeleverde modellen zijn enkele technische aandachtspunten gesignaleerd. Deze aandachtspunten zijn reeds besproken met de hydroloog van het Waterschap. In bijlage 2 zijn deze technische aandachtspunten verder toegelicht.

2.1 Stationair

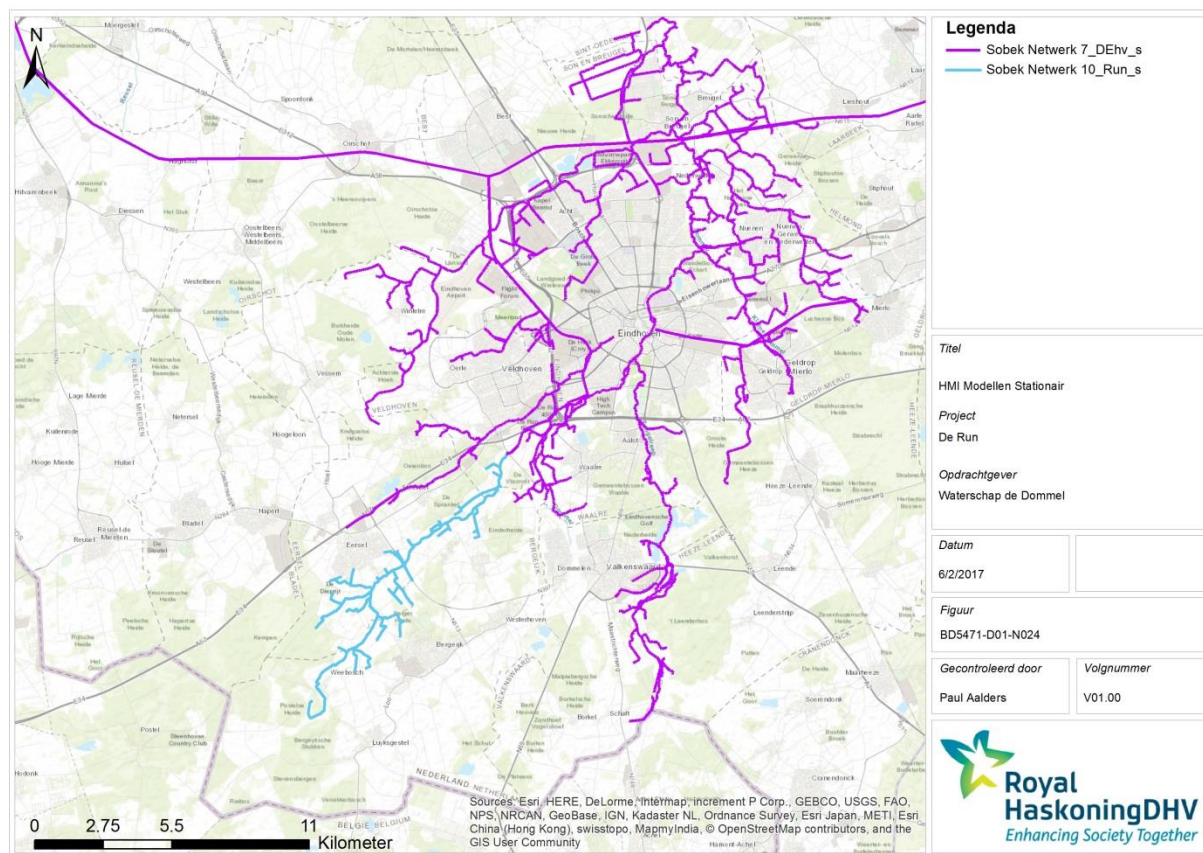
2.1.1 Modeldoel

Het doel van het stationaire oppervlaktewatermodel is het inzichtelijk maken van de effecten op waterstanden en stroomsnelheden van de nieuwe inrichting ten opzichte van de huidige situatie. Naast het berekenen van effecten van het geplande beekherstel traject N397 tot Dommel is met het model getoetst of wordt voldaan aan de eisen vanuit de KRW (Kaderrichtlijn water). Het ontwerp wordt getoetst op veranderingen in waterpeilen en de stroomsnelheden tijdens de zomer-, najaar-, winter- en voorjaarssituatie (Qz, Qn, Qw, Qv). Deze berekeningen dienen ook als input voor het grondwatermodel. De berekende waterstanden zijn op de rekenpunten geëxporteerd uit het oppervlaktewatermodel en kunnen vervolgens geïmporteerd worden in het grondwatermodel. Op deze manier zijn de modellen “op afstand” gekoppeld.

2.1.2 Achtergrond model

Het stationaire model is opgebouwd uit de HMI modellen met de kenmerken “7_DEhv_s.lit” en “10_Run_s.lit”. Figuur 2-1 toont de modeldomeinen van deze HMI modellen.

Het “10_Run_s.lit” model bevat de Run vanaf het meest bovenstroomse punt nabij Weebosch tot aan de Volmolenweg. Het “7_DEhv_s.lit” model omvat het stroomgebied van de Dommel in Eindhoven en Ekkersrijt. In dit model is ook het Wilhelminakanaal opgenomen. De overlap tussen beide modellen is ca. 100m.



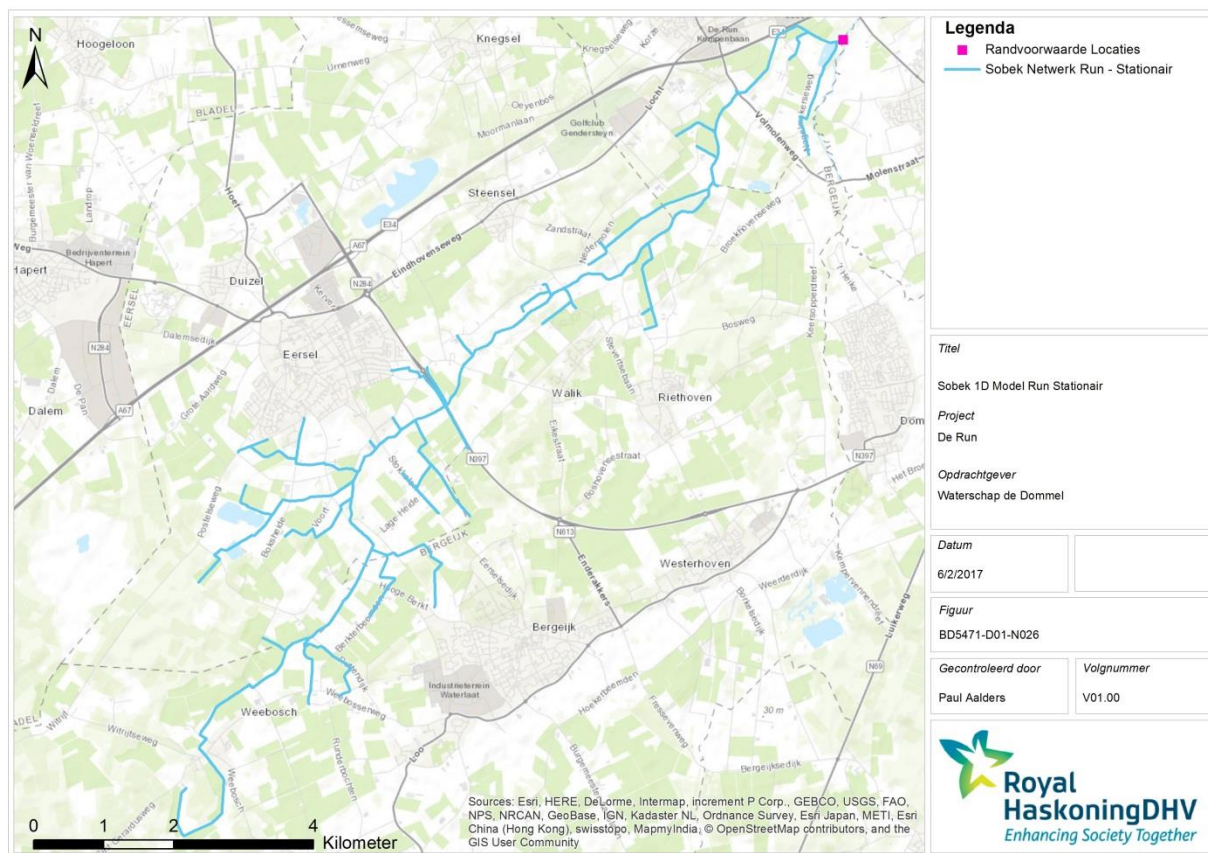
Figuur 2-1 Modeldomein van de stationaire HMI modellen

Voor de stationaire berekeningen is een nieuw model opgebouwd uit de HMI modellen. Dit model omvat de waterlopen en neerslagafvoer knopen van het gehele 10_Run_s.lit model, aangevuld met het de waterlopen en neerslagafvoer knopen uit het 7_DEhv_s.lit model tot aan de grens van het projectgebied. De schematisatie en domein van het stationaire model van de Run is weergegeven in Figuur 2-2.

Benedenstrooms stuw RN1-st17 is een randvoorwaarde in het model opgenomen waarin per afvoersituatie het Dommelpel is vastgelegd. Het uitgangspunt voor de stationaire berekeningen is dat de waterstanden op de Dommel niet gaan veranderen. De waterstanden zijn afgeleid uit het 7_DEhv_s.lit model en opgenomen in Tabel 2-1. In deze tabel zijn per afvoersituatie ook de berekende stationaire debieten van de Run ter hoogte van Grootgoor verwerkt.

Tabel 2-1 Randvoorwaarde en berekende debieten per stationaire afvoersituatie

	Benedenstroomse randvoorwaarde [m +NAP]	Stationair debiet Run in Grootgoor
Zomer	16,34	0,065
Najaar	16,44	0,13
Winter	16,73	0,33
Voorjaar	16,56	0,29



Figuur 2-2 Schematisatie en modeldomein (stationair)

2.2 Dynamisch

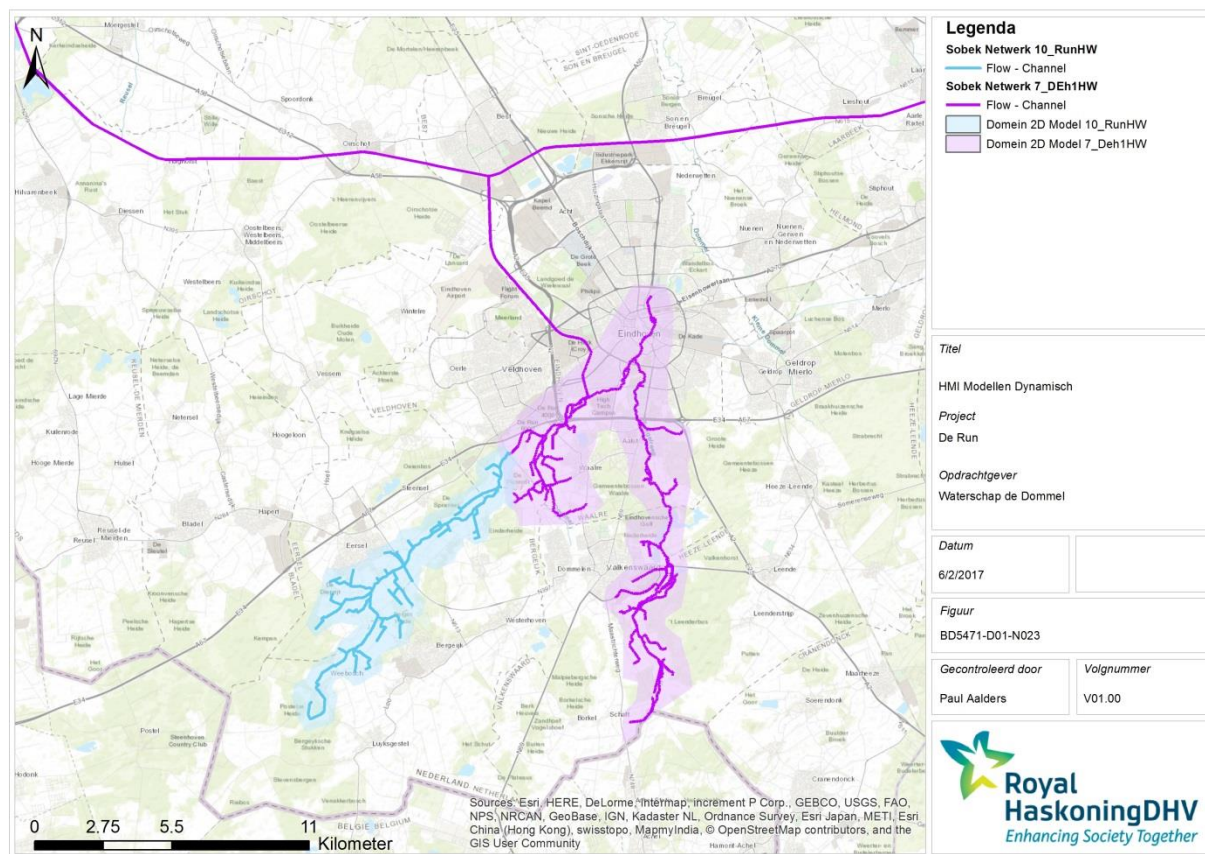
2.2.1 Modeldoel

Met het dynamische model zijn berekeningen uitgevoerd voor hoogwater situaties. Het doel van deze modelberekeningen is het in beeld brengen van effecten op waterstanden, stroomsnelheden, afvoeren en inundaties als gevolg van beekherstel (N397 tot Dommel) en waterberging Grootgoor.

2.2.2 Achtergrond model

Het dynamische model is opgebouwd uit de HMI modellen met de kenmerken “7_DEh1HW.lit” en “10_RunHW.lit”. Figuur 2-3 toont de modeldomeinen van deze HMI modellen.

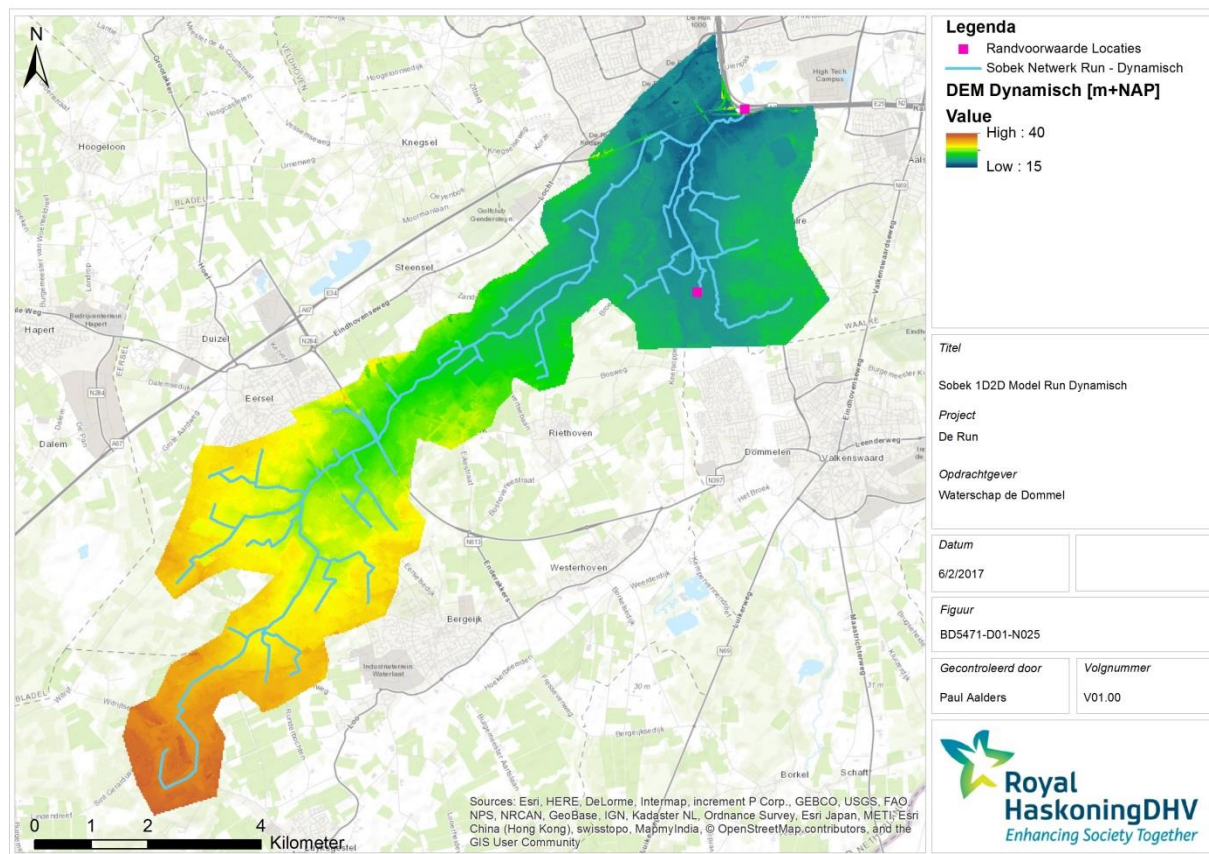
Het “10_RunHW.lit” model bevat de Run vanaf het meest bovenstroomse punt nabij Weebosch tot aan de Volmolenweg. Het “7_DEh1HW.lit” model omvat de Run benedenstrooms van de Volmolenweg tot aan Eindhoven. In dit model is ook het Wilhelminakanaal en het stroomgebied van de Dommel bovenstrooms van Eindhoven opgenomen. De overlap tussen beide modellen is ca. 100m.



Figuur 2-3. Modeldomein van de dynamische HMI modellen

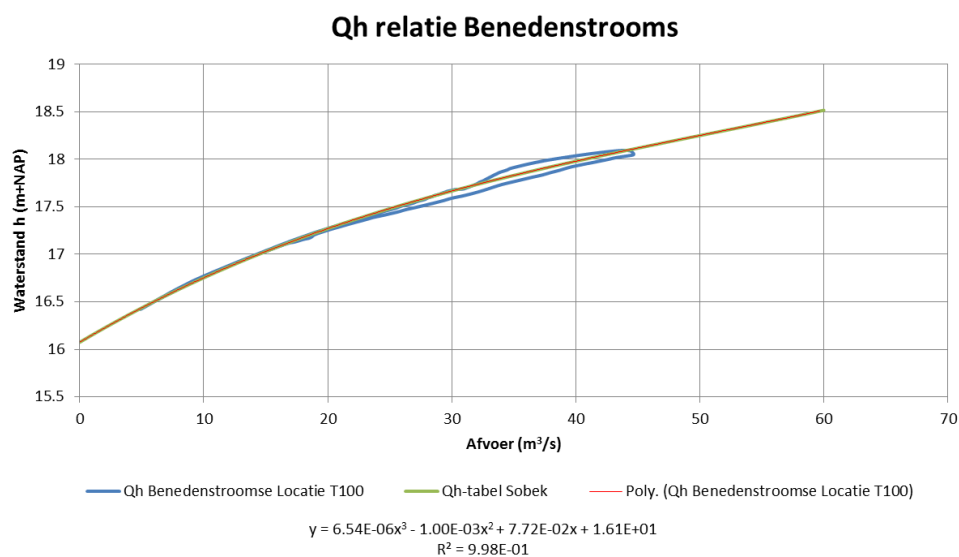
Voor de dynamische berekeningen is een nieuw model opgebouwd uit de HMI modellen. Dit model omvat de waterlopen en neerslagafvoer knopen van het gehele 10_RunHW.lit model, aangevuld met het de waterlopen en neerslagafvoer knopen uit het 7_DEh1HW.lit tot aan het viaduct onder de A2/A67

autosnelweg. De schematisatie en domein van het dynamische model van de Run is weergegeven in Figuur 2-4.



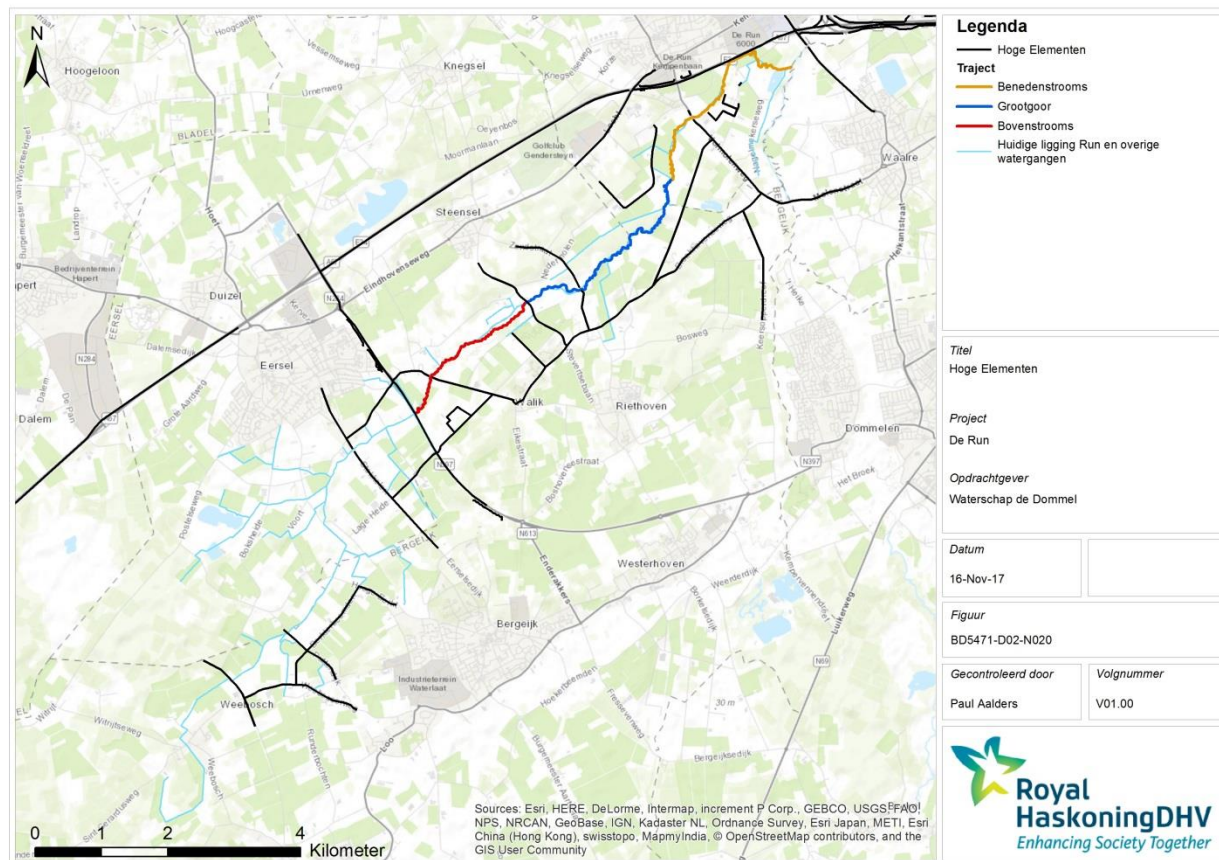
Figuur 2-4. Schematisatie en modeldomein (dynamisch)

De autosnelweg functioneert bij inundaties als een hoog element. Hierdoor is het mogelijk om te werken met één benedenstroomse randvoorwaarde in het 1D model ter hoogte van het viaduct. Op de benedenstroomse rand is een Qh-relatie afgeleid op basis van een bestaande T100 modelberekening uit het 7_DEh1HW model. De Qh-relatie is vervolgens benaderd volgens een polynoomfunctie en vertaald naar een Sobek qh-tabel. De gehanteerde benedenstroomse randvoorwaarde is weergegeven in Figuur 2-5



Figuur 2-5 Qh relatie benedenstroomse rand

In Figuur 2-4 is ook het Sobek 2D hoogtemodel weergegeven. Dit hoogtemodel is opnieuw opgebouwd op basis van het AHN2 [3]. Hierbij is rekening gehouden met hoge elementen in het gebied die zijn afgeleid uit het AHN 2 (50 cm). Deze hoge elementen zijn weergegeven in Figuur 2-6.



Figuur 2-6 Hoge Elementen welke zijn toegevoegd aan het 2D model

Het ruwheidsmodel is voor het modeldomein opnieuw afgeleid op basis van het LGN7. Hiervoor zijn de ruwheden gehanteerd uit de zoals opgenomen in Tabel 2-2. Deze 2D ruwheden zijn door het waterschap vastgesteld in het project “Gestuurde waterberging Boven Dommel”.

Tabel 2-2. Ruwheidstabel LGN7

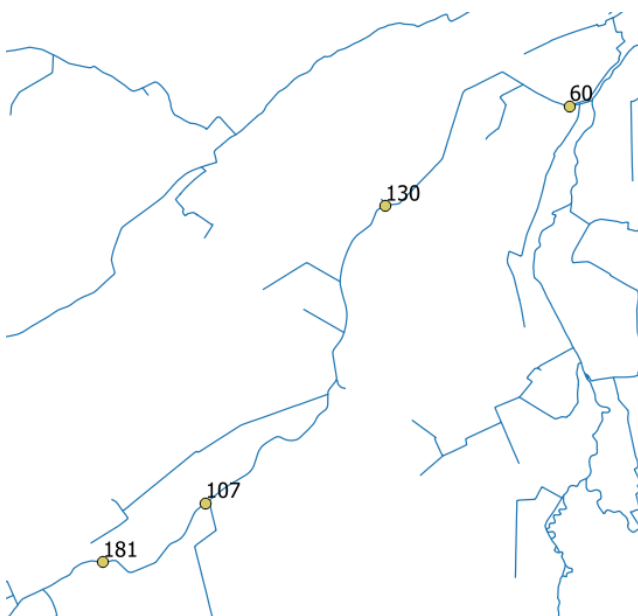
CODE	Omschrijving LGN 5	Omschrijving LGN 7	Ruwheid White-Colebrook Nikuradse Kn [m]
1	gras	1 - Agrarisch gras	0,50
2	maïs	2 - Mais	0,20
3	aardappelen	3 - Aardappelen	0,20
4	bieten	4 - Bieten	0,20
5	granen	5 - Granen	0,20
6	overige landbouwgewassen	6 - Overige gewassen	0,20
8	glastuinbouw	8 - Glastuinbouw	5,00
9	boomgaard	9 - Boomgaarden	0,50
11	loofbos	11 - Loofbos	0,50
12	naaldbos	12 - Naaldbos	0,50
16	zoetwater	16 - Zoet water	0,15
18	stedelijk bebouwd gebied	18 - Bebouwing in primair bebouwd gebied	10,00
19	bebouwing in buitengebied	19 - Bebouwing in secundair bebouwd gebied	10,00
20	loofbos in bebouwd gebied	20 - Bos in primair bebouwd gebied	0,50
22	bos met dichte bebouwing	22 - Bos in secundair bebouwd gebied	10,00
23	gras in bebouwd gebied	23 - Gras in primair bebouwd gebied	0,50
24	kale grond in bebouwd buitengebied	24 - Kale grond in primair bebouwd gebied	0,10
25	hoofdwegen en spoorwegen	25 - Hoofdwegen en spoorwegen	1,00
26	bebouwing in agrarisch gebied	26 - Bebouwing in het buitengebied	10,00
28	Gras in secundair bebouwd gebied	28 - Gras in secundair bebouwd gebied	5,00
36	heide	36 - Heide	0,50
37	matig vergraste heide	37 - Matig vergraste heide	0,40
38	sterk vergraste heide	38 - Sterk vergraste heide	0,40
41	overige moerasvegetatie	41 - Overige moerasvegetatie	0,50

42	rietvegetatie	42 - Rietvegetatie	0,20
43	bos in moerasgebied	43 - Bos in moerasgebied	0,50
61	-	61 - Boomkwekerijen	0,50

2.3 Modelbeoordeling

2.3.1 Meetpunten

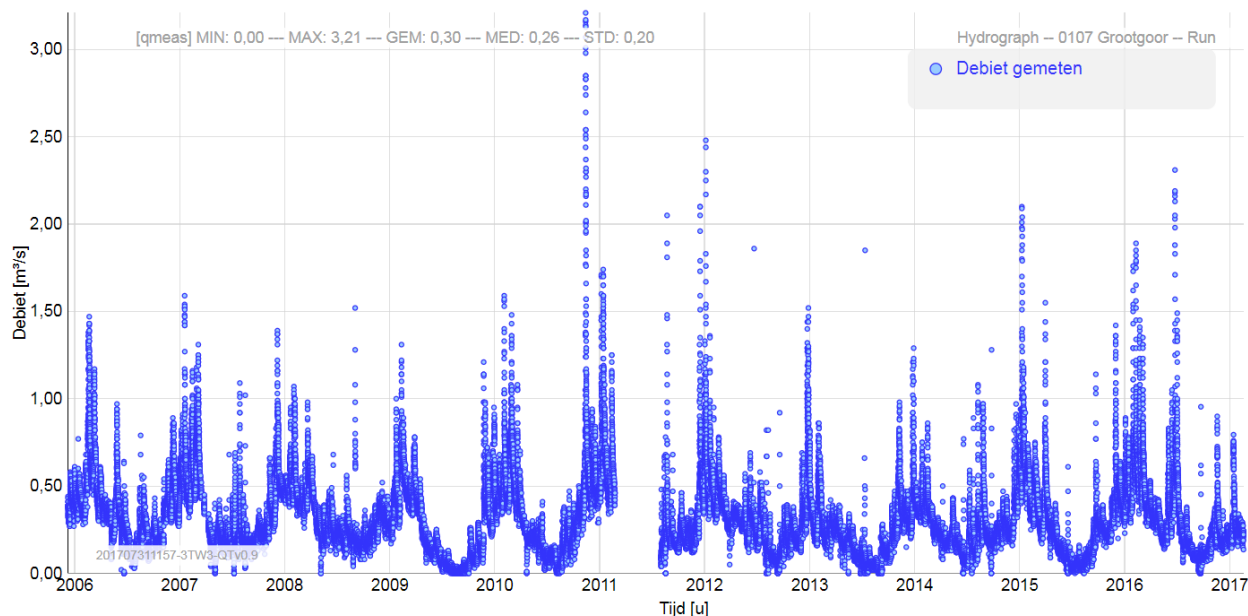
Het waterschap heeft op een aantal locaties meetpunten in de Run ingericht waarbij op twee meetpunten een debiet wordt bepaald, namelijk 0060 benedenstrooms voor samenkomst met Dommel en 0107 in Grootgoor (Figuur 2-7).



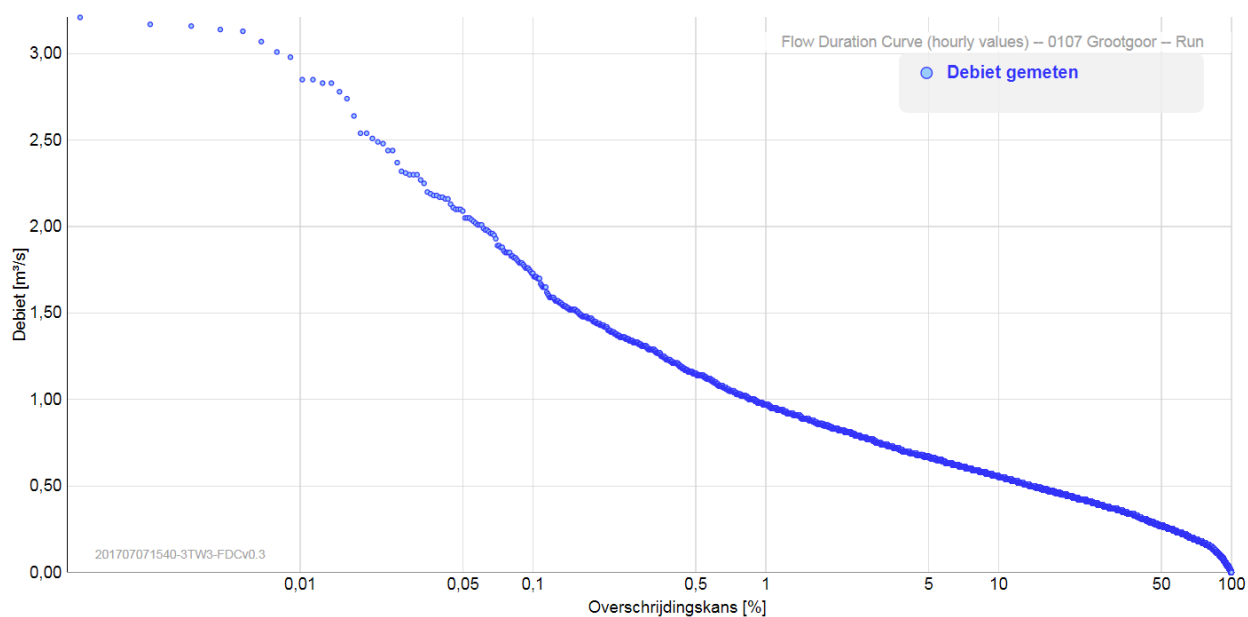
Figuur 2-7 Meetlocaties in de Run (0107 en 0060 zijn debietmeetpunten)

Het meetpunt bij de hengelsportvijvers (0060) is tijdens de zomerperiode zodanig ingesteld dat al het water via 't Wertje wordt afgevoerd of wordt ingelaten in de vijvers. Dit meetpunt is dus onbetrouwbaar voor het analyseren van afvoeren, met name in het lage bereik. Het meetpunt in Grootgoor (0107) is wel bruikbaar. De gemeten debieten van de afgelopen 10 jaar zijn weergegeven in Figuur 2-8.

In deze periode is het maximaal gemeten debiet $3,21 \text{ m}^3/\text{s}$. Deze waarde is gemeten tijdens de hoogwaterpiek van november 2010. Verder valt een duidelijke seizoensfluctuatie op met meerdere pieken tijdens de winterperiode. Het systeem lijkt dus snel te reageren. In het zomerseizoen kan de afvoer sterk teruglopen. Het lijkt ook alsof de afvoer volledig nul kan worden, maar dit is in een aantal duidelijke situaties een meetfout. In Figuur 2-9 is de Flow Duration Curve (FDC) van het meetpunt weergegeven. De mediaan van alle metingen is $0,26 \text{ m}^3/\text{s}$.



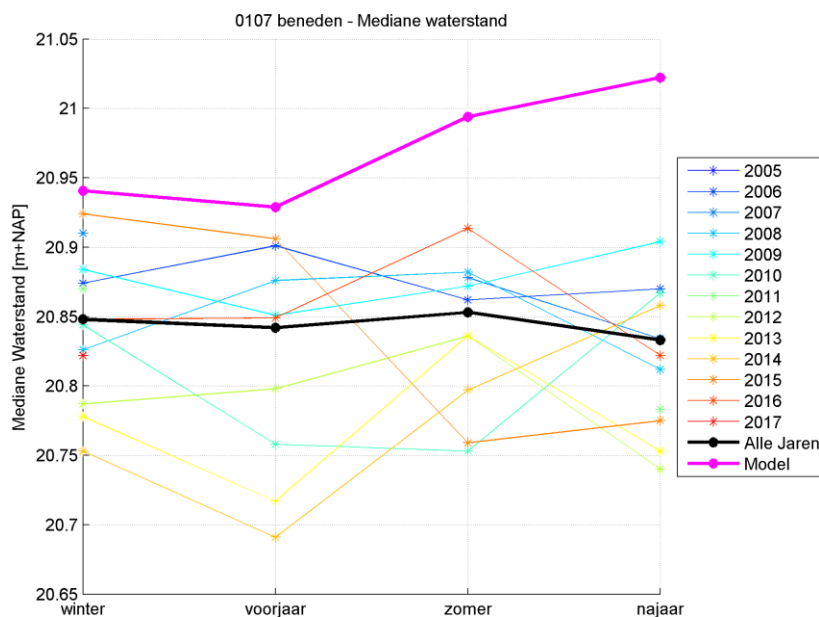
Figuur 2-8 Gemeten debieten meetpunt 0107 Grootgoor



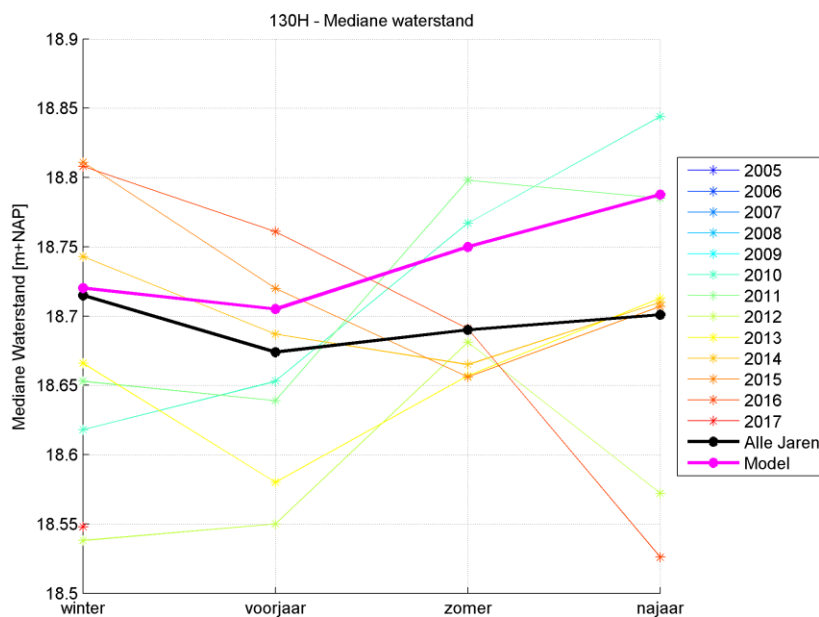
Figuur 2-9 Flow Duration Curve gemeten debieten meetpunt 0107 Grootgoor

2.3.2 Modelbeoordeling

De meetreeksen van deze locaties zijn geanalyseerd en vergeleken met de modelberekeningen van de Qz, Qn, Qw en Qn kwartaal mediaan afvoeren. In Figuur 2-10 en Figuur 2-11 zijn de gemeten mediane waterstanden van het meetpunt 0107 benedenstrooms en meetpunt 0130 weergegeven. Ook de gesimuleerde waterstanden zijn in de figuren opgenomen.

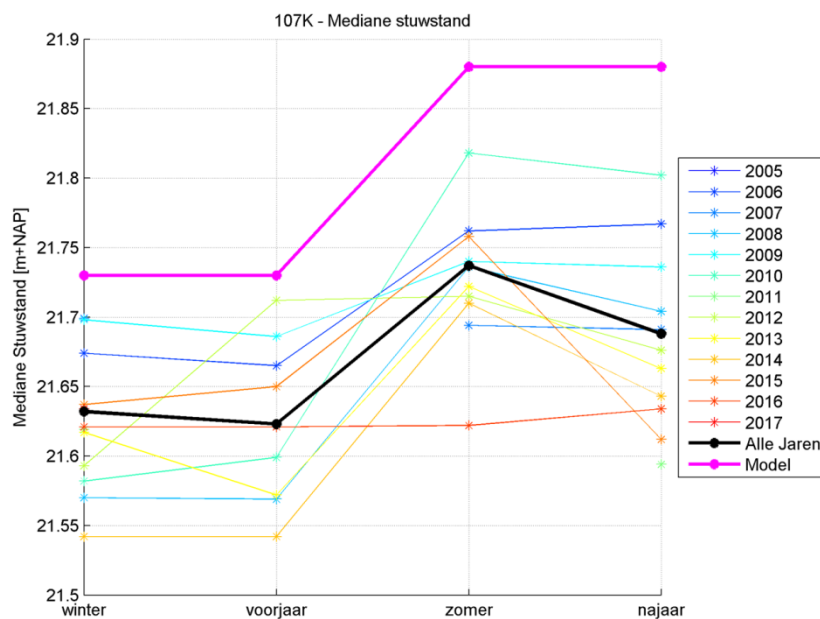


Figuur 2-10 Gemeten mediane benedenstroomse waterstand van meetpunt 0107

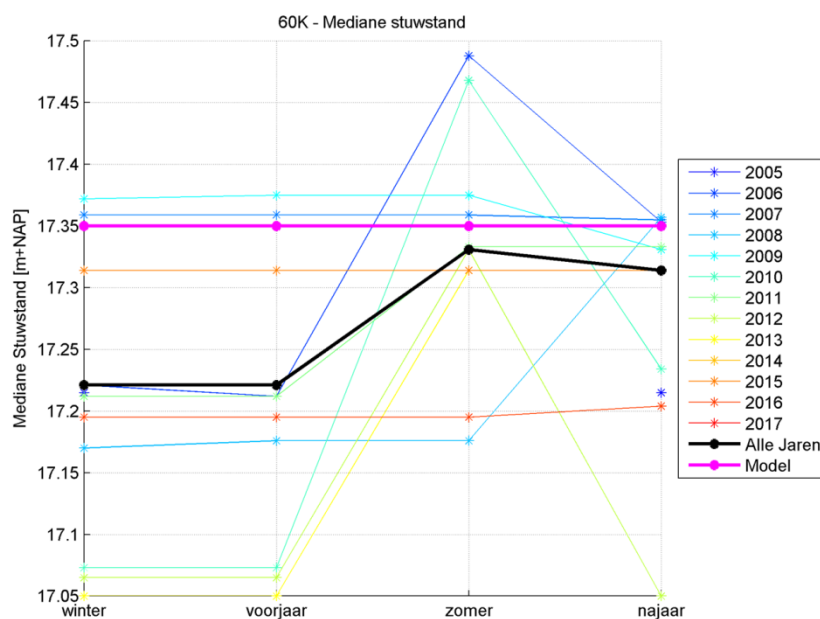


Figuur 2-11 Gemeten mediane waterstand van meetpunt 0130

De figuren laten zien dat de berekende waterstand structureel wordt overschat. Vooral bij het meetpunt 0107 in Grootgoor is dit effect duidelijk aanwezig. De oorzaak van deze overschatting ligt in de gesimuleerde kruinhoogtes. In Figuur 2-12 en Figuur 2-13 zijn de gemeten mediane kruinstanden weergegeven voor de verschillende jaren. Dit zijn de enige twee locaties waar gemeten kruinstanden voorhanden zijn. Daarnaast is ook de gemodelleerde kruinstand opgenomen in de figuur zoals deze zijn opgenomen in het HMI-model.



Figuur 2-12 Gemeten mediane kruinstanden van meetpunt 0107



Figuur 2-13 Gemeten mediane kruinstanden van meetpunt 0060

De belangrijkste conclusies die kunnen worden getrokken uit de figuren zijn:

- De kruinhoogtes van de stuwen variëren enorm over de jaren en zijn niet consequent;
- De kruinhoogtes van de stuwen variëren aanzienlijk binnen ieder jaar en zijn niet consequent;

- De met het model berekende waterstanden vertonen ook vergelijkbare afwijkingen, zowel boven- als benedenstrooms. Bij meetpunt 0107 wordt de berekende waterstand structureel overschat. Op het meetpunt 0130 is deze overschatting minder groot.
- De stuwstanden zijn o.a. in het HMI-traject uitgebreid gecontroleerd met de beheerders en op basis hiervan zijn gemodelleerde kruinstanden in het HMI-model geschematiseerd. Deze stuwstanden sluiten het beste aan bij de 2015 situatie, het moment waarop de HMI-modellen zijn gemaakt. Dit is niet direct een afspiegeling van de gemiddelde kwartaalsituatie over een aantal jaren. Bij de interpretatie van de modelresultaten dient hiermee rekening gehouden te worden.

In het HMI-traject zijn de modellen gevalideerd en gekalibreerd. Voor het project De Run is geen aanvullende validatie van het dynamische model op een historisch hoogwater uitgevoerd. De hoogwatergolven met herhalingstijden zijn wel in verband gebracht met de historische meetreeks (Figuur 2-10). Hieruit is gebleken dat:

- T1 in model is 2,2 m³/s; T1 uit meetgegevens is ca. 1,5 m³/s, dus ca. 50% meer dan gemeten.
- T10 in model 3,7 m³/s; T10 uit meetgegevens is ca. 3 m³/s (nov 2010), dus ca. 25% meer dan gemeten.
- T100 in model 5,5 m³/s: T100 is niet gerelateerd aan meetreeks.

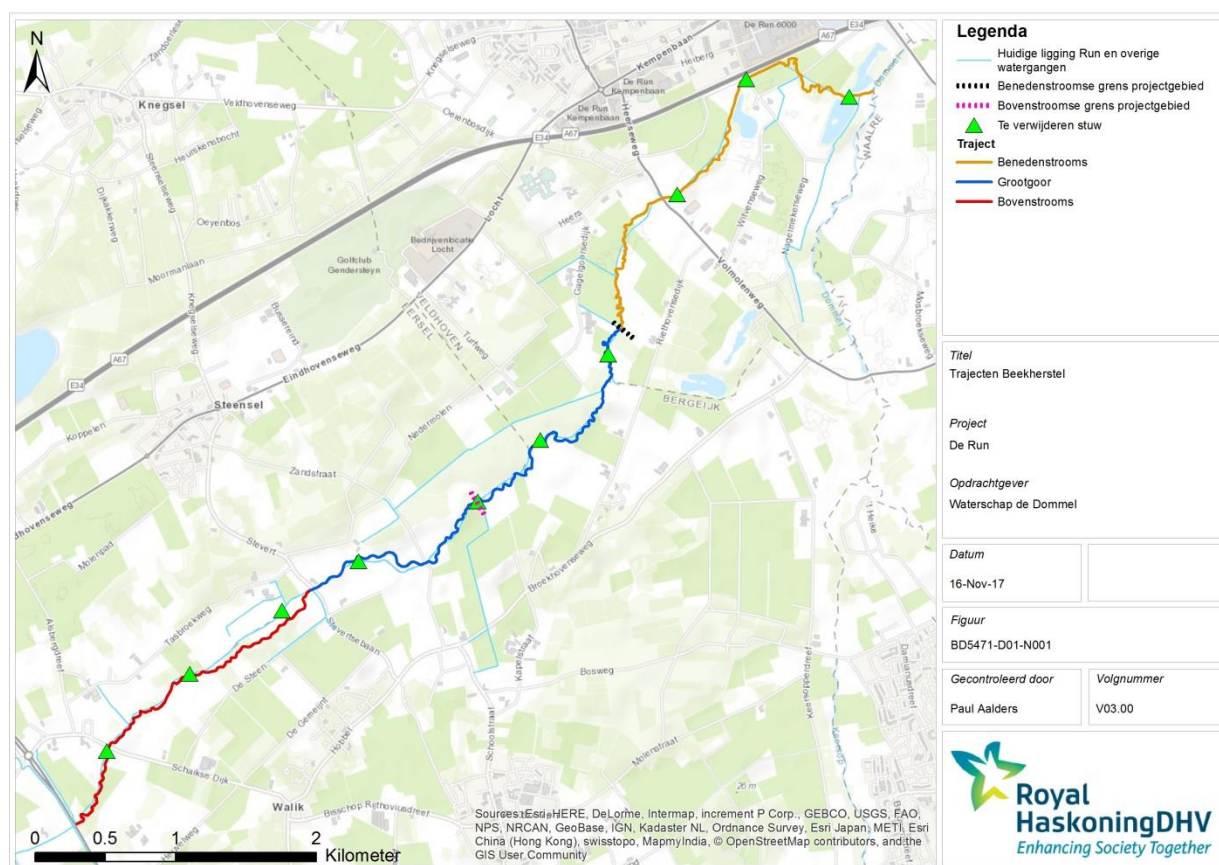
De algemene conclusie is dat de nieuwe afvoergolven aanzienlijk hoger zijn in vergelijking met meetreeks van afgelopen 10 jaar. Deze vergelijking is niet helemaal zuiver aangezien de modelgolven zijn afgeleid op basis van een reeks waarbij het historische klimaateffect is uitgefilterd ("gedetrend"). Daarnaast bevatten de modelgolven een klimaatopslag voor toekomstige klimaatverandering, namelijk het Wh-scenario. Bij de interpretatie van de resultaten dient hiermee rekening gehouden te worden.

3 Beekherstel scenario

3.1 Inleiding

Het traject van de Run vanaf de provinciale weg N397 tot aan de uitstroom van De Dommel heeft beekherstel als doelstelling. In het schetsontwerp van de Run (KRW-visie) is voor dit volledige traject beekherstel ontworpen en met oppervlaktewatermodellen doorgerekend [2]. Deze memo beschrijft het beekherstel (d.d. mei 2017) na een aantal optimalisatieslagen van het schetsontwerp.

De KRW eist een minimale stroomsnelheid van 0,15 m/s in de gemiddelde zomersituatie. Daarnaast is een minimale waterdiepte van 0,20 m noodzakelijk. Met de stationaire modelberekeningen is getoetst of het ontwerp hieraan voldoet. Het volledige traject is opgedeeld in drie deeltrajecten (Figuur 3-1). In onderstaande paragrafen wordt per traject het beekherstel beschreven.



Figuur 3-1 Trajecten Beekherstel

Bruggen en duikers in de Run worden aangenomen dat ze op hetzelfde niveau van de nieuwe bodem van de run komen te liggen.

3.2 Bovenstreams

3.2.1 Herkomst/inleiding

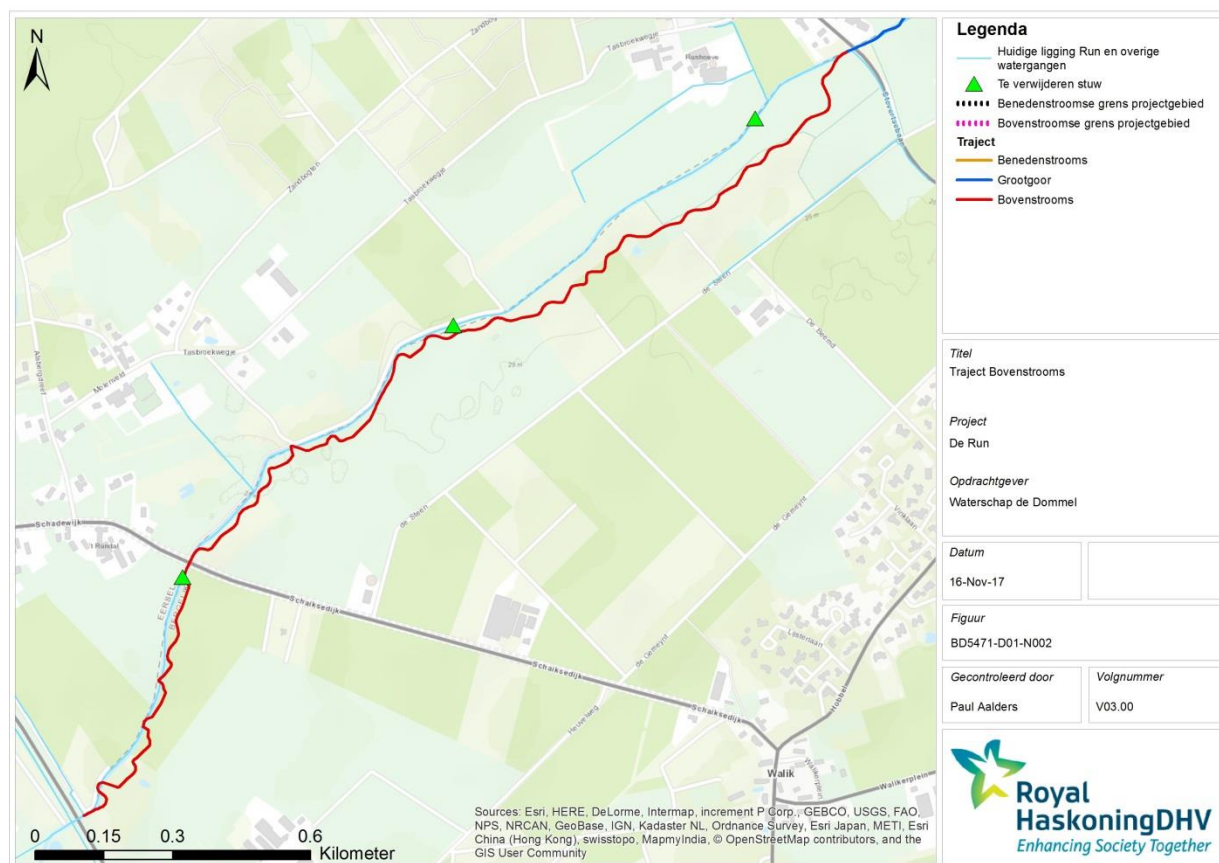
Het bovenstroomse traject is qua profiel en ligging ongewijzigd ten opzichte van het beekherstel in het schetsontwerp. Alleen de ruwheid van de Run profielen is aangepast aangezien hier andere uitgangspunten zijn gehanteerd, dit wordt in de volgende paragraaf verder toegelicht.

3.2.2 Ontwerp

In deze paragraaf worden de belangrijkste kenmerken van het beekherstel voor het bovenstroomse traject toegelicht.

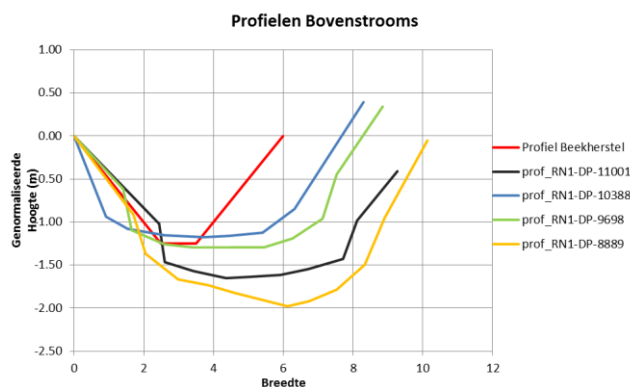
De voorgestelde ligging is weergegeven in Figuur 3-2. De ligging is gebaseerd op basis van de eigendomssituatie en de historische ligging van de beek omstreeks 1900.

Het beekherstel op traject bovenstreams (en de overige trajecten) bevat een standaardprofiel met een bodembreedte van 1m, een gemiddeld talud van 1:2 en een diepte van 1,25 meter. De keuze voor dit profiel is verder toegelicht in de notitie van de KRW-visie van het schetsontwerp [2].



Figuur 3-2. Traject Bovenstreams

Figuur 3-3 toont een selectie van de huidige profielen in het traject bovenstreams. De bestaande profielen zijn een stuk ruimer dan het beekherstel profiel. Daarnaast valt op dat er aanzienlijke verschillen zitten tussen de huidige profielen binnen dit traject.



Figuur 3-3. Selectie bestaande profielen Bovenstrooms in relatie tot profiel beekherstel

De toegepaste ruwheden op het traject zijn weergegeven in Tabel 3-1. Er is sprake van (netto) verruwing ten opzichte van de huidige situatie als gevolg van de hermeandering, beschaduwing en wijzigingen in beheer in onderhoud. De gekozen ruwheden zijn het resultaat van deskundigheidsoordeel en literatuuronderzoek [4], er is hierbij afgeweken van de ruwheden zoals genoemd in de uitgangspunten notitie [1]. Dit komt doordat de HMI-modellen andere (gekalibreerde) ruwheden bevatten dan het visiemodel zodat ook de ruwheden van het ontwerp opnieuw zijn vastgesteld.

Tabel 3-1. Ruwheden Sobek 1D – bovenstrooms

Ruwhheid Bovenstrooms (Ks)			
	Zomer (Qz)	Winter (Qw) & dynamische afvoersituatie	Najaar (Qn) en Voorjaar (Qv)
Huidig	25	30	28
Uitgangspunten notitie [1]	17	27	22
Ontwerp	20	25	22

Binnen het bovenstroomse traject zijn in de huidige situatie drie stuwen aanwezig, deze stuwen worden in het ontwerp verwijderd. Dit is weergegeven in Figuur 3-1.

3.3 Grootgoor

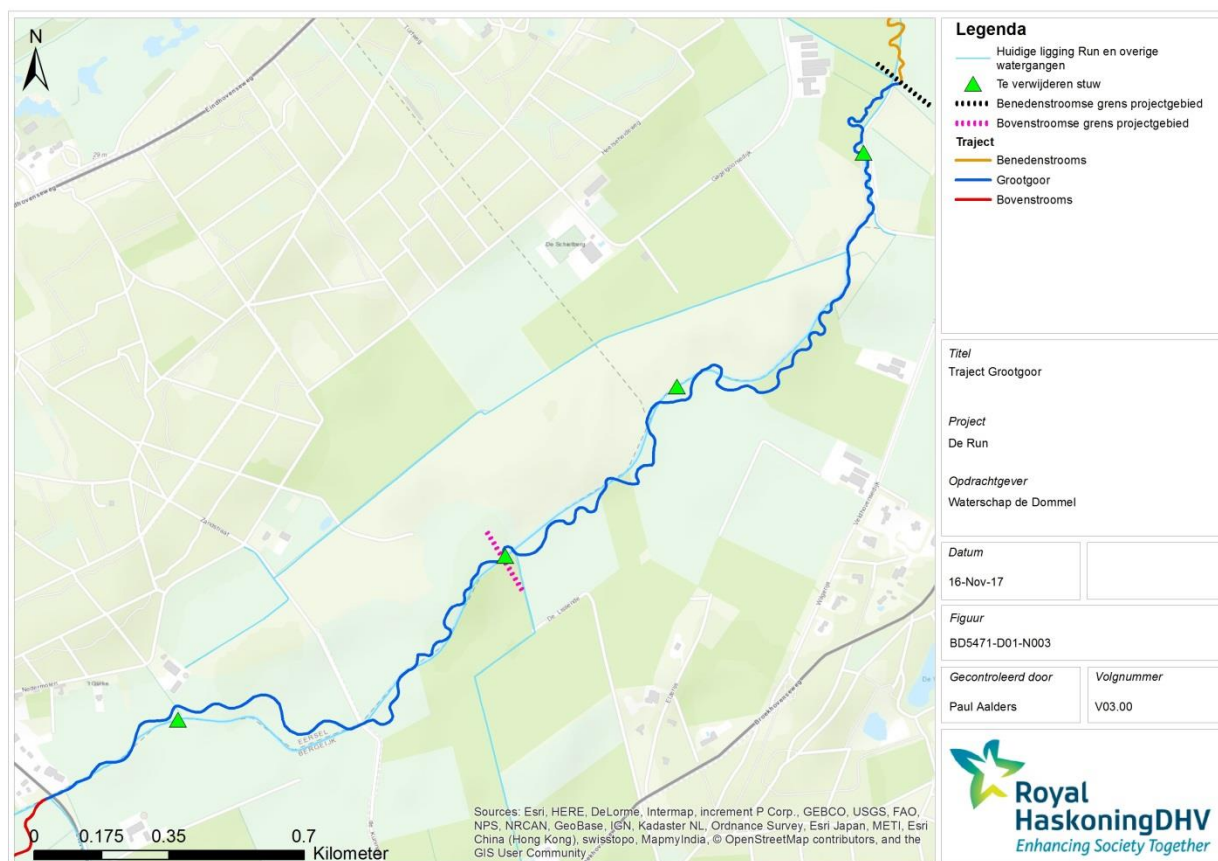
3.3.1 Herkomst/inleiding

Het beekherstel op traject Grootgoor is ten behoeve van het projectplan verder geoptimaliseerd. Hierbij zijn aanpassingen gedaan aan de ligging, de bodemhoogte en ruwheid. In deze memo wordt alleen het meest optimale scenario (GGsc4) beschreven. Er is tevens een variant doorgerekend met verontdieping in de Pinkgieter, maar deze is verder niet meer gebruikt.

3.3.2 Ontwerp

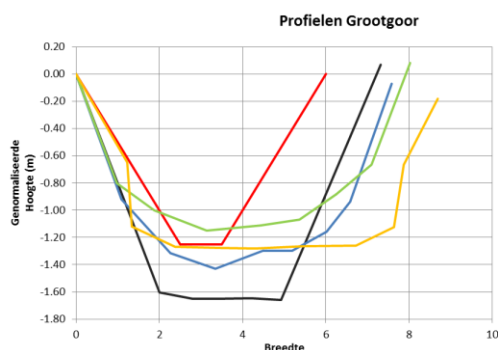
In deze paragraaf worden de belangrijkste kenmerken van het beekherstel ontwerp toegelicht. De voorgestelde ligging is weergegeven in Figuur 3-4. De ligging is gebaseerd op basis van de eigendomssituatie en de historische ligging van de beek.

Het beekherstel op traject Grootgoor (en de overige trajecten) bevat een standaardprofiel met een bodembreedte van 1 m en een talud van 1:2. De diepte varieert van 1,25 meter bovenstrooms stuw RN1-st13 tot 0,75 m benedenstrooms stuw RN1-st3 en de samenkomst met de Pinkgieter. De keuze voor dit profiel is verder toegelicht in de notitie van het schetsontwerp [2].

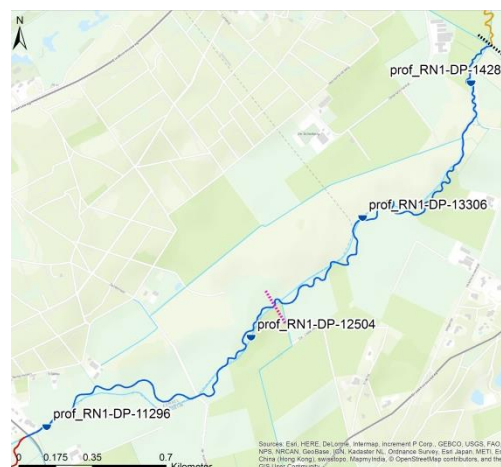


Figuur 3-4. Traject Grootgoor

Figuur 3-5 toont een selectie van de huidige profielen in Grootgoor. De bestaande profielen zijn een stuk ruimer dan het beekherstel profiel.



— Profiel Beekherstel
— prof_RN1-DP-14289
— prof_RN1-DP-13306
— prof_RN1-DP-12504
— prof_RN1-DP-11296



Figuur 3-5. Selectie bestaande profielen Grootgoor in relatie tot profiel beekherstel

De toegepaste ruwheden op het traject zijn weergegeven in Tabel 3-2. De ruwheid verandert ten opzichte van de huidige situatie als gevolg van de hermeandering, beschaduwing en wijzigingen in beheer in onderhoud. De gekozen ruwheden zijn het resultaat van deskundigheidsoordeel en literatuuronderzoek [4], er is hierbij afgeweken van de ruwheden zoals genoemd in de uitgangspunten notitie [1].

Tabel 3-2. Ruwheden Sobek 1D – Grootgoor

Ruwheid Bovenstrooms (Ks)			
	Zomer (Qz)	Winter (Qw) & dynamische afvoersituatie	Najaar (Qn) en Voorjaar (Qv)
Huidig	25	30	28
Uitgangspunten notitie [1]	15	20	17
Ontwerp	22	27	25

Binnen het bovenstroomse traject zijn in de huidige situatie vier stuwen aanwezig, deze stuwen worden in het ontwerp verwijderd. Dit is weergegeven in Figuur 3-1.

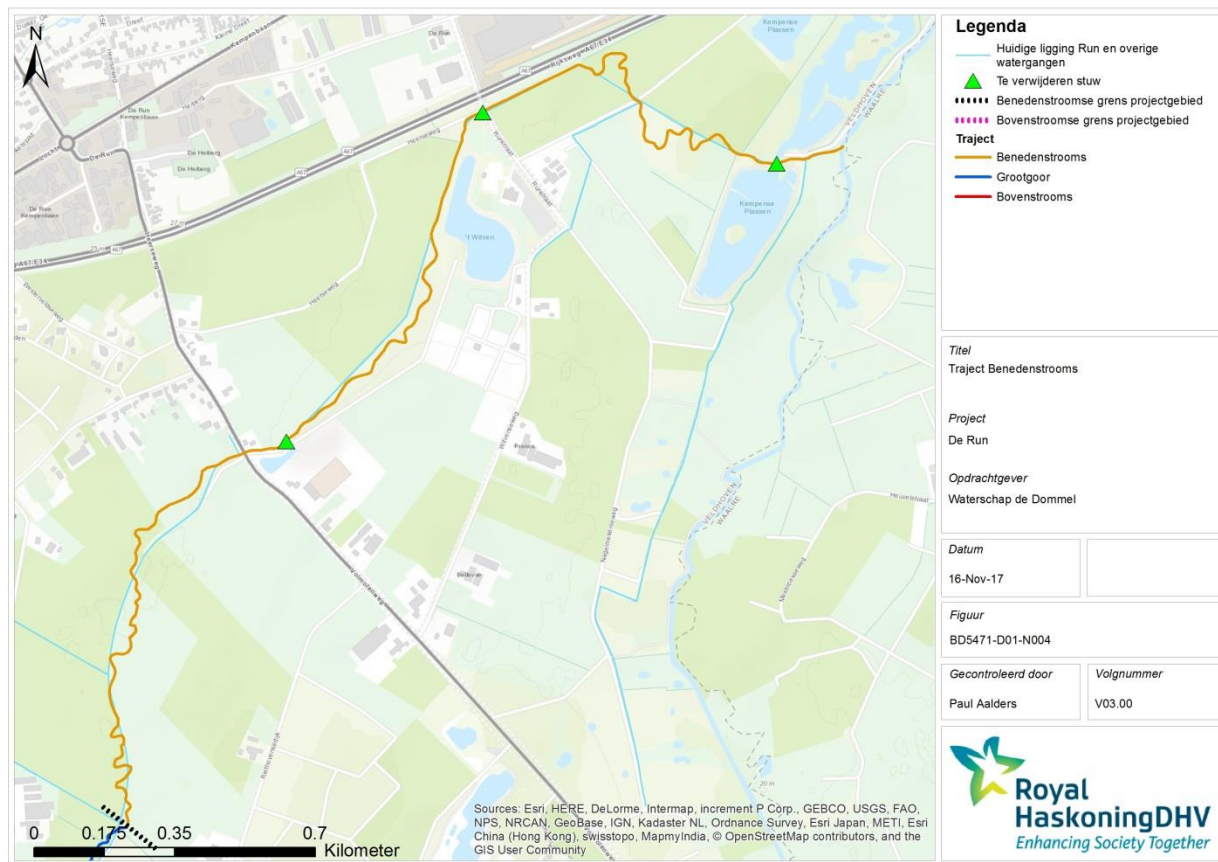
3.4 Benedenstrooms

3.4.1 Herkomst/inleiding

Het benedenstroomse traject is ook verder geoptimaliseerd ten opzichte van het schetsontwerp. Op knikpunten is het lengteprofiel aangepast om de verdroging in de zomer zoveel mogelijk tegen te gaan. Dit geoptimaliseerde beekherstel (variant 1B) wordt hieronder beschreven. Er zijn tevens andere varianten beschikbaar met o.a. bekkenvisspassages of het volledig behouden van de stuwen (huidige situatie).

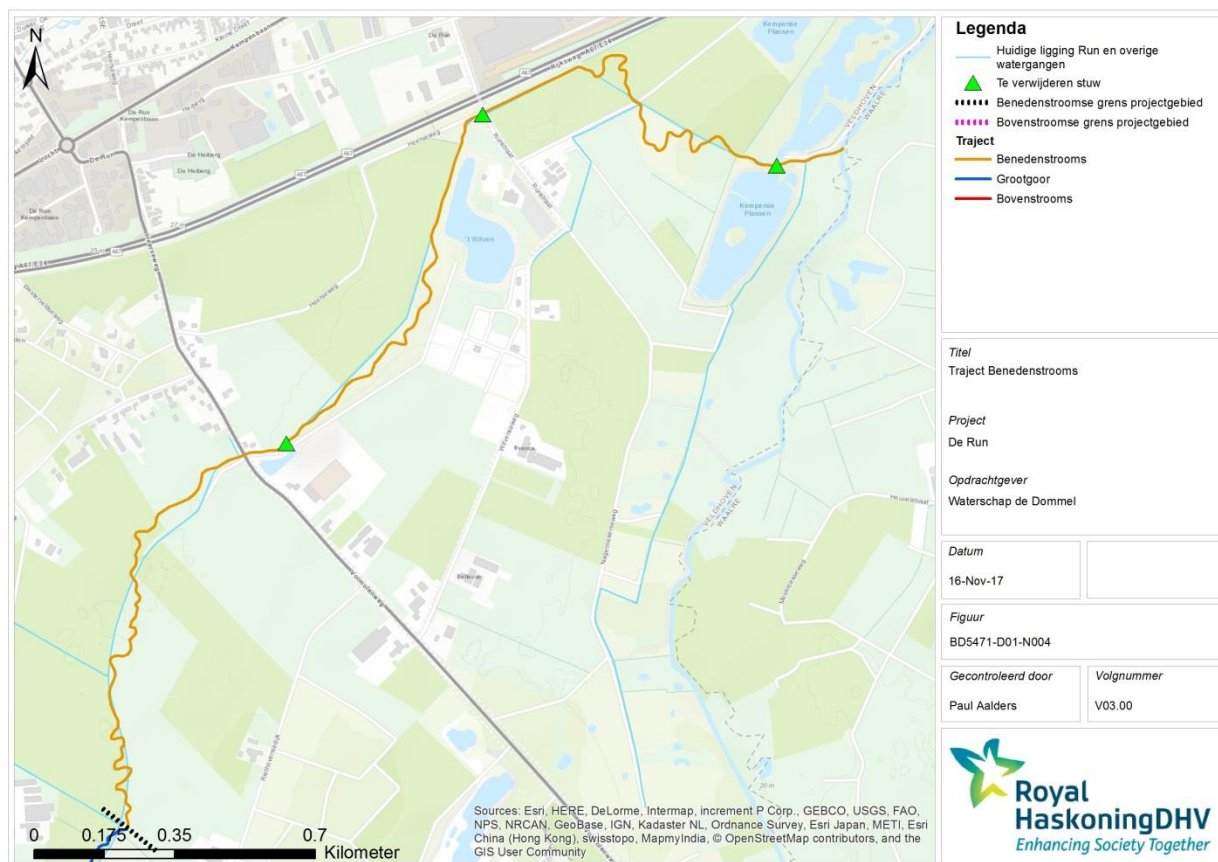
3.4.2 Ontwerp

In deze paragraaf worden de belangrijkste kenmerken van het beekherstel voor het benedenstroomse traject toegelicht. De voorgestelde ligging is weergegeven in



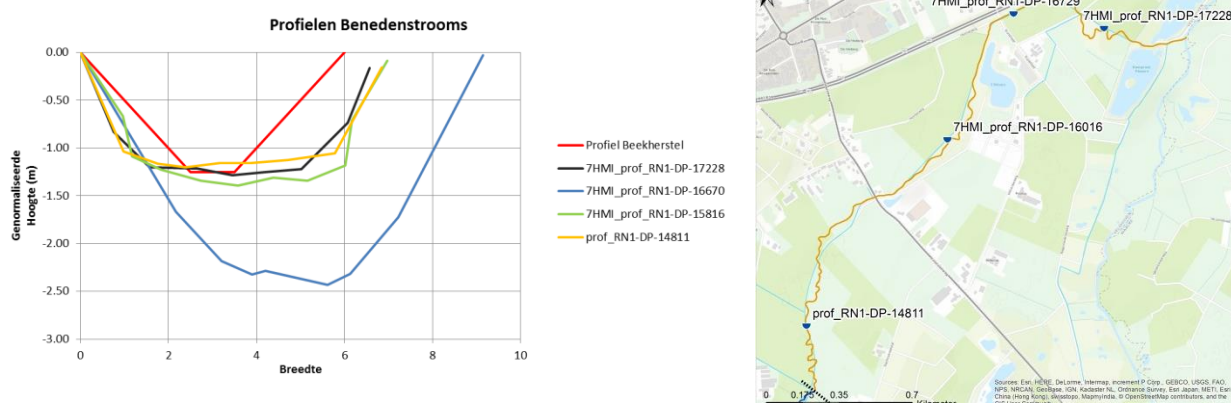
Figuur 3-6. De ligging is gebaseerd op basis van eigendom en historische ligging.

Het beekherstel op traject benedenstrooms (en de overige trajecten) bevat een standaardprofiel met een bodembreedte van 1m, een talud van 1:2 en een diepte van 1,25 meter. De keuze voor dit profiel is verder toegelicht in de notitie van het schetsontwerp [2].



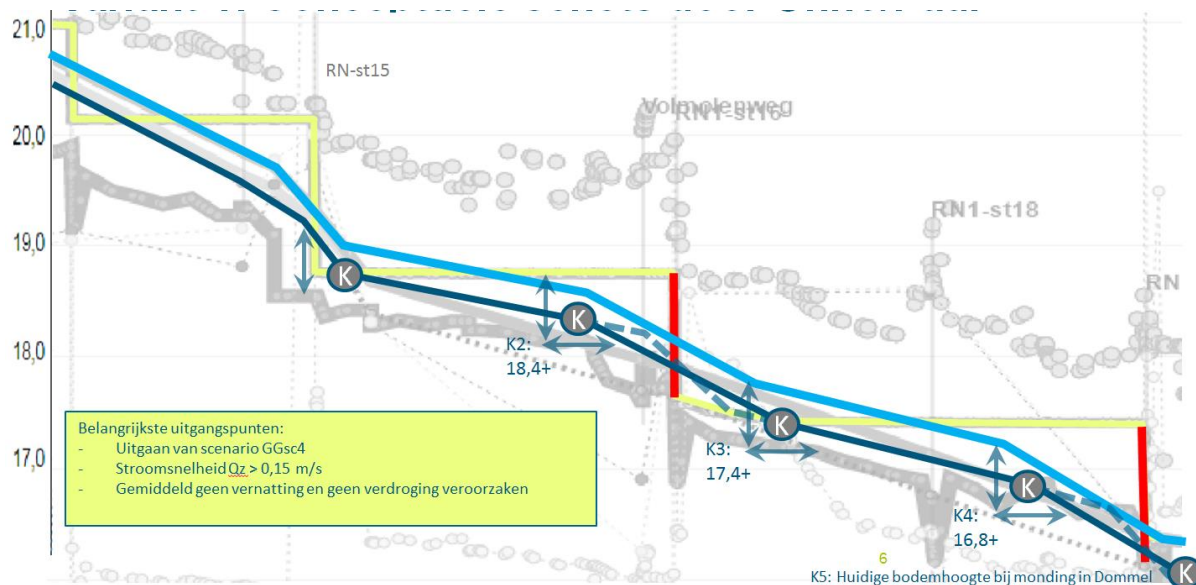
Figuur 3-6. Traject Benedenstrooms

Figuur 3-7 toont een selectie van de huidige profielen in het traject bovenstrooms. De bestaande profielen zijn een stuk ruimer dan het beekherstel profiel. Daarnaast valt op dat er aanzienlijke verschillen zitten tussen de huidige profielen binnen dit traject.



Figuur 3-7. Selectie bestaande profielen Benedenstrooms in relatie tot profiel beekherstel

Gemiddeld mag er geen vernatting en geen verdroging veroorzaken. Daarom zijn iteraties uitgevoerd met verschillende profielhoogtes en locaties. De geoptimaliseerde knikpunten zijn in onderstaande aangeduid met 'K'. Figuur 3-9 toont de locatie van de knikpunten in bovenaanzicht.



Figuur 3-8 Locatie knikpunten variant 1B in langsprofiel. De bodemhoogte van de knikpunten is weergegeven in m+NAP



Figuur 3-9 Locatie knikpunten variant 1B in bovenaanzicht.

De toegepaste ruwheden op het traject zijn weergegeven in Tabel 3-3. Er is sprake van (netto) verruwing ten opzichte van de huidige situatie als gevolg van de hermeandering, beschaduwing en wijzigingen in beheer in onderhoud. De gekozen ruwheden zijn het resultaat van deskundigheidsoordeel en literatuuronderzoek [4], er is hierbij afgeweken van de ruwheden zoals genoemd in de uitgangspunten notitie [1].

Tabel 3-3. Ruwheden Sobek 1D – Benedenstrooms

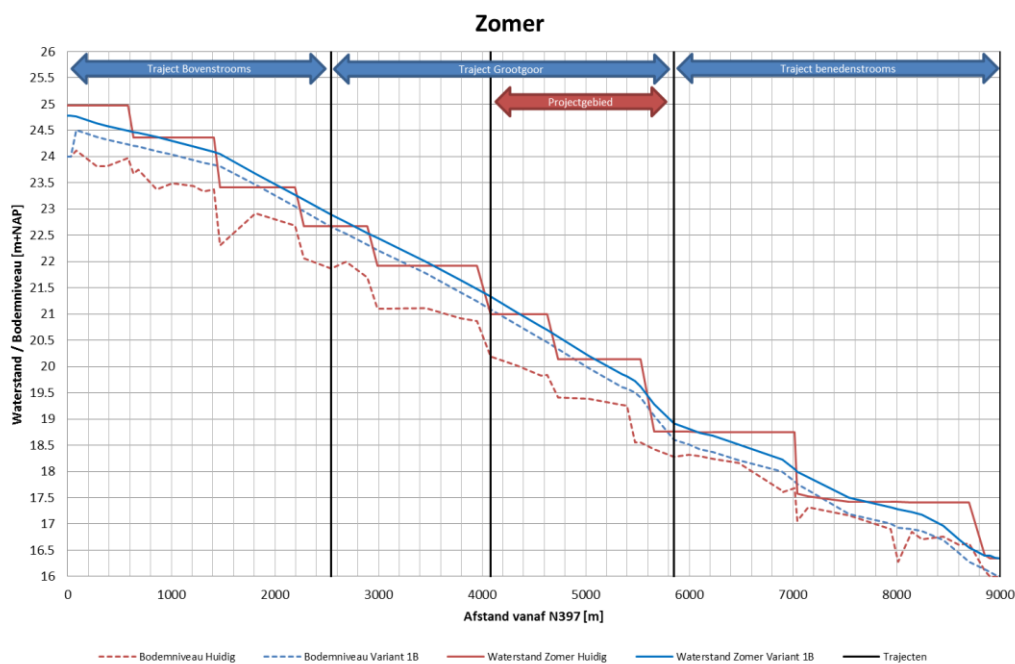
Ruwheden Bovenstrooms (Ks)			
	Zomer (Q_z)	Winter (Q_w) & dynamische afvoersituatie	Najaar (Q_n) en Voorjaar (Q_v)

Huidig	25	30	28
Uitgangspunten notitie [1]	17	27	17
Ontwerp	20	25	22

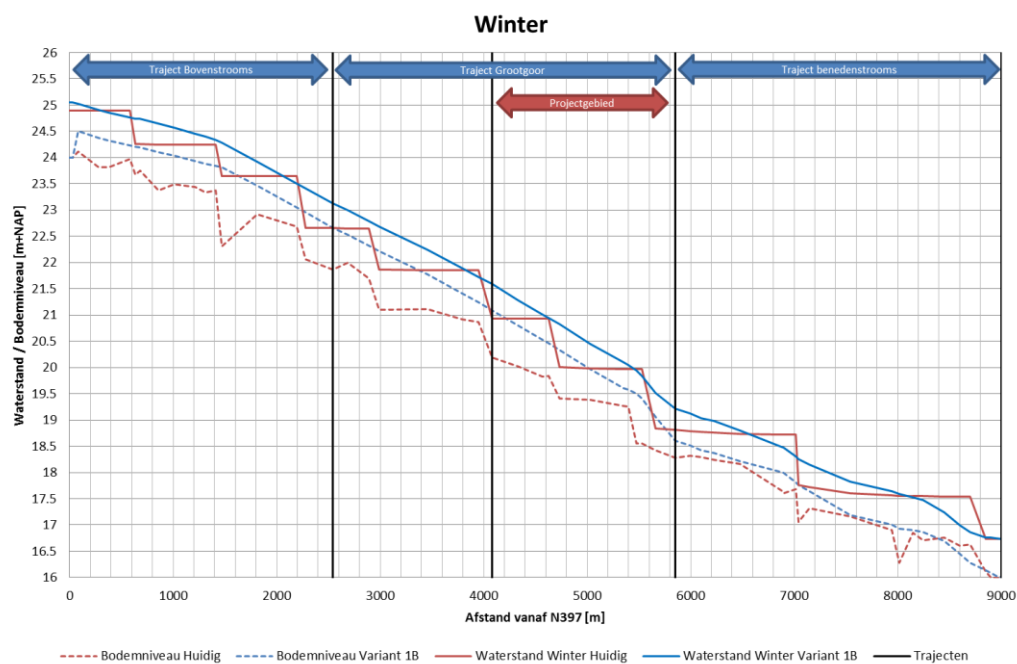
Binnen het benedenstroomse traject zijn in de huidige situatie drie stuwen aanwezig, deze stuwen worden in het ontwerp verwijderd. Dit is weergegeven in Figuur 3-1.

3.5 Modelresultaten

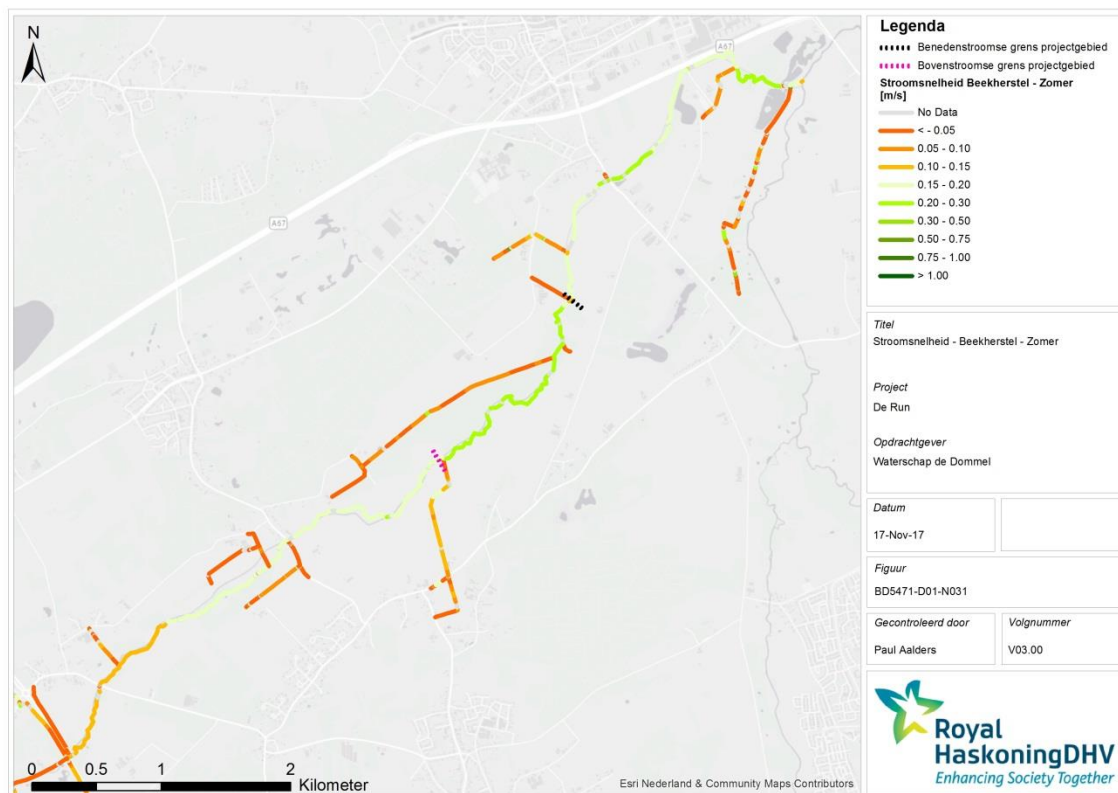
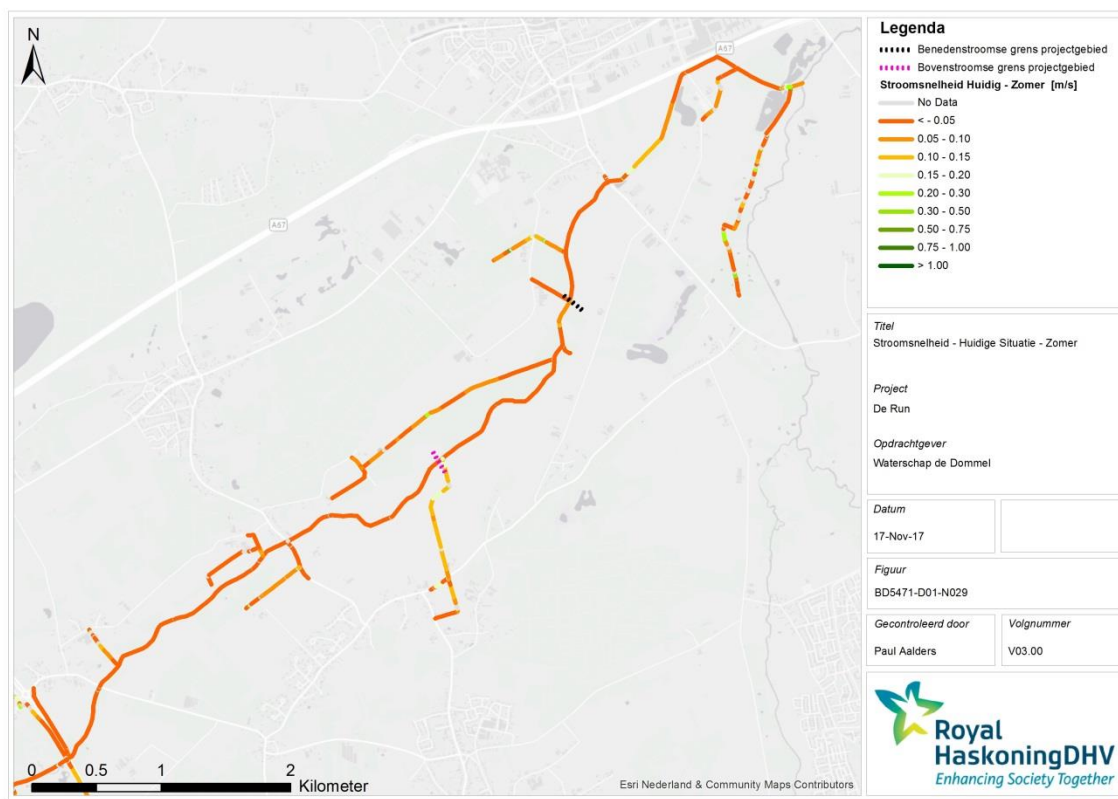
De resultaten van de modelberekeningen zijn samengevat in Figuur 3-10 tot en met Figuur 3-13. Figuur 3-10 en Figuur 3-11 tonen de lengteprofielen van de gemiddelde zomer- en wintersituatie. De stroomsnelheden voor de gemiddelde zomer- en wintersituatie zijn weergegeven in Figuur 3-12 en Figuur 3-13.



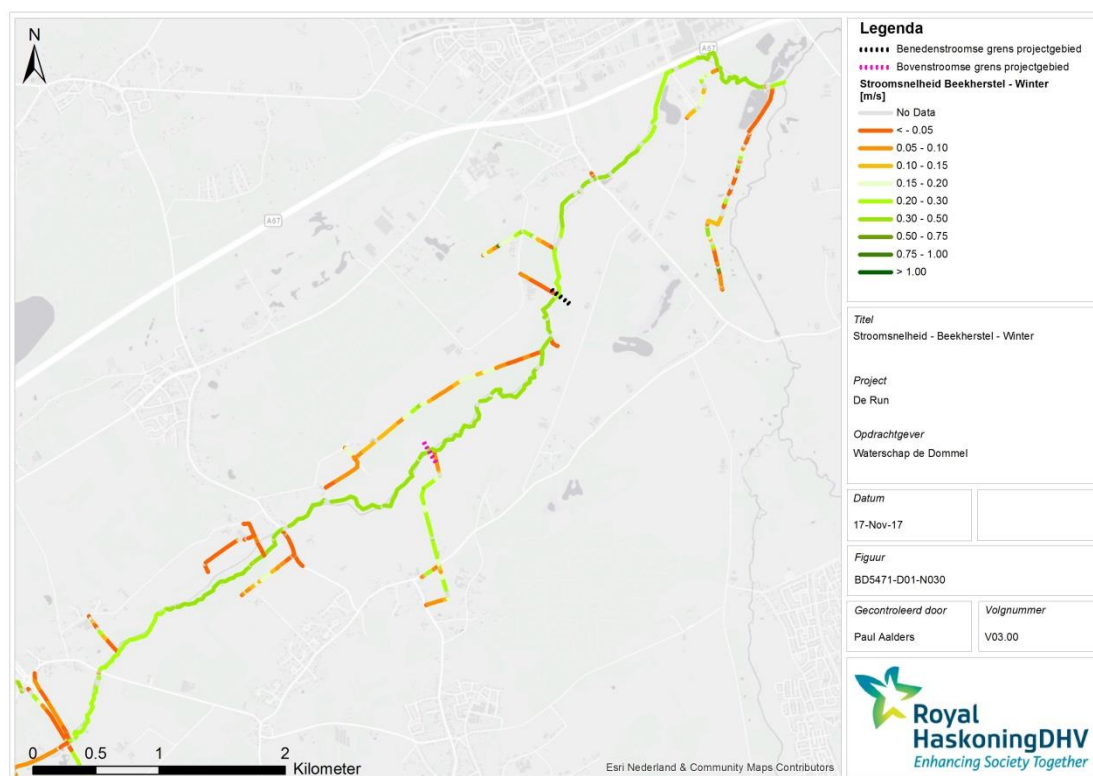
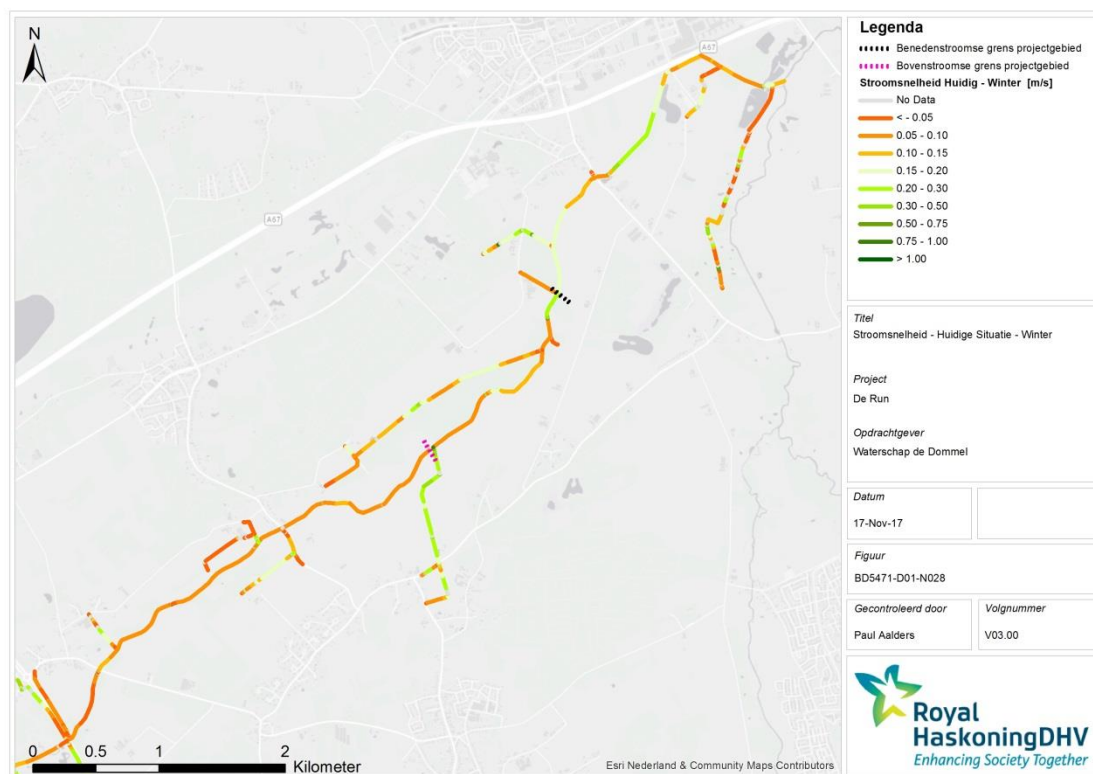
Figuur 3-10 Lengteprofiel met berekende waterstanden - Zomersituatie



Figuur 3-11 Lengteprofiel met berekende waterstanden - Wintersituatie



Figuur 3-12 Stroomsnelheden in de gemiddelde zomersituatie voor de huidige situatie (boven) en het beekherstel (onder)



Figuur 3-13 Stroomsnelheden in de gemiddelde wintersituatie voor de huidige situatie (boven) en het beekherstel (onder)

3.5.1 Effecten beekherstel in de gemiddelde afvoersituaties

3.5.1.1 Grootgoor en Bovenstrooms

In het lengteprofiel van de gemiddelde zomersituatie (Figuur 3-10) is te zien dat de huidige situatie sterk gestuwd is waardoor de berekende waterstanden trapsgewijs van boven- naar benedenstrooms verlopen. Het verhang tussen de stuwen is nagenoeg nul en de berekende stroomsnelheden zijn laag ($< 0,05$ m/s).

De berekening van het beekherstelscenario heeft een natuurlijk verhang van de waterstand doordat de stuwen verwijderd zijn en het profiel verkleind is. Om de netto vernatting/verdroging zoveel mogelijk gelijk te houden, wordt er gestreefd naar toekomstige waterstand die gemiddeld genomen evenveel stijging als daling laat zien. Concreet betekent dit dat de toekomstige waterstand de huidige waterstand per stuwtraject zoveel mogelijk in het midden snijdt. Uit de figuren blijkt dat dit voor het grootste deel van het traject in de zomer is bereikt. Net bovenstrooms van stuwen treedt een waterstands daling op als gevolg van het scenario en net benedenstrooms van de stuwen is dit een waterstandstijging. Het gemiddelde effect op de berekende waterstanden is hierdoor zo klein mogelijk gehouden. De berekende stroomsnelheden gaan aanzienlijk omhoog, deze zijn over het grootste deel van het traject hoger dan $0,15$ m/s. In het meest bovenstroomse deel nabij de N397 zijn de berekende waterstanden lager dan de huidige situatie. De berekende stroomsnelheden gaan wel omhoog ten opzichte van de huidige situatie, maar halen nog niet de eis van $0,15$ m/s. Dit is het gevolg van het geringe verval in bodem op dit traject.

Het lengteprofiel van de gemiddelde wintersituatie is weergegeven in Figuur 3-11. Ook uit deze figuur blijkt het sterk gestuwde karakter van de Run in de huidige situatie. De berekende stroomsnelheden in de Run tussen de stuwen is $0,05 - 0,10$ m/s en zijn alleen net benedenstrooms van de stuwen hoger.

In het beekherstelscenario is een duidelijk natuurlijk verhang zichtbaar. Zowel in Grootgoor als in het bovenstroomse traject is een gemiddelde stijging van de berekende waterstand te zien. De berekende stroomsnelheden in de gemiddelde wintersituatie nemen toe tot gemiddeld $0,30$ m/s.

Vanuit morfologisch oogpunt is de stroomsnelheid bij lagere afvoeren niet te hoog. Bij een waterdiepte van $0,2$ m en een sedimentgrootte (d_{50}) van $1-2$ mm is de kritische stroomsnelheid $0,4 - 0,5$ m/s [4]. Alleen de kleinere sedimentdeeltjes zullen onder normale omstandigheden eroderen, waardoor grindbanken zullen ontstaan. Bij hogere afvoeren zijn waterdiepte (60 cm) en stroomsnelheid ($0,3 - 0,5$ m/s) groter, zodat plaatselijk ook deeltjes van meer dan 2 mm kunnen eroderen. Daarom wordt benedenstrooms een zandvang aangelegd.

3.5.1.2 Traject Benedenstrooms

De bodemhoogte op een aantal knikpunten (Figuur 3-8) is geoptimaliseerd om de gemiddelde verhoging/verlaging van de berekende waterstand in de zomer- én wintersituatie zo goed mogelijk aan te laten sluiten bij de waterstanden in de huidige situatie. De resultaten van de modelberekeningen laten zien dat het gemiddelde effect van stijging en daling van de waterstand over het grootste deel van het traject netto gelijk is aan nul. Alleen in het meest benedenstroomse gedeelte is een netto daling van de berekende waterstand te zien waar de laatste stuw is verwijderd en de Run uitstroomt in de Dommel. De waterstanden in de Dommel zijn hier dominant over de Run.

De berekende stroomsnelheden in de gemiddelde zomersituatie zijn overal $0,15$ m/s of hoger zodat de beek hiermee voldoet aan de eisen vanuit de KRW.

3.5.2 Inundatiebeelden Bovenstrooms

Met het dynamische model zijn de hoogwatersituaties doorerekend. Alle berekeningen zijn uitgevoerd voor het Wh scenario. Bij de hoogwaterberekeningen wordt aangenomen dat de afvoergolven optreden tijdens de winterperiode.

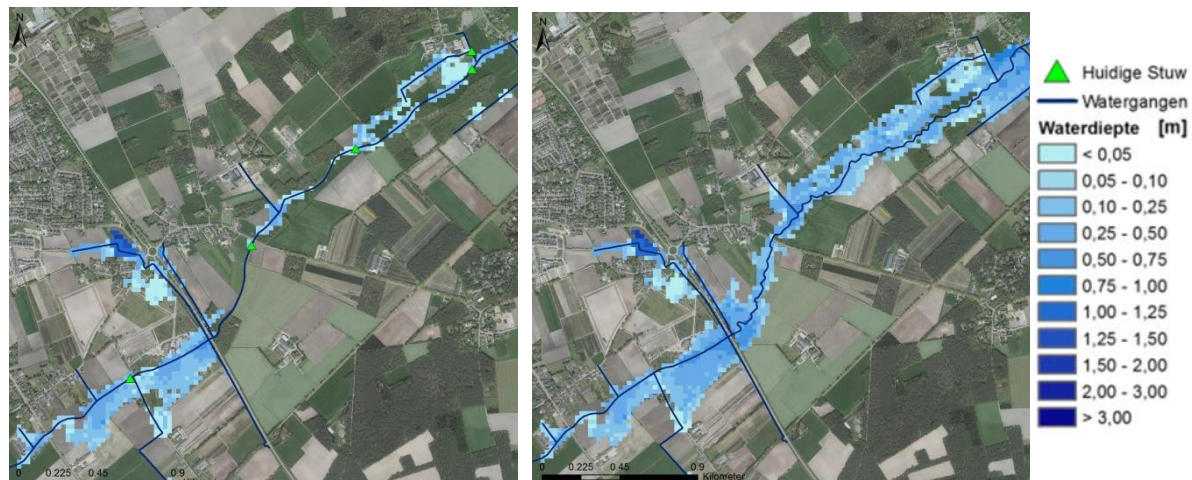
In Figuur 3-15 zijn de berekende maximale inundatiedieptes van de T1 situatie weergegeven voor zowel de huidige situatie als de beekherstel situatie. Voor de T10 situatie is dit weergegeven in Figuur 3-15 en voor de T100 situatie in Figuur 3-16.



Figuur 3-14 Inundatiebeeld bovenstrooms T1Wh huidig (links) en T1Wh Beekherstel (rechts)



Figuur 3-15 Inundatiebeeld bovenstrooms T10Wh huidig (links) en T10Wh Beekherstel (rechts)



Figuur 3-16. Inundatiebeeld bovenstrooms T100Wh huidig (links) en T100Wh Beekherstel (rechts)

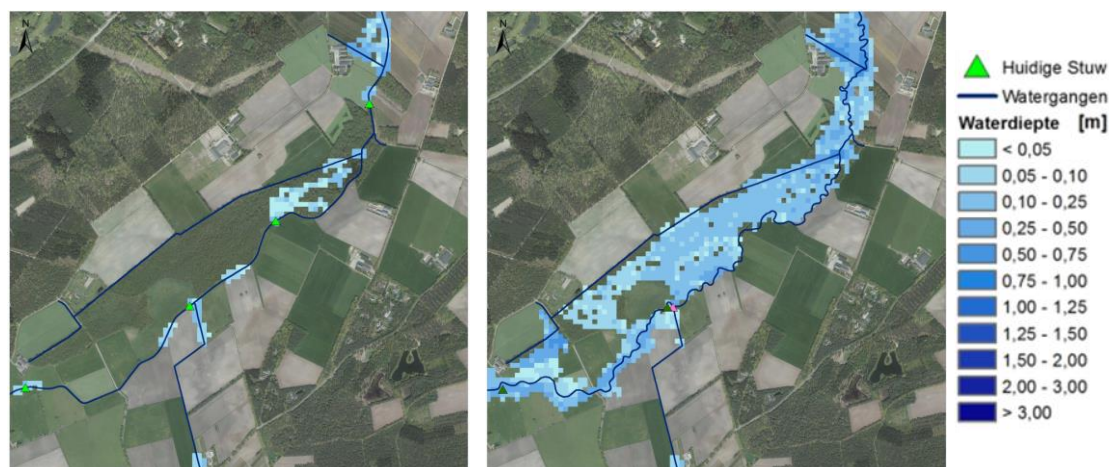
Uit de figuren blijkt dat als gevolg van het beekherstel een toename van inundatie is berekend in zowel de T1, T10 als in de T100 situatie. Ook bovenstrooms van de N397 is een toename van de maximale inundatie zichtbaar.

3.5.3 Inundatiebeelden Grootgoor

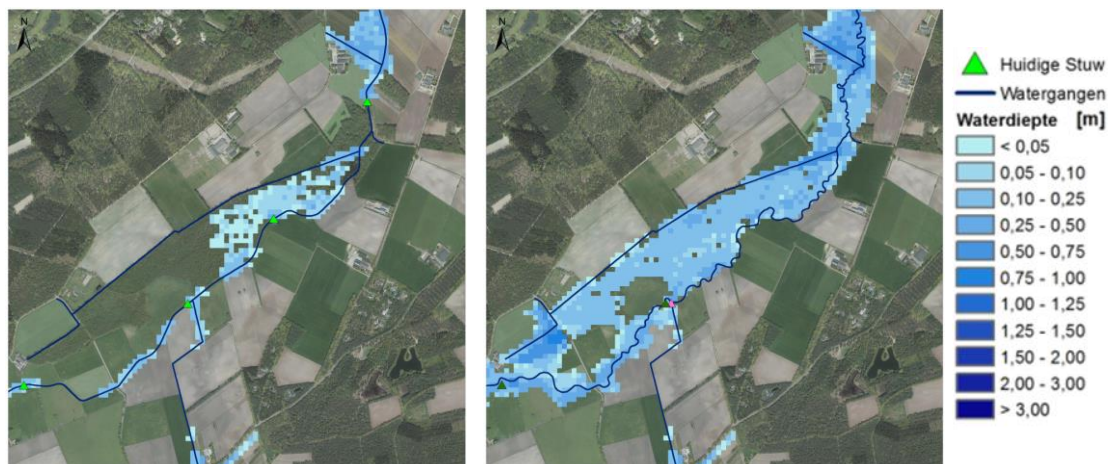
Voor de traject Grootgoor is de berekende maximale inundatie voor T1, T10 en T100 weergegeven in Figuur 3-17, Figuur 3-18 en Figuur 3-19. Deze situatie zal zich in werkelijkheid niet voordoen aangezien er naast beekherstel ook een gestuurd waterbergingsgebied wordt aangelegd. Dit wordt verder uitgewerkt in hoofdstuk 4.



Figuur 3-17. Inundatiebeeld Grootgoor T1Wh huidige (links) en T1Wh Beekherstel (rechts)



Figuur 3-18. Inundatiebeeld Grootgoor T10Wh huidige (links) en T10Wh Beekherstel (rechts)



Figuur 3-19. Inundatiebeeld Grootgoor T100Wh huidig (links) en T100Wh Beekherstel (rechts)

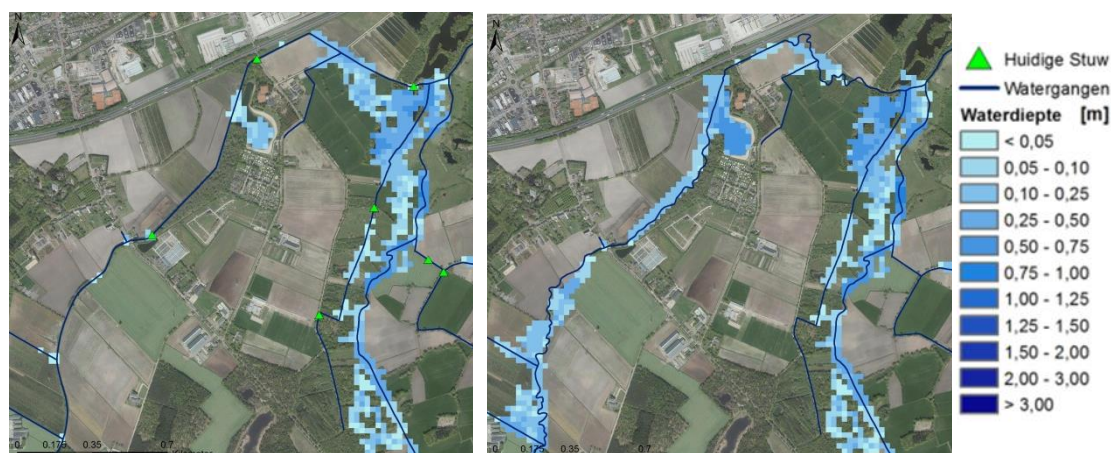
De berekende maximale inundatie neemt als gevolg van het beekherstel op het traject Grootgoor aanzienlijk toe voor alle situaties. Naast de toename van inundatie langs de Run treedt tevens een kortsluiting op tussen de Run en de Pinkgieter. Inundatiewater vanuit de Run stroomt over het maaiveld naar het bovenstroomse deel van de Pinkgieter. De duikers in de Pinkgieter zijn hier niet op gedimensioneerd zodat dit tot aanvullende opstuwing en inundatie leidt.

In bijlage 3 is een figuur opgenomen met de normloze beekdalen en de T10Wh maximaal berekende inundatie. Uit de figuur blijkt dat de inundatie voor deelgebied Grootgoor binnen het normloos beekdal blijft.

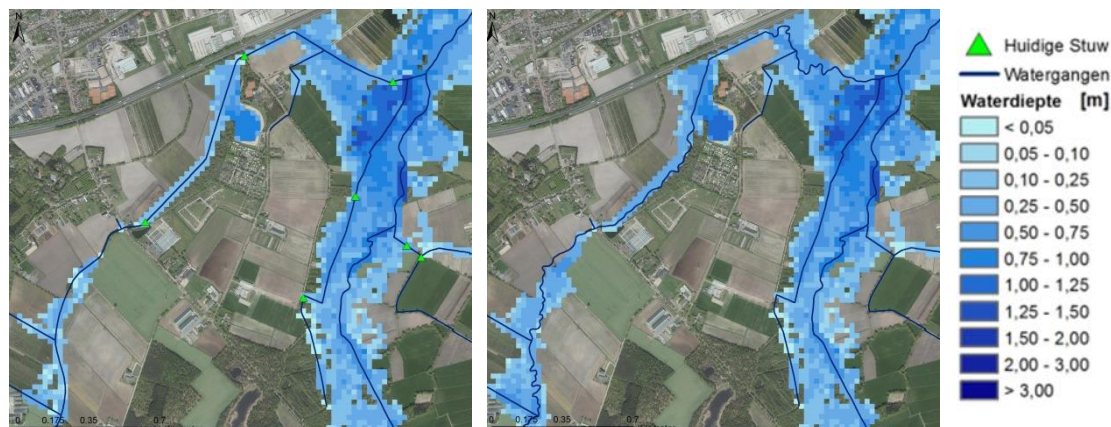
3.5.4 Inundatiebeelden Benedenstreams

De berekende maximale inundatie van het benedenstroomse traject is weergegeven in Figuur 3-20, Figuur 3-21 en Figuur 3-22.

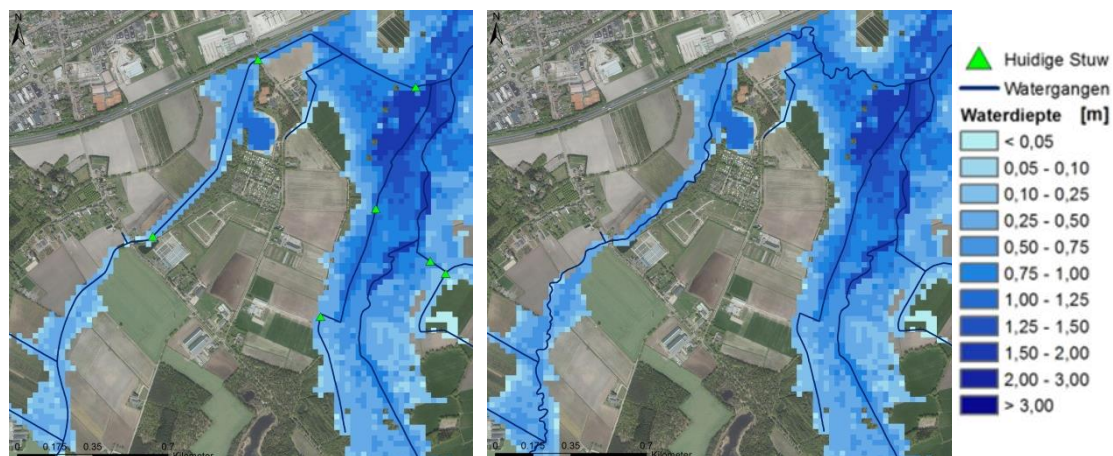
De maximale inundatie ten opzichte van de huidige situatie neemt wel toe, maar in mindere mate dan de trajecten Grootgoor en Bovenstreams. Dit komt doordat de waterstand (en inundatie) van de Dommel dominant is benedenstrooms.



Figuur 3-20. Inundatiebeeld traject benedenstreams T1Wh huidige (links) en T1Wh Beekherstel (rechts)



Figuur 3-21. Inundatiebeeld traject benedenstreams T10Wh huidige (links) en T10Wh Beekherstel (rechts)



Figuur 3-22. Inundatiebeeld traject benedenstrooms T100Wh huidig (links) en T100Wh Beekherstel (rechts)

4 Waterberging Grootgoor

4.1 Inleiding

In het Grootgoor is een gestuurd waterbergingsgebied gepland. Met het dynamische model zijn berekeningen gedaan voor de T100Wh situatie. Er wordt onderscheid gemaakt tussen een referentiesituatie en een waterberging situatie. In de referentiesituatie wordt bepaald welk deel van het gebied al geïnundeerd is zonder inzet van de waterberging. Deze bergingsruimte is niet meer beschikbaar voor het gestuurd inzetten van het waterbergingsgebied. In de waterbergingssituatie wordt aangenomen dat de berging zo optimaal mogelijk wordt ingezet bij de betreffende theoretische afvoergolf (T100Wh). In de volgende paragrafen wordt eerst het ontwerp toegelicht waarna de resultaten van de modelberekeningen van de referentie- en waterbergingssituatie worden samengevat.

4.2 Verantwoording ontwerp

De locatie van de waterberging is tot stand gekomen op basis van een variantenstudie welke uitgevoerd is in 2011 en waarbij diverse stakeholders uit het gebied in een 'mutual gains approach-proces' (MGA-proces) betrokken waren. De keuze voor dit gebied is gemaakt kijkend naar de volgende kenmerken:

- De vlakke ligging van Grootgoor is geschikt om een grote hoeveelheid berging te realiseren;
- Het gebied bestaat voornamelijk uit natuur dat waterberging kan hebben;
- Het gebied loopt, door de komachtige vorm, in de huidige situatie ook al onder water;
- De maatregelen zoals de aanleg van een kade zijn goed in het gebied in te passen;
- De uitvoeringskosten voor de maatregelen voor waterberging zijn relatief laag.

Het ontwerp van de waterberging gaat uit van de aanleg van een kade rondom het gebied Grootgoor. Met een hoogwaterstuw (regelwerk) dat aan de benedenstroomse zijde in de Run wordt aangebracht, kan bij een piekafvoer in de beek het waterbergingsgebied gevuld worden. Hierbij wordt de afvoer van de Run geknepen; het merendeel van het water wordt doorgelaten, een deel van het water wordt tegengehouden.

Aandachtspunten die in de uitwerking en optimalisatie van de waterberging in het projectplan zijn meegenomen zijn:

- Bescherming van de Gagelgoorsedijk en de Veldhovensedijk;
- Bescherming van boerderijen en huiskavels;
- Duur van de berging en uitstroom;
- stabiliteit van de ondergrond, met name ter plaatse van Grootgoor en de Feldbissbreuk;
- behoud van de afvoer van de aangrenzende landbouwpercelen en manege;
- inzetbaarheid van de hoogwaterstuw voor droge perioden.

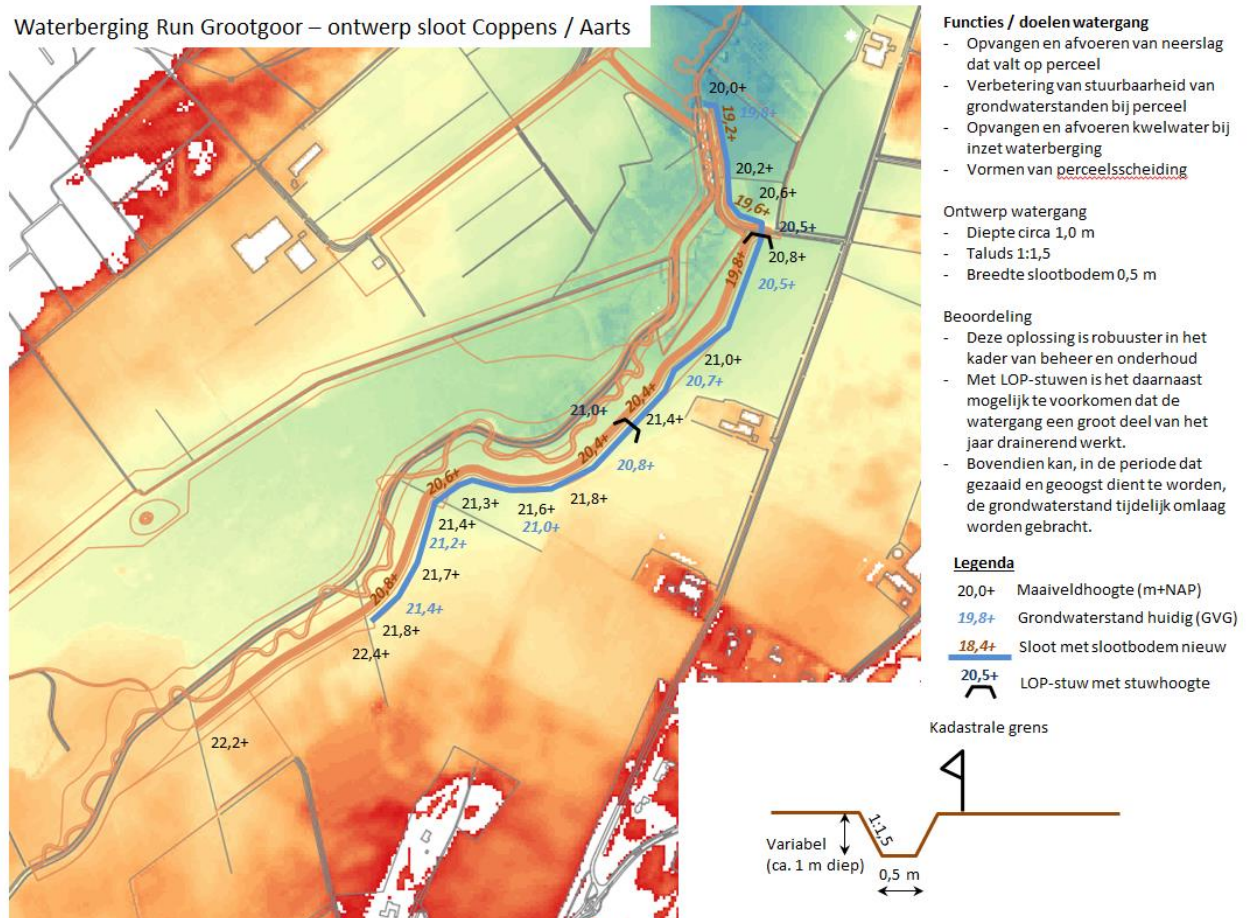
Op basis van de analyse van de hoogtekaart blijkt dat tot een waterhoogte van maximaal 22,0 m +NAP de effecten op de omgeving grotendeels weg te nemen zijn en er een aanzienlijke hoeveelheid berging gerealiseerd kan worden. Het bergen van water tot maximaal 22,0 m +NAP is als uitgangspunt in deze hydrologische studie gekozen.

4.3 Referentie situatie

De referentiesituatie is opgebouwd uit de beekherstelsituatie zoals in Hoofdstuk 3 is beschreven met toevoeging van de relevante maatregelen voor de inrichting van het waterbergingsgebied. In de referentie situatie wordt de waterberging niet ingezet. De maatregelen zijn:

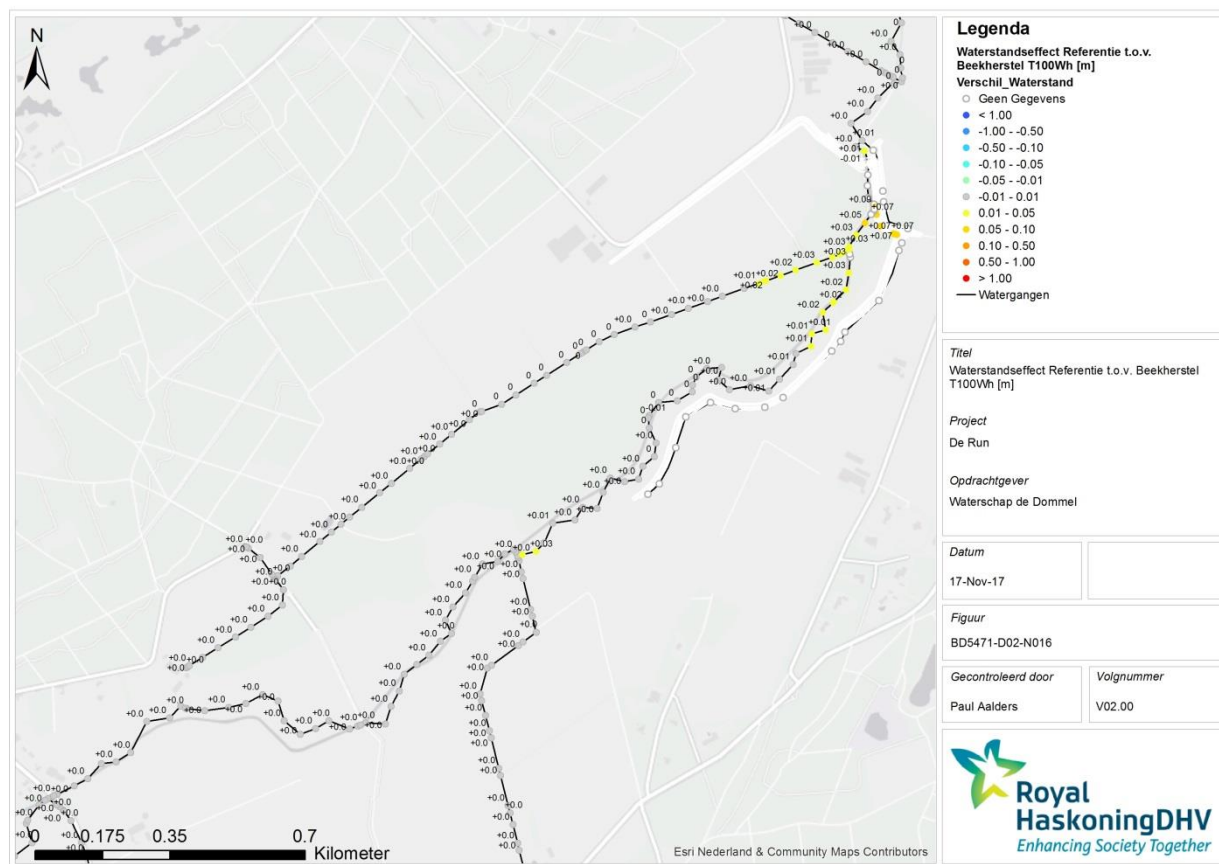
- Aanleg kering van waterbergingsgebied (ligging weergegeven in Figuur 4-1)
- Aanleg parallelwatergang kering (ontwerp uitgewerkt in Figuur 4-1)
- Aanleg regelwerk (impliciet gemodelleerd)

Waterberging Run Grootoor – ontwerp sloot Coppens / Aarts



Figuur 4-1 Ligging keringen waterbergingsgebied en ontwerp parallelsloot langs de kering

De breedte van het regelwerk is iteratief bepaald en vastgelegd op 4 m. Deze afweging is gebaseerd op acceptabele opstuwing als gevolg van het regelwerk (zonder inzet is de opstuwing ca. 5 cm bij T100Wh zoals weergegeven in Figuur 4-2), stroomsnelheid zonder inzet (1,25 m/s bij T10Wh) en de aanlegkosten.



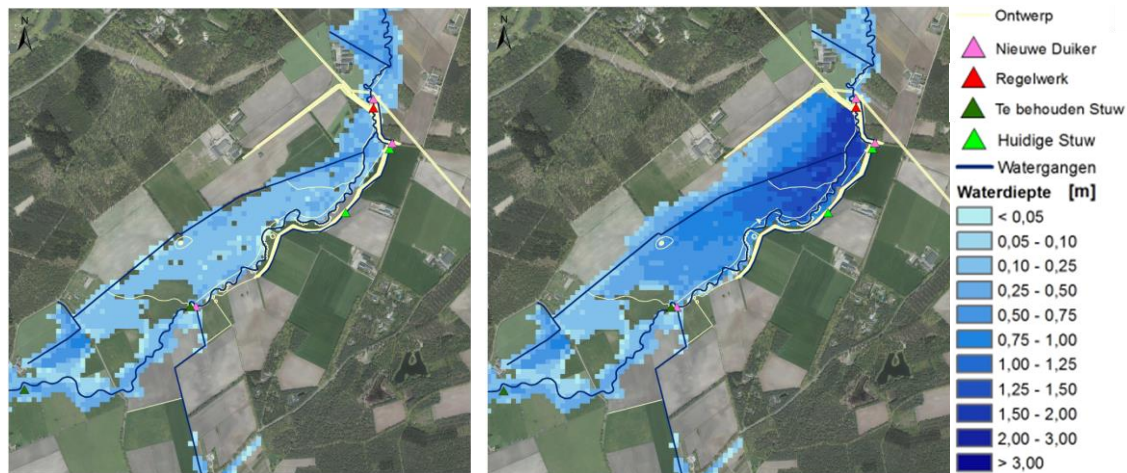
Figuur 4-2 Berekende opstuwing als gevolg van het regelwerk zonder inzet waterberging tijdens de piek van een T100 Wh situatie

De beschikbare extra bergingsruimte is ca 463.000 m³ en de referentieberging is ca 61.500 m³.

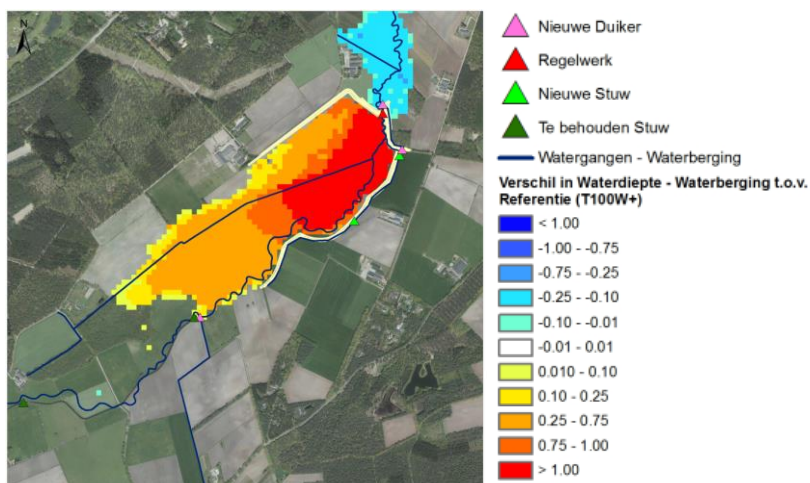
4.4 Waterbergingssituatie

De waterberging situatie is gelijk aan de referentie situatie waarbij de waterberging nu wel wordt ingezet door middel van het knippen van het debiet. Het knijpdebiet is vooraf theoretisch bepaald door de beschikbare ruimte in de waterberging te projecteren op de betreffende afvoergolf. Voor de T100Wh is het theoretische knijpdebiet berekend op 3,1 m³/s. Het knijpdebiet is vervolgens in het regelwerk van het model verwerkt en iteratief doorgerekend zodat modelmatig een nauwkeurig knijpdebiet kan worden bepaald.

In Figuur 4-3 zijn de berekende maximale inundaties weergegeven van de referentie en waterberging situatie. De verschillen in waterdiepte zijn weergegeven in Figuur 4-4. Uit de figuur blijkt dat het inundatieoppervlakte toeneemt tot halverwege Grootoor. Bovenstrooms neemt alleen de inundatiediepte nog enigszins toe. Benedenstrooms is door inzet van de waterberging een afname van de inundatiediepte zichtbaar.



Figuur 4-3. Inundatiebeeld Grootgoor T100Wh Referentie (links) en T100Wh Waterbergung (rechts)



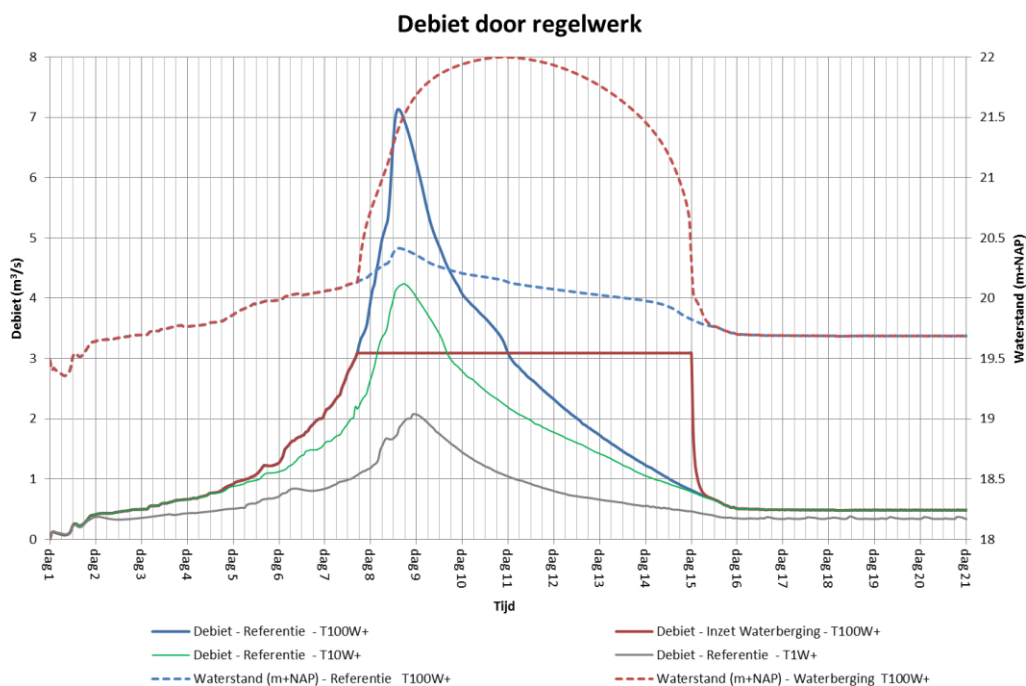
Figuur 4-4. Verschil in waterdiepte T100Wh Waterbergung ten opzichte van de referentie.

In Figuur 4-5 is een lengteprofiel weergegeven van de Run ter plaatse van het waterbergingsgebied. In de figuur zijn de berekende maximale waterstanden opgenomen van de huidige, beekherstel, referentie en waterbergung situatie. Uit de figuur blijkt dat bij de inzet van de waterbergung de waterstand vlak verloopt en slechts enkele centimeters opstuwing vertoont. Het effect bij inzet loopt door tot de stuw RN1-st13 zoals ook in Figuur 4-4 zichtbaar is.



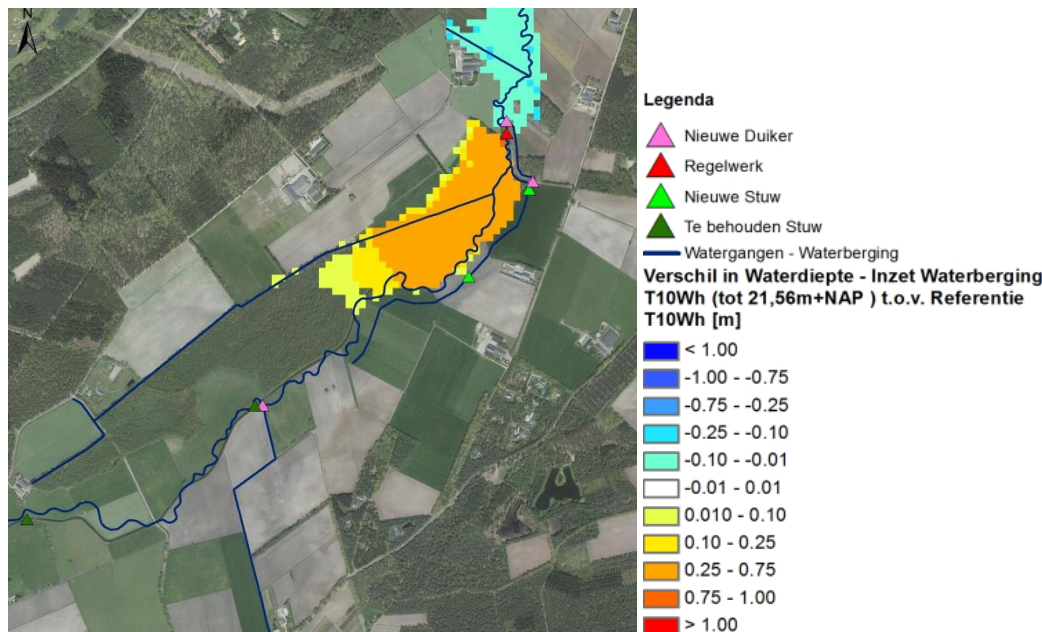
Figuur 4-5 Lengteprofiel berekende waterstanden T100Wh waterbergingsgebied

In Figuur 4-6 is het debiet door het regelwerk voor zowel de referentiesituatie als voor het scenario met inzet van de waterberging weergegeven. De figuur laat ook zien dat bij een T10Wh situatie het maximale debiet door het regelwerk zonder inzet van de waterberging hoger is dan het knijpdebiet van 3,1 m³/s. Dit betekent dat de waterberging naast de T100Wh situatie ook ingezet zal worden bij een T10Wh, T25Wh en T50Wh situatie. Tevens blijkt uit de figuur dat het totale proces van vollopen en leeglopen van het waterbergingsgebied 8 tot 9 dagen duurt bij een T100Wh situatie.

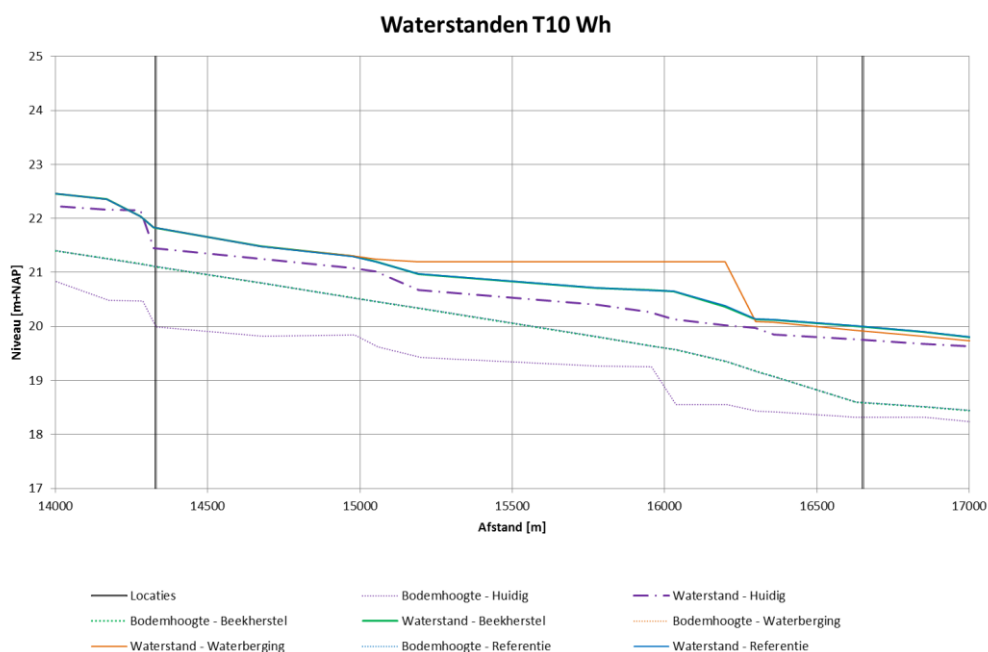


Figuur 4-6. Debiet door het regelwerk bij inzet van de waterberging.

Bij inzet van de waterberging met het knijpdebiet $3,1 \text{ m}^3/\text{s}$ is de waterstand direct bovenstrooms van het regelwerk $21,19 \text{ m} +\text{NAP}$ (T10Wh), $21,56 \text{ m} +\text{NAP}$ (T25Wh), $21,79 \text{ m} +\text{NAP}$ (T50Wh) en $22,00 \text{ m} +\text{NAP}$ (T100Wh). Het effect van inzet bij T10Wh is weergegeven in Figuur 4-7 en het bijbehorende lengteprofiel is opgenomen in Figuur 4-8. Uit de figuren blijkt dat het effect van inzet van de waterberging aanzienlijk minder ver uitstraalt.



Figuur 4-7. Effect waterberging T10Wh bij inzet op $3,1 \text{ m}^3/\text{s}$ en waterstand van $21,19 \text{ m} +\text{NAP}$ bij regelwerk.

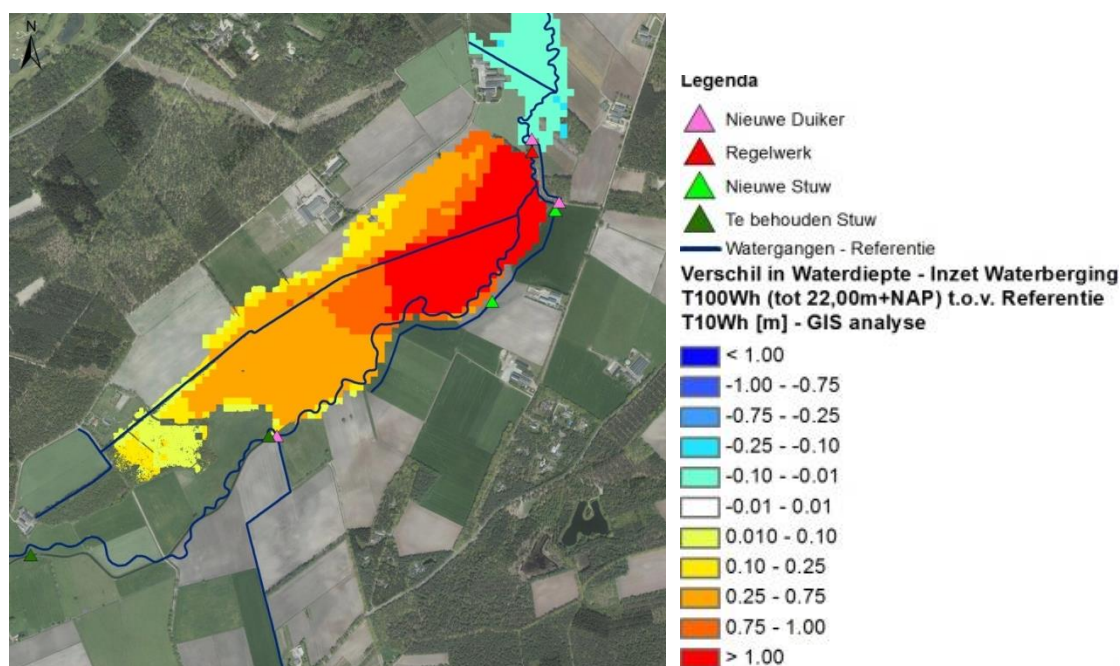


Figuur 4-8 Lengteprofiel berekende waterstanden T10Wh waterbergingsgebied

4.5 Bepaling maximaal invloedsgebied waterberging

Het maximale invloedsgebied van de waterberging wordt bepaald voor een situatie waarbij het grootste relatieve effect ten opzichte van de situatie zonder inzet is te verwachten. Voor de waterberging Run is te verwachten dat het gebied vanaf een T10Wh situatie kan worden ingezet. De T10Wh situatie is daarom de situatie met het grootst mogelijke effect indien de waterberging optimaal wordt ingezet. Bij deze optimale inzet zal de waterstand in het gebied stijgen tot maximaal 22,0 m +NAP aan bovenstroomse zijde. Het gebied staat dan volledig vol. Aangezien er sprake is van enkele centimeters opstuwing vanaf het regelwerk tot bovenstrooms, zal de waterstand bij het regelwerk ongeveer 21,95 m +NAP zijn. Dit wijkt dus iets af van de modellering van de waterbergings situatie. Daar wordt bij het regelwerk “gestuurd” op een waterstand van 22,0 m +NAP.

De invloed van het waterbergingsgebied bij inzet loopt vanaf het regelwerk door in bovenstroomse richting tot het de T10Wh waterstand in de referentie situatie (dus zonder inzet) kruist. Dit zal bij 22,0 m +NAP zijn aangezien hierop wordt gestuurd. Het maximale invloedsgebied van de waterberging is daarom bepaald door het effect bij optimale inzet tot 22,0 m +NAP (in dit geval T100Wh) ten opzichte van de T10Wh referentie situatie te bepalen. Dit is weergegeven in Figuur 4-9.



Figuur 4-9 Maximaal invloedsgebied waterberging

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

Conclusies met betrekking tot beekherstel:

- Het nieuwe ontwerp van de Run voldoet aan de eisen van een gemiddelde stroomsnelheid van 0,15 m/s in de zomer. Een profiel met een bodembreedte van 1 m, een diepte (insnijding) van 1,25 m (in Grootgoor 0,75 m) en een gemiddeld talud van 1:2 is het meest optimaal.
- Als gevolg van het beekherstel zal de stroomsnelheid aanzienlijk toenemen. In een Qz situatie is de stroomsnelheid overal boven de gewenste 0,15 m/s. Ook de waterdiepte voldoet overal aan de gestelde criteria van 0,2 m.

Conclusies met betrekking tot waterberging:

- Waterberging De Run wordt ingezet door de afvoer in de Run te knijpen. Hiervoor worden een regelwerk geplaatst en wordt een waterkering aangelegd.
- Het gebied wordt zo optimaal mogelijk ingezet indien de afvoergolf van T100Wh wordt afgetopt en in het gebied een maximale waterstand van 22,0 m +NAP optreedt.
- Als gevolg van de nieuwe inrichting worden hogere maximale waterstanden in de referentiesituatie berekend. Dit is ca. 5 cm bij de T100Wh. Als gevolg hiervan wordt plaatselijk ook een kleine toename van inundatie berekend. De stijging van de waterstand wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door het nieuwe regelwerk in de Run en de waterkeringen.
- Als het gebied optimaal wordt ingezet, wordt bij T100Wh situatie 463.000 m³ water geborgen ten opzichte van de referentiesituatie. In de referentiesituatie is 61.500 m³ referentie berging aanwezig.
- Het totale proces van vollopen en leeglopen van het waterbergingsgebied duurt 8 tot 9 dagen in een T100Wh. Het optreden van de maximale waterstand van 22,0 m +NAP duurt slechts enkele uren.

5.2 Aanbevelingen

- Deze hydrologische studie is uitgevoerd met ontwerpgolven die waterschap De Dommel gebruikt voor hoogwaterstudies. Dit is slechts één mogelijke (model)afvoergolf die in werkelijkheid nooit zo zal optreden. De praktische werking van het gebied en de gevoeligheid bij het inzetten zal in de praktijk ingeregeld moeten worden. Voordat het gebied effectief kan worden ingezet, dient de sturing dus nog geoptimaliseerd te worden.
- Uit de modelbeoordeling is geconcludeerd dat de stuwinstellingen een grote invloed hebben op de modelresultaten. Gezien de grote variatie per seizoen en door het seizoen heen, is het uitkiezen van een (model)uitgangspunt voor de stuwen niet eenduidig. Dit kan gevolgen hebben voor de manier waarop de modelresultaten worden geïnterpreteerd. Er wordt aanbevolen de variatie in de stuwstanden verder te onderzoeken.

6 Referenties

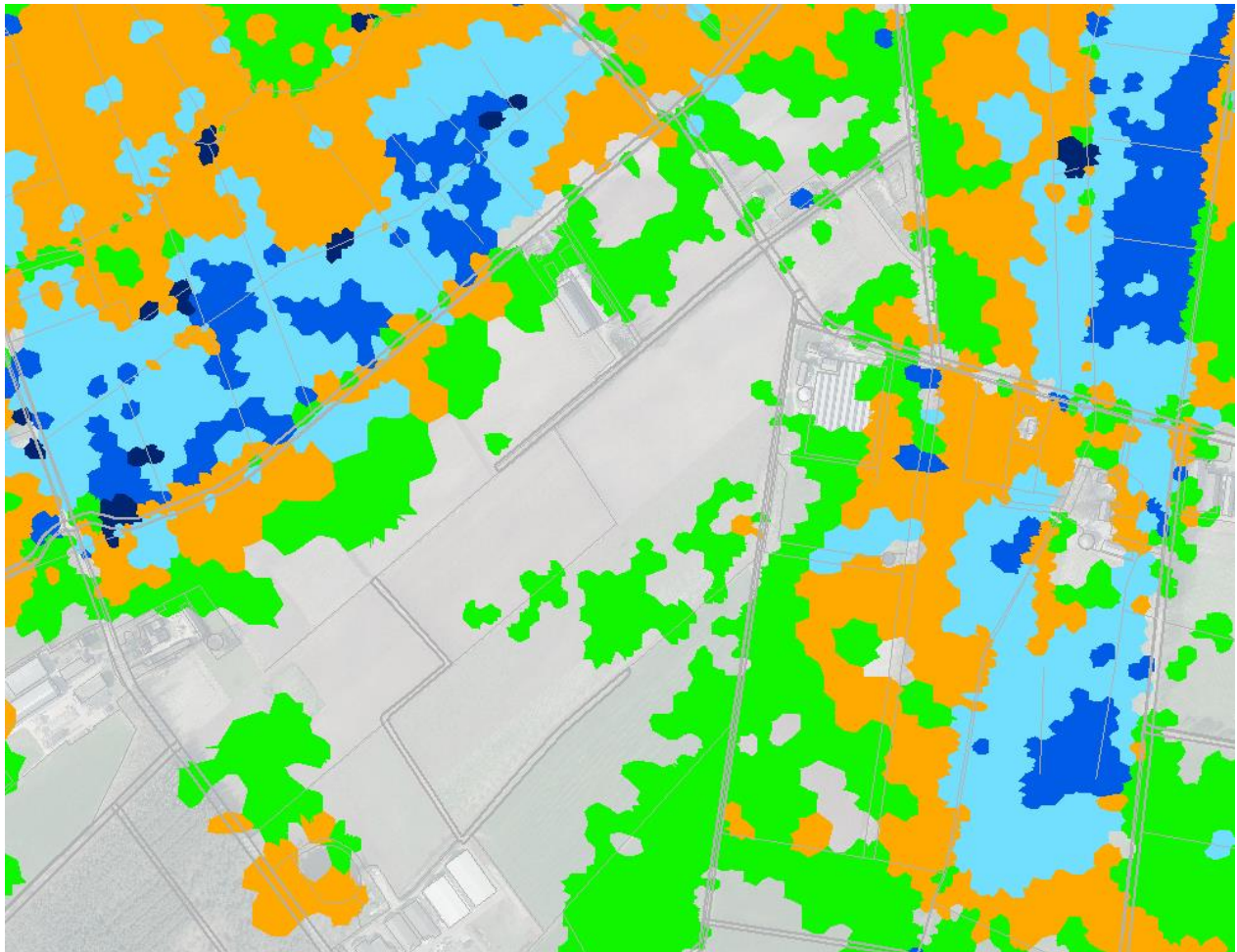
- [1] Uitgangspunten oppervlaktewatermodellering De Run, RHDHV, 13 september 2016, WATBD5471N080D01
- [2] Visie KRW-scenario De Run, RHDHV, 30 mei 2016, T&P/BE2254/N002
- [3] Algemeen Hoogtebestand Nederland 2, <http://www.ahn.nl/index.html>
- [4] Dingman, S.L. (2009). Fluvial Hydraulics. Oxford University Press.

Bijlage 1

Grondwater

Resultaten Grondwatermodellering

Hydrologische bijlage – Resultaten grondwatermodel De Run



Waterschap De Dommel

Gosro Karimlou

November 2018

1 Inhoud

1	Inhoud	2
2	Inleiding	4
2.1	Gebiedsbeschrijving	4
2.2	Doel van het model	7
3	Opbouw van het model	8
3.1	Opbouw rekengrid	8
3.2	Modelschematisatie huidige situatie	8
3.2.1	Randvoorwaarden	9
3.2.2	Grondwateraanvulling	9
3.2.3	Laagopbouw	9
3.2.4	Breuken	11
3.2.5	Onttrekkingen	12
3.2.6	Buisdrainage	13
3.2.7	Oppervlaktewaterpeilen	14
3.2.8	Inmetingen greppels en sloten	15
3.2.9	Onderbemalingen	15
3.2.10	Infiltratie	16
3.3	Modelschematisatie Scenario Variant 1B	16
4	Toetsing model	19
4.1	Toetsing regionaal model	19
4.2	Aanpassingen grof-lokale model	19
4.3	Vergelijking metingen en berekeningen	19
4.3.1	Peilbuizen geschikt voor directe vergelijking	21
4.3.2	Peilbuizen voor indirecte (globale) vergelijking	31
4.3.3	Conclusie	33
5	Modelresultaten	35
5.1	Huidige situatie	35
5.1.1	GxG	35
5.2	Scenario variant 1B	38
5.2.1	GxG	38
5.2.2	Vergelijking met huidige situatie	41

Bijlage 1 - Opbouw van het grid	44
Bijlage 2 - Oppervlaktewaterpeilen.....	47
Bijlage 3 – Overige aanpassingen	48
Bijlage 6 - Laagopbouw.....	49
Boringentool.....	50
Bijlage 7 - Onttrekkingen	51
Drinkwaterwinningen	51
Industriële en overige winningen	51
Berekeningen	51
Winningen in België.....	52
Bijlage 8 – Metingen peilbuizen en berekende stijghoogtes	53

2 Inleiding

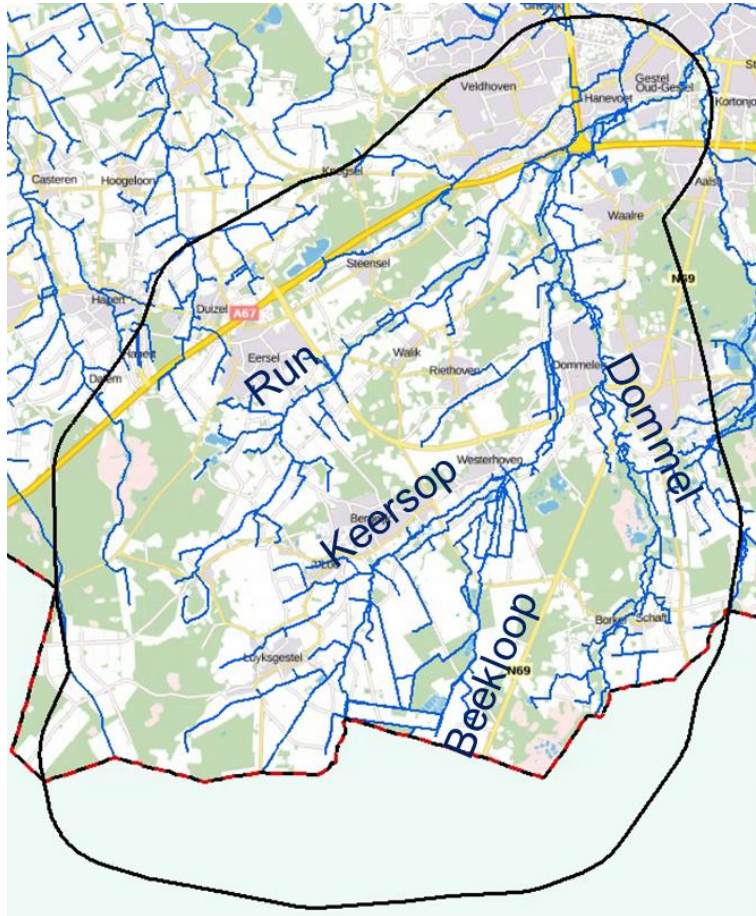
In het stroomgebied van de Run en de Keersop spelen een aantal projecten en initiatieven. Om deze projecten en initiatieven te voorzien van informatie met betrekking tot grondwater in de vorm van een huidige situatie berekening en scenario berekeningen, is een grondwatermodel van dit gebied vervaardigd. In dit memo wordt beschreven hoe het model is opgebouwd en wat de resultaten van de huidige situatie en verschillende scenario berekeningen zijn.

2.1 Gebiedsbeschrijving

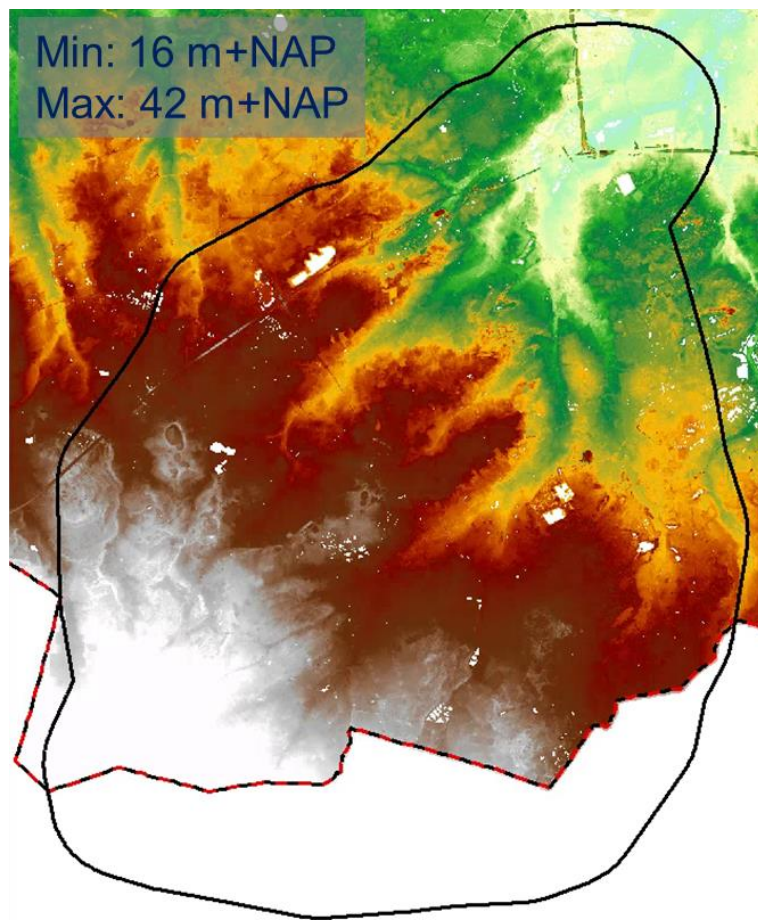
Het grondwatermodel beslaat het gebied zoals aangegeven in Figuur 1. Het modelgebied beslaat (delen van) de stroomgebieden van de Keersop, Run, Beekloop en Dommel. Alle beken in het gebied stromen globaal gezien van zuid naar noord. Ook het gebied helt van zuid naar noord af. In het zuiden ligt het maaiveld op maximaal circa 42 m+NAP en in het noorden ligt het maaiveld maximaal op circa 16 m+NAP. Het noordwesten van het gebied wordt doorkruist door de snelweg A67. Ook zijn een aantal N-wegen aanwezig om de dorpen in het gebied te ontsluiten. Grote plaatsen die in het gebied liggen zijn:

- Veldhoven
- Valkenswaard
- Eersel
- Bergeijk

Naast verstedelijking ligt er veel natuur in het gebied. Het gaat om natuurgebieden zoals het Grootgoor, het dal van de Keersop en de Beekloop en de Plateaux.



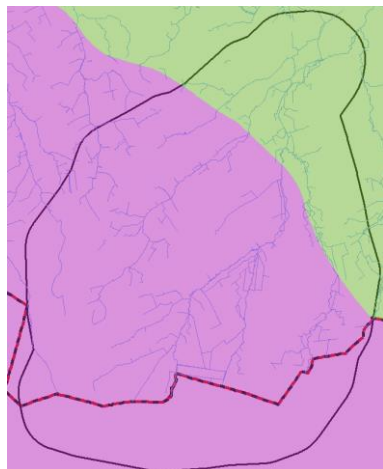
Figuur 1 Locatie van modelgebied



Figuur 2 Hoogtekaart van het modelgebied

De ondergrond in het beheersgebied van Waterschap de Dommel bestaat uit verscheidene geologische lagen en kan ruimtelijk in grofweg 2 deelgebieden opgesplitst worden als gevolg van breukwerking;

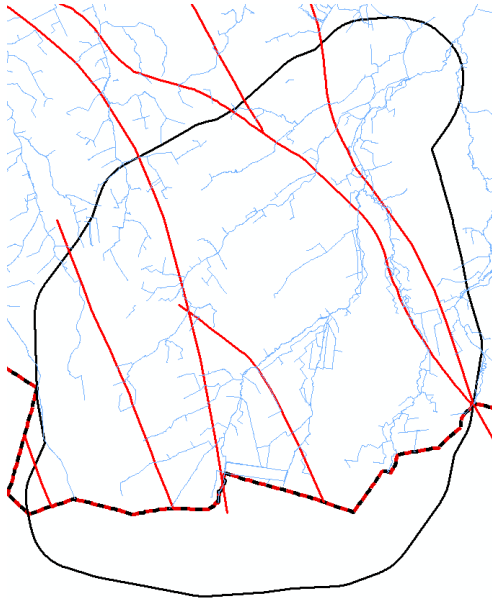
- De centrale slenk
- De Horst (grootste deel van interessegebied rondom de Run en de Keersop ligt op de horst (Figuur 3)). Net benedenstrooms van het Grootgoor ligt de breukzone. Hier ligt de overgang van de Horst naar de centrale slenk.



Figuur 3 Ligging horst (paars) en slenk (groen) in het interessegebied rondom de Keersop

De Centrale slenk wordt grofweg begrensd door de Gilze Rijen / Feldbiss breuk aan de westzijde en de Peelrandbreuk aan de oostzijde. De centrale slenk bestaat uit een afwisseling van aquifers en aquitards tot grofweg 300 meter diepte. In de centrale slenk bevindt zich direct aan het oppervlak de formatie van Boxtel en/of Holocene afzettingen. De formatie van Boxtel bestaat uit fijne tot grove zanden met soms leemlagen. Onder de formatie van Boxtel is de goed doorlatende formatie van Sterksel gelegen, die bestaat uit grove, soms grindige, zanden. Onder de formatie van Sterksel worden afwisselend goed en slecht doorlatende lagen gevonden. De formaties die op de Horst aanwezig zijn, zijn grotendeels gelijk aan die in de Slenk. De formaties zijn op de Horst, zeker ondiep, minder dik.

Naast de breuklijn die de verdeling tussen de horst en de centrale slenk heeft veroorzaakt zijn er ook nog een aantal kleinere breuken in het gebied aanwezig. Op onderstaande figuur worden deze breuklijnen weergegeven.



Figuur 4 Aanwezige breuklijnen in het gebied

2.2 Doel van het model

Het doel van het maken van een model van het gebied van de Run en de Keersop is om een aantal projecten en initiatieven die in het gebied spelen te voorzien van informatie met betrekking tot grondwater. Het gaat om de volgende projecten/initiatieven:

- PAS
- Begrenzen zoekgebied bij de Keersop.
- Aanleg N69
- Beekherstel en NNP (Natte Natuur Parel) De Run
- Beekherstel en NNP De Keersop
- Visievorming natuurgebieden door Natuurmonumenten en Staatsbosbeheer
- GGOR

Het model zal gebruikt worden om een huidige situatie te berekenen en om scenario's te berekenen.

3 Opbouw van het model

3.1 Opbouw rekengrid

Om een grondwatermodel te laten rekenen is een rekengrid nodig. Een rekengrid representeert het interessegebied in de vorm van punten. Op elke punt wordt een grondwaterstand uitgerekend door het model. Hoe meer rekenpunten het model bevat hoe gedetailleerder de modelresultaten zullen zijn (Let op: het detailniveau van een model is ook afhankelijk van de gegevens die je er in stopt), maar het zorgt er ook voor dat een modelberekening langer zal duren.

Om deze reden wordt er variatie in de rekenpuntsdichtheid aangebracht in een model. Veel rekenpunten op de locaties waar veel detail nodig is. Waar geen detail nodig is worden weinig rekenpunten gebruikt om rekensnelheid te winnen.

Om op een uniforme wijze een rekengrid op te bouwen, wordt gebruik gemaakt van de Gridtool in ArcGIS. Door bepaalde input te leveren aan deze tool worden een aantal shapefiles gegenereerd welke Triwaco gebruikt om het rekengrid mee te genereren. De belangrijkste input die de Gridtool nodig heeft is als volgt:

- Interessegebied
- A-Watergangen
- TOP10NL watergangen
- NNP's

Voor het grondwatermodel van de Keersop is gekozen voor meer detail rondom de A-watergangen, meer detail in de NNP's, en meer detail in het gebied waar de N69 wordt aangelegd. Meer informatie over de input van de gridtool is te vinden in

3.2 Modelschematisatie huidige situatie

Het model van de Run en de Keersop is gebaseerd op het regionale grondwatermodel van Waterschap De Dommel (DoRegMod2014). Dat betekent dat het grondwatermodel van de Run en de Keersop gebruik maakt van de gegevens van DoRegMod2014. Het grondwatermodel van de Run en de Keersop noemen we een grof-lokaal model. De term 'grof-lokaal' wordt gedefinieerd als zijnde een gedetailleerd grid met daarin opgenomen de waterlopen, maar dat het oppervlaktewatersysteem niet tot in detail is bestudeerd en dat er aannames wat betreft de parameterisering ten grondslag liggen aan de parameterwaarde. Meer informatie over de opbouw van het DoRegMod2014 is te vinden in de hiervoor opgestelde rapportage door RHDHV (*Update databank en grondwatermodel 2014, RHDHV, 2017, BC9311*).

Het grondwatermodel van de Run en de Keersop maakt gebruik van de randvoorwaardes, opbouw van de lagen + eigenschappen (weerstand, doorlatendheid), breuken en onttrekkingen zoals deze zijn gemodelleerd in het regionale grondwatermodel van De Dommel. Het model van de Run en de Keersop is aangevuld met de meest recente kennis van het gebied. Het gaat daarbij om:

- Oppervlaktewaterpeilen
- Inmetingen van greppels en sloten (metingen van de bodemdiepte en waterstand)
- Onderbemalingen
- Gebieden waar infiltratie een rol speelt
- Peilen van watergangen die in België liggen

Dit model is opgebouwd conform de systematiek van het HMI (Hydrologisch ModellInstrumentarium). In *Bijlage 2 - Oppervlaktewaterpeilen* en *Bijlage 3 – Overige aanpassingen* is meer informatie te vinden over de gegevens waarmee het model is aangevuld.

3.2.1 Randvoorwaarden

De stationaire waterstanden die door het regionale grondwatermodel van De Dommel zijn berekend worden door het grondwatermodel van het interessegebied rondom de Keersop overgenomen als beginwaterstanden voor de stationaire en tijdsafhankelijke berekeningen. Op de randen van het interessegebied wordt de dynamiek in grondwaterstand die is berekend door het regionale grondwatermodel van De Dommel gebruikt om te berekenen wat de grondwaterstanden zijn op deze randen.

3.2.2 Grondwateraanvulling

De grondwateraanvulling wordt berekend op basis van een FLUZO databank. FLUZO is een rekencode die is ontwikkeld door RHDHV. Voor meer informatie hierover zie de achtergrondrapportage van het Regionale grondwatermodel van de Dommel (*Update databank en grondwatermodel 2014, RHDHV, 2017, BC9311*).

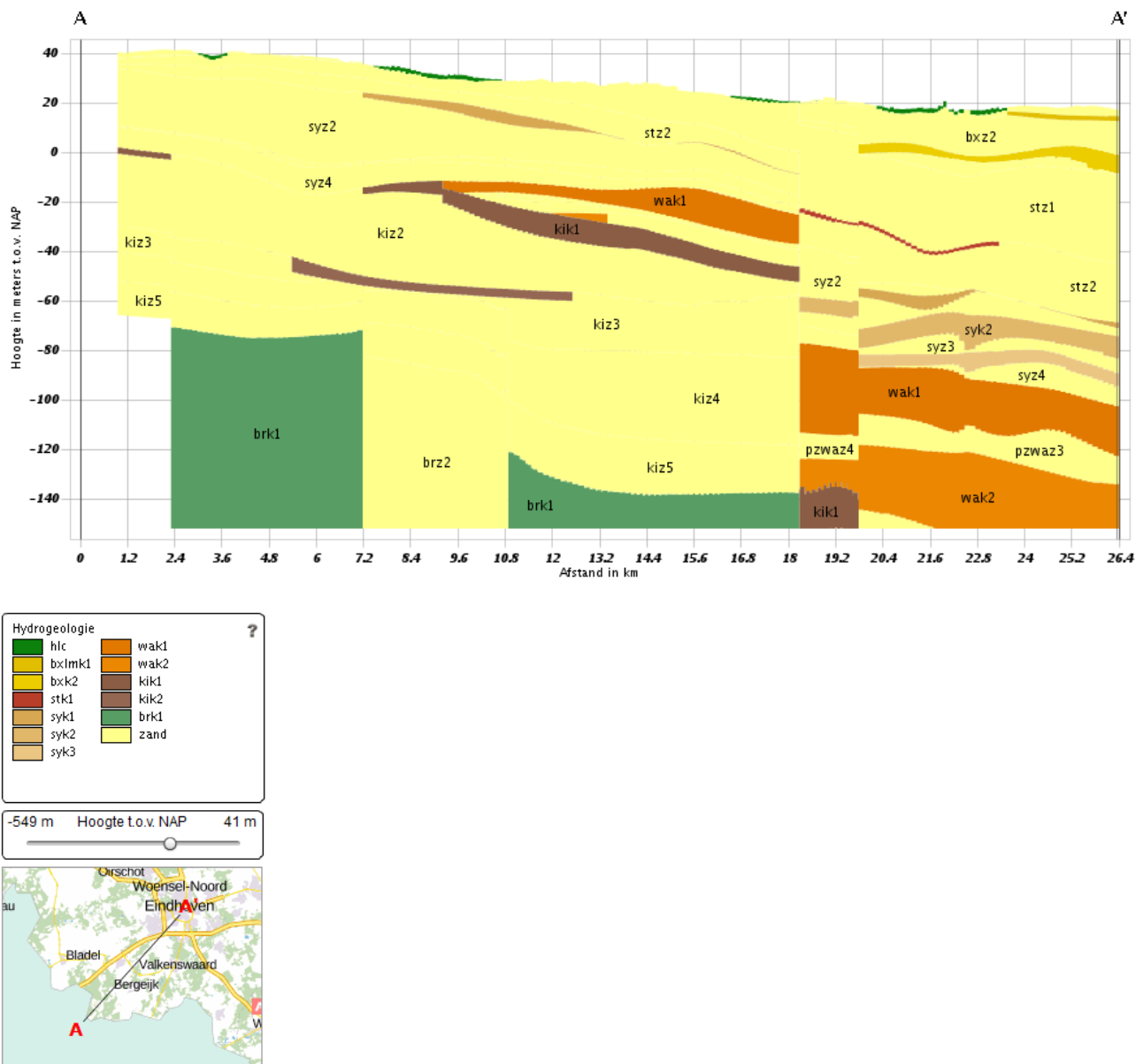
3.2.3 Laagopbouw

De laagopbouw is de basis die gebruikt wordt om andere geohydrologische parameters mee te beschrijven, bijvoorbeeld doorlatendheden en weerstanden, maar ook in welke modell laag een

onttrekking van een winlocatie valt. De ligging van de lagen en de toegekende hydrologische parameters worden door het Keersop grondwatermodel overgenomen vanuit het regionale grondwatermodel van De Dommel.

De laagopbouw is geschematiseerd op basis van de gegevens beschikbaar vanuit REGIS (versie 2.1). In REGIS is voor de gehele ondergrond per geologische laag de ruimtelijke ligging beschikbaar inclusief op welke diepte de laag begint en eindigt. Bovendien zijn geohydrologische parameters afgeleid uit de eigenschappen van de laag en ook in gridbestanden beschikbaar (doorlatendheden en weerstanden). In totaal zijn er voor heel Nederland 125 geologische lagen beschikbaar in REGIS. In Figuur 5 is een indruk weergegeven van aanwezige lagen in het stroomgebied van de Keersop.

Verticale Doorsnede REGIS II v2.1



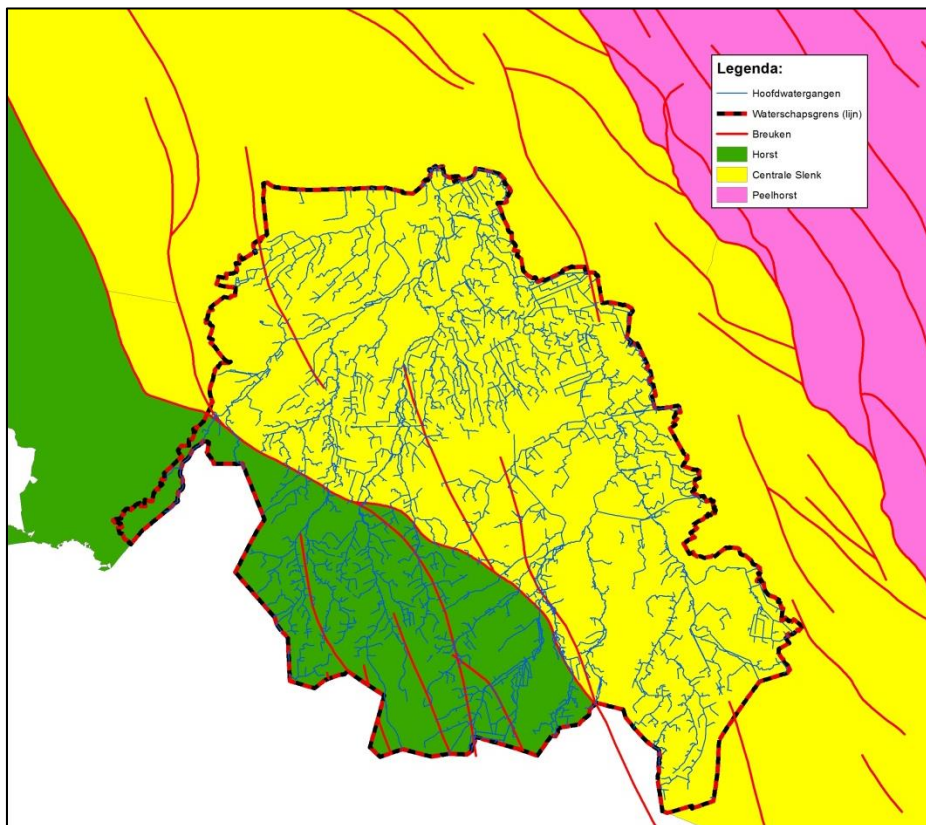
Figuur 5 Doorsnede van de ondergrond (van zuidwest naar noordoost) in het modelgebied (Bron: www.dinoloket.nl (REGIS 2.1))

In het grondwatermodel kunnen, in verband met rekentijd, niet alle geologische lagen apart geschematiseerd worden. De geologie in Noord-Brabant is daarom geschematiseerd aan de hand van 19 modellagen. De geologische indeling per modellaag is weergegeven in Bijlage 6 - Laagopbouw. In de laagopbouw zijn alle geologische lagen in Noord-Brabant opgenomen die beschikbaar zijn. De geohydrologische basis wordt gevormd door onder andere de kleien van Breda en Rupel.

Voor meer informatie over de laagopbouw zie Bijlage 6 - Laagopbouw of *Update databank en grondwatermodel 2014, RHDHV, 2017, BC9311*.

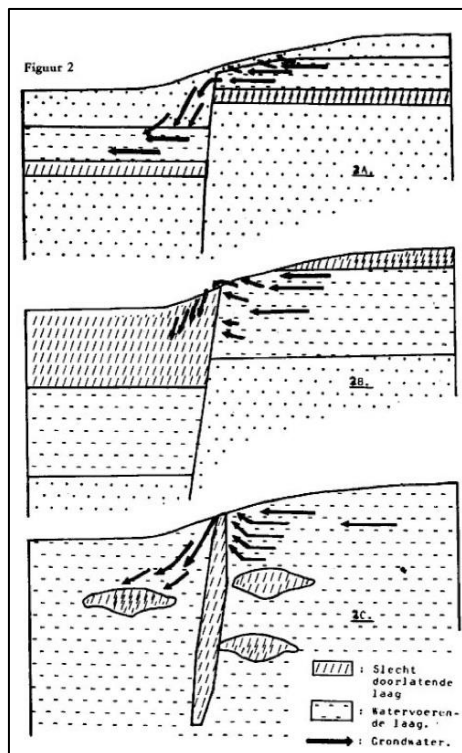
3.2.4 Breuken

Binnen het beheergebied van Waterschap de Dommel en directe omgeving komen enkele breuksystemen voor. De belangrijkste breuken zijn de Peelrand en de Feldbiss. De zone tussen de Peelrand en de Feldbiss vormt de centrale slenk. De Feldbiss sluit in het noordwesten aan op de Gilze-Rijen breuk (Figuur 6).



Figuur 6 Ligging breuken en deelgebieden

Ter plaatse van deze breuken sluiten de lagen in de ondergrond niet of niet meer volledig op elkaar aan. Hierdoor wordt de grondwaterstroming bemoeilijkt. In Figuur 7 wordt een voorbeeld gegeven van het stromingspatroon ter plaatse van een breuk.



Figuur 7 Voorbeeld van stromingspatronen ter plaatse van een breukzone.

Breukwerking kan er voor zorgen dat geologische lagen op een relatief korte horizontale afstand, verticaal versprongen liggen ten opzichte van elkaar (zie Figuur 7). Afhankelijk van de geologie in een gebied kan dit een significante invloed hebben op de stroming van het grondwater. Een verspringing van een kleilaag kan zorgen voor een extra weerstand tegen stroming tussen twee zandlagen die zonder breukwerking niet had bestaan (versmering). Voor bepaalde breuken in het beheersgebied van Waterschap de Dommel zijn er sterke aanwijzingen, dat breukwerking significante invloed heeft op de grondwaterstanden. Dit is afgeleid uit gemeten grondwaterstanden die op relatief korte horizontale afstanden significant verschillen. Dit kan erop duiden dat grondwaterstroming niet mogelijk is door de breukzone.

In het grondwatermodel zijn breuken expliciet opgenomen in de discretisatie van het model (dit houdt in dat extra knooppunten zijn in het model opgenomen op de breuklijnen). In de kalibratie is de doorlatendheid van de breuk als kalibratieparameter opgenomen (zie *Update databank en grondwatermodel 2014, RHDHV, 2017, BC9311*). De breukzones worden vervolgens met een speciale allocator in het model aangemaakt. De allocator zorgt ervoor dat de breedte van de breukzone afhankelijk wordt van het rekengrid en niet breder is dan nodig.

De knopen van de elementen die de breuklijn snijden krijgen een lage doorlatendheid door deze te vermenigvuldigen met een factor die is opgenomen in de breuklijnen-kaart.

3.2.5 Onttrekkingen

In het beheersgebied van Waterschap de Dommel zijn verschillende onttrekkingen van grondwater aanwezig. Hierbij is onderscheid te maken tussen drinkwaterwinningen, industriële en overige

winningen, landbouwonttrekkingen en winningen in België. Er wordt uit verschillende bronnen data geput om deze onttrekkingen te schematiseren.

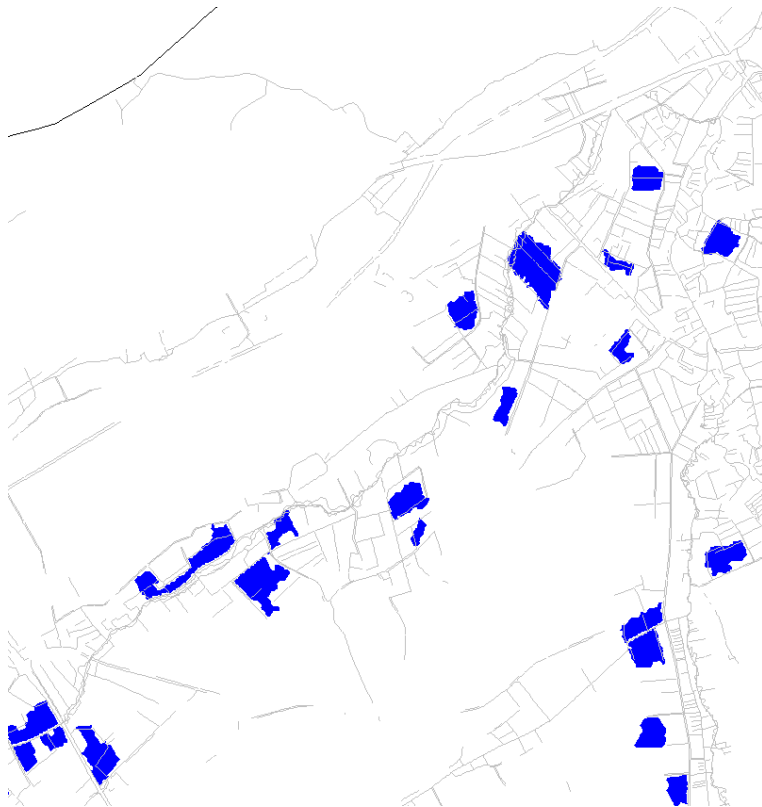
Voor de meeste onttrekkingen zijn de filterstellingen bekend. Dit is vertaald naar een verdeling over de lagen van het model. De grootte van de onttrekking is verdeeld naar rato van de transmissiviteit per laag.

In de tijdsafhankelijke berekening is gebruik gemaakt van de gemiddelde debieten en is niet in de tijd gevarieerd. Dit is gedaan, omdat de fluctuaties in de tijd relatief beperkt zijn en soms data missen van de werkelijk geregistreerde debieten.

Meer informatie over de onttrekkingen is te vinden in Bijlage 7 - Onttrekkingen of *Update databank en grondwatermodel 2014, RHDHV, 2017, BC9311*.

3.2.6 Buisdrainage

Op onderstaand locaties is buisdrainage opgenomen in het grondwatermodel. De dieptes hiervan liggen tussen de 0,6 m en 0,8 m onder maaiveld. De locaties en de dieptes van de buisdrainage is overgenomen uit het regionale grondwatermodel van De Dommel (zie ook *Update databank en grondwatermodel 2014, RHDHV, 2017, BC9311*).



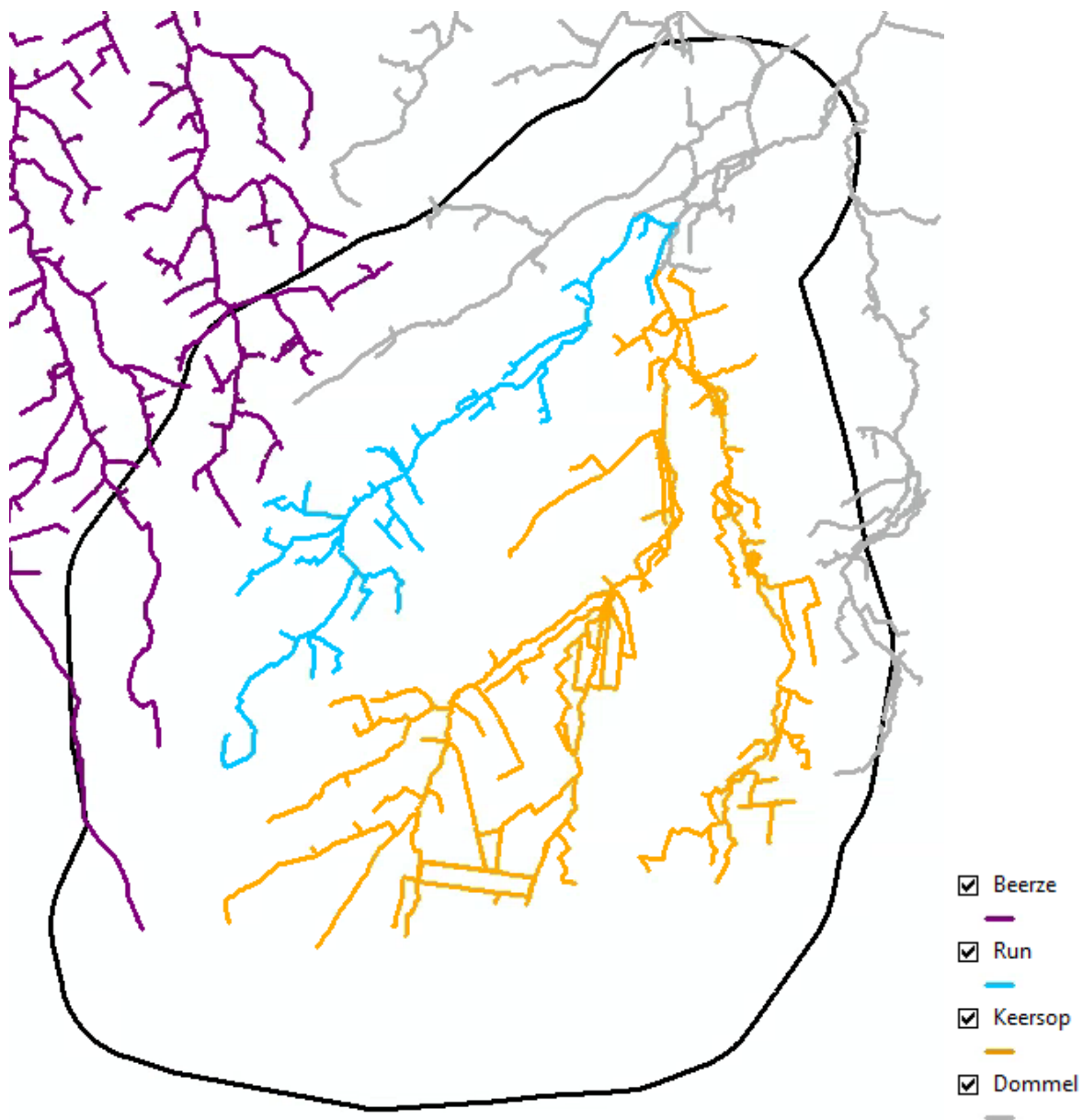
Figuur 8 Locaties buisdrainage

3.2.7 Oppervlaktewaterpeilen

De oppervlaktewaterpeilen zijn verkregen uit 4 oppervlaktewater modellen (Sobek modellen). In deze Sobek modellen wordt per seizoen een stationaire waterstand berekend. Deze waterstanden worden opgelegd aan het grondwatermodel. De sobekmodellen die zijn gebruikt zijn:

- 7_DeHV_s.lit (Dommel)
- 9_Keer_s.lit (Keersop)
- Run_Var1.lit (Run)
- 4_BRZboV.lit (Beerze)

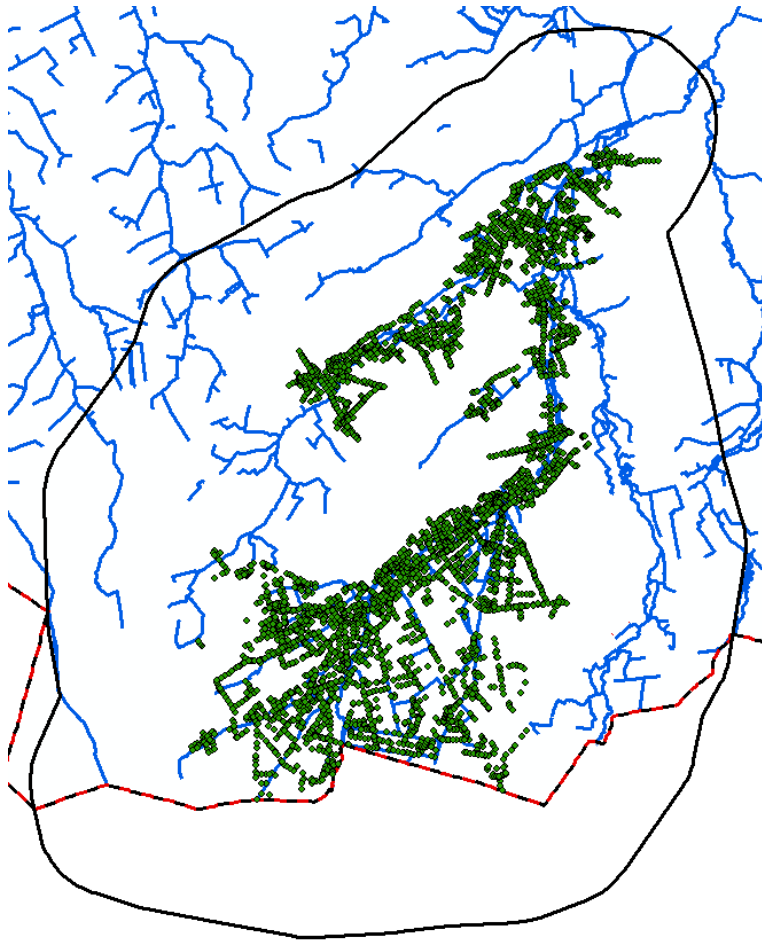
In Figuur 9 is te zien wat de ligging is van de Sobek modellen.



Figuur 9 Ligging van de Sobek modellen.

3.2.8 Inmetingen greppels en sloten

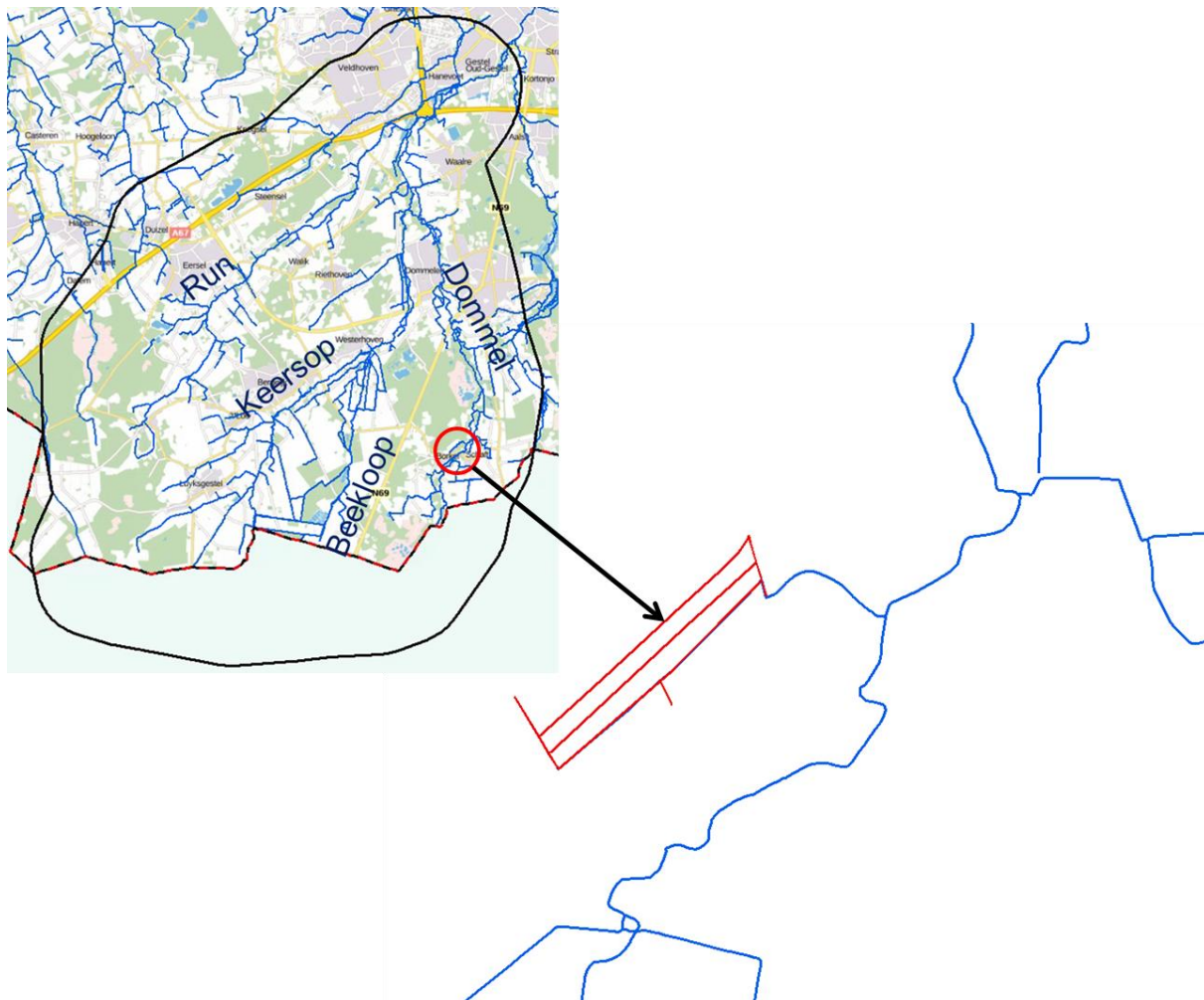
Van A-watergangen is doorgaans een profiel bekend. Deze profielen worden in het oppervlakte- en grondwatermodel gebruikt. Van greppels en sloten (B- of C-watergangen) is doorgaans geen profiel bekend. Omdat deze watergangen relevant zijn voor het grondwatermodel (drainagebasis) is van een groot deel van deze sloten en greppels het bodemniveau en de waterstand ingemeten. Deze gegevens zijn toegevoegd aan het model. Wanneer een greppel/sloot niet is ingemeten krijgt deze afhankelijk van het landgebruik een standaard bodemniveau toegewezen van 0,2 tot 1,2 meter onder maaiveld. Op Figuur 10 is te zien op welke locaties de greppels en sloten zijn ingemeten.



Figuur 10 Locaties van inmetingen van greppels en sloten.

3.2.9 Onderbemalingen

Er zijn een aantal onderbemalingen aanwezig in het modelgebied. Deze onderbemalingen zitten niet allemaal op A-watergangen. De onderbemalingen die niet op A-watergangen zitten zijn niet opgenomen in de Sobek-modellen. Om deze onderbemalingen toch mee te nemen in het model worden de peilen van de sloten die binnen een onderbemaling vallen hard opgelegd in het grondwatermodel. Wanneer een onderbemaling in Sobek zit (en daarmee ook in een A-watergang) wordt de waterstand ter plaatse door Sobek berekend. In Figuur 11 is te zien welke onderbemaling hard is opgelegd aan het grondwatermodel.



Figuur 11 Locatie van onderbemaling die hard is opgelegd aan het grondwatermodel (rode watergangen in ingezoomde kaart)

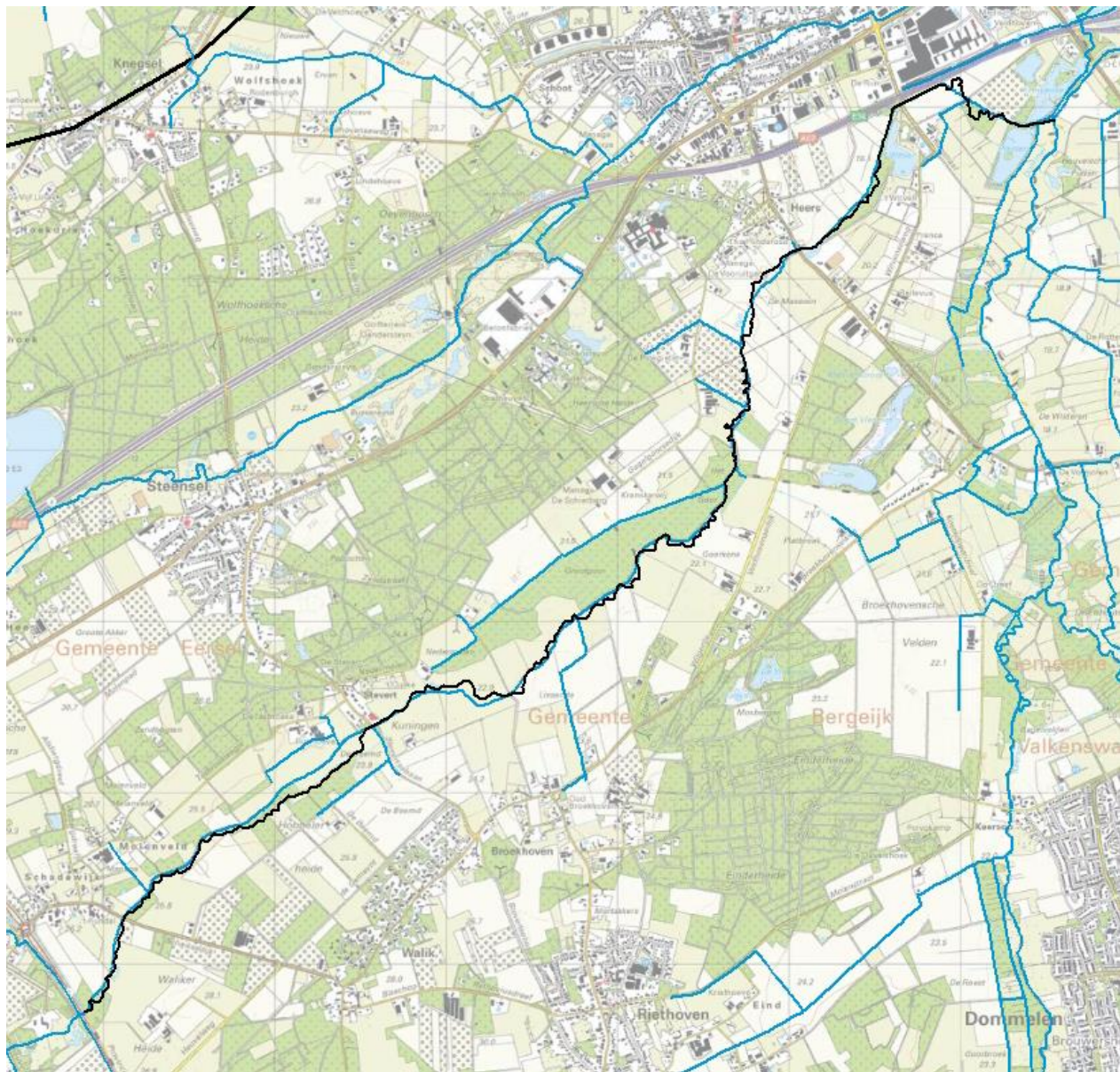
3.2.10 Infiltratie

Watergangen kunnen een drainerende werking of een infiltrerende werking op het grondwater in de omgeving hebben. De meeste watergangen in het gebied van de Keersop hebben een drainerende werking op de omgeving. Model-technisch wordt dit geregeld door de infiltratie vanuit watergangen op een hele kleine waarde te zetten. Bij een aantal watergangen in het gebied van de Keersop is gebleken dat infiltratie wel een rol speelt, dit is echter niet in het interessegebied van De Run. Daarom wordt hier niet verder op ingegaan.

3.3 Modelschematisatie Scenario Variant 1B

Om de verwachte effecten van scenario variant 1B te kunnen modelleren zijn een aantal aanpassingen aan de modelschematisatie gedaan. Deze aanpassingen worden in deze paragraaf toegelicht.

In scenario variant 1B is een nieuwe ligging bepaald voor de Run. De nieuwe ligging is bepaald in het kader van beekherstel. Deze ligging is aan het grid toegevoegd zodat de scenario berekening van het grondwatermodel met de juiste ligging van de beek kan worden uitgevoerd. In onderstaande Figuur 12 is de ligging van de scenario waterloop te zien.



Figuur 12 A-watgangen omgeving De Run (blauwe lijnen) en nieuwe ligging De Run (zwarte lijn).

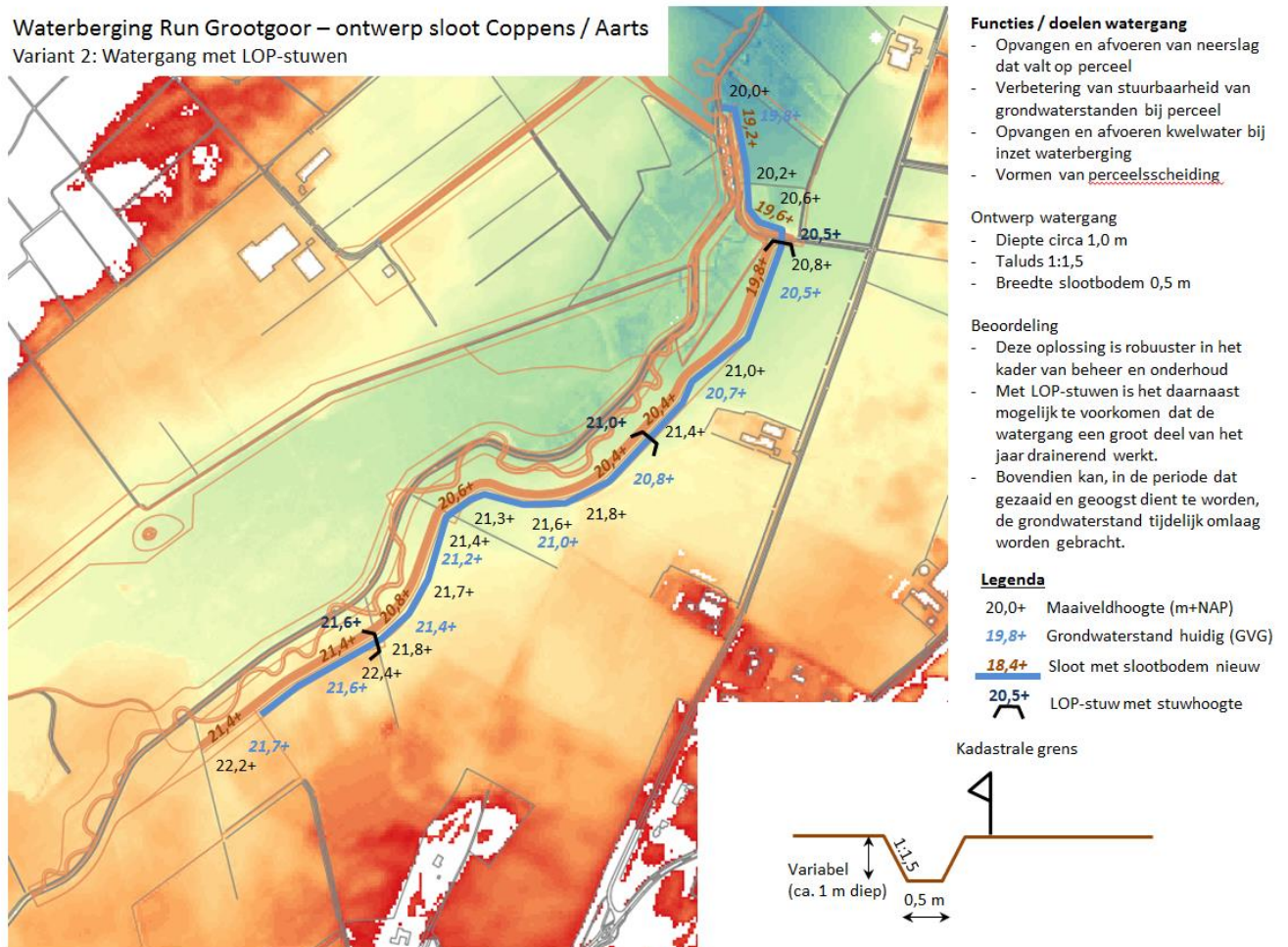
Zoals is te zien op Figuur 12 is ook een nieuwe ligging bepaald buiten het projectplan van Grootgoor. Dit is gedaan om ook de effecten mee te nemen van de beekherstel-maatregelen die buiten het project-gebied genomen gaan worden.

Op de scenario waterlopen zijn de nieuw berekende oppervlaktewaterpeilen opgelegd. Ook voor de scenario waterlopen zijn peilen berekend voor de 4 seizoenen.

Naast de nieuwe ligging van de Run is ook een nieuwe sloot in het model gemodelleerd. Het gaat om een sloot aan de zuidkant van de Run ter hoogte van Grootgoor (zie Figuur 13). Deze sloot is niet opgenomen in een Sobek-model. Daarom zijn er geen waterstanden berekend voor deze watergang. De waterstanden die zijn opgelegd voor deze sloot zijn gebaseerd op de LOP-stuwen die in deze watergang

moeten komen. De aanname is dat in een stationaire situatie (welke we voor de vier seizoenen modelleren in het grondwatermodel) het peil wordt bepaald door de LOP-stuwen.

Waterberging Run Grootgoor – ontwerp sloot Coppens / Aarts
Variant 2: Watergang met LOP-stuwen



Figuur 13 Locatie nieuwe sloot met bodemhoogtes en LOP-stuwen met drempelhoogtes.

Wat niet is meegenomen in de modelschematisatie is het afgraven van maaiveld ten behoeve van het beekherstel.

4 Toetsing model

4.1 Toetsing regionaal model

Het grof-lokale grondwatermodel van de Run en de Keersop maakt gebruik van gegevens van het regionale grondwatermodel van de Dommel. Daarom is het belangrijk om te weten hoe het regionale model is gekalibreerd. Dit wordt in deze paragraaf kort toegelicht. Het regionale grondwatermodel van de Dommel is in verschillende stappen gekalibreerd. Hierbij zijn aanpassingen gedaan aan de doorlatendheid van de breuken, de doorlatenheden en weerstanden van de REGIS lagen en is extra weerstand toegevoegd aan laag 2 en 3 (op basis van boringen) om de aanwezige Brabant leem te modelleren. Deze aanpassingen hebben geleid tot een regionaal grondwatermodel dat gemiddeld genomen goede resultaten levert (*Update databank en grondwatermodel 2014, RHDHV, 2017, BC9311*).

4.2 Aanpassingen grof-lokale model

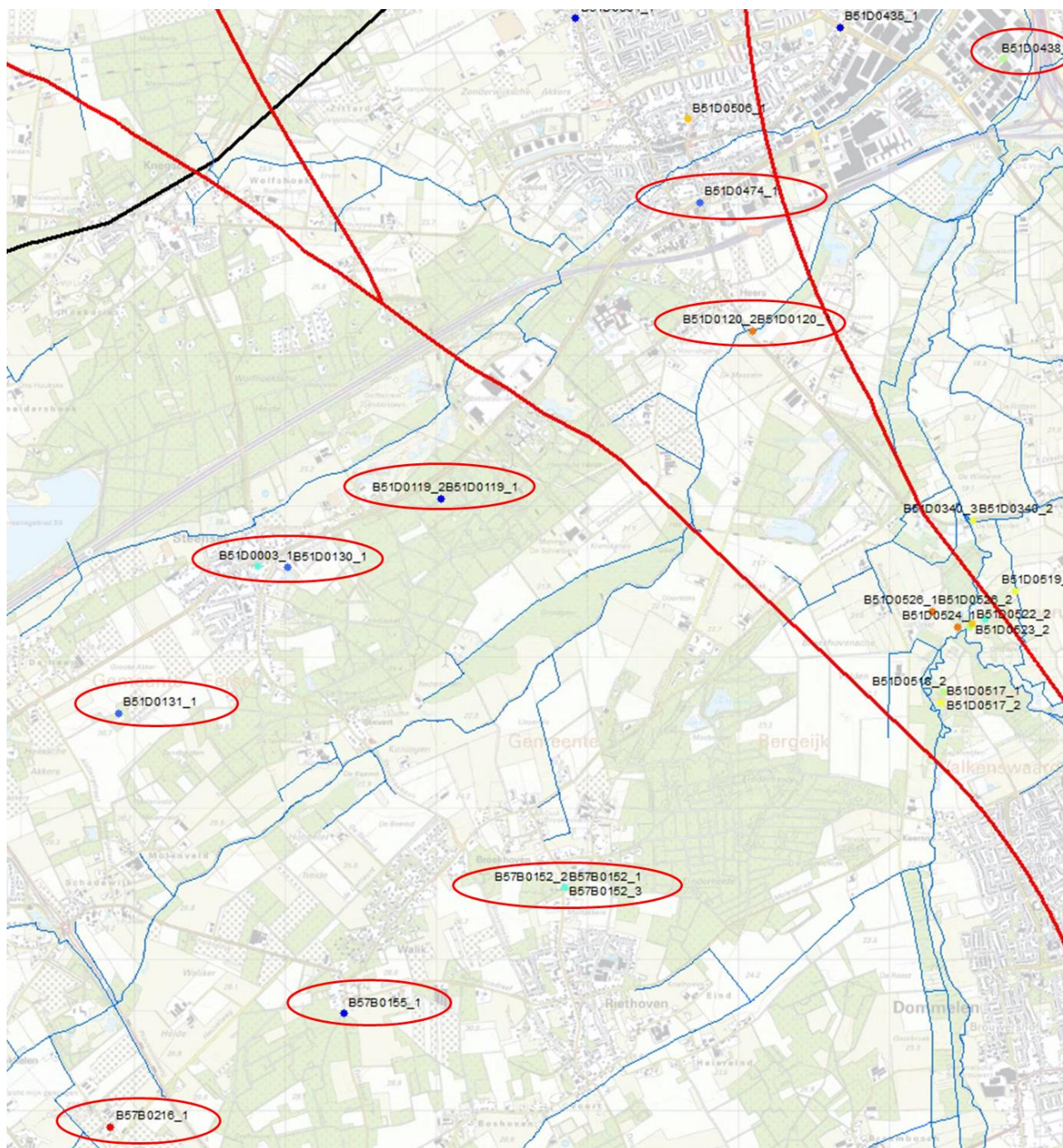
Op basis van een aantal verkennende berekeningen met het grondwatermodel van de Run en de Keersop is gebleken dat het model betere resultaten geeft als de doorlatendheden van een aantal zandklassen en grind worden verhoogd (zie *Update databank en grondwatermodel 2014, RHDHV, 2017, BC9311* voor de exacte waardes). Door deze aanpassing zijn vooral de modelresultaten op de hogere koppen tussen de beekdalen verbeterd (*Update databank en grondwatermodel 2014, RHDHV, 2017, BC9311*).

4.3 Vergelijking metingen en berekeningen

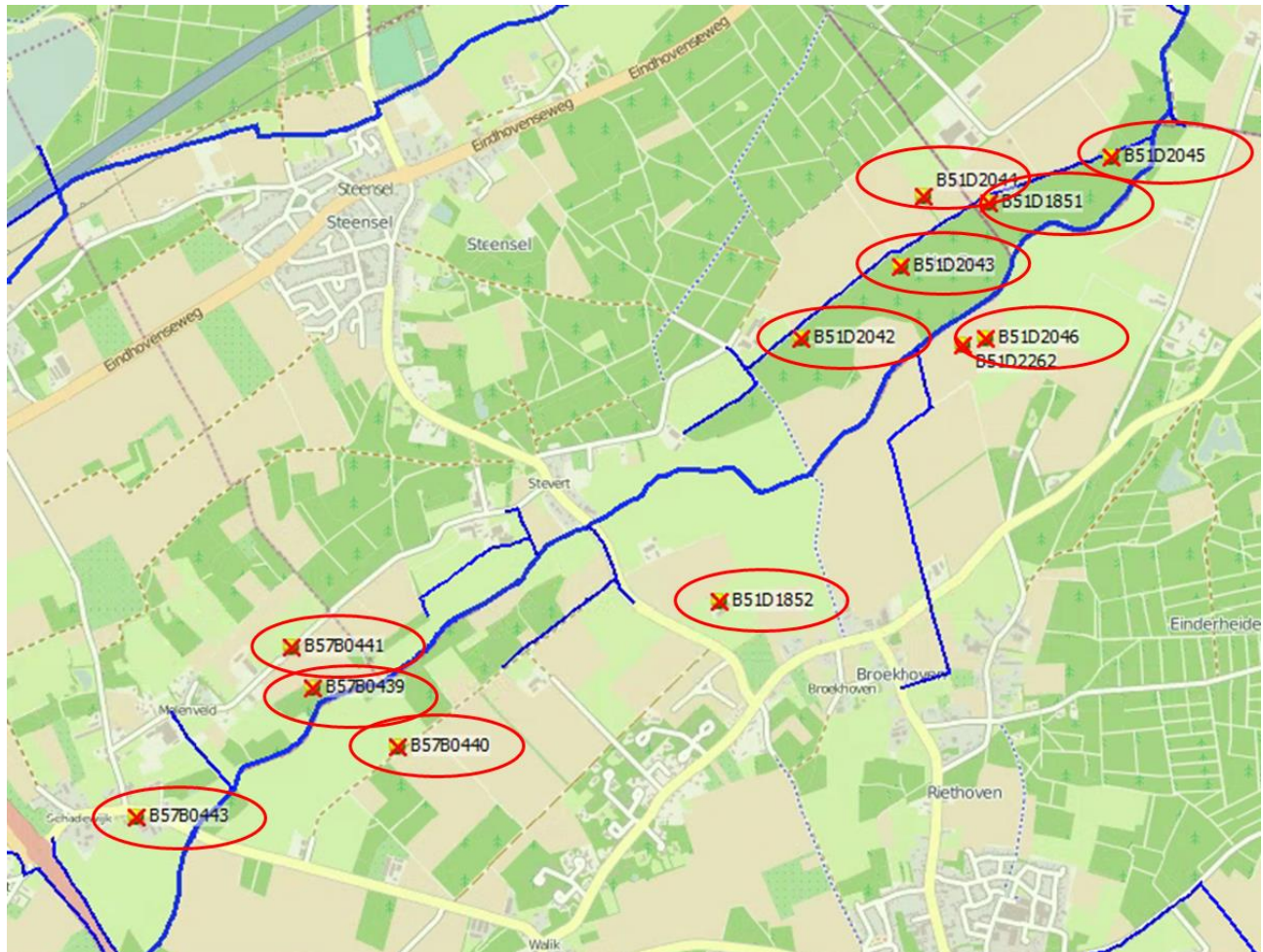
In het gebied rondom De Run bevinden zich 10 peilbuizen waar stijghoogten worden gemeten en die geschikt zijn voor vergelijking met het grondwatermodel (zie Figuur 14). Alleen peilbuizen waarvan de meetreeksen met Menyanthes betrouwbaar verklaard kunnen worden aan de hand van meteorologische gegevens zijn opgenomen in de vergelijkingsdataset. Per peilbuis zullen de modelresultaten worden vergeleken met de metingen. De peilbuizen worden van boven- naar benedenstrooms worden beschreven. De verworpen, niet verklaarde gegevens kunnen in een later stadium ook worden gebruikt voor validatie. Dit is echter (nog) niet gedaan.

Naast deze 10 peilbuizen zijn ook nog 11 peilbuizen aanwezig (Figuur 15) in het gebied die een meetperiode hebben die later is begonnen dan de rekenperiode van het model. Omdat de modelresultaten (grotendeels) niet in dezelfde periode zijn als de metingen kan er geen letterlijke vergelijking worden gemaakt. Deze peilbuizen zijn daarom qua ordergrootte vergeleken met de modelresultaten. Er kunnen daarom slechts globale uitspraken worden gedaan aan de hand van deze vergelijking.

De vergelijking wordt gemaakt tussen de metingen en het grondwatermodel van de huidige situatie (DeelmodelKeersop2014 → HS_20170802TA).



Figuur 14 Locatie peilbuizen die geschikt zijn voor directe vergelijking met modelresultaten.



Figuur 15 Locatie peilbuizen voor globale vergelijking.

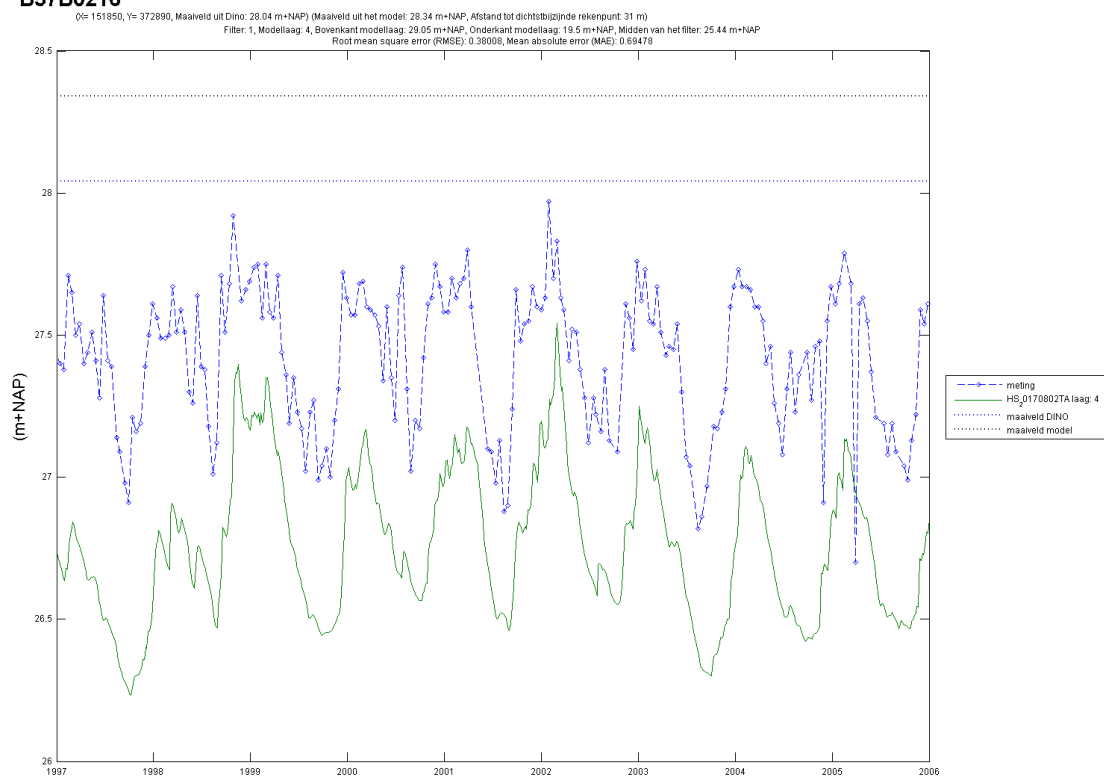
4.3.1 Peilbuizen geschikt voor directe vergelijking

4.3.1.1 Peilbuis B57B0216

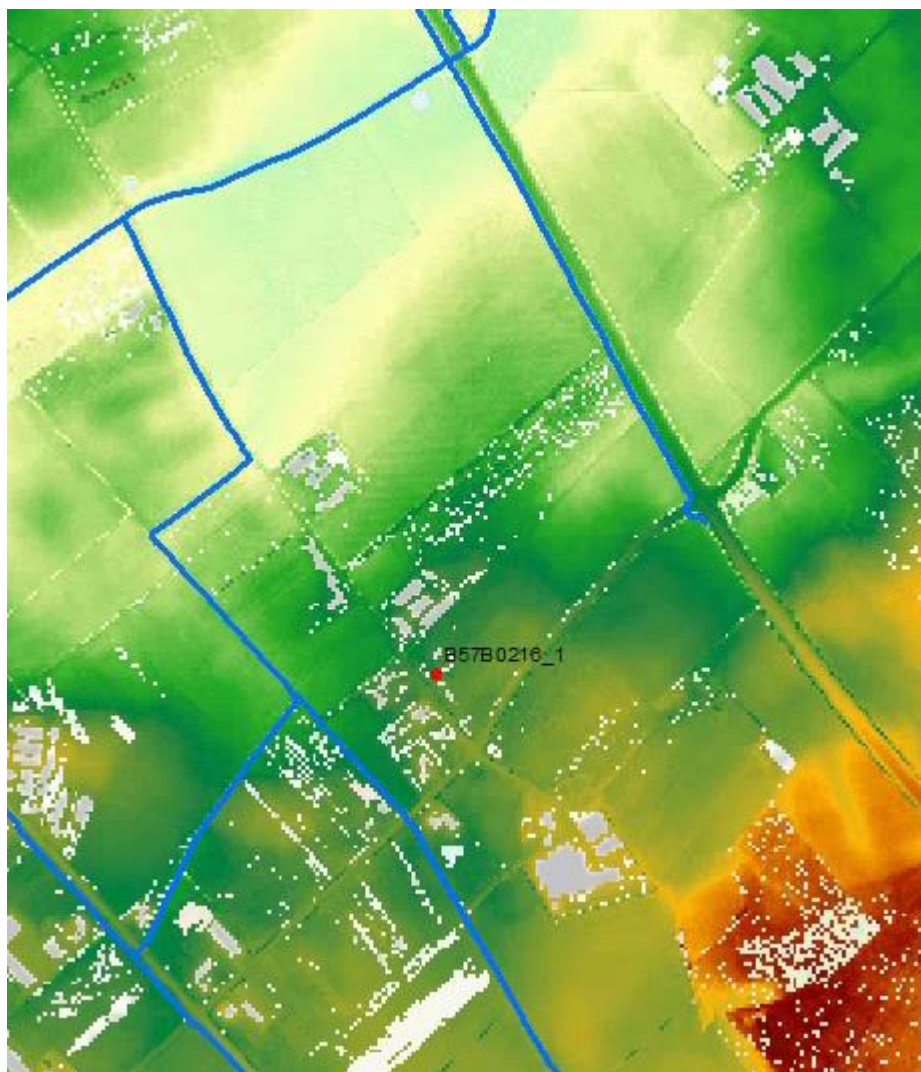
Deze peilbuis ligt net buiten het interessegebied. Het is echter wel belangrijk dat de modelresultaten net buiten het interessegebied ook goed of verklaarbaar zijn. Daarom wordt ook deze peilbuis beschouwd.

De modelresultaten wijken op deze locatie sterk af van de gemeten stijghoogten. Het model berekent structureel een te laag peil (circa 0,5 meter te laag). Deze peilbuis ligt op een hogere kop tussen twee A-watgangen in. Ondanks de aanpassingen die zij gedaan aan de doorlatendheden van zand (zie paragraaf 4.2) is het model hier niet genoeg verbeterd. Een mogelijke verklaring kan worden gevonden in de aanwezige A-watgang ten zuiden van de peilbuis. De gebruikte profielen in deze watgang zijn voor het laatste ingemeten in 2005 en zijn daarmee flink verouderd. Mogelijk zijn de oppervlaktewaterpeilen hierdoor te laag berekend.

B57B0216



Figuur 16 Vergelijking meting (blauw) en berekening (groen) bij peilbuis B57B0216.

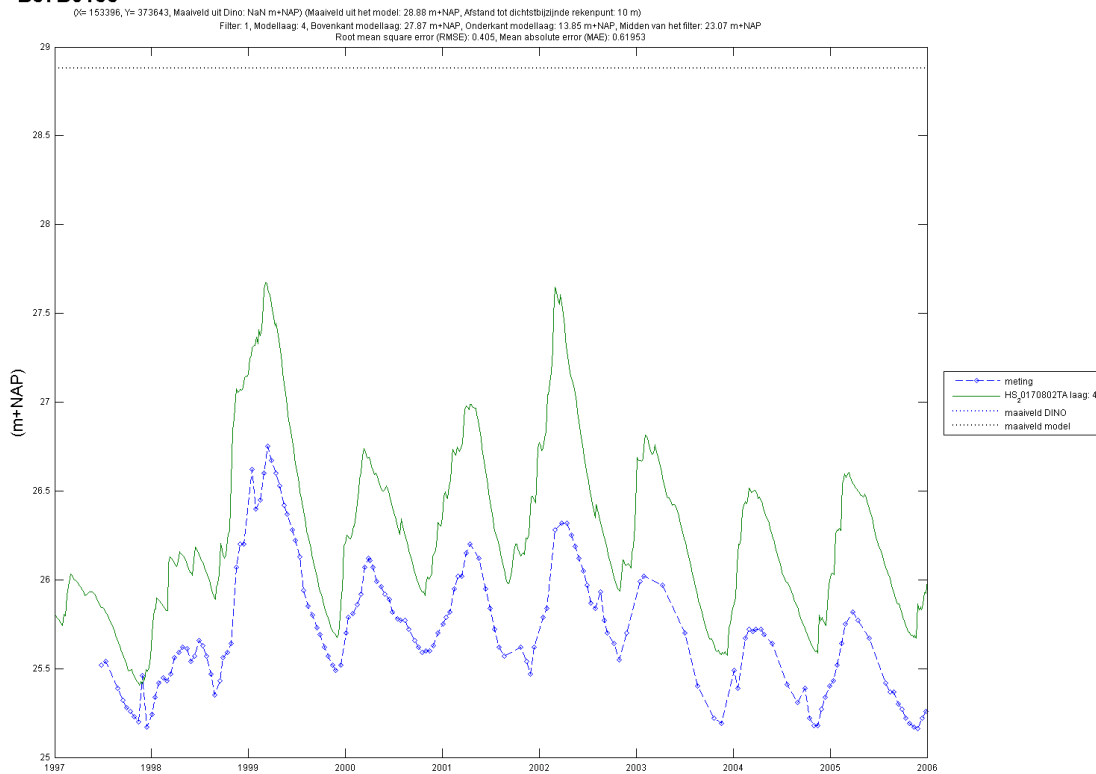


Figuur 17 Hoogtekaart van omgeving rondom peilbuis B57B0216.

4.3.1.2 *Peilbuis B57B0155*

Deze peilbuis ligt op een hoge kop tussen de Keersop en de Run in. In het model wordt de stijghoogte structureel met circa 0,5 overschat. Mogelijk wordt op deze locatie in de werkelijkheid op een lager niveau ontwaterd dan in het model. In het model zijn weinig sloten/greppels in de omgeving van deze peilbuis aanwezig. Het zou ook kunnen dat er sloten/greppels in het model missen.

B57B0155

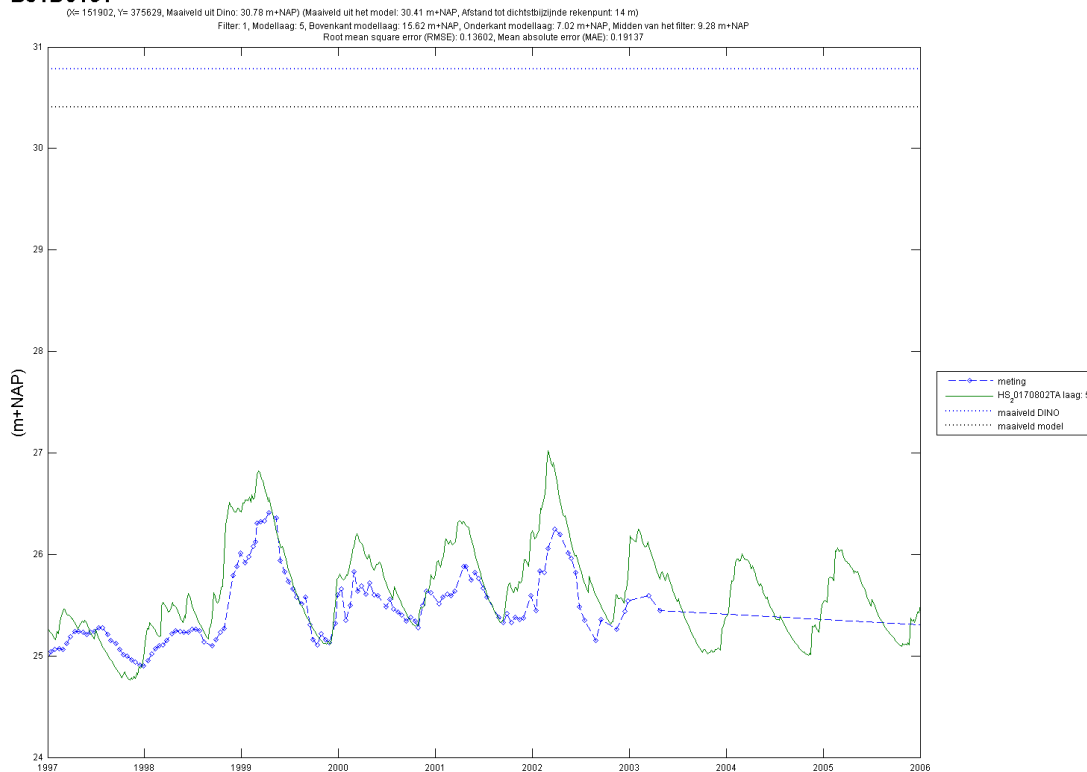


Figuur 18 Vergelijking meting (blauw) en berekening (groen) bij peilbuis B57B0155.

4.3.1.3 Peilbuis B51D0131

Deze peilbuis ligt op een hoge kop tussen de Run en de Gender in. Het model berekent de stijghoogten op deze locatie redelijk goed. De GLG wordt goed berekend. De GHG wordt in het model te hoog berekend (circa 0,3 m te hoog). Mogelijk missen er nog greppels/sloten in het model die er in de werkelijkheid voor zorgen dat de percelen bij hogere stijghoogten 'beter' worden ontwaterd.

B51D0131

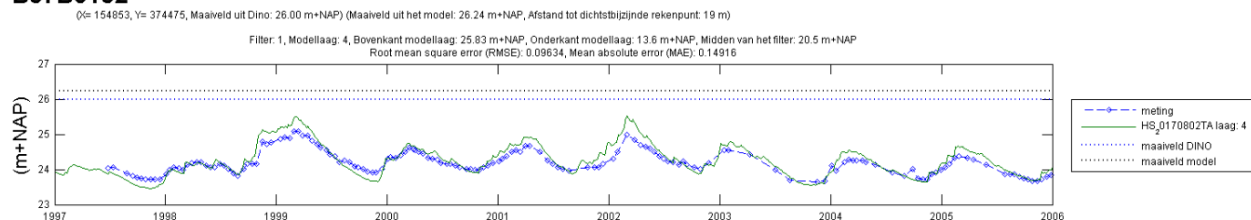


Figuur 19 Vergelijking meting (blauw) en berekening (groen) bij peilbuis B51D0131.

4.3.1.4 Peilbuis B57B0152

Deze peilbuis ligt net ten zuiden van de RN31 (zijwatergang van de Run). De berekende stijghoogten op deze locatie benaderen de gemeten stijghoogten redelijk goed. De GLG wordt circa 0,1 m te laag berekend en de GHG wordt circa 0,10 te hoog berekend. Het model heeft dus iets meer dynamiek dan de gemeten stijghoogten.

B57B0152

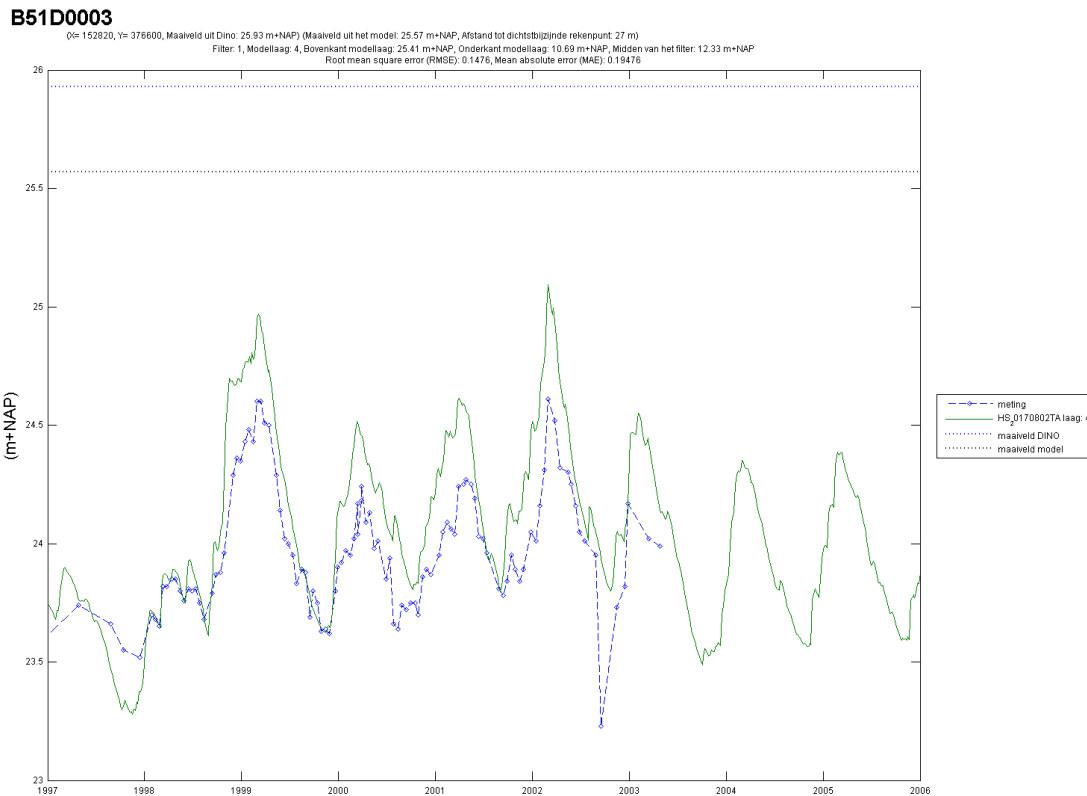


Figuur 20 Vergelijking meting (blauw) en berekening (groen) bij peilbuis B57B0152.

4.3.1.5 Peilbuis B51D0003

Deze peilbuis ligt dicht bij de Gender dan bij de Run. Ondanks dat is het belangrijk dat het model hier ook goede resultaten geeft. De GLG wordt op deze locatie goed berekend door het model. De GHG

wordt door het model overschat met circa 0,15 m. Mogelijk missen er nog greppels/sloten in het model die er in de werkelijkheid voor zorgen dat de percelen bij hogere stijghoogten 'beter' worden ontwaterd.

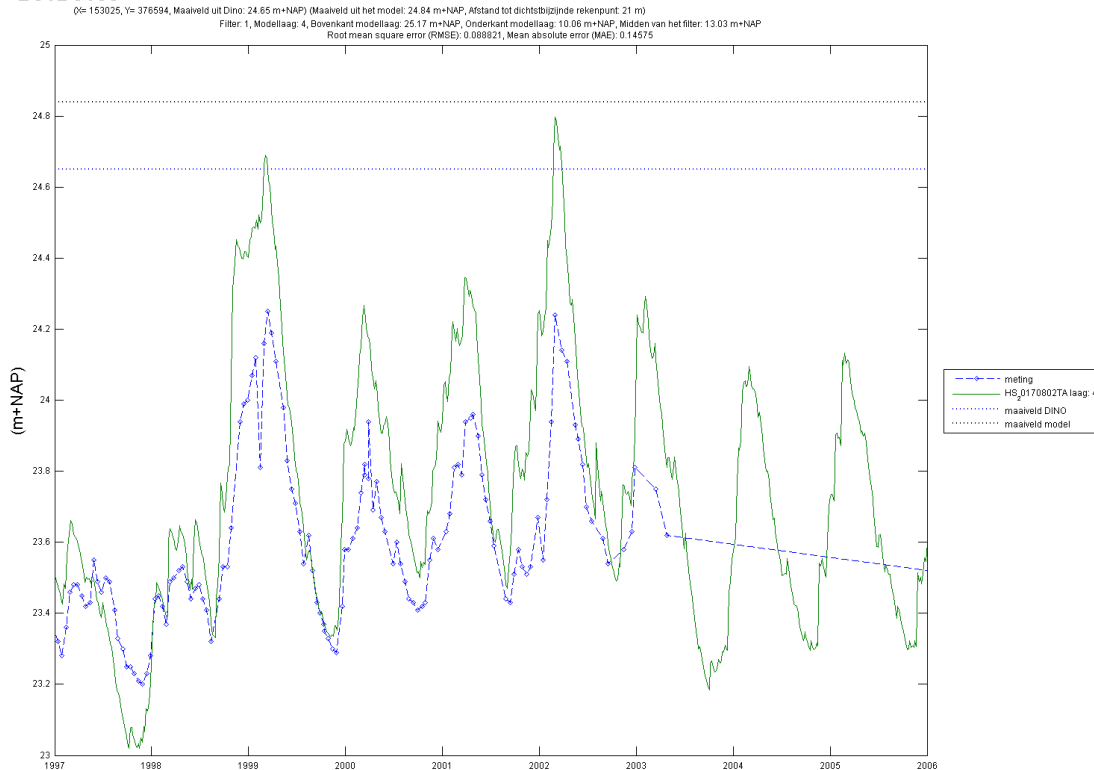


Figuur 21 Vergelijking meting (blauw) en berekening (groen) bij peilbuis B51D0003.

4.3.1.6 Peilbuis B51D0130

Deze peilbuis ligt dichterbij de Gender dan bij de Run. Ondanks dat is het belangrijk dat het model hier ook goede resultaten geeft. De GLG wordt op deze locatie goed berekend door het model. De GHG wordt door het model overschat met circa 0,32 m. Mogelijk missen er nog greppels/sloten in het model die er in de werkelijkheid voor zorgen dat de percelen bij hogere stijghoogten 'beter' worden ontwaterd.

B51D0130



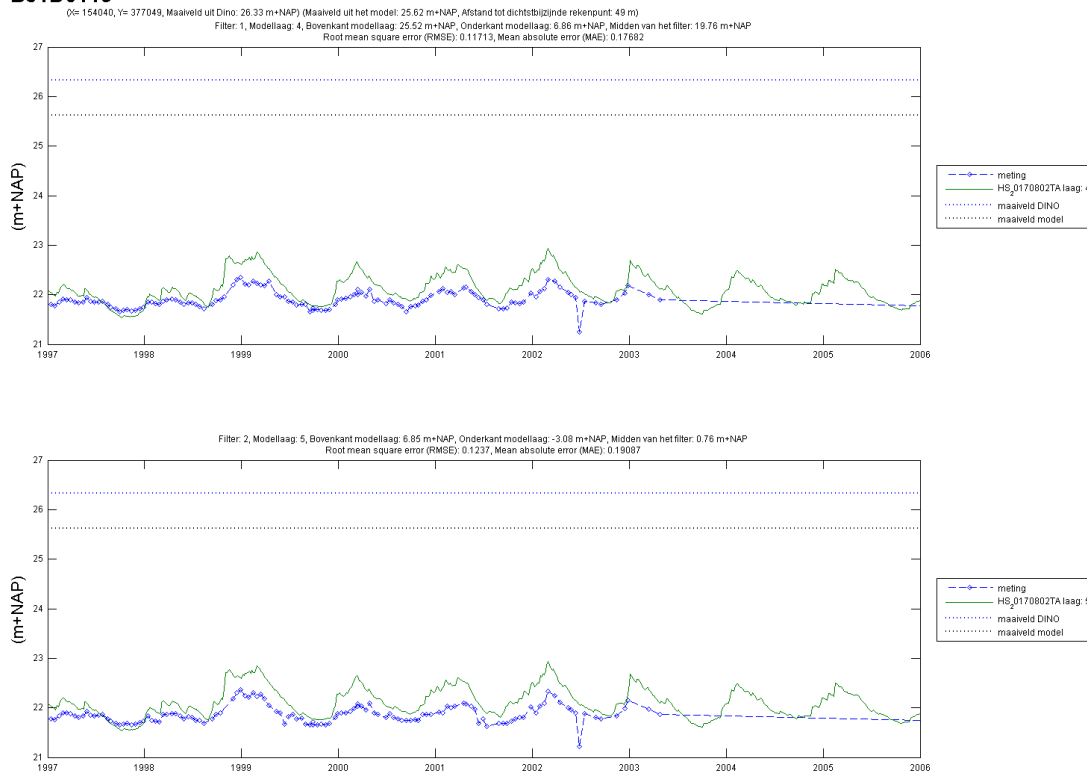
Figuur 22 Vergelijking meting (blauw) en berekening (groen) bij peilbuis B51D0130.

4.3.1.7 Peilbuis B51D0119

Deze peilbuis ligt dichterbij de Gender dan bij de Run. Ondanks dat is het belangrijk dat het model hier ook goede resultaten geeft.

Deze peilbuis heeft meerdere filters in meerdere (model)lagen. In de bovenste modellaag wordt de GLG goed berekend door het model. De GHG wordt door het model overschat met circa 0,4 m. Mogelijk missen er nog greppels/sloten in het model die er in de werkelijkheid voor zorgen dat de percelen bij hogere stijghoogten 'beter' worden ontwaterd. Voor de onderste laag zijn de verschillen tussen de berekende en gemeten stijghoogten wat groter dan in de bovenste laag. Een duidelijke reden is hiervoor niet aan te wijzen.

B51D0119



Figuur 23 Vergelijking meting (blauw) en berekening (groen) bij peilbuis B51D0119.

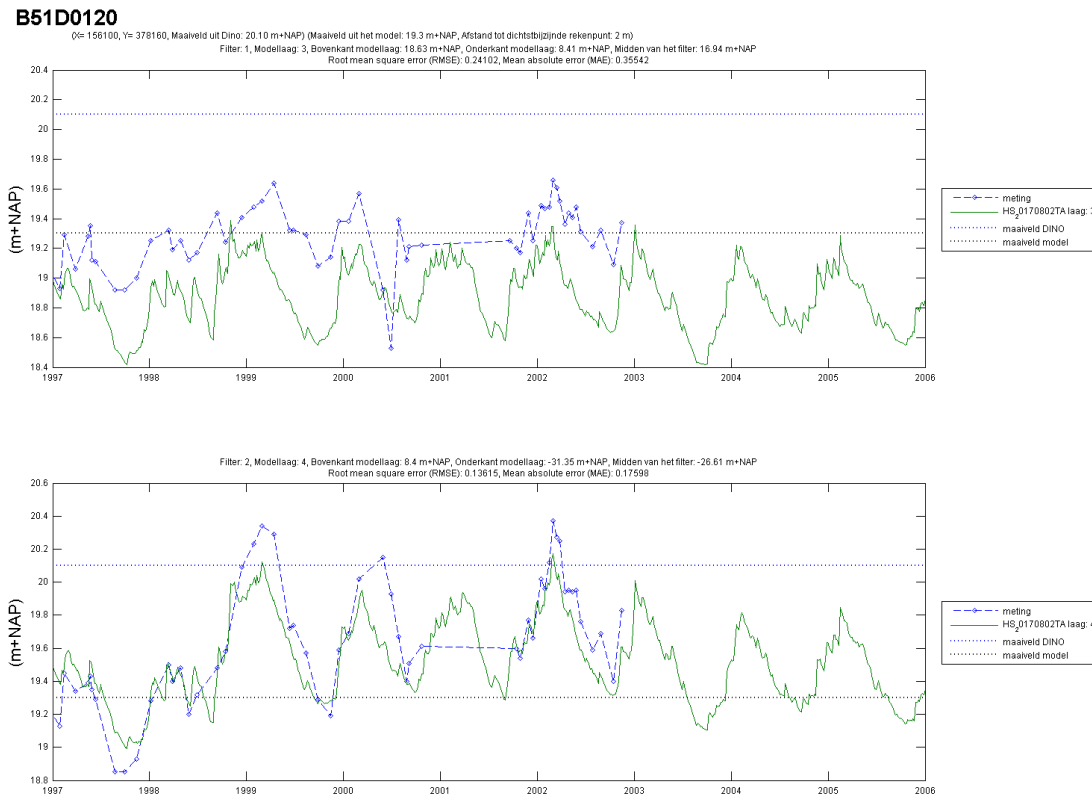
4.3.1.8 Peilbuis B51D0120

Deze peilbuis ligt vlak langs de Run. De verwachting is dat de waterstanden in de Run een grote invloed hebben op de stijghoogtes bij deze peilbuis. Omdat deze peilbuis net bovenstrooms van een stuw staat is ook de verwachting dat de stuwstand invloed heeft op de stijghoogte ter plaatse van de peilbuis. Helaas is er nauwelijks overlap tussen de metingen van de peilbuis en de oppervlaktewaterstandsmetingen bij de stuw.

Deze peilbuis heeft meerdere filters in meerdere (model)lagen. In de bovenste modellaag wordt de stijghoogte in het model structureel onderschat met circa 0,5 m. Mogelijk heeft dit te maken met het feit dat het maaiveld in het model circa 0,8 m lager is dan in bij de peilbuis. Daarnaast kan het zo zijn dat het stuwstand in de werkelijkheid hoger is geweest dan in het model.

Omdat het model de huidige situatie modelleert (2017) en de metingen zijn gedaan in de periode 1997-2002 kan het zijn dat het peilregime is aangepast. Hierdoor kan er een mismatch ontstaan tussen de gemeten en de berekende stijghoogtes. In de rapportage van het oppervlaktewatermodel wordt verder ingegaan op dit onderwerp (zie WATBD5471R001D02).

Voor de onderste laag zijn de verschillen tussen de berekende en gemeten stijghoogten een stuk kleiner dan in de bovenste laag. Hier wordt waarschijnlijk minder invloed ondervonden van de hoogte van het maaiveld en van de sturing van de stuw.

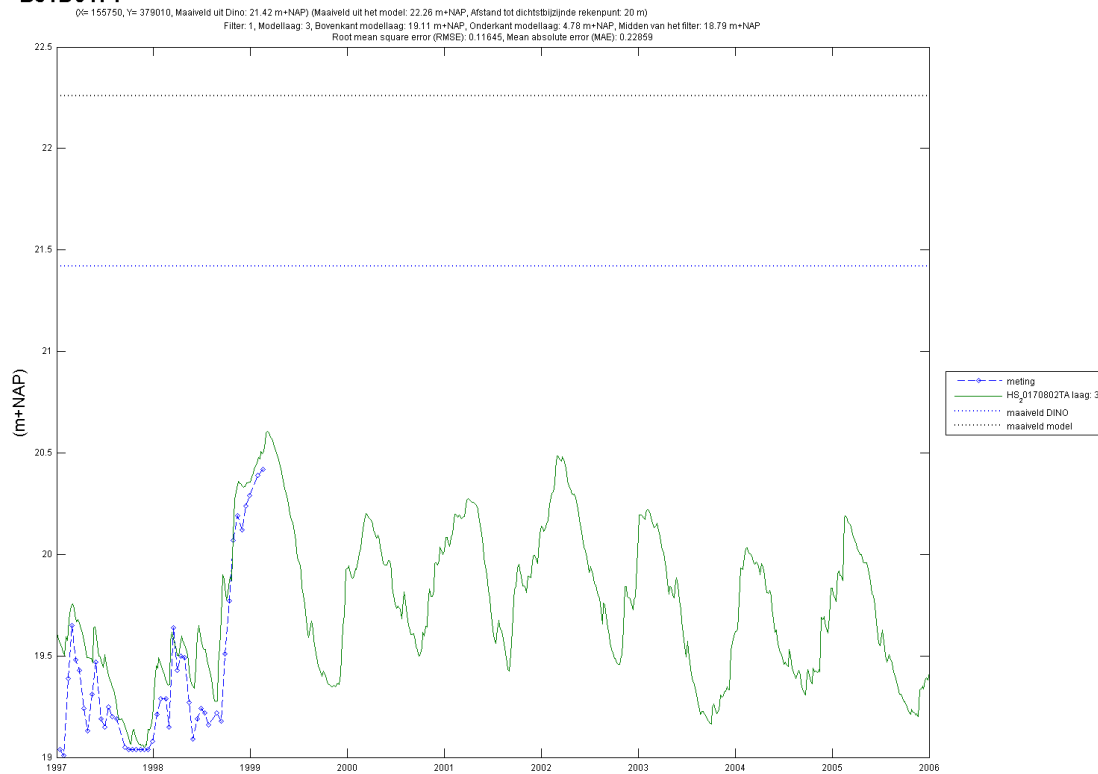


Figuur 24 Vergelijking meting (blauw) en berekening (groen) bij peilbuis B51D0120.

4.3.1.9 Peilbuis B51D0474

Deze peilbuis ligt dicht bij de Gender dan bij de Run. Ondanks dat is het belangrijk dat het model hier ook goede resultaten geeft. De berekende stijghoogten komen goed overeen met de gemeten stijghoogten. Echter, de meetreeks is aan de korte kant. Op basis van deze korte meetreeks kunnen niet echt conclusies worden getrokken.

B51D0474

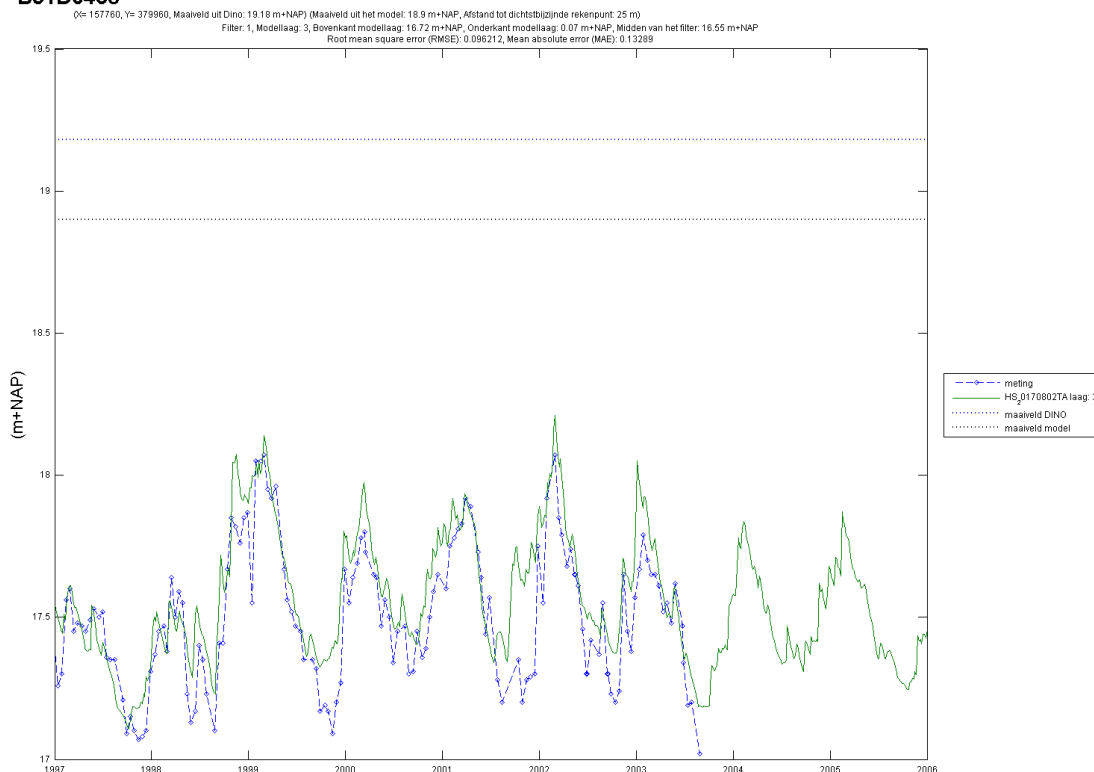


Figuur 25 Vergelijking meting (blauw) en berekening (groen) bij peilbuis B51D0474.

4.3.1.10 Peilbuis B51D0438

Deze peilbuis ligt benedenstrooms van de samenkomst van de Run en de Dommel. De stijghoogtes die in het model worden berekend komen goed overeen met de gemeten stijghoogtes. In het model worden de GHG en GLG iets overschat (respectievelijk 0,12 en 0,05 m).

B51D0438



Figuur 26 Vergelijking meting (blauw) en berekening (groen) bij peilbuis B51D0438.

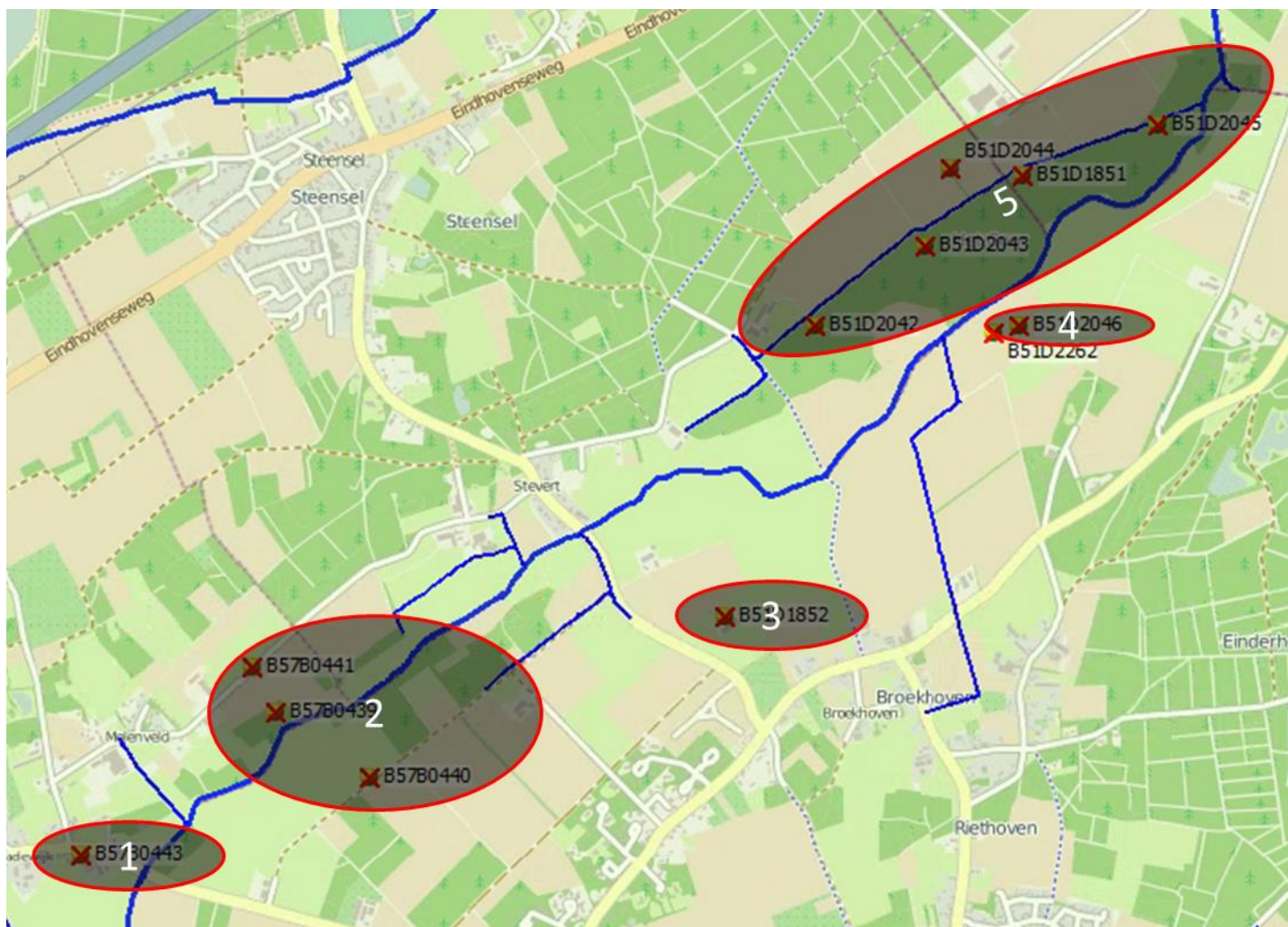
4.3.2 Peilbuizen voor indirecte (globale) vergelijking

De 11 peilbuizen waarvan de meetperiode geen of zeer weinig overlap vertoond met de modelberekening worden indirect vergeleken met de modelresultaten. Hiermee wordt bedoeld dat de stijghoogtes en de stijghoogtedynamiek bij de peilbuizen wordt bekeken en dat wordt gekeken of deze qua ordegrrootte overeen komen met de berekende stijghoogtes en stijghoogtedynamiek. De grafieken met alle metingen en berekende stijghoogtes zijn terug te vinden in Bijlage 8 – Metingen peilbuizen en berekende stijghoogtes.

De peilbuizen worden niet per peilbuis besproken maar per cluster. De clusters zijn in Figuur 27 te zien. De globale vergelijking van de meting en berekening in de verschillende clusters levert de volgende resultaten op:

- Cluster 1
 - De meting en berekening liggen in dezelfde ordegrrootte. Het model lijkt hier redelijk goed te presteren.
- Cluster 2
 - Het model lijkt hier te hoge grondwaterstanden te berekenen. De GHG wordt circa 0,15 m te hoog berekend en de GLG wordt circa 0,1 m te hoog berekend.
 - Mogelijk komt dit door te hoog berekende oppervlaktewaterstanden ter plaatse in de Run. Hier zijn helaas geen oppervlaktewaterstandsmetingen beschikbaar om deze hypothese te controleren.

- Cluster 3
 - De meting en berekening liggen in dezelfde orde grootte. Het model lijkt hier redelijk goed te presteren.
- Cluster 4
 - De meting en berekening liggen in dezelfde orde grootte. Het model lijkt hier redelijk goed te presteren.
- Cluster 5
 - Het model lijkt hier te hoge grondwaterstanden te berekenen. De grondwaterstand wordt hier gemiddeld gezien circa 0,20 m te hoog berekend.
 - Mogelijk komt dit door te hoog berekende oppervlaktewaterstanden in de Pinkgieter. Dit hangt ook sterk af van de gemodelleerde stuwpeilen in het oppervlaktewatermodel. Van deze watergang zijn helaas geen oppervlaktewaterstandsmetingen beschikbaar om deze hypothese te controleren.

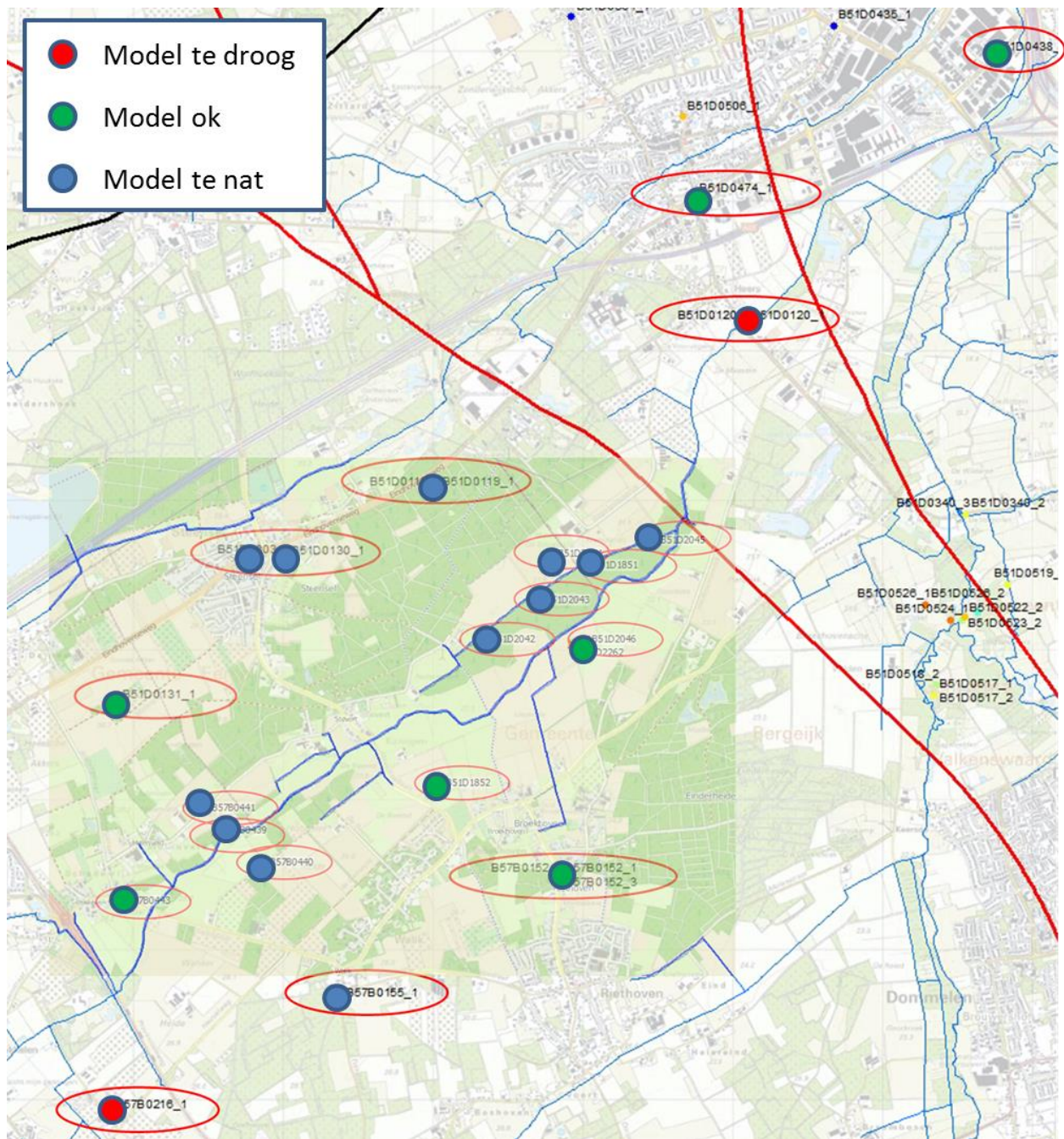


Figuur 27 Clusters van peilbuizen.

4.3.3 Conclusie

Wanneer de resultaten van de vergelijking van de peilbuizen voor directe vergelijking en indirecte vergelijking bij elkaar op de kaart worden gezet ontstaat onderstaande overzichtsfiguur (zie Figuur 28). Op deze figuur is te zien dat het model overwegend goede tot te hoge grondwaterstanden berekend. De locaties dicht bij de Run waar de grondwaterstanden te hoog worden berekend bedraagt de overschatting circa 0 tot 0,20 m. de locaties verder van de beek af waar de grondwaterstanden te hoog worden berekend bedraagt de overschatting circa 0,15 tot 0,50 m.

Op dit moment zijn dit de beste resultaten die met het model kunnen worden verkregen. Met de genoemde afwijkingen van het model dient rekening gehouden te worden bij het interpreteren van modelresultaten.



Figuur 28 Globale interpretatie van vergelijking van metingen en modelresultaten.

5 Modelresultaten

In onderstaande paragrafen worden de resultaten van het grondwatermodel getoond van de huidige situatie en van scenario Variant 1B. Voor deze twee berekeningen worden de berekende GxG getoond en de resultaten van de waterlood-toetsing. Daarnaast wordt ook een vergelijking gemaakt tussen de twee berekeningen, hiermee wordt het effect van de aanpassingen getoond.

5.1 Huidige situatie

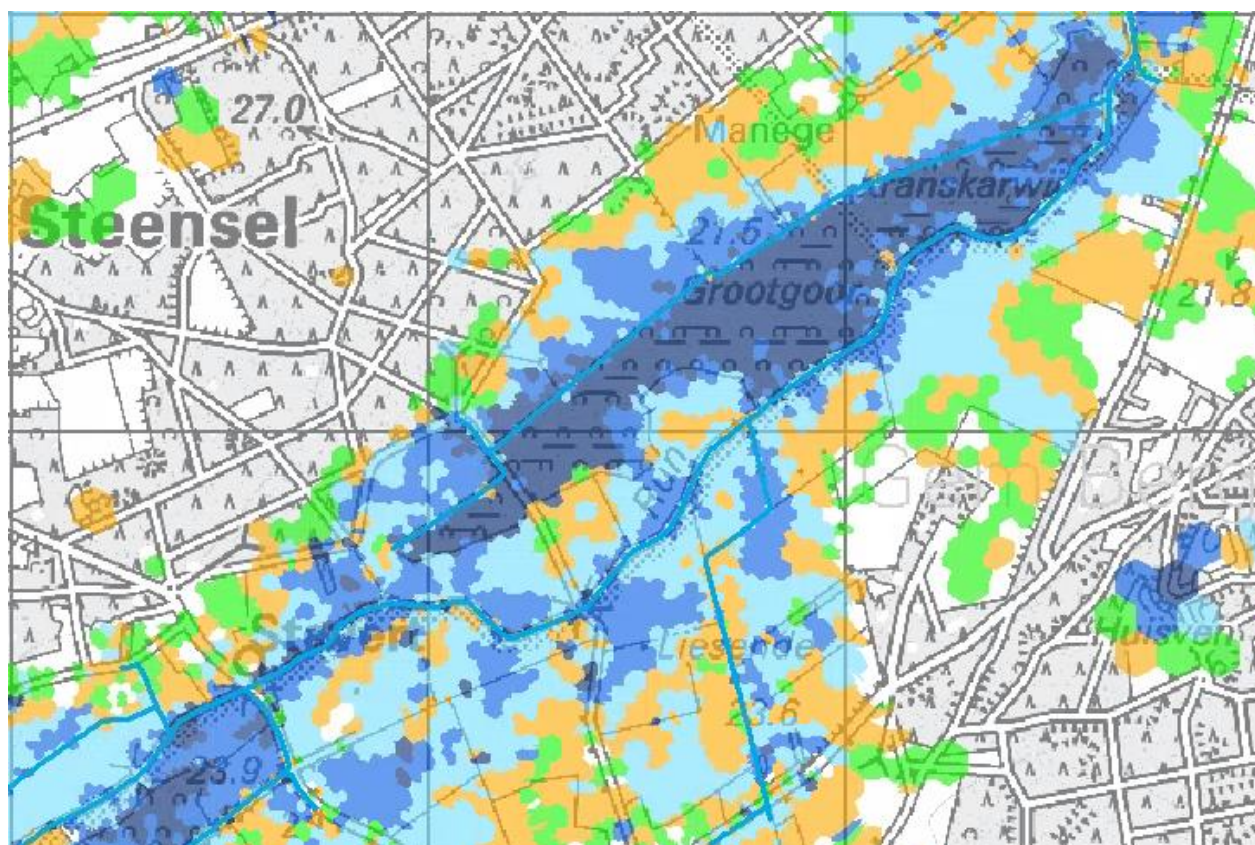
5.1.1 GxG

Onderstaande figuren tonen de berekende GxG in de huidige situatie in de omgeving van Grootgoor. Waar in de figuren geen kleur wordt getoond is de GxG dieper dan 1 meter onder maaiveld berekend.

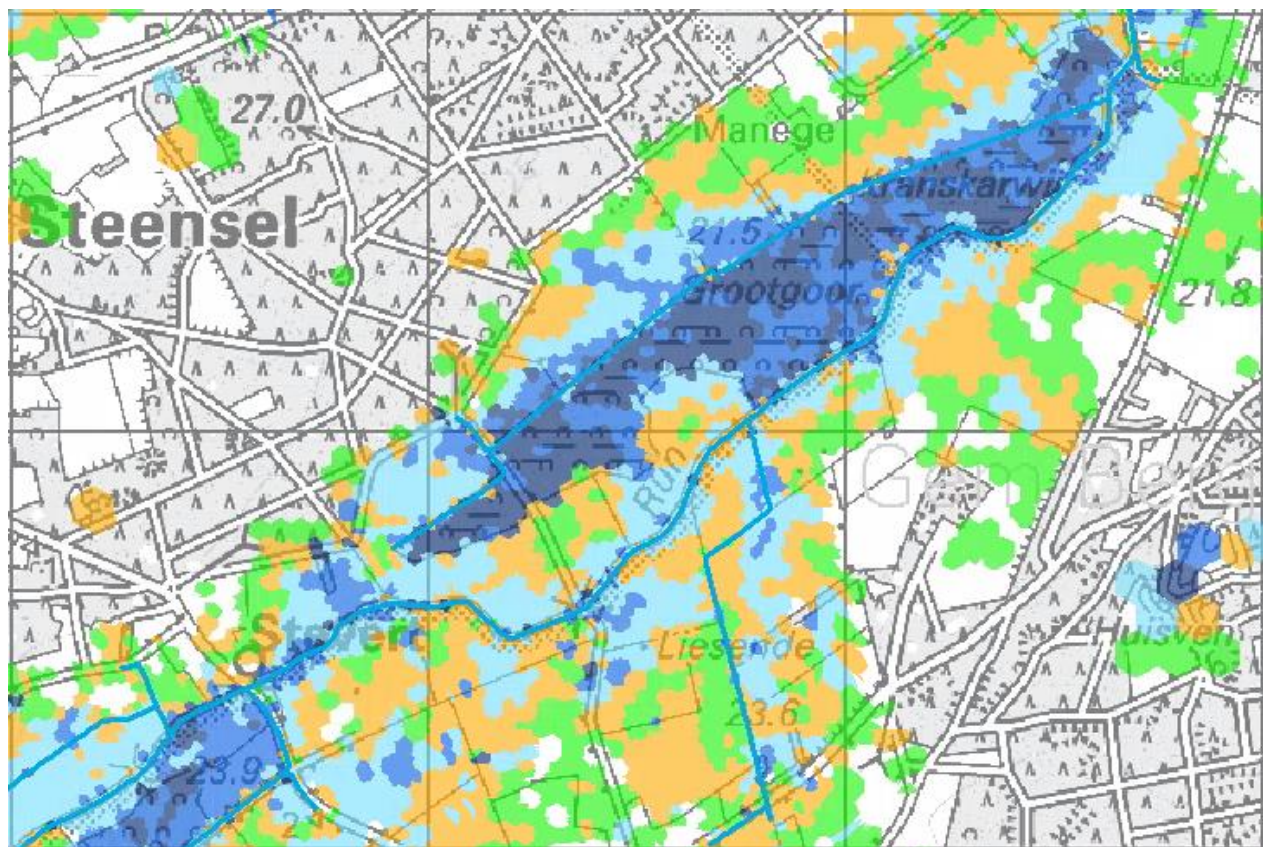
In paragraaf 4.3 is beschreven hoe de modelresultaten zich verhouden tot de beschikbare grondwaterstandsmetingen. Deze beschrijving dient in ogenschouw genomen te worden bij het beschouwen van de berekende GxG. De berekende grondwaterstanden in de huidige situatie in het Grootgoor zijn goed tot te nat (0 tot 0,20 m te nat).



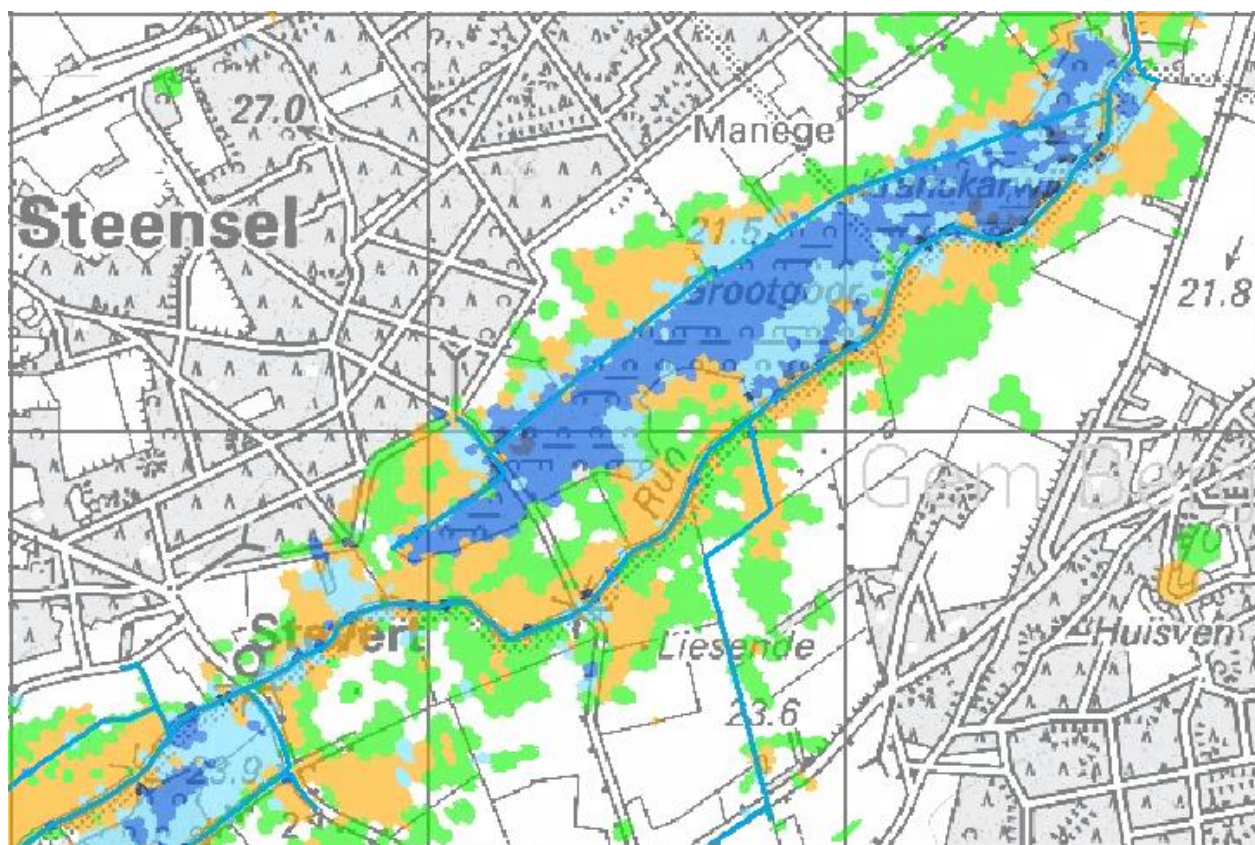
Figuur 29 Legenda behorende bij de GxG kaarten.



Figuur 30 Berekende GHG Grootgoor huidige situatie



Figuur 31 Berekende GVG Grootgoor huidige situatie

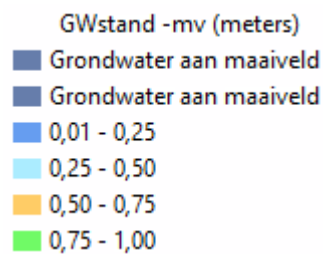


Figuur 32 Berekende GLG Grootgoor huidige situatie

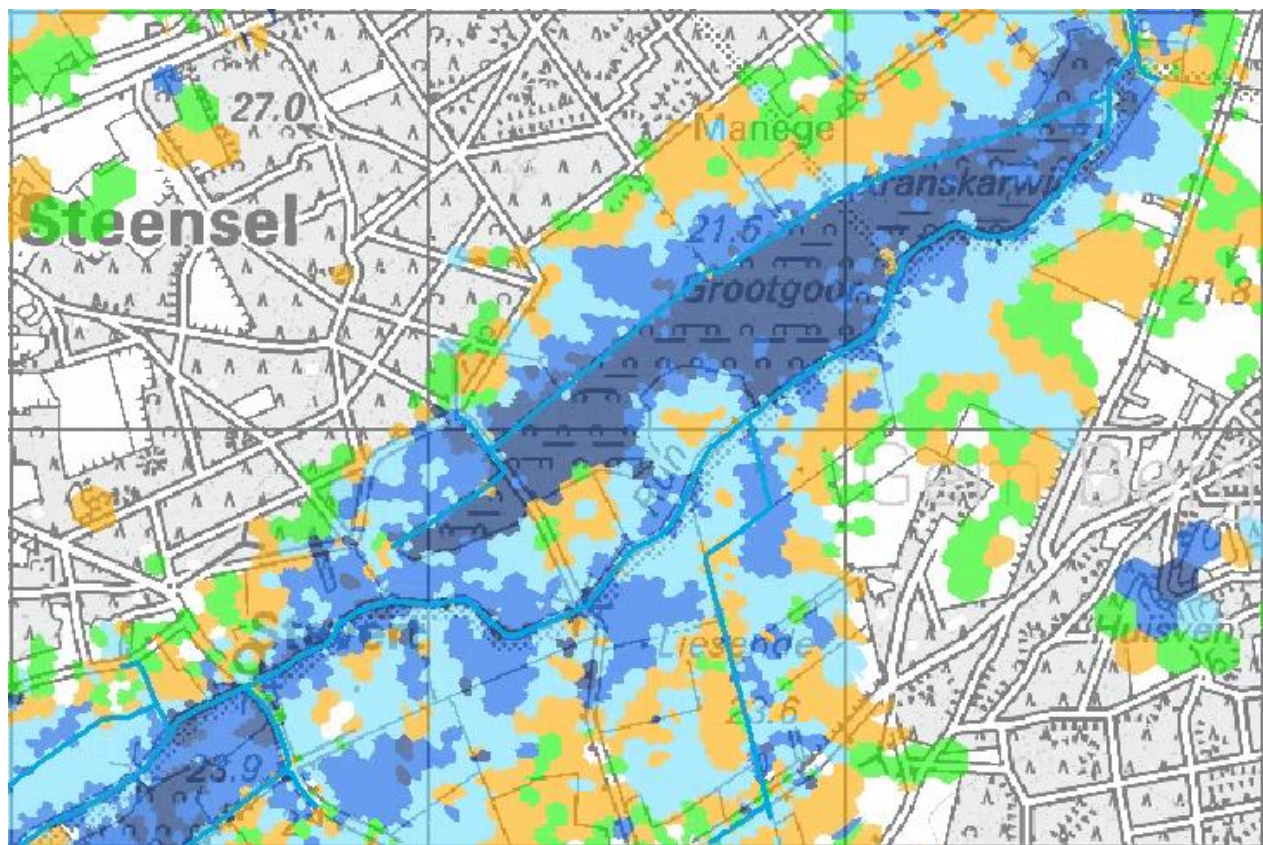
5.2 Scenario variant 1B

5.2.1 GxG

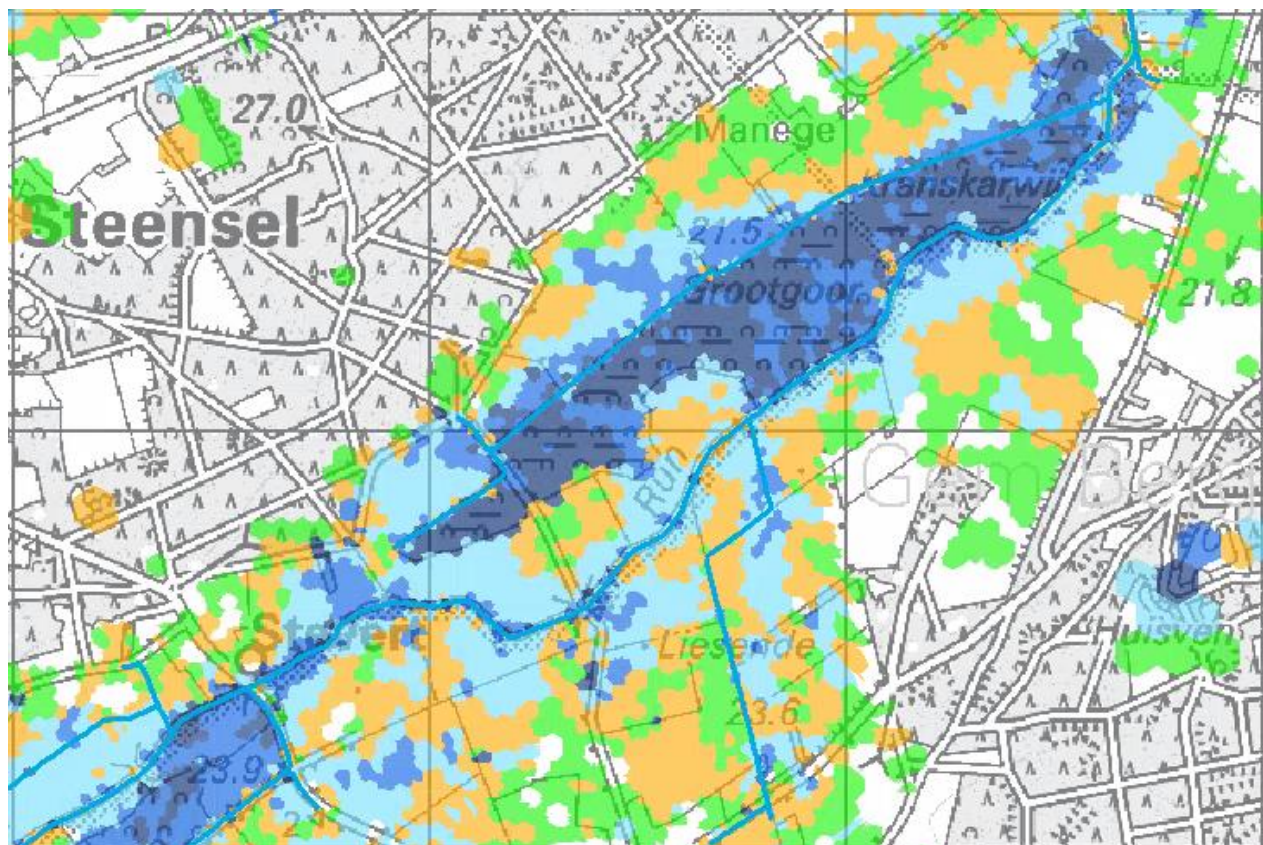
Onderstaande figuren tonen de berekende GxG voor scenario variant 1B in de omgeving van Grootgoor. Waar in de figuren geen kleur wordt getoond is de GxG dieper dan 1 meter onder maaiveld berekend.



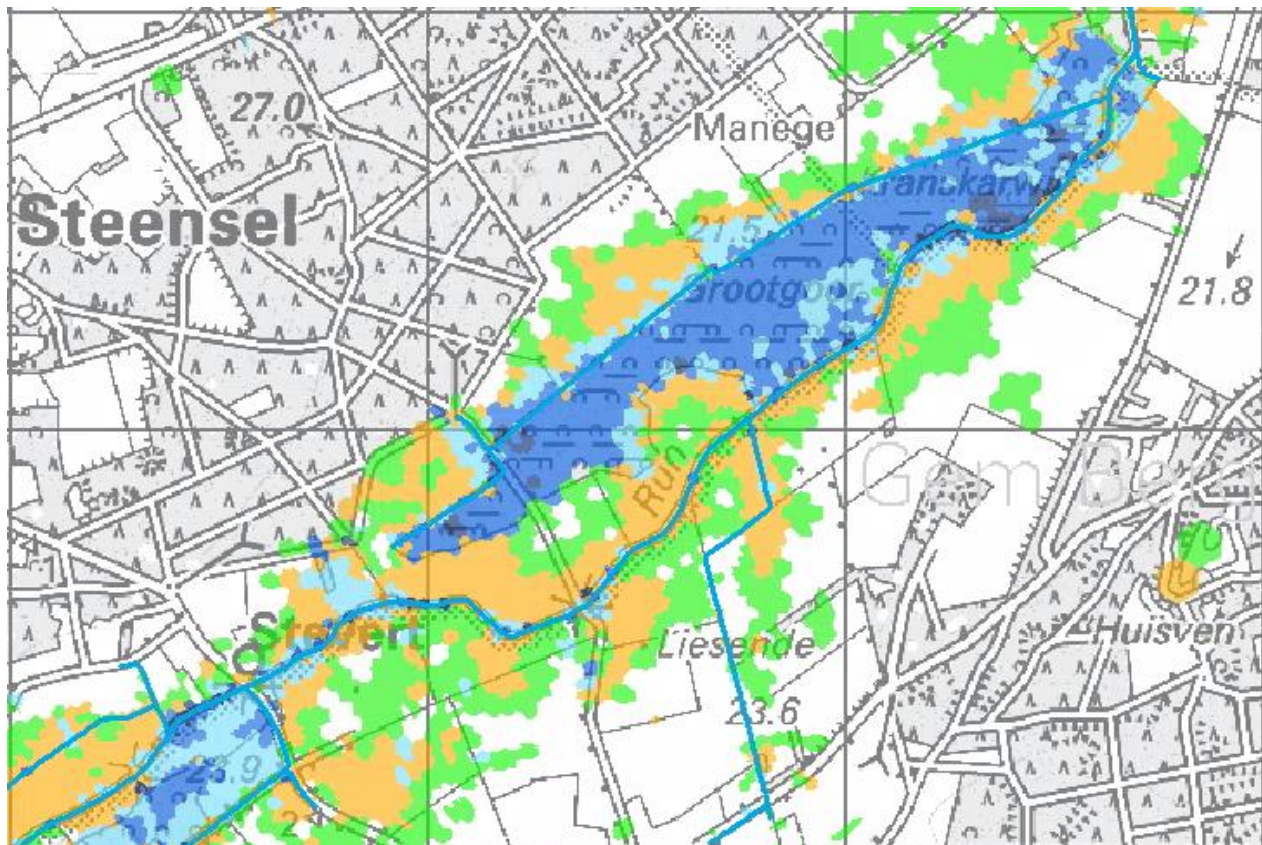
Figuur 33 Legenda behorende bij de GxG kaarten.



Figuur 34 Berekende GHG Grootgoor scenario variant 1B



Figuur 35 Berekende GVG Grootgoor scenario variant 1B



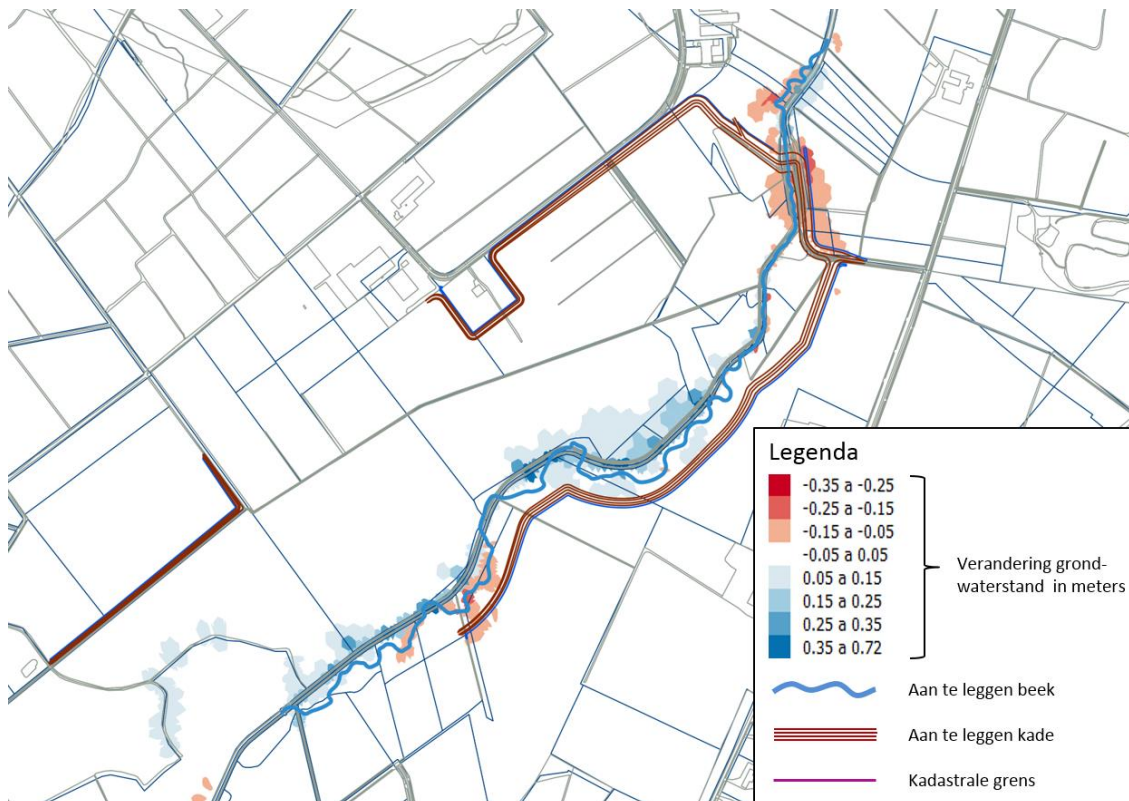
Figuur 36 Berekende GLG Grootgoor scenario variant 1B

5.2.2 Vergelijking met huidige situatie

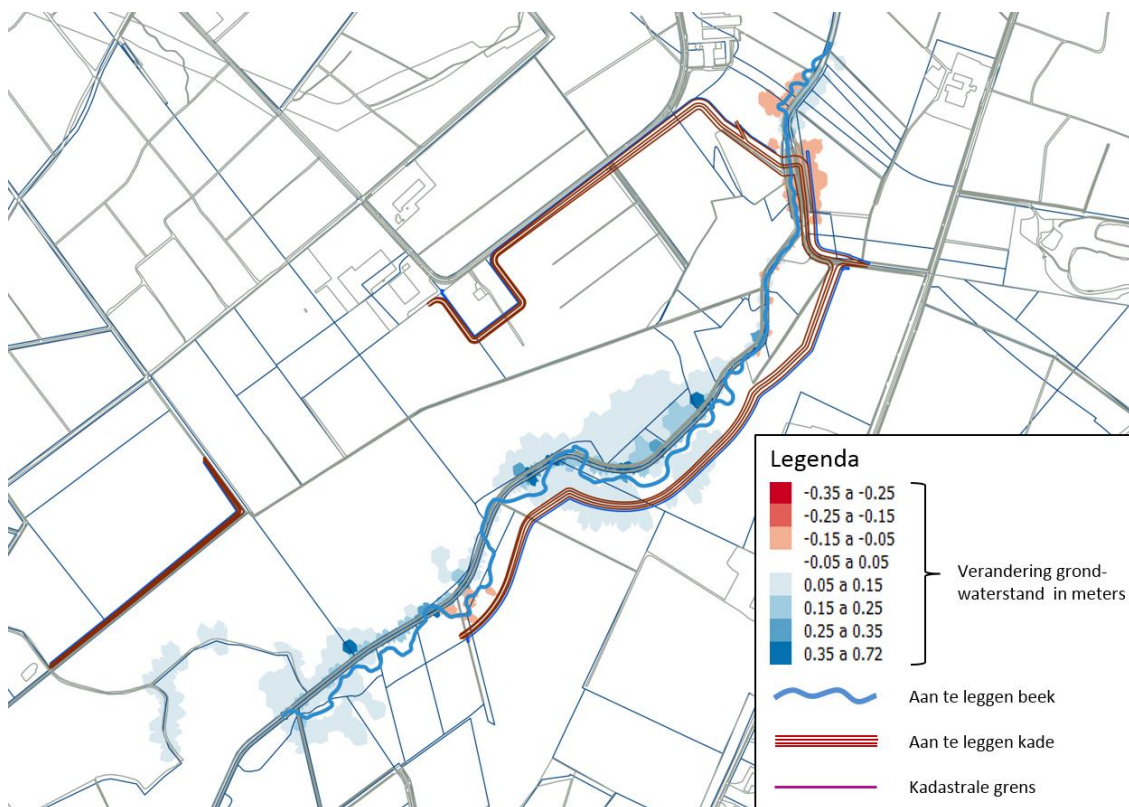
Met het beekherstel wijzigen de peilen in het watersysteem en de grondwaterstanden in het gebied.

De effecten hiervan zijn doorgerekend met behulp van een oppervlaktewater- en een grondwatermodel. Overwegend is het effect op de grondwaterstand-verhoging beperkt tot een stijging tussen 0 en 0,15 m. Plaatselijk langs de beek treedt een grondwaterstandverhoging van 0,15 tot 0,35 m op. Aan de benedenstroomse zijde van Grootgoor zal de grondwaterstand plaatselijk 0,05 tot 0,35 m dalen. Dit komt doordat de stuw hier verwijderd wordt. De effecten op de GxG zijn weergegeven in Figuur 37, Figuur 38 en Figuur 39.

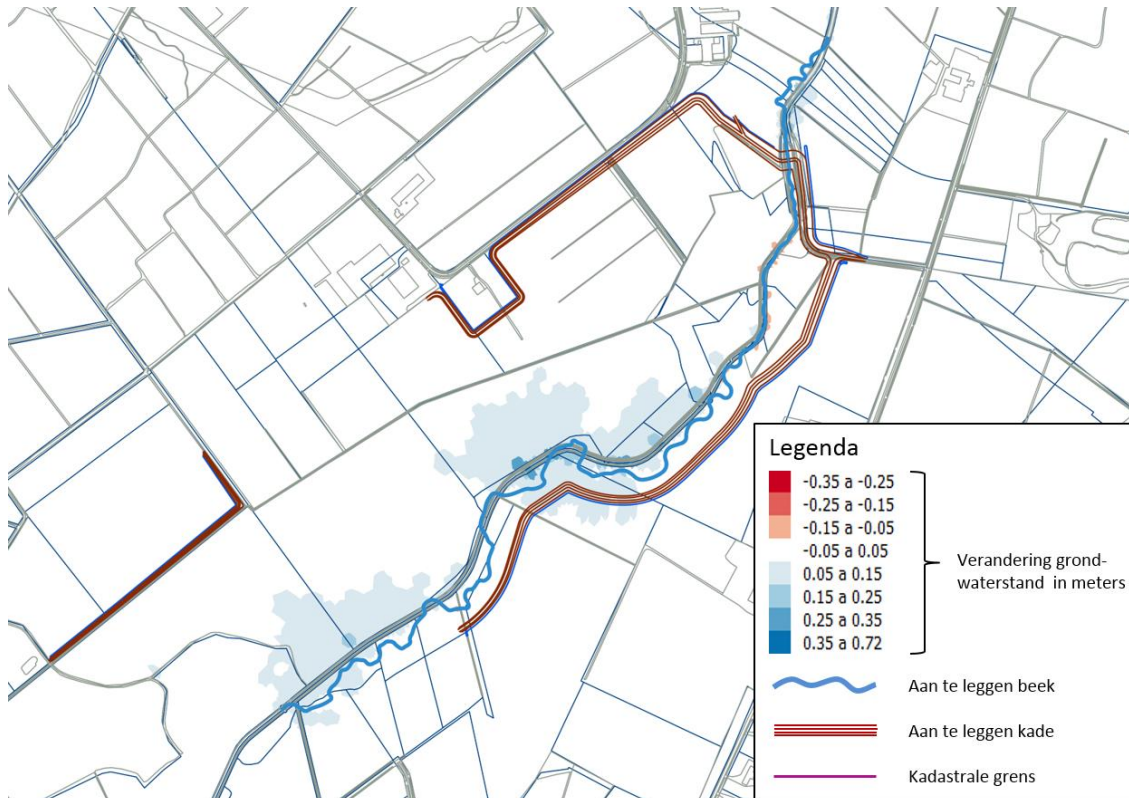
Doordat het grondwatermodel in de huidige situatie goede tot te natte grondwaterstanden berekend (t.o.v. de metingen), is de verwachting dat het vernattings-effect van het beekherstel in de werkelijkheid groter zal zijn dan dat het model laat zien. Dit omdat de verhoging van de drainagebasis (als gevolg van het beekherstel) in de werkelijkheid relatief groter is ten opzichte van het model (het model berekent namelijk goede tot te natte grondwaterstanden).



Figuur 37 Effecten grondwater, gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG)



Figuur 38 Effecten grondwater, gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG)



Figuur 39 Effecten grondwater, gemiddeld hoogste grondwaterstand (GLG)

Bijlage 1 - Opbouw van het grid

Er is gebruik gemaakt van output van de gridtool van het vorige grid (grid_20160823, zie hieronder). De extra toevoegingen die zijn gedaan aan de output van de gridtool is op een aantal locaties aangepast.

- De historische beeklopen zijn ingekort. Deze shapefile is gebruikt:
 - W:\HGK\Modellen\WSDD-GW\DeelmodelKeersop2014\grid\Input_voor_20170802_grid\historische_beeklopen_mp2sp_simplify_edit.shp
- De oude ligging van de beekloop is niet in het model opgenomen.
- Een aantal varianten voor de nieuwe ligging van de run zijn toegevoegd aan het grid:
 - W:\HGK\Modellen\WSDD-GW\DeelmodelKeersop2014\grid\Input_voor_20170802_grid\Varianten_de_run\Varianten_De_Run_v2_simplify.shp
 - Om ervoor te zorgen dat er zo min mogelijk overlap is tussen de huidige ligging van de Run en de varianten is de ligging van de varianten opgeknijpt. Op de locaties waar de ligging van de varianten overeenkomt met de huidige ligging is de variant verwijderd.
 - Daarnaast is er ook overlap tussen de verschillende varianten. Waar deze overlap optreedt is een van de varianten verwijderd. Met de RA1 parameter is vervolgens gekeken welke stukken watergang in welk scenario aan moeten staan (RA1 = 1).
 - De lijnen van de varianten zijn in FME gesimplificeerd (minder vertexen). Dit is gunstig voor de reductie van aantal knooppunten.
- Sloot Coppens/Aarts toegevoegd
 - W:\HGK\Modellen\WSDD-GW\DeelmodelKeersop2014\grid\Input_voor_20170802_grid\Sloot_coppens_aarts

Daarnaast is de knooppuntsafstand op een aantal locaties aangepast:

- De NNP in het dommeldal hebben een knooppuntsafstand van 75 m ipv 50 m. → omdat dit niet het interessegebied is.
- NNP de Kromhurken heeft een knooppuntsafstand van 25 m ipv 50 m. → omdat de celgrootte te groot was voor de waternoodtoetsing op habitattypes.
- De rest is onveranderd t.o.v. het vorige grid (grid_20160823).

Uiteindelijk heeft de gridtool in arcgis de volgende shapefiles gegenereerd:

- Bnd: W:\HGK\Modellen\WSDD-GW\DeelmodelKeersop2014\grid\20170802\bnd.shp
- Riv: W:\HGK\Modellen\WSDD-GW\DeelmodelKeersop2014\grid\20170802\riv_v8_s4_edit4.shp
- Pol: W:\HGK\Modellen\WSDD-GW\DeelmodelKeersop2014\grid\20170802\pol_v2_edit.shp

De nummering van de riviers is als volgt:

- 0 = breuken
- 1 t/m 450 = A-watergangen vanuit sobek modellen
- 9011 t/m 9014 = Historische beeklopen
- >280000 = greppels en sloten
- 51727 t/m 61086 = watergangen in België
- 9100 t/m 9116 = varianten De Run
- Sloot coppens/aarts = 9200

Opbouw grid_20160823

- Het grid dat met de gridtool in arcgis is gemaakt is hier te vinden:
W:\HGK\Werkomgeving\Triwaco\Grondwater\DeelmodelKeersop2014\Grid_20160816\Grid.teo
- Om het grid te maken zijn de volgende gegevens als input gebruikt in de gridtool in arcgis:
 - Gebruikte shapefiles:
 - Boundary: W:\HGK\Modellen\WSDD-GW\DeelmodelKeersop2014\bnd1.shp
 - Waterlopen: W:\HGK\Modellen\WSDD-GW\DeelmodelKeersop2014\grid\Input_voor_20160823_grid\A_watergangen_sobek_merge\A_watergangen_sobek_merge_selectie_diss_mp2sp.shp
 - Deze shapefile is als volgt opgebouwd:

- Sobek-watervangst 7 Dehv_s: W:\HGK\Modellen\WSDD-GW\DeelmodelKeersop2014\grid\Input_voor_20160823_grid\A_watervangst_sobek_merge\dehv.shp
- Sobek-watervangst 9 Keer_s: W:\HGK\Modellen\WSDD-GW\DeelmodelKeersop2014\grid\Input_voor_20160823_grid\A_watervangst_sobek_merge\keer.shp
- Sobek-watervangst 10 Run_s: W:\HGK\Modellen\WSDD-GW\DeelmodelKeersop2014\grid\Input_voor_20160823_grid\A_watervangst_sobek_merge\run.shp
- Top10 waterlopen: W:\HGK\Modellen\WSDD-GW\DeelmodelKeersop2014\grid\Input_voor_20160823_grid\top10\top10_ex legger selectie.shp
 - Er is een selectie gemaakt van de gebruikte bestanden in het originele bestand. Alle lijnen die binnen de modelgrens liggen zijn geselecteerd. Daarnaast zijn dubbelingen met de Sobek-watervangst verwijderd.
- NNP's: Y:\GEODATA\ACTUEEL\Beleidsplannen\Natte Natuurparels (Ecologische Hoofdstructuur 2015, Ambitiekaart).lyr
- Extra toevoegingen: Deze lijnen en polygonen zijn toegevoegd nadat de gridtool in ArcGIS heeft gedraaid.
 - N69 shapefile (toegevoegd aan pol.shp): W:\HGK\Modellen\WSDD-GW\DeelmodelKeersop2014\grid\Input_voor_20160823_grid\N69.shp
 - Sobek-watervangst 4 BRZbov (toegevoegd aan riv.shp):
 - Van dit model zijn een aantal watervangst niet meegenomen in het grid omdat de gridgenerator van triwaco hierdoor crashte. Het gaat om de volgende watervangst:
 - Bovenstroomse deel van BZ1 zwart omcirkeld in onderstaande figuur)



- Historische beeklopen (toegevoegd aan riv.shp): W:\HGK\Modellen\WSDD-GW\DeelmodelKeersop2014\grid\Input_voor_20160823_grid\historische_beeklopen_mp2sp_simplify.shp
 - Oude ligging Beekloop (toegevoegd aan riv.shp): W:\HGK\Modellen\WSDD-GW\DeelmodelKeersop2014\grid\Input_voor_20160823_grid\Oude_ligging_beekloop.shp
 - Watergangen België (toegevoegd aan riv.shp): W:\HGK\Modellen\WSDD-GW\DeelmodelKeersop2014\grid\Input_voor_20160823_grid\Waterlopen_Belgie.shp
- Nummering van de watergangen:
 - 0: breuken
 - 1 t/m 8999: a-watergangen
 - 9000: oude ligging beekloop
 - 9001 t/m 9999: historische beeklopen
 - 50000 t/m 65000: watergangen belgie
 - 280000 t/m 400000: greppels en sloten
- Keuze dichtheid rekenpunten:
 - Knooppuntsafstand 50m buffer rondom A-watergangen: 25 m
 - Knooppuntsafstand 100m buffer rondom A-watergangen: 35 m
 - Knooppuntsafstand 150m buffer rondom A-watergangen: 50 m
 - Knooppuntsafstand 200m buffer rondom A-watergangen: 75 m
 - Knooppuntsafstand in polygonen met veel sloten: 50 m
 - Grootste knooppuntsafstand in interessegebied: 100 m
 - Grootste knooppuntsafstand gehele model: 200 m
 - Knooppuntsafstand binnen NNP: 50 m
- Uiteindelijk heeft de gridtool in arcgis de volgende shapefiles gegenereerd:
 - Bnd: W:\HGK\Modellen\WSDD-GW\DeelmodelKeersop2014\grid\20160823\bnd.shp
 - Riv: W:\HGK\Modellen\WSDD-GW\DeelmodelKeersop2014\grid\20160823\riv_v8_s4.shp
 - Pol: W:\HGK\Modellen\WSDD-GW\DeelmodelKeersop2014\grid\20160823\pol_v2.shp

Bijlage 2 - Oppervlaktewaterpeilen

- De volgende modellen en cases zijn gebruikt voor het opleggen van de oppervlaktewaterpeilen:
 - 7 Dehv s.lit (L:\Sobek213)
 - 7 '20160804 Qv stuw Laag met Wkanaal ruwheid gedifferentieerd v5 lang'
 - 8 '20160804 Qn stuw Hoog met Wkanaal ruwheid gedifferentieerd v5 lang'
 - 9 '20160804 Qw stuw Laag met Wkanaal ruwheid gedifferentieerd v5 lang'
 - 10 '20160804 Qz stuw Hoog met Wkanaal ruwheid gedifferentieerd v5 lang'
 - 9 Keer s.lit (L:\Sobek213)
 - 35 '20170320 op basis van 20160802 Qw - Beekherstel Beekloop Qw - onderb-nieuwe prof'
 - 34 '20170320 op basis van 20160802 Qw - Beekherstel Beekloop Qz - onderb-nieuwe prof'
 - 36 '20170320 op basis van 20160802 Qw - Beekherstel Beekloop Qv - onderb-nieuwe prof'
 - 37 '20170320 op basis van 20160802 Qw - Beekherstel Beekloop Qn - onderb-nieuwe prof'
 - Run_Var1.lit (L:\Sobek213)
 - 4 '20151201 Qv stuw Laag def'
 - 2 '20151201 Qz stuw Hoog def'
 - 3 '20151201 Qn stuw Hoog def'
 - 5 '20151201 Qw stuw Laag def'
 - 4 BRZbov.lit (L:\Sobek213)
 - "Zomer_stuwen_hoog"
 - "Najaar_stuwen_hoog_gebasseerd_op_netwerk_zomer"
 - "Winter_stuwen_gebasseerd_op_netwerk_zomer"
 - "Voorjaar_stuwen_gebasseerd_op_netwerk_zomer"
- De peilen zijn verwerkt in de volgende parameters:
 - HR1Regwnjzbasis
 - HR1Regwvjwbasis
 - HR1Regznjzbasis
 - HR1Regzvjbasis
 - HR1winterbasis
 - HR1zomerbasis
- Naast de peilen zijn ook de RW's aangepast op basis van bovenstaande modellen en cases. Het gaat om de volgende parameters:
 - RW1Regwnjz
 - RW1Regwvjw
 - RW 1Regznjz
 - RW 1Regzvjbasis
 - RW 1winter
 - RW 1zomer

Bijlage 3 – Overige aanpassingen

- Wateraanvoer:
 - W:\HGK\Modellen\WSDD-GW\DeelmodelKeersop2014\HuidigeSituatie_20160824\locaties_met_wateraanvoer.shp
 - Dit is verwerkt in deze parameters:
 - Wateraanvoer
 - WateraanvoerRiv
 - CI1basis
 - Expressie CI1basis als volgt aangepast:
 - Nieuw:
 - $\text{if}(\text{WateraanvoerRiv}==1, 15*\text{CD1Basis}, \text{if}(\text{Maas}==1, 2, \text{if}(\text{RIV}(\text{PeilkanalenVL})>-90, 1000, \text{if}(\text{F1HR1wa}>0, 2*\text{CD1basis}, 1e9))))$
 - Oud:
 - $\text{if}(\text{Maas}==1, 2, \text{if}(\text{RIV}(\text{PeilkanalenVL})>-90, 1000, \text{if}(\text{F1HR1wa}>0, 2*\text{CD1basis}, 1e9)))$
 - Waterstanden Plateau:
 - W:\HGK\Modellen\WSDD-GW\DeelmodelKeersop2014\HuidigeSituatie_20160824\waterpeilen_plateau.shp
 - Dit is verwerkt in deze parameters:
 - WaterpeilPlateau
 - WaterpeilPlateauRiv
 - HR1_Bemaling_Plateau
 - HR1Zomer
 - HR1Regznjz
 - ...
 - HR1
 - De opgelegde waterpeilen verschillen van 36,5 m+NAP t/m 37 m+NAP
 - Bemalingsgebieden:
 - W:\HGK\Modellen\WSDD-GW\DeelmodelKeersop2014\Werkkaarten\Bemalingsgebieden\20160825\Watergangen_bemalingsgebieden_totaal_v2.shp
 - Dit is verwerkt in deze parameters:
 - Bemalingsgebieden
 - BemalingsgebiedenRiv
 - Bemalingspeilen
 - BemalingspeilenRiv
 - HR1_Bemaling_Plateau
 - HR1Zomer
 - HR1Regznjz
 - ...
 - HR1
 - Inmetingen greppels en sloten:
 - De ruwe gegevens van de inmetingen staan hier: W:\HGK\Modellen\WSDD-GW\DeelmodelKeersop2014\InmGreppels\Nieuwe_inmetingen_Geomij_20160815
 - Deze inmetingen zijn gescheiden in bodemmetingen en waterpeilmetingen
 - De inmetingen zijn verwerkt zoals staat beschreven in de wiki:
 - http://wiki/hydrowiki/index.php?title=Inmetingen_greppels_verwerken_voor_invoer_grondwatermodellering
 - Dit is verwerkt in deze parameters:
 - inmGreppels
 - Rivbod
 - Enz...
 - Rivbodregis
 - Enz...

Bijlage 6 - Laagopbouw

Laagopbouw van het model (grijs = aquitard, wit = aquifer)

Modellaag	REGIS II	Formaties
1	HLC	Holoceen
	HLC	Holoceen
2	Bxz1	Boxtel
	BXlmk1 & Bxk1	Boxtel/Liempde & Boxtel
3	Bxz2	Boxtel
	Bxk2	Boxtel
4	Bxz3, Krz2,Krz3,KrK1,Bez1, Berok1, Bek1,Bez2,Bek2,Bez3,Krz4,Krz5,Krz6,Stz1	Boxtel, Kreftenheye, Beegden en Sterksel
	Stk1	Beegden en Sterksel
5	Stz2,Syz1	Sterksel en Stramproy
	Syk1	Stramproy
6	Syz2	Stramproy
	Syk2	Stramproy
7	Syz3	Stramproy
	Syk3	Stramproy
8	Syz4	Stramproy
	Wak0	Waalre
9	Pzwaz2	Peize / Waalre
	Wak1	Waalre
10	Pzwaz3, Pzwaz4	Peize / Waalre
	Wak2	Waalre
11	Pzwaz5	Peize / Waalre
	Wak3	Waalre
12	Pzwaz6, Pzwaz7,Msz1,Msc	Peize / Waalre & Maassluis
	Msc & Msk1	Maassluis
13	Msz2	Maassluis
	Msk2	Maassluis

14	Msz3, Kiz1	Maassluis & Kiezeloöliet
	Kik1	Kiezeloöliet
15	Kiz2	Kiezeloöliet
	Kik2	Kiezeloöliet
16	Kiz3	Kiezeloöliet
	Kik3, Kik4	Kiezeloöliet
17	Kiz4,Kiz5,Kiz6,Ooz1,Ooc	Kiezeloöliet & oosterhout
	Kik5, Ook1, Ook2, Ooc	Kiezeloöliet & Oosterhout
18	Ooz2, Ooz3, Brz1	Oosterhout & Breda
	Brk1,	Breda
19	Brk1, Brz2	Breda
	Hydrologische basis	Rupel, Breda

Boringentool

Bij eerdere modelstudies voor o.a. de NNP's (Natte Natuurparels) is gebleken dat de ondiepe weerstand als gevolg van bijvoorbeeld lokaal aanwezige leemlaagjes belangrijk is voor een goede berekening van de grondwaterstanden. Daarom is bij Waterschap de Dommel in de voorgaande versie van het regionale grondwatermodel Dommel 2013 (Royal HaskoningDHV, 2014) de informatie vanuit REGIS voor de diepere ondergrond aangevuld met de beschikbare gegevens vanuit boringen uit de DINO database. De gevolgde aanpak bij het regionale grondwatermodel Dommel 2013 (genaamd DOREgMod2012) is een goede verbetering. In DOREgmod2012 is de informatie gebruikt van de hoofdsoorten klei, leem en veen voor het parameteriseren van de weerstand tegen stroming. Voor watervoerende lagen (zand en grind) is geen onderverdeling gemaakt. Voor het regionale grondwatermodel Dommel 2014 (DORegMod2014) is de aanpak aangepast op basis van voortschrijdend inzicht en opgedane ervaringen met DOREgmod2012.

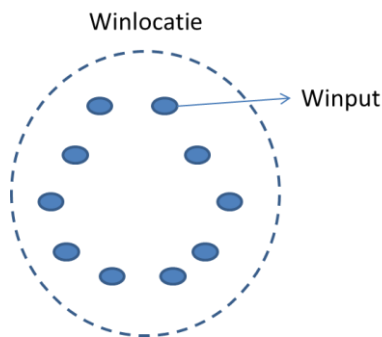
Een belangrijke toevoeging is het gebruik van de verdeling van de hoofdsoort zand in de boorbeschrijvingen voor parameterisering van geohydrologische parameters. De korrelgroottes of classificering wordt gebruikt om doorlatendheden beter in te schatten. Bovendien zijn gyttja en grind ook apart geparameteriseerd. De overige aanwezige grondsoorten zijn in 1 type samengevat. Aangezien er een grote hoeveelheid boringen in het beheersgebied beschikbaar is, is de verwerking geautomatiseerd.

De boringentool is door het waterschap ontwikkeld in Matlab om geautomatiseerd per boring de aangetroffen sedimenten in de beschrijving te sommeren per diepte interval. Hiermee komt per diepte interval, dus bijvoorbeeld van 1 tot 2 meter onder maaiveld, beschikbaar welke sedimenten daar zijn aangetroffen, bijvoorbeeld een halve meter klei en een halve meter zeer grof zand. Deze informatie wordt weggeschreven naar bestanden waar Geolinqs op aantakt.

Bijlage 7 - Onttrekkingen

Drinkwaterwinningen

In het beheersgebied van Waterschap de Dommel wordt door Brabant Water N.V. grondwater gewonnen ten behoeve van drinkwater. Door Brabant Water N.V. is informatie verschaft over de ligging van de individuele winputten in de winlocaties en over de gewonnen hoeveelheid per winlocatie in de tijd tot en met september 2010. In de modellering is gebruik gemaakt van het gemiddelde debiet per winlocatie over de periode 2000-2009. De gewonnen hoeveelheid per winlocatie is verdeeld naar rato van het maximale debiet per winput (zie ook Figuur 0-1). Per winput is de diepte van de onttrekking bekend en een maximum capaciteit van de put.



Figuur 0-1 Schematisatie drinkwaterwinningen

Buiten het beheersgebied van de Dommel maar binnen Nederland en binnen het modelgebied zijn nog meerdere winningen van Brabant Water N.V. aanwezig. Deze zijn op dezelfde manier geschematiseerd.

Industriële en overige winningen

De overige onttrekkingen in de provincie Noord-Brabant zijn aangeleverd door de provincie Noord-Brabant in een onttrekkingenbestand. Indien de locatie van de onttrekking niet is ingevuld in dit bestand, is dit aan de hand van de bekende postcode omgezet naar een locatie. In dit bestand zijn de geregistreerde debieten (onttrokken en geïnfiltreerd) per kwartaal in de periode 2003 tot en met 2007 beschikbaar.

De Nederlandse onttrekkingen buiten de provincie Noord-Brabant zijn overgenomen uit het NHI model, inclusief gekozen laagschematisatie en debieten.

Beregingen

Kleine landbouwonttrekkingen en beregening zitten niet in het model. Hiervoor is gekozen omdat de exacte ligging en duur en hoeveelheid niet goed in beeld zijn. Zouden we de onttrekkingen op deze manier wel meenemen dan zouden we de fout die hiermee geïntroduceerd wordt wegdraaien in andere parameters bij de kalibratie van het model. (Om de effecten van deze kleinere onttrekkingen wel in beeld te krijgen is het beter om een aparte berekening te draaien waarbij op basis van worst-case aannames de onttrekkingen worden aangezet.)

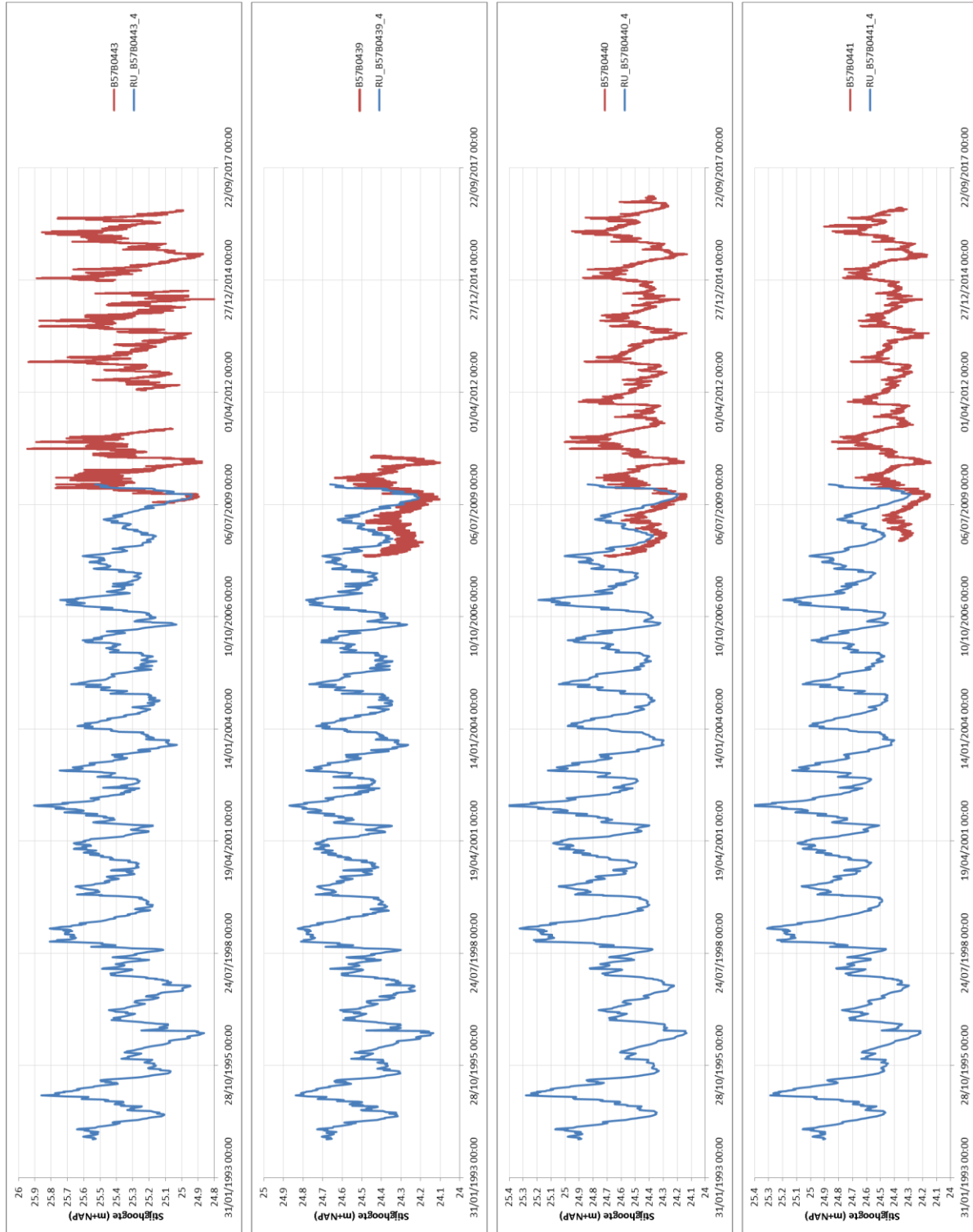
Winningen in België

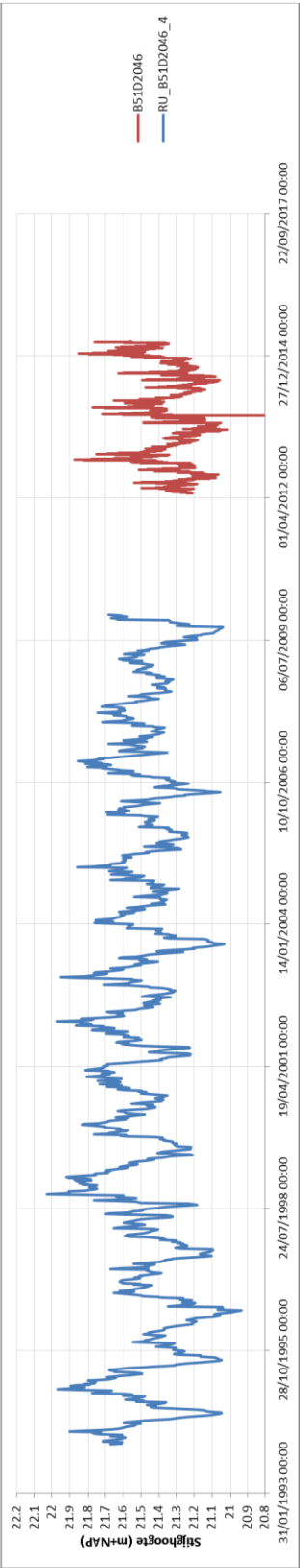
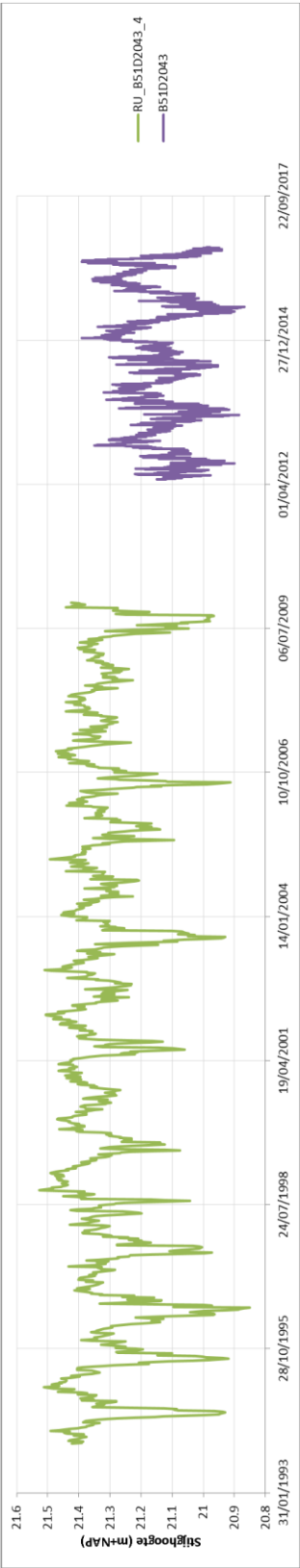
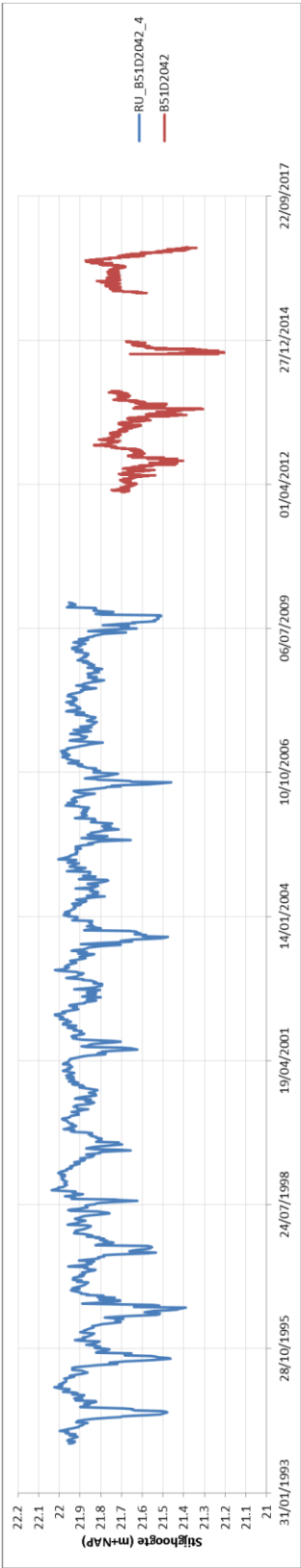
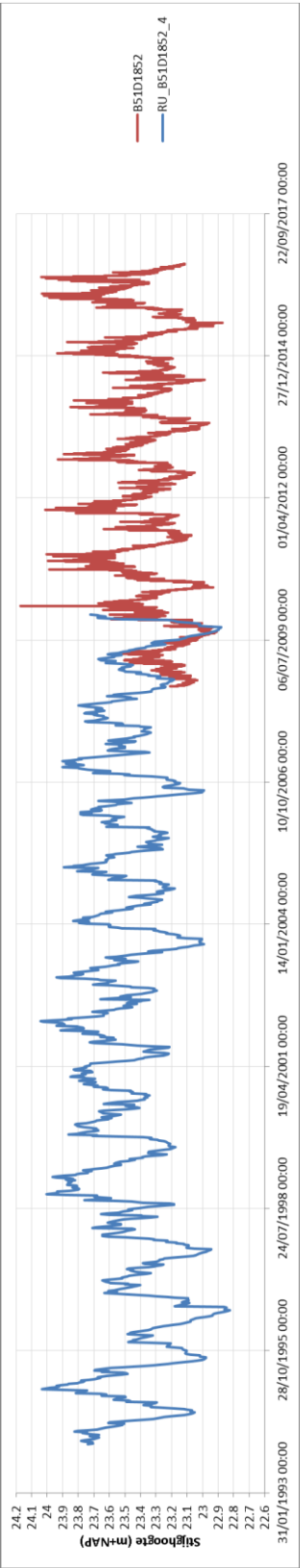
De gegevens voor de onttrekkingen in Vlaanderen zijn afkomstig van de Databank Ondergrond Vlaanderen (DOV) en overgenomen uit het Brabant-Vlaanderen model (Royal Haskoning, 2010).

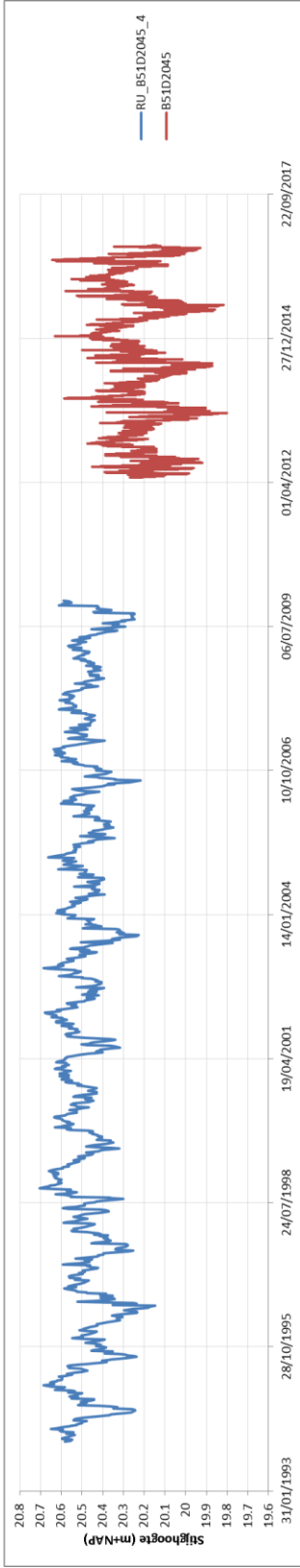
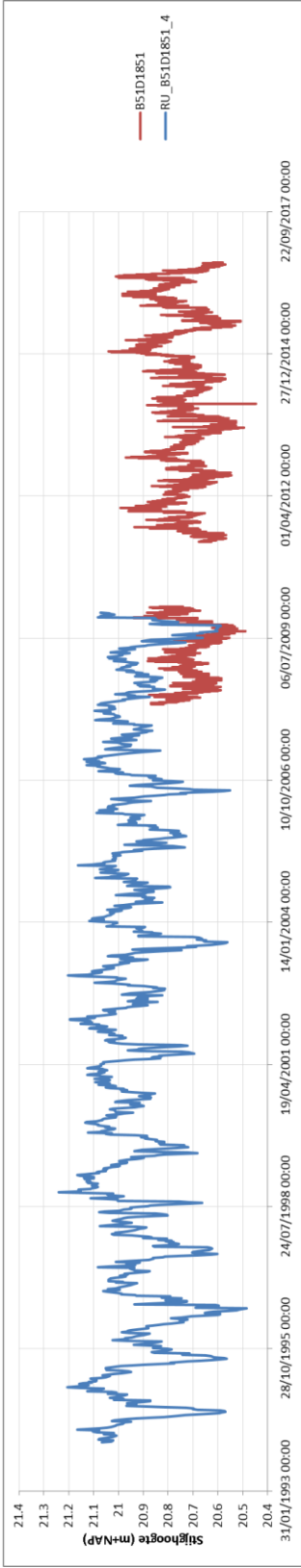
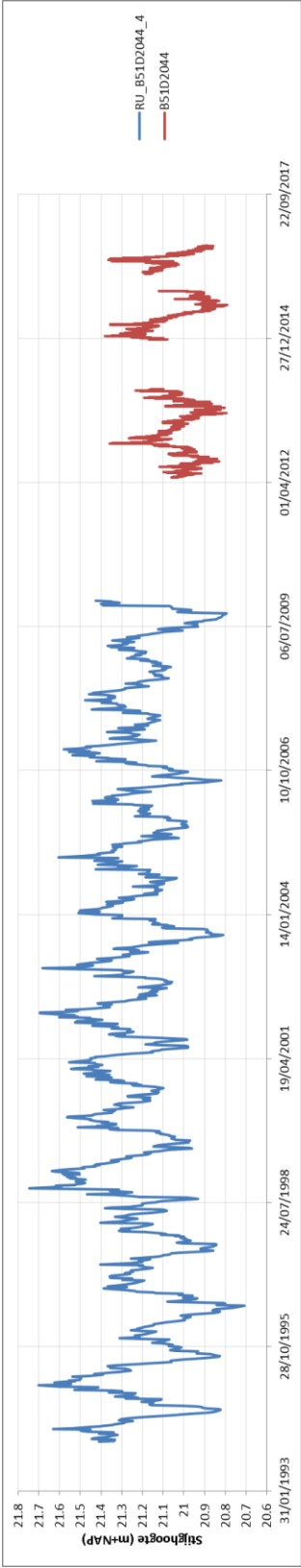
De onttrekkingen in België zijn toegekend aan de modellagen 1, 5, 10 en 14. De onttrekkingshoeveelheden zijn enkel beschikbaar als vergunde hoeveelheden. Voor de grote drinkwaterwinningen is uitgegaan van een onttrekking van 65% van de vergunde hoeveelheid. Voor de overige onttrekkingen is dit 80%.

Bijlage 8 – Metingen peilbuizen en berekende stijghoogtes

Onderstaande grafieken tonen de berekende stijghoogte (blauw) en de gemeten stijghoogte (rood). De berekende grondwaterstanden zijn afkomstig van het rekenpunt dat zo dicht mogelijk bij de locatie van de peilbuis ligt. De afstand van het rekenpunt tot de locatie van de peilbuis ligt tussen de 3 en 25 meter.







Bijlage 2

Technische aandachtspunten Sobek modellering

Memo

Lateralen

Het Dynamische model van de Run is opgebouwd uit de modellen 7_DEh1HW.lit en 10_RunHW.lit. In het model 7_DEh1HW.lit worden een tweetal lateralen toegepast in het model, deze lateralen zijn ingevoerd in de modellen als tijdseries, en verschillen per afvoersituatie. Met betrekking tot deze lateralen zijn er enkele vragen:

- In de sobek connection nodes met kenmerk CONN2488 en CONN82 zijn lateralen opgenomen met een maximum afvoer variërend tussen 0 en 1,73 m³/s. Waar komt dit water vandaan?
- Hoe zijn de tijdseries afgeleid? Er lijken op het eerste gezicht inconsistenties te zitten in de toegepaste piekafvoeren van de lateralen. De piekwaardes van de lateralen in het 7_DEh1HW.lit model zijn opgenomen in onderstaande tabel. De volgende zaken zijn opvallend:
 - Er zijn verschillen tussen de piekafvoeren tussen de scenario's met datum 20160518 en de scenario's met datum 20160530. Hoe komt dit? Zitten hier wellicht lateralen van W+ scenario's tussen?
 - Voor het 20160530 T10 scenario zijn dezelfde lateralen toegepast als in het 20160530 T25 scenario.

	Maximale afvoer Lateraal op node CONN82 (m ³ /s)				
	T100	T50	T25	T10	T1
20160518 HW Scenario's	0.98	0.8	0.61	0.38	0.19
20160530 HW Scenario's	0.92	0.81	0.62	0.62	0.16

	Maximale afvoer Lateraal op node CONN2488 (m ³ /s)				
	T100	T50	T25	T10	T1
20160518 HW Scenario's	1.73	1.48	1.28	1	0
20160530 HW Scenario's	1.99	1.71	1.52	1.52	0

Vershil Voorjaar vs. Winter

Het is opgevallen dat er slechts kleine verschillen in waterstanden zijn tussen Winter en Voorjaar. Er is gecontroleerd of dit correct is overgekomen uit de oorspronkelijke modellen (10_Run_s.Lit en 7_DEhv_s.Lit).

De conclusies zijn:

- Het verschil in afvoer tussen de Winter en Voorjaars situatie is erg klein. Dit kleine verschil is al aanwezig in de originele modellen.
- De afvoeren (modelresultaat) tussen het gekoppelde model (zowel huidig als variant 1B) en de oorspronkelijke modellen zijn gelijk.
- De 1D ruwheden zijn correct overgekomen in het gekoppelde model. De ruwheid is identiek tussen gekoppeld model en oorspronkelijk model, met uitzondering van de beekherstel trajecten zoals benoemd in de notitie.

	Afvoer Bovenstroomse deel van het model (m ³ /s)		
	Huidig	Huidig	1B
Model	10_Run_s	Run_Var1.lit	Run_Var1.lit
Winter	0.370	0.370	0.369
Voorjaar	0.324	0.324	0.324
Zomer	0.073	0.073	0.073
Najaar	0.151	0.151	0.150

	Afvoer Benedenstroomse deel van het model (m ³ /s)		
	Huidig	Huidig	1B
	7_DEhv_s	Run_Var1.lit	Run_Var1.lit
Winter	0.395	0.395	0.395
Voorjaar	0.346	0.346	0.346
Zomer	0.078	0.078	0.078
Najaar	0.160	0.160	0.161

Bovenstroomse rand

Op de bovenstroomse rand bij De Dommel in het dynamische model (afkomstig uit model 7_DEh1HW.lit) wordt een tijdserie opgelegd in het model. Vermoedelijk is hier echter al sprake van inundatie van het maaiveld. Dit effect wordt niet meegenomen. Hoe moet hier mee omgegaan worden?

2D ruwheden

De koppeltabel die is toegepast in dit model tussen vegetatie uit het LGN7 en ruwheid in het Sobek model is gebaseerd op het LGN4. In het LGN7 zijn echter nieuwe codes toegevoegd, welke niet in de koppeltabel zijn opgenomen. Deze nieuwe codes zijn echter niet van toepassing binnen het modeldomein. Het feit dat de koppeltabel niet 100% compleet is, is dus geen probleem voor dit project.

Toelichting uitgangspunt keuze koppeltabel 2D ruwheden

De toegepaste koppeltabel is geldig voor relatief kleine waterdieptes (Gras heeft hier een relatief hoge ruwheid, en bosgebied een relatief lage ruwheid). De koppeltabel is niet onverminderd toepasbaar bij hogere waterdieptes (waar gras een relatief lage ruwheid kent en bos een relatief hoge ruwheid). De koppeltabel is gebaseerd op winterruwheden. In de zomer kunnen ruwheden afwijken van de winter. Dit is met name van belang voor gebieden met Mais. In de zomer is de ruwheid hier zeer hoog, terwijl in de winter (zoals met deze koppeltabel) de ruwheid laag is. Er wordt dus verondersteld dat de T1 tot T100 situaties in de winter zullen optreden.