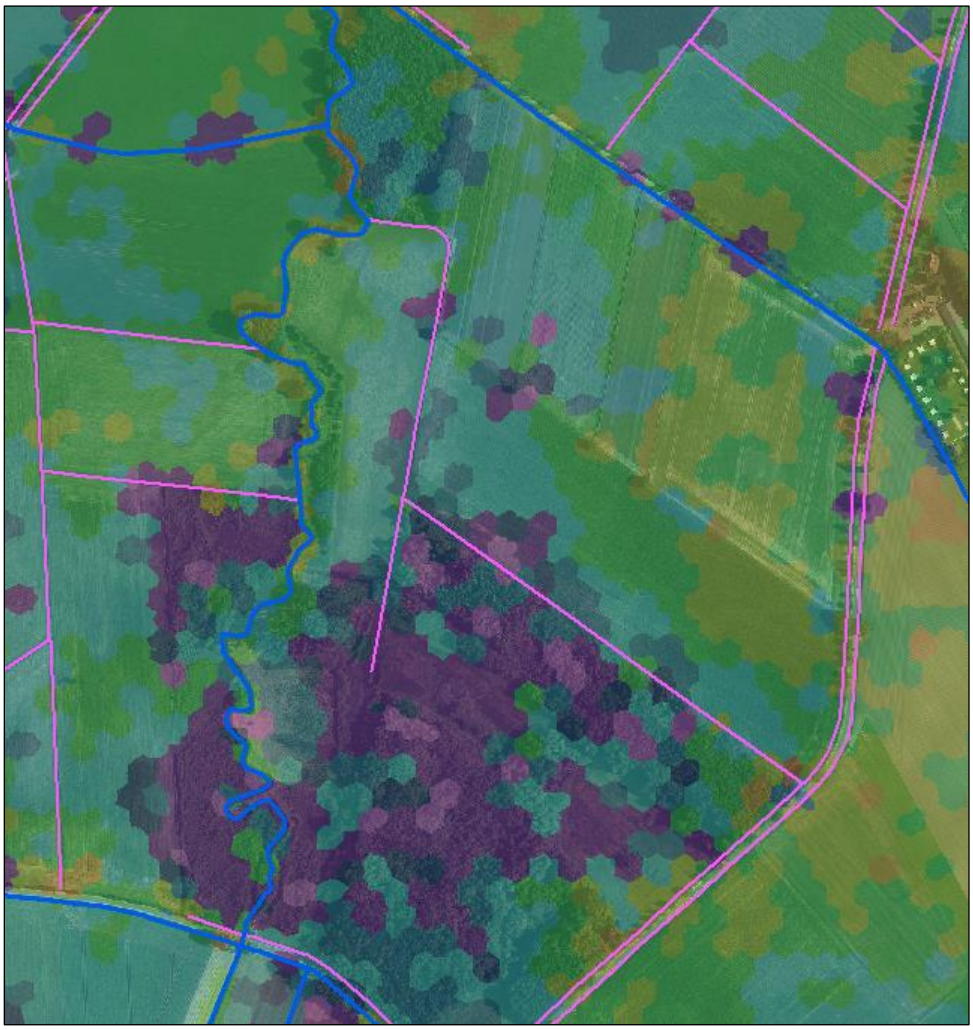
Hydrologische achtergrondrapportage – Resultaten grond- en oppervlaktewatermodel Kromhurken



Waterschap De Dommel

Gosro Karimlou

Juni 2019

Inhoud

Inhoud 2
1 Inleiding 4
1.1 Gebiedsbeschrijving 4
1.2 Doel van het grond- en oppervlaktewatermodel 7
1.3 Project Kromhurken 8
2 Grondwater 9
2.1 Opbouw van het model 9
2.1.1 Opbouw rekengrid 9
2.1.2 Modelschematisatie huidige situatie 9
2.1.3 Modelschematisatie definitief scenario 17
2.2 Toetsing model 21
2.2.1 Toetsing regionaal model 21
2.2.2 Aanpassingen grof-lokale model 21
2.2.3 Vergelijking metingen en berekeningen 21
2.3 Modelresultaten 24
2.3.1 Huidige situatie 24
2.3.2 Definitief scenario Kromhurken 34
3 Oppervlaktewater 40
3.1 Modelschematisatie huidige situatie 40
3.1.1 Opbouw en toetsing van het model 40
3.1.2 Modelresultaten huidige situatie 40
3.2 Analyses met betrekking tot maatregelen second opinion Kromhurken 41
3.2.1 Analyse KS11 (zuidzijde Looerheideweg) 42
3.2.2 Analyse KS29 43
3.3 Modelschematisatie en resultaten definitief scenario 45
Bijlage 1 - Opbouw van het grid 50
Bijlage 2 - Oppervlaktewaterpeilen 54
Bijlage 3 – Overige aanpassingen 55
Bijlage 6 - Laagopbouw 56
Boringentool 57
Bijlage 7 - Onttrekkingen 58

Drinkwaterwinningen 58
Industriële en overige winningen 58
Beregeningen 58
Winningen in België 59
Bijlage 8 – Metingen peilbuizen en berekende stijghoogtes 60
Bijlage 9 – HMI rapportages oppervlaktewatermodel Keersop 61
Bijlage 10 – Sideviews van afvoergolven in Sobek 62
Bijlage 11 – Legenda Ambitiebeheertypen 63

1 Inleiding

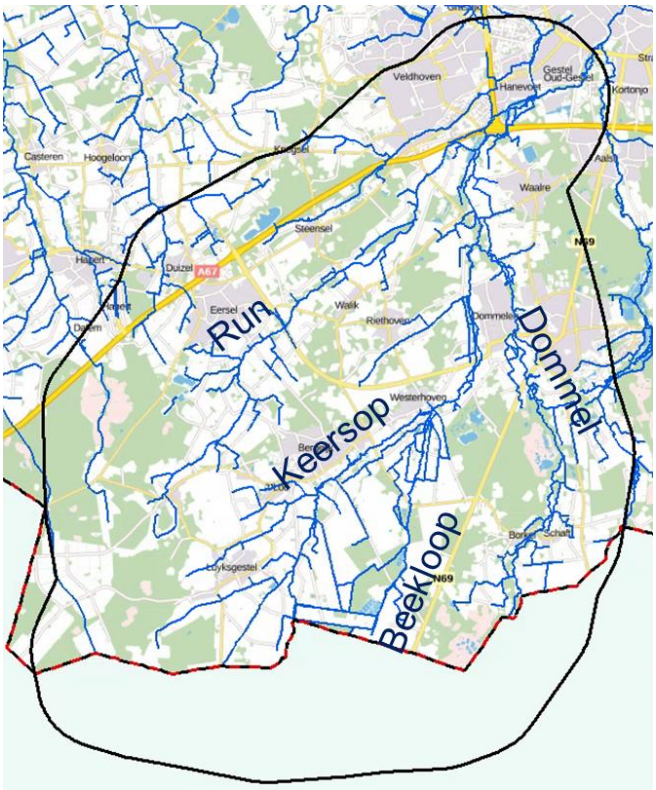
In het stroomgebied van de Keersop en de Run speelt een aantal projecten en initiatieven. Om deze projecten en initiatieven te voorzien van informatie met betrekking tot grond- en oppervlaktewater in de vorm van een huidige situatie berekening en scenario berekeningen, zijn een grond- en oppervlaktewatermodel van dit gebied vervaardigd. In dit memo wordt beschreven hoe de modellen zijn opgebouwd en wat de resultaten van de huidige situatie en het definitieve scenario is.

1.1 Gebiedsbeschrijving

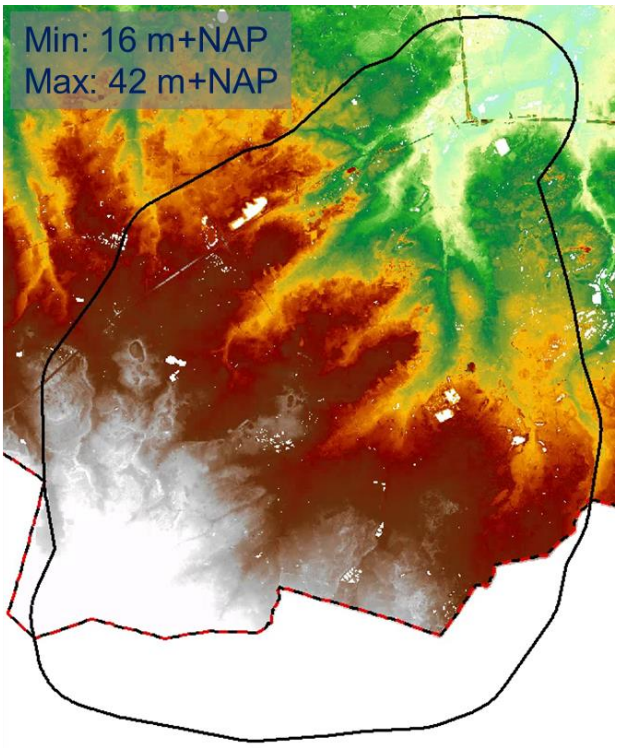
Het grondwatermodel beslaat het gebied zoals aangegeven in Figuur 1. Dit gebied bevat (delen van) de stroomgebieden van de Keersop, Run, Beekloop en Dommel. Alle beken in het gebied stromen globaal gezien van zuid naar noord. Ook het gebied helt van zuid naar noord af (zie Figuur 2). In het zuiden ligt 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 die de dorpen in het gebied 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.



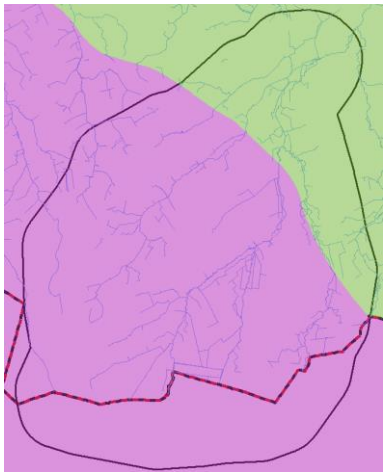
Figuur 1 Locatie van modelgebied grondwater



Figuur 2 Hoogtekaart van het modelgebied (grondwater)

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

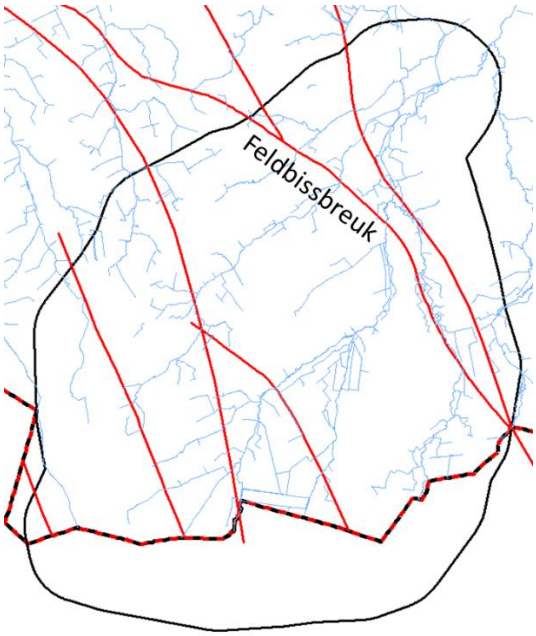
- De centrale slenk.
- De Horst (grootste deel van interessegebied rondom de Keersop en de Run ligt op de horst (Figuur 3)). De Kromhurken ligt in dit gebied. Net benedenstrooms van het natuurgebied Grootgoor (langs de Run) en het natuurgebied de Keersopperbeemden (langs de Keersop) ligt de breukzone. 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 grind houdende 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 echter zijn ze (zeker ondiep) minder dik.

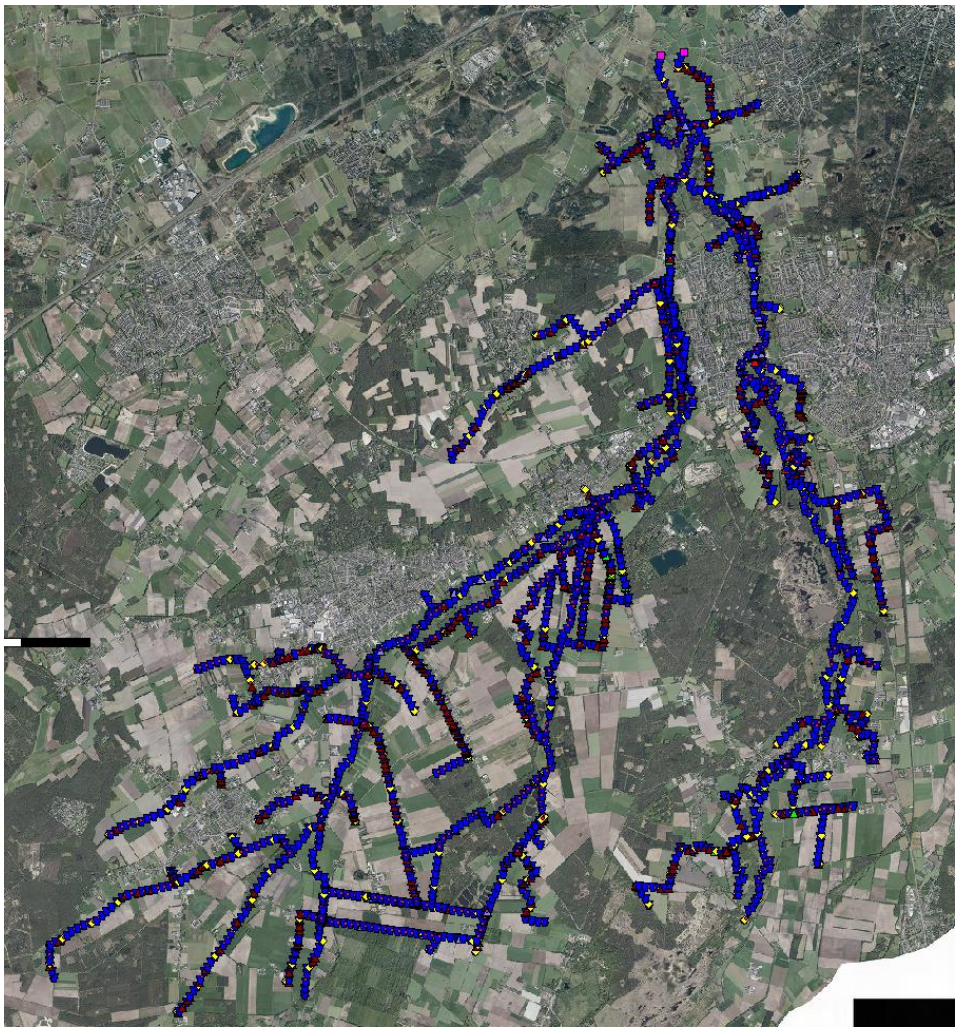
Naast de breuklijn die de verdeling tussen de horst en de centrale slenk heeft veroorzaakt zijn er ook nog een aantal kleinere breuken in het gebied aanwezig. Op onderstaande figuur worden deze breuklijnen weergeven.



Figuur 4 Aanwezige breuklijnen in het gebied

Het oppervlaktewatermodel beslaat het gebied zoals aangegeven op Figuur 5. Dit model bevat de Keersop, Beekloop en het bovenstroomse gedeelte van de Dommel. Daarnaast bevat het model alle zijwatergangen die de status ‘A-watergang’ hebben. B- en C-watergangen worden niet gemodelleerd met het oppervlaktewatermodel. De afmetingen (profielen) van de verschillende watergangen zijn afkomstig uit het beheerregister van het waterschap welke ingemeten profielen bevat. Verder bevat het model kunstwerken zoals:

- Duikers
- Bruggen
- Stuwen
- Sifons
- Vistrappen



Figuur 5 Ligging oppervlaktewatermodel in Sobek

1.2 Doel van het grond- en oppervlaktewatermodel

Het doel van het maken van de grond- en oppervlaktewatermodel van het gebied van de Keersop en de Run is om een aantal projecten en initiatieven die in het gebied spelen te voorzien van informatie met betrekking tot grond- en oppervlaktewater. Het gaat om de volgende projecten/initiatieven gericht op het realiseren van diverse water- en natuuropgaven:

- Project Keersopperbeemden
- Project Keersop-midden
- Project Kromhurken
- Project Grenscorridor N69: aanleg nieuwe N69
- Beekherstel en NNP De Run

De modellen zullen gebruikt worden om de huidige situatie te berekenen en om effecten van scenario's te berekenen en eventuele benodigde mitigerende maatregelen.

1.3 Project Kromhurken

Deze achtergrondrapportage is specifiek opgesteld ten behoeve van het project Kromhurken. Het plangebied is gelegen langs de Keersop direct ten zuiden van Bergeijk en is opgenomen in Figuur 6.

Binnen dit het project Kromhurken spelen de volgende opgaven:

- N2000-PAS: instandhouding N2000 habitats
- N2000-Kaderrichtlijn Water (KRW): verbeteren waterkwaliteit Keersop
- Herstel Natte Natuurparel Kromhurken: verdrogingsbestrijding
- Leven-de-Dommel: maatregelen om gevolgen van klimaatverandering op te vangen
- Natuurnetwerk Brabant: realisatie natuurnetwerk met natuurbeheertypen

In Figuur 6 is te zien dat de projectgrens ruimer is dan de begrenzing van het natuurnetwerk in het ontwerp natuurbeheerplan 2020. Deze percelen zullen aan de NNB worden toegevoegd.



Figuur 6 Projectgrens en opgaven project Kromhurken

2 Grondwater

2.1 Opbouw van het model

2.1.1 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 is er variatie in de rekenpuntsdichtheid aangebracht in het grondwatermodel. Veel rekenpunten op de locaties waar veel detail nodig is (bijvoorbeeld in het natuurgebied van de Kromhurken en het landbouwgebied daar direct omheen). 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
Analyse inundatie oppervlaktes
Om te kunnen beoordelen of de maatregelen die in het kader van dit project zijn bedacht een positief effect hebben op het oppervlak aan geïnundeerd gebied is de omvang van de berekende geïnundeerde oppervlaktes zijn in T10 en T100 (huidig klimaat) bepaald. Dit is gedaan voor de huidige situatie en het definitieve scenario. Daarnaast is ook onderscheid gemaakt tussen *natuur* en *niet natuur*. Per berekening is per categorie het oppervlak (m2) weergeven dat inundeert vanuit de beek. Dit is weergeven in Tabel 2.

Een paar conclusies op basis van de inundatieoppervlaktes uit de verschillende berekeningen:

- Het inundatieoppervlak in het definitieve scenario op *natuur* neemt toe.
- Het inundatieoppervlak in het definitieve scenario op *niet natuur* neemt af.
- Het inundatieoppervlak in het definitieve scenario in het gehele gebeid neemt af.

Tabel 2 Oppervlaktes inundatie in *natuur* en *niet natuur* voor T10 en T100 (huidig klimaat) (oppervlaktes in m^2).

	T10 HK natuur	T10 HK niet natuur	**Totaal**
inundatie huidig (m2)	89375	43750	133125
Inundatie definitief scenario (m2)	119375	12500	131875
Verschil	-30000	31250	1250

	T100 HK natuur	T100 HK niet natuur	**Totaal**
inundatie huidig (m2)	235000	177500	412500
Inundatie definitief scenario (m2)	257500	128750	386250
Verschil	-22500	48750	26250

Een belangrijke kanttekening is dat het oppervlak aan natuur ook toeneemt in het definitieve scenario. Zie ook Figuur 48. Op de figuur is links de verdeling natuur/niet-natuur te zien van de huidige situatie, recht is de verdeling te zien voor het definitieve scenario.



Figuur 48 Verdeling *natuur* en *niet natuur* die is gebruikt bij de berekening van de inundatieoppervlaktes (links de verdeling natuur/niet-natuur huidige situatie, recht verdeling natuur/niet-natuur definitieve scenario).

Bijlage 1 - Opbouw van het grid.

2.1.3 Modelschematisatie huidige situatie

Het model van de Keersop en de Run is gebaseerd op het regionale grondwatermodel van Waterschap De Dommel (DoRegMod2014). Dat betekent dat het grondwatermodel van de Keersop en de Run gebruik maakt van de gegevens van DoRegMod2014. Het grondwatermodel van de Keersop en de Run 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 Keersop en de Run maakt gebruik van de randvoorwaardes, opbouw van de lagen en eigenschappen (weerstand, doorlatendheid), breuken en onttrekkingen zoals deze zijn gemodelleerd in het regionale grondwatermodel van De Dommel. Het model van de Keersop en de Run is verder verfijnd en aangevuld met de meest recente kennis van het gebied. Het gaat daarbij om:

- Oppervlaktewaterpeilen
- Inmetingen van detailontwatering niet zijnde A-watergangen (greppels en sloten op basis van 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 Model Instrumentarium). In *Bijlage 2 - Oppervlaktewaterpeilen* en *Bijlage 3 – Overige aanpassingen* is meer informatie te vinden over de gegevens waarmee het model is verfijnd/aangevuld.

2.1.3.1 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 voor vier periodes in het jaar (winter, voojaar, zomer en najaar). 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.

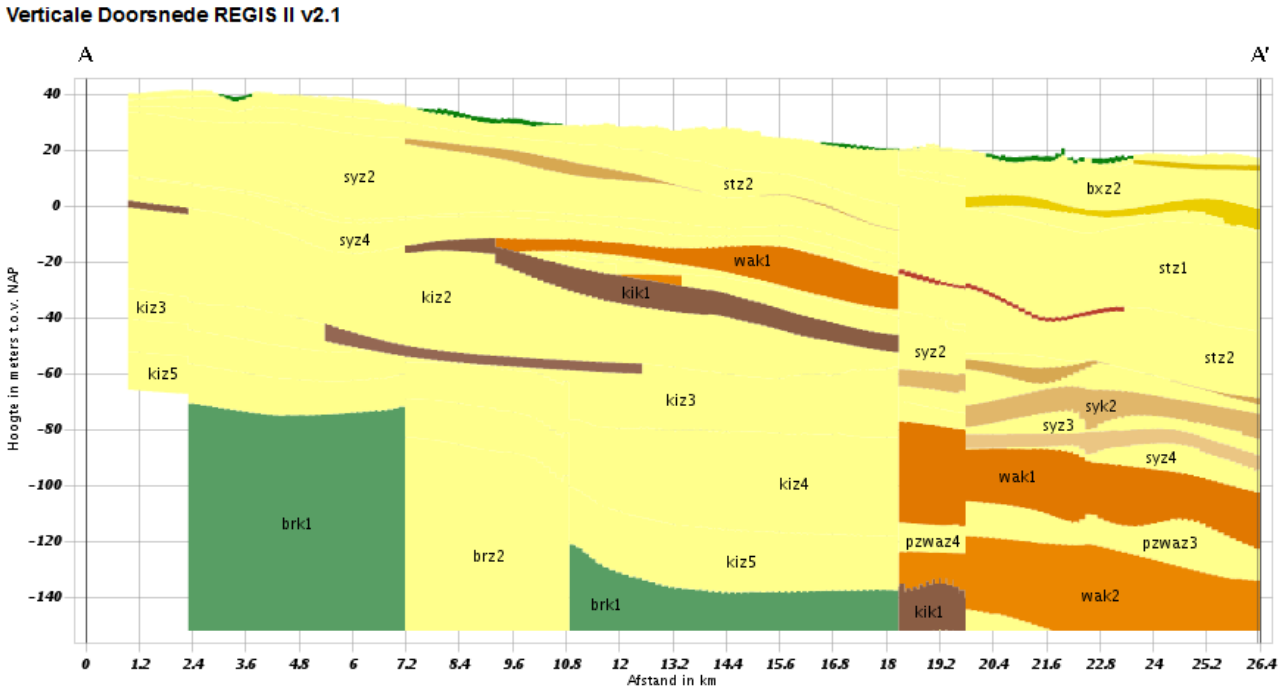
2.1.3.2 Grondwateraanvulling

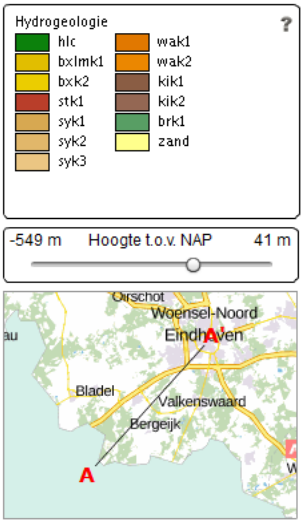
De grondwateraanvulling wordt berekend op basis van een FLUZO databank. FLUZO is een rekencode die is ontwikkeld door RHDHV. Voor meer informatie hierover zie de achtergrondrapportage van het Regionale grondwatermodel van de Dommel *(Update databank en grondwatermodel 2014, RHDHV, 2017, BC9311)*.

2.1.3.3 Laagopbouw

De laagopbouw is de basis die gebruikt wordt om andere geohydrologische parameters mee te beschrijven, bijvoorbeeld doorlatendheden en weerstanden, maar ook in welke modellaag een onttrekking van een winlocatie valt. De ligging van de lagen en de toegekende hydrologische parameters zijn voor 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 7 is een indruk weergegeven van aanwezige lagen in het stroomgebied van de Keersop.





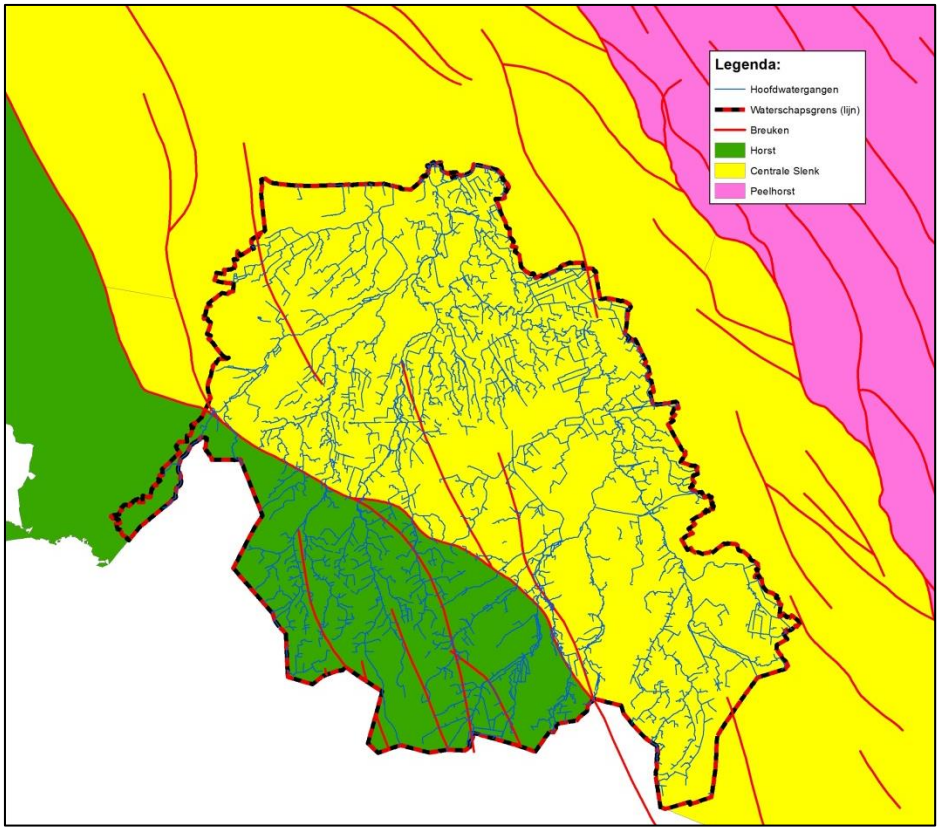
Figuur 7 Doorsnede van de ondergrond (van zuidwest naar noordoost) in het modelgebied (Bron: www.dinoloket.nl (REGIS 2.1))

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*.

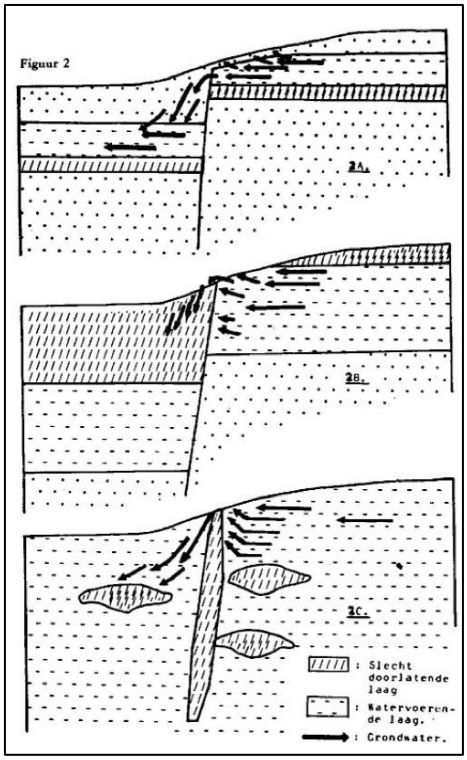
2.1.3.4 Breuken

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 8).



Figuur 8 Ligging breuken en deelgebieden binnen beheergebied Waterschap De Dommel

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 9 wordt een voorbeeld gegeven van het stromingspatroon ter plaatse van een breuk.



Figuur 9 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 9). 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.

2.1.3.5 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*.

2.1.3.6 Buisdrainage

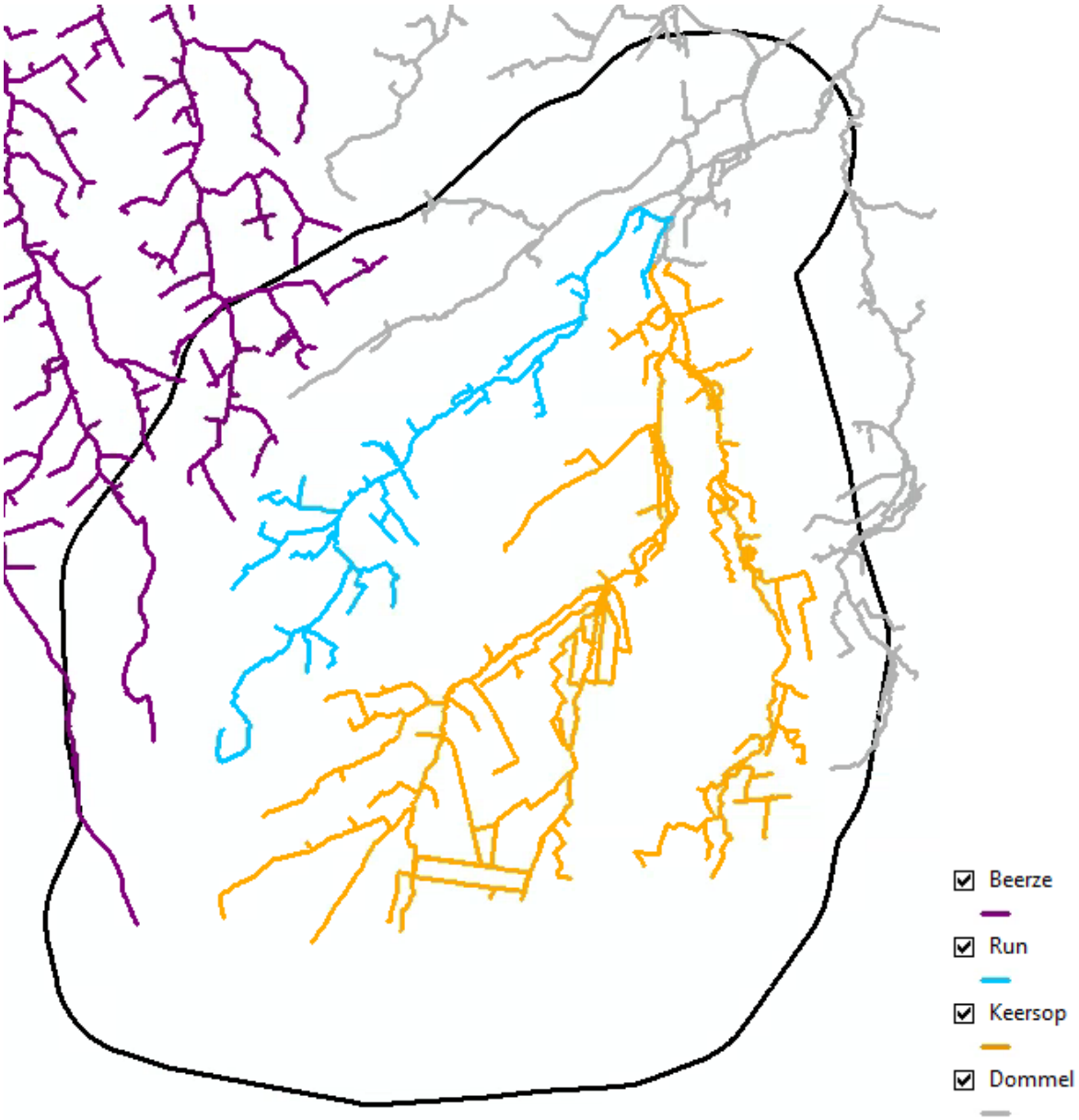
In het gebied in en om de Kromhurken is geen buisdrainage opgenomen in het grondwatermodel.

2.1.3.7 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 Sobek-modellen die zijn gebruikt zijn:

- 7_Dehv_s.lit (Dommel)
- 9_Keer_s.lit (Keersop)
- 10_Run_s.lit (Run)
- 4_BRZbov.lit (Beerze)

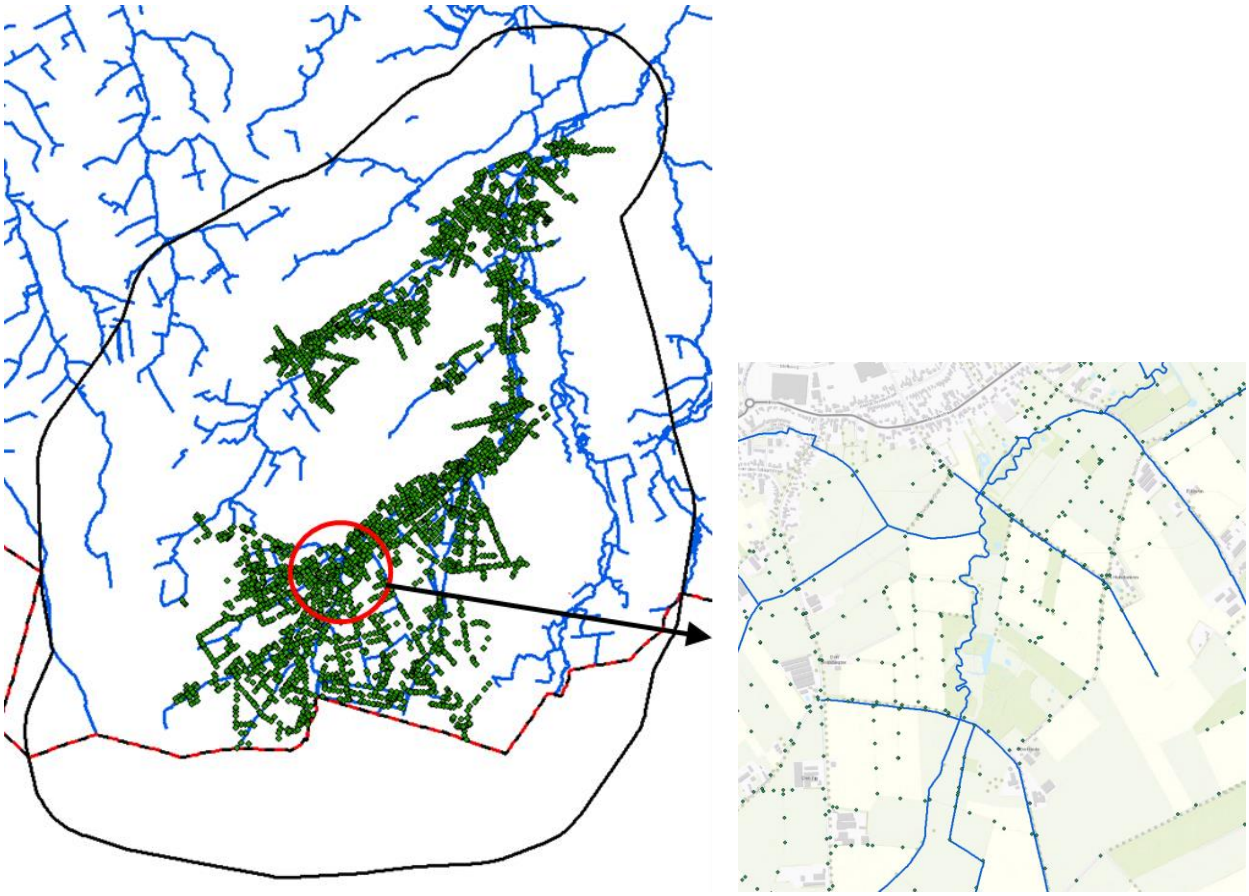
In Figuur 10 is te zien wat de ligging is van de Sobek modellen.



Figuur 10 Ligging van de Sobek modellen.

2.1.3.8 Inmetingen greppels en sloten

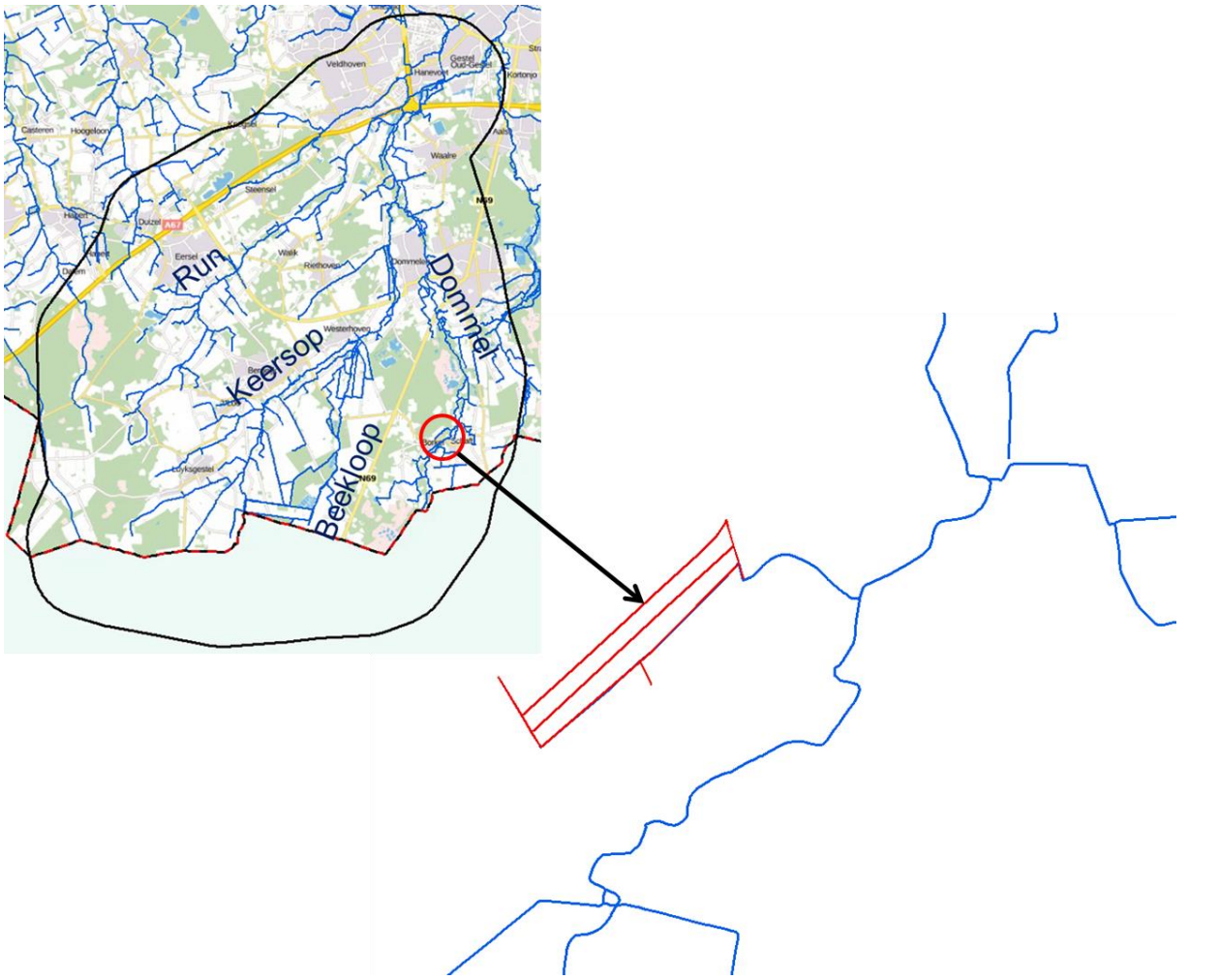
Van A-watergangen is doorgaans een profiel bekend. Deze profielen zijn in het oppervlakte- en grondwatermodel gebruikt. Van greppels en sloten (B- of C-watergangen) is doorgaans geen profiel bekend. Omdat deze watergangen relevant zijn voor het grondwatermodel (drainagebasis) is van een groot deel van 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 11 is te zien op welke locaties de greppels en sloten zijn ingemeten.



Figuur 11 Locaties van inmetingen van greppels en sloten.

2.1.3.9 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 zijn 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) is de waterstand ter plaatse door Sobek berekend. In Figuur 12 is te zien welke onderbemaling hard is opgelegd aan het grondwatermodel.



Figuur 12 Locatie van onderbemaling die hard is opgelegd aan het grondwatermodel (rode watergangen in ingezoomde kaart)

2.1.3.10 Infiltratie

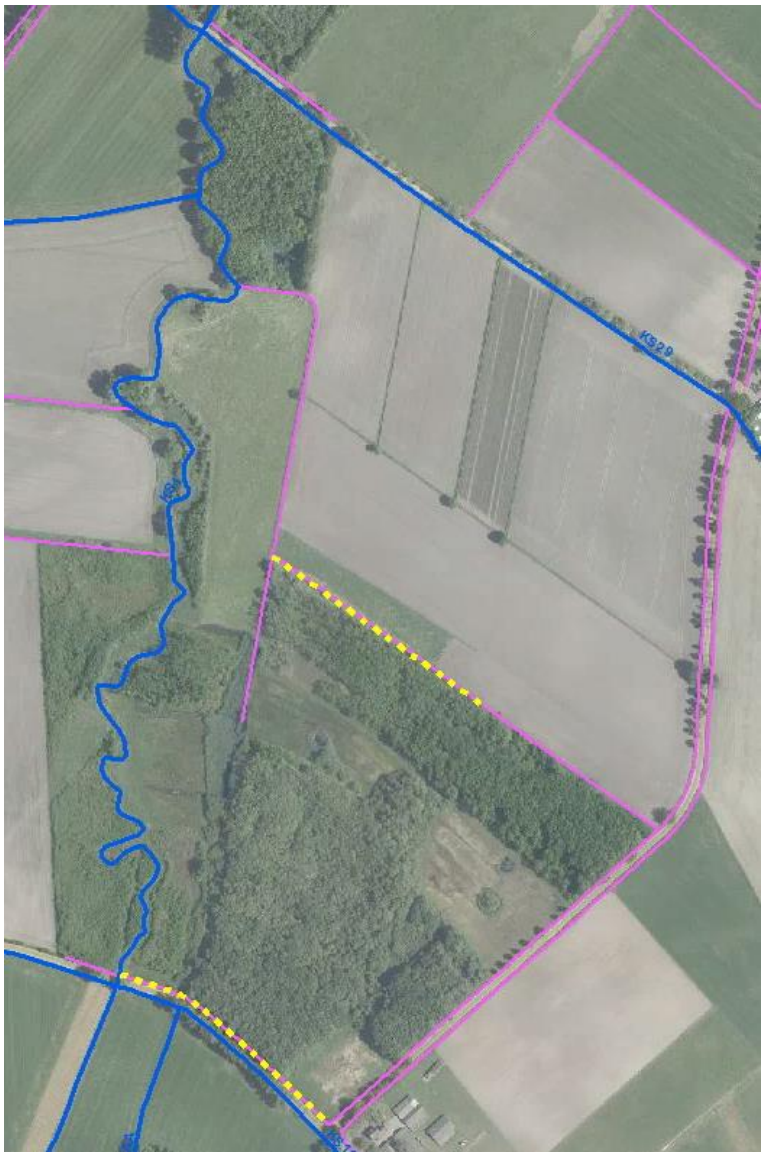
Watergangen kunnen een drainerende werking of een infiltrerende werking op het grondwater in de omgeving hebben. De meeste watergangen in het gebied van de Keersop hebben een drainerende werking op de omgeving. Model-technisch wordt dit geregeld door de infiltratie vanuit watergangen op een hele kleine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

2.1.4 Modelschematisatie definitief scenario

In de modelschematisatie van het definitieve scenario zijn een aantal wijzigingen doorgevoerd t.o.v. de modelschematisatie van de huidige situatie. De wijzigingen betreffen:

- Dempen van watergangen
- Graven van watergangen
- Afgraven van percelen

Figuur 13 geeft aan welke watergangen zijn gedempt in het definitieve scenario.



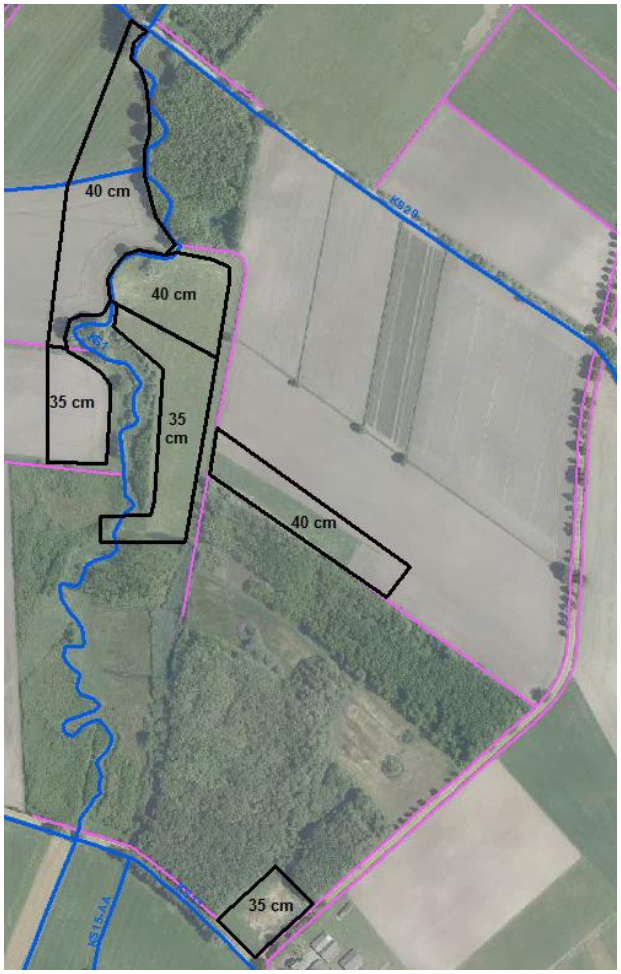
Figuur 13 Watergangen die modelmatig zijn gedempt (gele stippellijn).

De rood gestippelde watergang op Figuur 14 zal worden gegraven om de afwatering te garanderen die de gele stippellijn (Figuur 14) eerst verzorgde. Dit was in eerste instantie niet bekend. Daarom is deze watergang niet toegevoegd aan het rekengrid van het grondwatermodel. Hierdoor is het niet mogelijk om de effecten van deze sloot te bepalen met het model. Om toch inzicht in de effecten van deze watergang te geven is de bestaande watergang die is weergeven met een zwarte lijn (Figuur 14) niet uit het model verwijderd. De verwachting is dat de nieuw te graven watergang een vergelijkbaar effect heeft op het grondwater als de huidige zwart-gekleurde watergang.



Figuur 14 Nieuwe b-watergang

Figuur 15 geeft aan welke percelen modelmatig zijn afgegraven en hoeveel centimeter is afgegraven.



Figuur 15 Locaties van afgravingen inclusief beoogde afgravingsdiepte.

Bovenstaande maatregelen zijn in het grondwatermodel opgenomen. Naast deze maatregelen zijn ook maatregelen voorzien die niet in het grondwatermodel zijn opgenomen. In dit geval gaat het om een nieuw voorziene stuw. Deze stuw is voorzien in de KS11 (zie Figuur 16). De drempel komt 0,30 m boven de bodem van de huidige watergang te liggen. De nieuwe stuw in de KS11 is niet in het grondwatermodel opgenomen. De reden tweeledig:

- De verwachting is dat de effecten op de GHG minimaal zijn. Deze verwachting is gebaseerd op een berekening waarbij het peil van de watergang waar de stuw in is voorzien in zijn geheel met 0,50 m is verhoogd. De effecten waren in deze berekening zeer klein. Nu wordt slechts over een stuk van een paar honderd meter een gemiddelde peilstijging van 0,15 m gerealiseerd (aan het begin 0,30 m en aan het eind 0). De verwachting is dat de effecten daarom verwaarloosbaar klein zijn.
- De effecten op de GLG zijn niet goed te modelleren met het huidige model. Door het plaatsen van de stuw zal de watergang tot een paar honderd meter bovenstrooms van de stuw later droogvallen dan in de situatie zonder stuw. Het water dat bovenstrooms van de stuw blijft staan zal langzaam in de bodem infiltreren. Dit infiltratieproces maakt geen onderdeel uit van het model op deze locatie. De verwachting (op basis van expert judgement) is dat door deze maatregel de GLG in de directe omgeving wordt verhoogd.



Figuur 16 Locatie van de nieuwe stuw.

Voor de overige parameters geldt dat ze zijn overgenomen uit het model van de huidige situatie.

2.2 Toetsing model

2.2.1 Toetsing regionaal model

Het grof-lokale grondwatermodel van de Keersop en de Run 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)*.

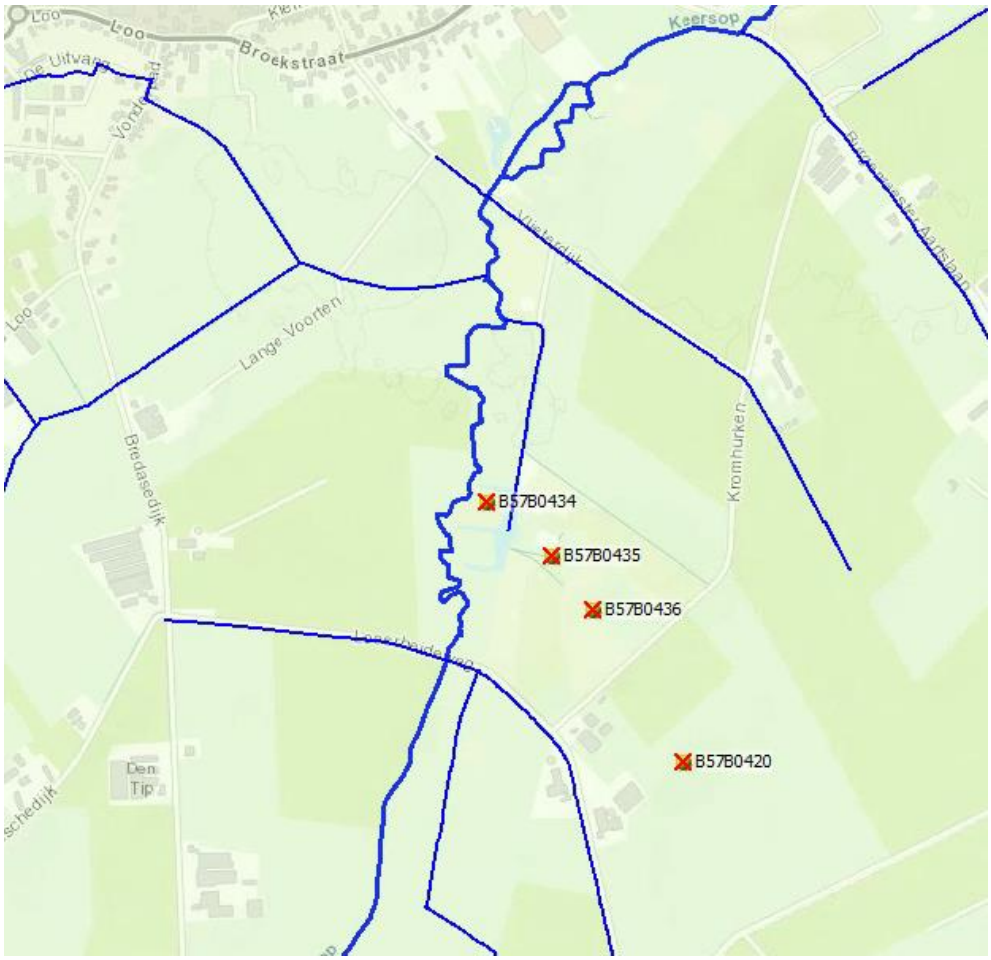
2.2.2 Aanpassingen grof-lokale model

Op basis van een aantal verkennende berekeningen met het grondwatermodel van de Keersop en de Run is gebleken dat het model betere resultaten geeft als de doorlatendheden van een aantal zandklasses 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 in verbeterd *(Update databank en grondwatermodel 2014, RHDHV, 2017, BC9311).*

2.2.3 Vergelijking metingen en berekeningen

In het gebied rondom de Kromhurken bevinden zich 4 peilbuizen waarvan meetreeksen beschikbaar zijn die lang genoeg zijn om te gebruiken voor vergelijking met het grondwatermodel (zie Figuur 17). Deze peilbuizen hebben een meetperiode 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 ordegrootte 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_20181113TA).



Figuur 17 Locatie peilbuizen voor vergelijking met modelresultaten.

De peilbuizen 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 ordegrootte 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.

Per peilbuis is een korte analyse gemaakt waarin de meting van de peilbuis word vergeleken met de modelresultaten op de locatie van de peilbuis. De analyses leveren de volgende resultaten op:

- B57B0434
    - In de overlappende periode van de meting en berekening, berekent het model de grondwaterstanden circa 0,1 tot 0,2 m te laag. Daarnaast lijkt de dynamiek in het grondwatermodel iets minder groot dan in de meting.
- B57B0435
    - In de overlappende periode van de meting en berekening, berekent het model de grondwaterstanden circa 0,1 m te laag. Daarnaast lijkt de dynamiek in het grondwatermodel iets minder groot.
- B57B0436

    - Deze peilbuis heeft geen overlappende periode. Qua ordegrootte lijkt het model de grondwaterstanden tussen de 0 en 0,1 m te onderschatten. De dynamiek lijkt aardig overeen te komen.
- B57B0420
    - De gemiddelde grondwaterstand lijkt hier aardig overeen te komen. De dynamiek in het grondwatermodel is echter wel minder dan in de meting. Hierdoor berekend het grondwatermodel de pieken lager dan in de meting en de dalen hoger dan in de meting.

2.2.3.1 Discussie en conclusie

Over het algemeen zijn de grondwaterstanden die het grondwatermodel in dit gebied berekend te laag tot goed. Dicht bij de Keersop is het model 0,1 tot 0,2 m te droog. Verder van de Keersop af liggen de modelberekeningen dichter bij de metingen en is het model 0 tot 0,1 m te droog. Midden in Kromhurken is het model redelijk goed.

Mogelijk is de oppervlaktewaterstand van de Keersop in het grondwatermodel (welke als randvoorwaarde is opgenomen) gemiddeld genomen lager dan dat deze in de werkelijkheid is geweest. Dit zou verklaren waarom het model dicht bij de Keersop meer afwijkt van de metingen dan verder van de Keersop af. Een andere reden voor deze afwijking zou kunnen zijn dat de drainageweerstand van de beek in het model te hoog is. Een hogere drainageweerstand zorgt ervoor dat de beek het grondwater minder makkelijk afvoert en dit zorgt weer voor hogere grondwaterstanden rondom de beek.

De dynamiek van de grondwaterstanden in het grondwatermodel op de locaties van de peilbuizen is kleiner dan in de metingen. Dit kan verschillende redenen hebben. Eén van de mogelijk redenen is een verschil tussen doorlatendheid en/of weerstand van de grondlagen van het model t.o.v. de werkelijkheid.

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.

In de gesprekken met de grondeigenaren zijn de resultaten van de huidige situatie getoond. Eigenaren geven aan zich op hoofdlijnen te herkennen in de resultaten.

2.3 Modelresultaten

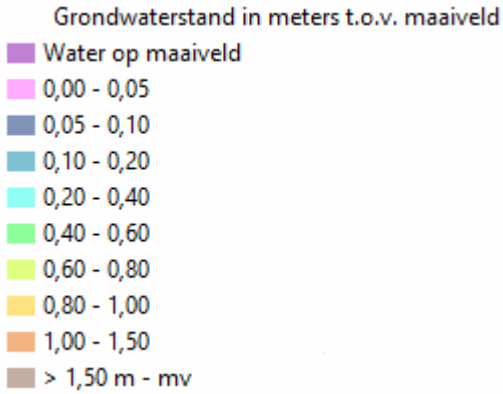
In onderstaande paragraven worden de resultaten van het grondwatermodel getoond van de huidige situatie en van scenario Variant 1B. Voor deze twee berekeningen worden de berekende GxG getoond en de resultaten van de waternood-toetsing. Daarnaast wordt ook een vergelijking gemaakt tussen de twee berekeningen,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

2.3.1 Huidige situatie

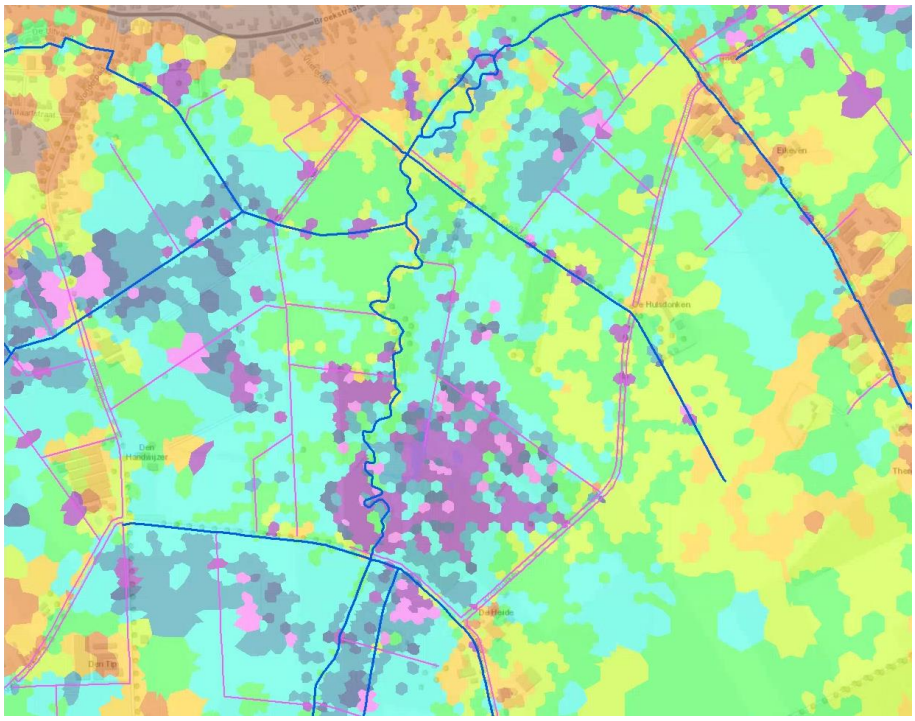
2.3.1.1 GxG

Onderstaande figuren tonen de berekende GxG in de huidige situatie in de omgeving van de Kromhurken.

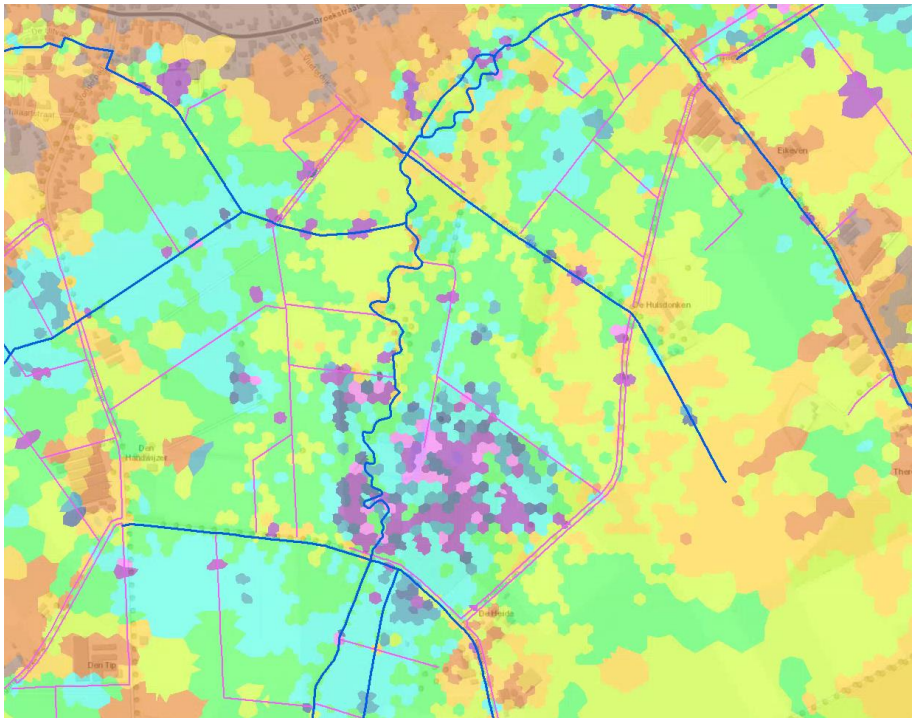
In paragraaf 2.2.3 is beschreven hoe de modelresultaten zich verhouden tot de beschikbare grondwaterstandsmetingen. Deze beschrijving dient in ogenschouw genomen te worden bij het beschouwen van de berekende GxG. De berekende grondwaterstanden in de huidige situatie in de Kromhurken zijn goed tot te droog (0 tot 0,20 m te droog).



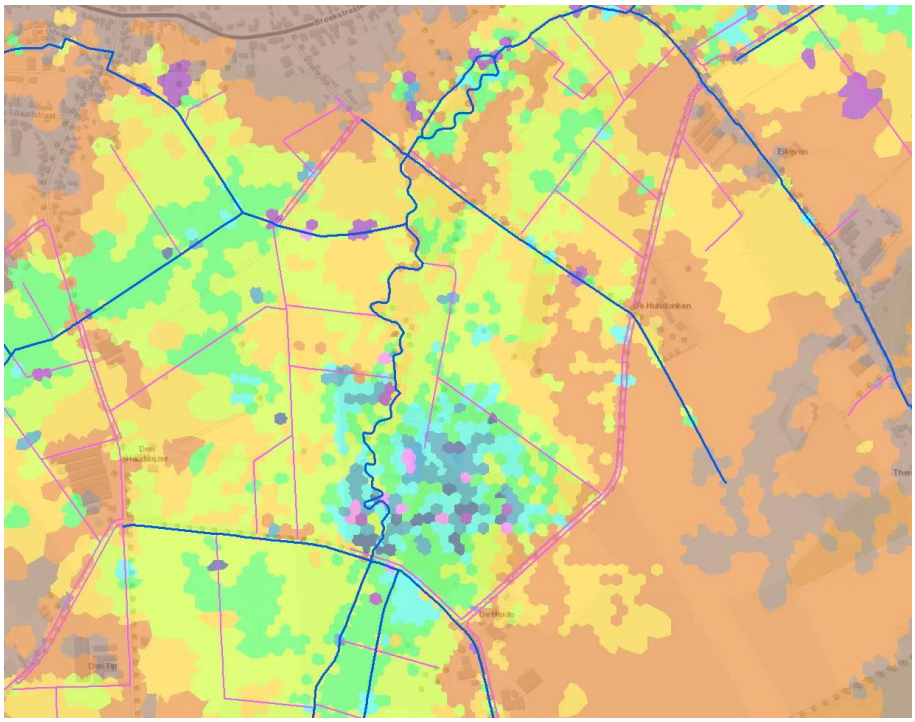
Figuur 18 Legenda behorende bij de GxG kaarten.



Figuur 19 Berekende GHG huidige situatie



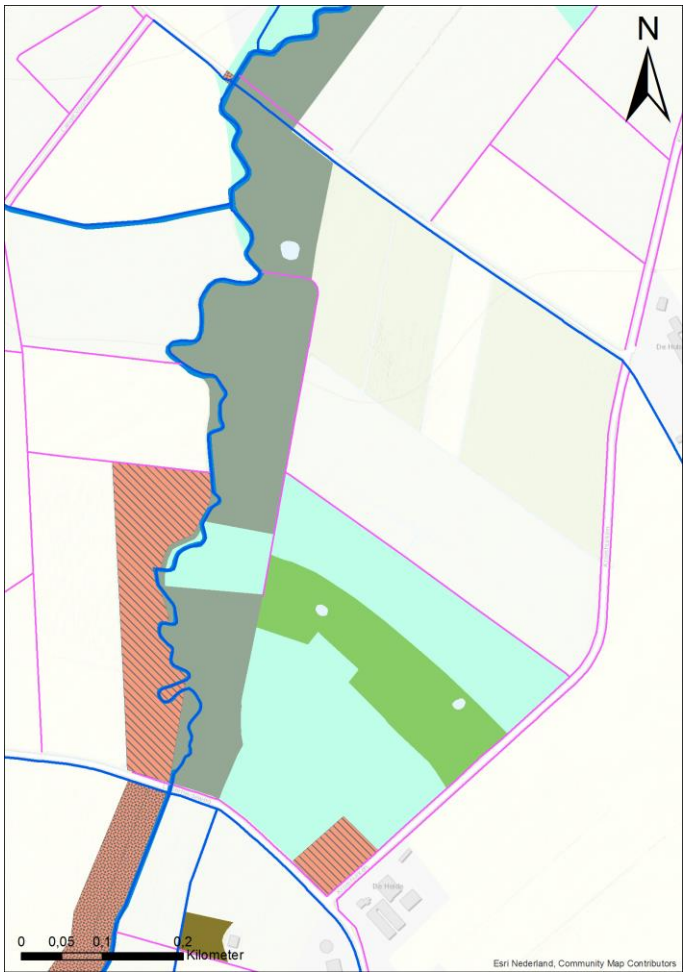
Figuur 20 Berekende GVG huidige situatie



Figuur 21 Berekende GLG huidige situatie

2.3.1.2 Waternood toetsing

De Waternood toetsing is voor de huidige situatie uitgevoerd voor de huidige ambitiebeheertypen (ABT). Op Figuur 22 zijn de huidige ABT weergeven. De legenda behorende bij de figuur is te vinden in Bijlage 11 – Legenda Ambitiebeheertypen.



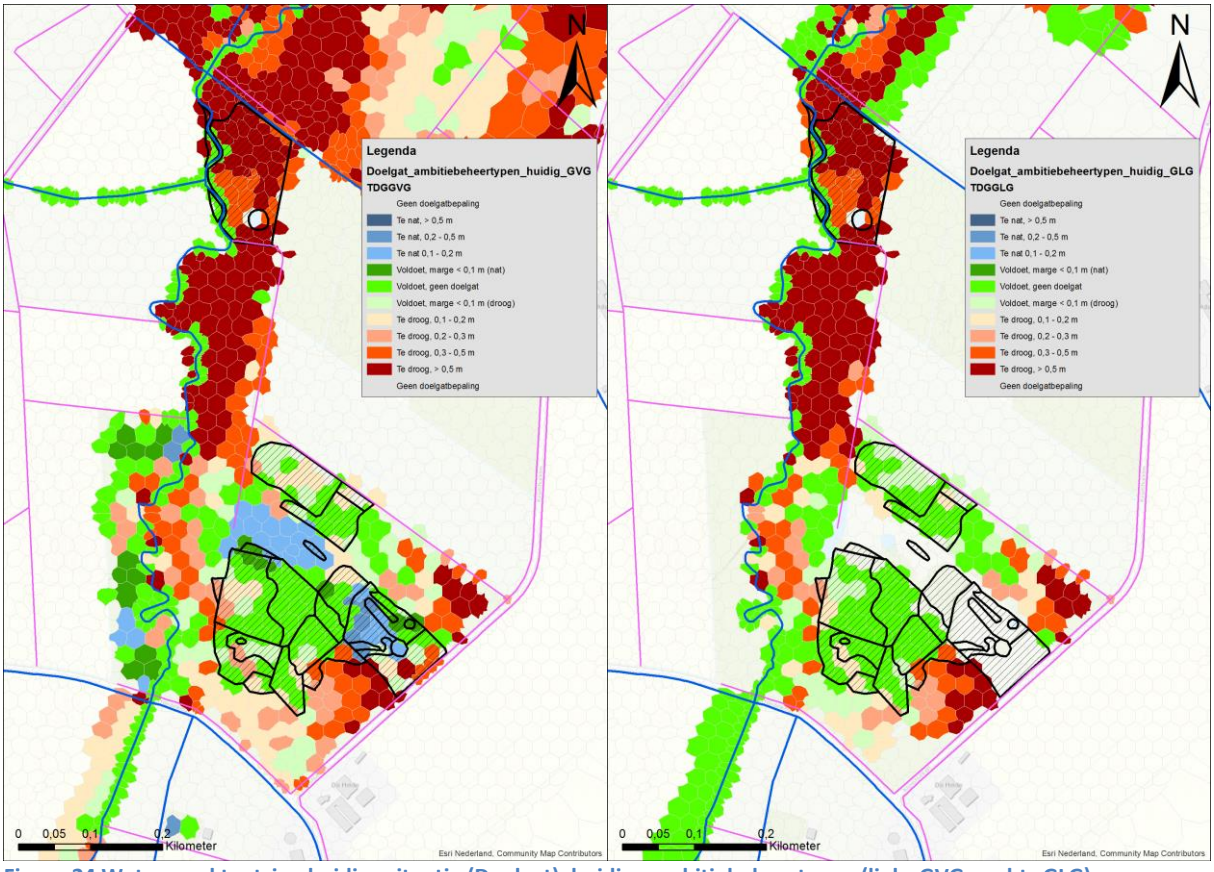
Figuur 22 Huidige ambitiebeheertypen in het gebied van de Kromhurken.

Figuur 24 laat ruimtelijk de resultaten zien van de waternood toetsing van de huidige situatie en de huidige ABT. Voor locaties die onderdeel zijn van een zoekgebied is getoetst aan de meest strenge variant.

In alle figuren waar resultaten worden getoond van een waternoodtoetsing van ABT zijn zwart gearceerde vlakken ingetekend op deze locaties zijn habitattypen gedefinieerd (zie Figuur 27). De waternoodtoetsing van de ABT is op deze locaties niet leidend.



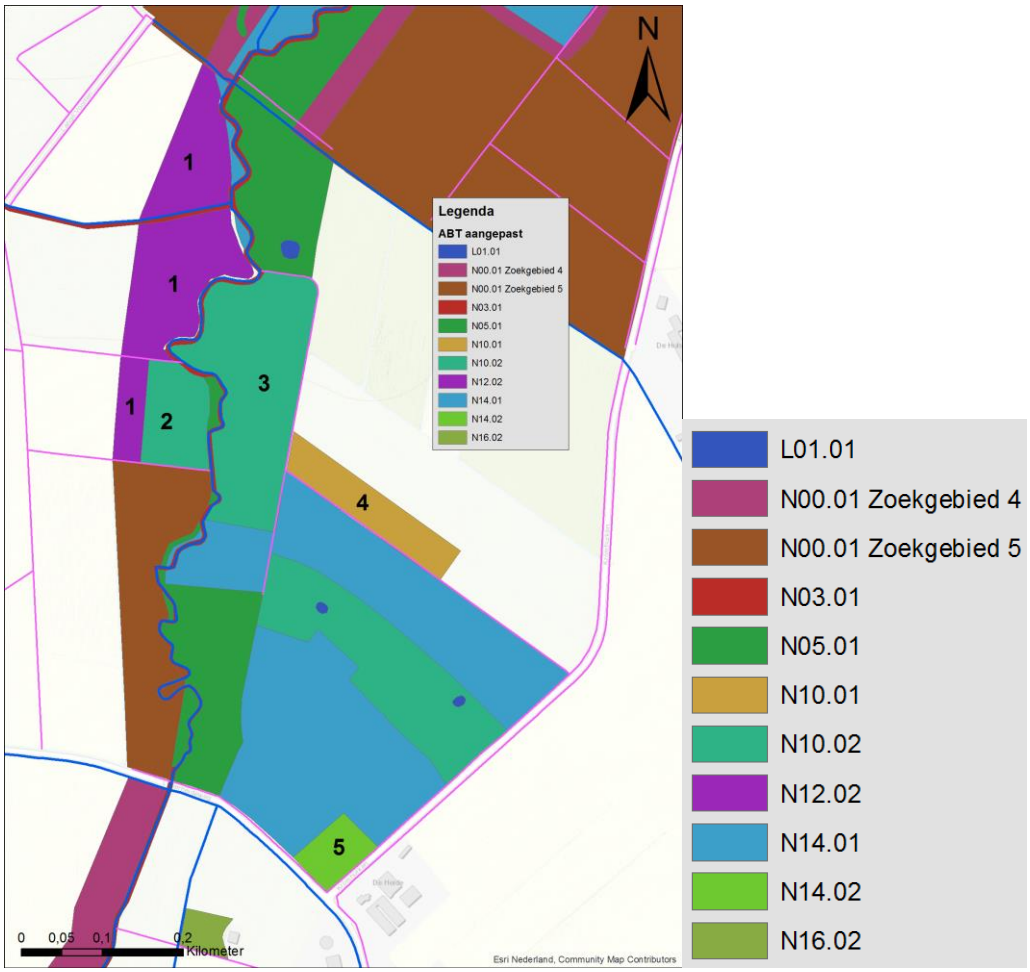
Figuur 23 Legenda waternood toetsing



Figuur 24 Waternood toetsing huidige situatie (Doelgat), huidige ambitiebeheertypen (links GVG, rechts GLG).

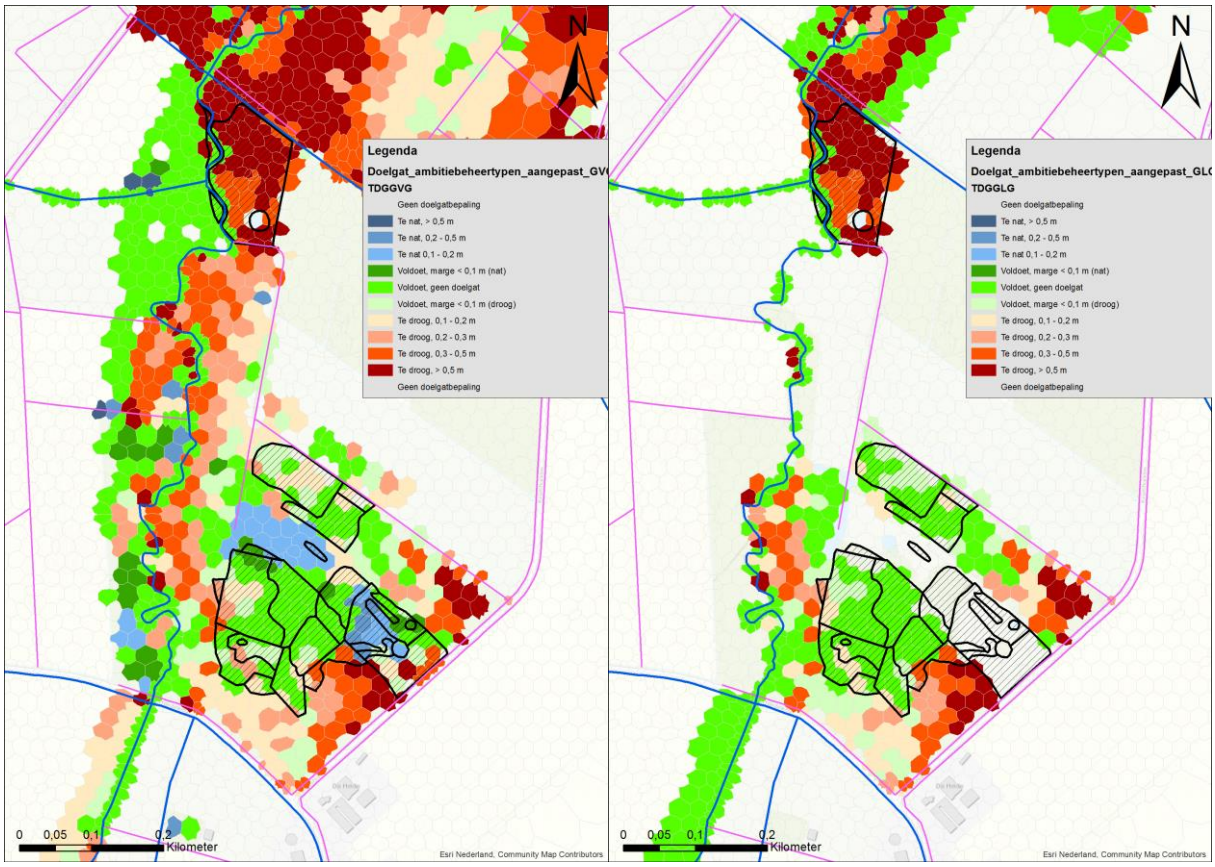
Op basis van het definitieve scenario zijn de ABT aangepast/uitgebreid. Dit is te zien op Figuur 25. In onderstaande tabel (behorende bij de figuur) is aangegeven hoe de types zijn aangepast/uitgebreid.

1. Deze percelen hebben geen ABT (hier is het voorstel om het NNB uit te breiden). Het voorstel is om hier kruiden- en faunarijk grasland van te maken (N12.02).
2. Dit perceel heeft geen ABT (hier is het voorstel om het NNB uit te breiden). Het voorstel is om hier vochtig hooiland (N10.02) van te maken.
3. Het ABT op dit perceel is nu moeras (N05.01).Het voorstel is om hier vochtig hooiland (N10.02) van te maken.
    - Waarom stellen we deze wijziging voor:
        - De huidige situatie is voor moeras te droog.
        - De maximaal te nemen maatregelen zijn:
            1. Beekpeil verhogen → Dit valt buiten de projectscope.
            2. Nabije sloten dempen → Kunnen niet worden gedempt vanwege benodigde afwatering van landbouwpercelen.
            3. Afgraven → Afgraven van maaiveld zodat het nat genoeg is voor moeras zou een dusdanige afgraving betekenen die naar verwachting een verdrogend effect zou hebben op de ABT en habitattypen in de omgeving.
    - Om bovenstaande redenen wordt ervoor gekozen om het ABT aan te passen naar vochtig hooiland (N10.02) waardoor minder afgraving nodig is en hierdoor ook geen verdrogend effect zal optreden naar de omliggende habitattypen en ABT.
4. Dit perceel heeft geen ABT (hier is het voorstel om het NNB uit te breiden). Het voorstel is om hier nat schraalland (N10.02) van te maken.
5. Het ABT op dit perceel is nu zoekgebied 5 (N00.01). Het voorstel is om hier hoog- en laagveenbos (N10.02) van te maken.



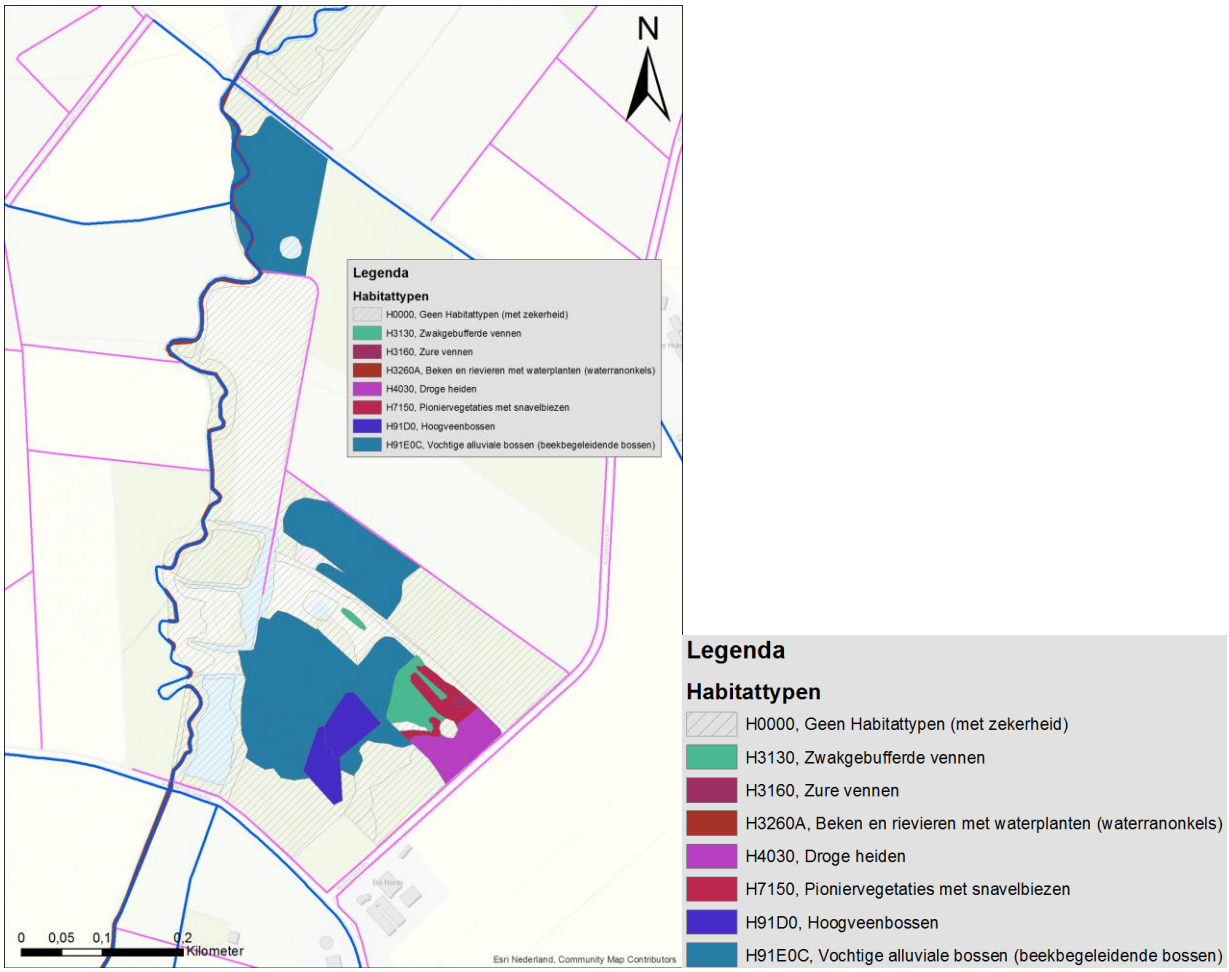
Figuur 25 Aangepaste ABT.

Om een goede vergelijking te kunnen maken met de waternood toetsing van het definitieve scenario is de huidige situatie ook getoetst met de aangepaste ABT. Dit is te zien in Figuur 26. Ook hier is voor locaties die onderdeel zijn van een zoekgebied getoetst aan de meest strenge variant.



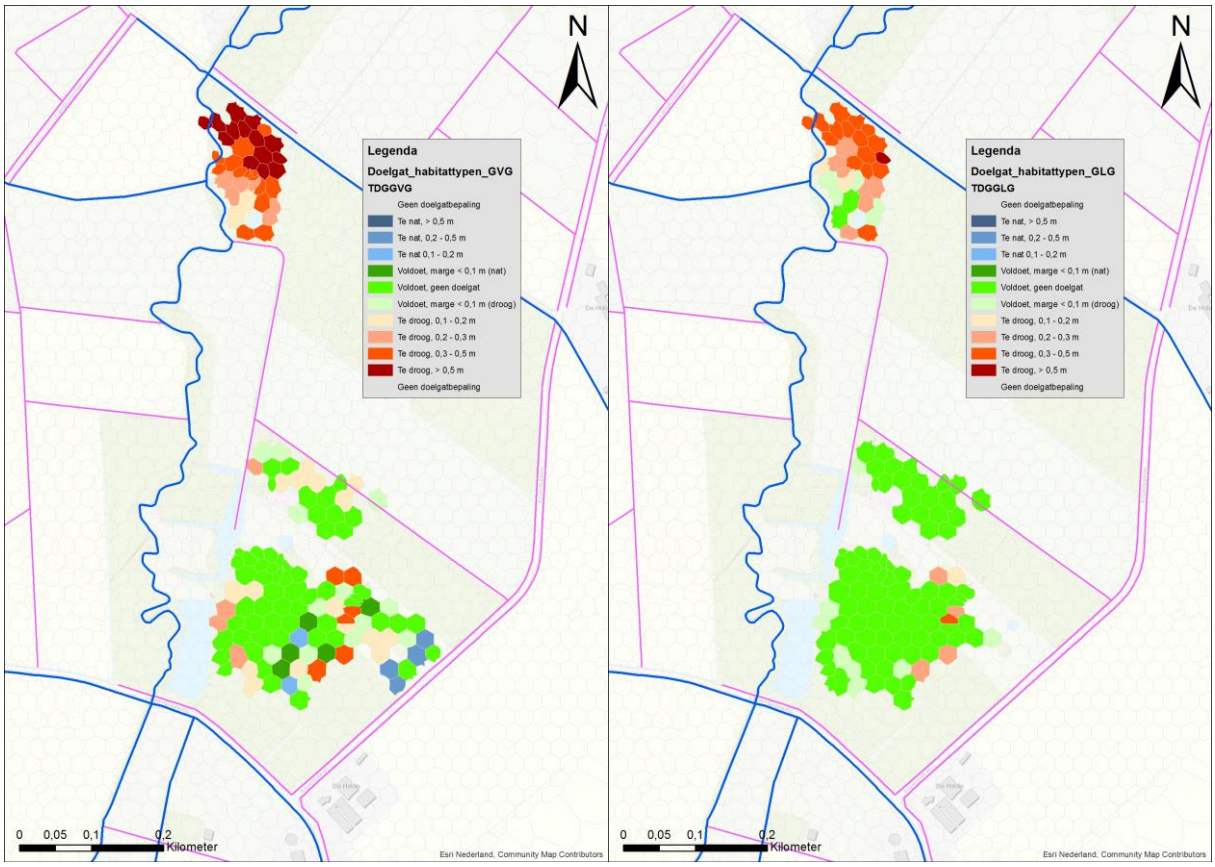
Figuur 26 Waternood toetsing huidige situatie (Doelgat), aangepaste ambitiebeheertypen (links GVG, rechts GLG).

Naast de ABT zijn ook de habitattypen getoetst met de waternood methodiek. Figuur 27 toont de habitat typen die aanwezig zijn in het gebied van de Kromhurken.



Figuur 27 Habitattypen

Figuur 28 laat ruimtelijk de resultaten zien van de waternood toetsing van de huidige situatie en de habitattypes.

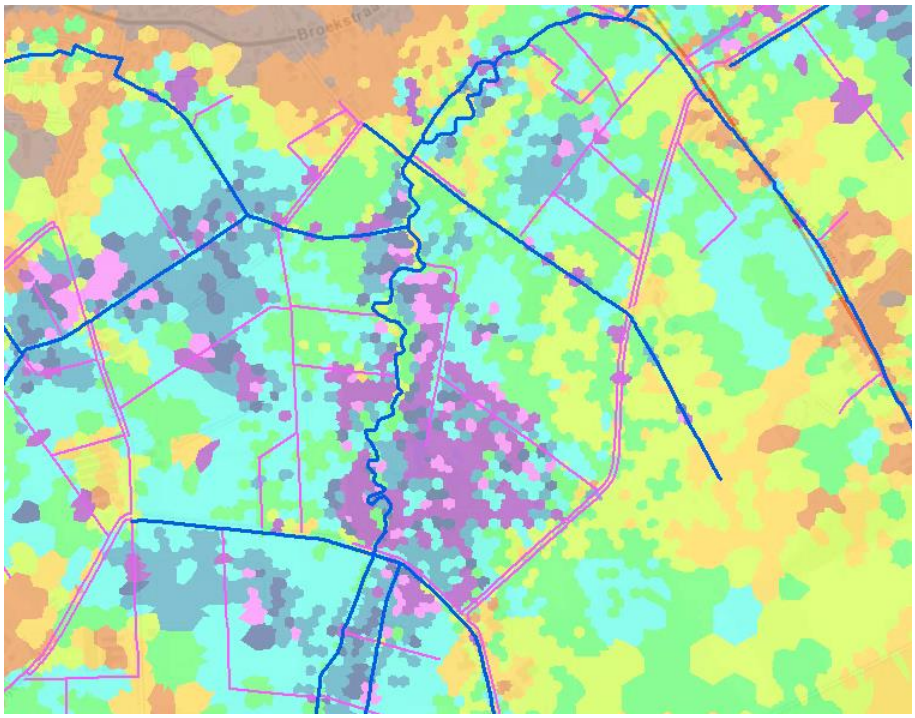


Figuur 28 Waternood toetsing huidige situatie voor habitattypes (links GVG, rechts GLG).

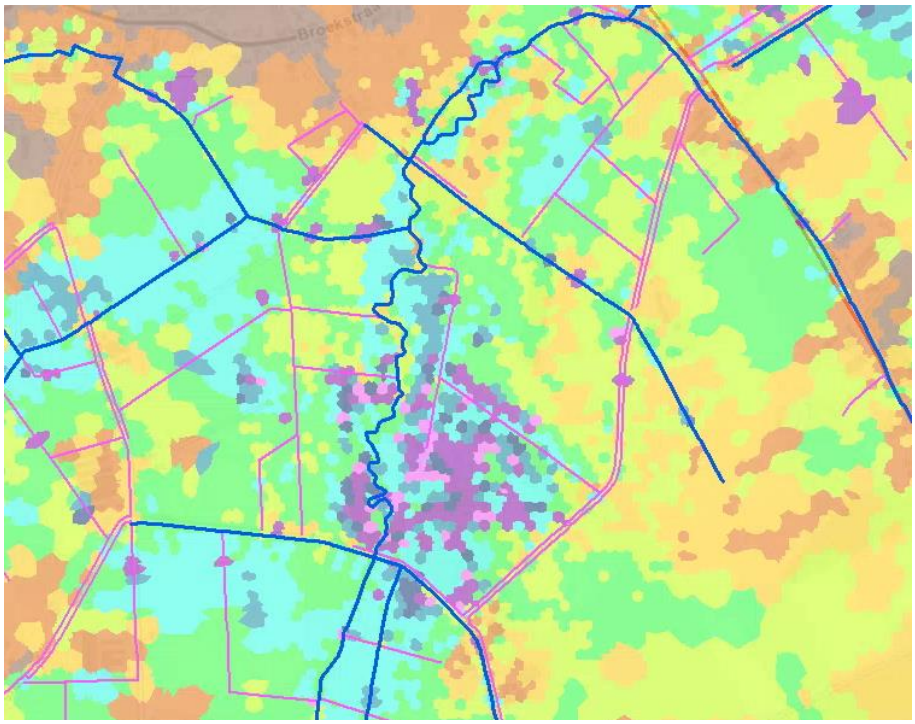
2.3.2 Definitief scenario Kromhurken

2.3.2.1 GxG

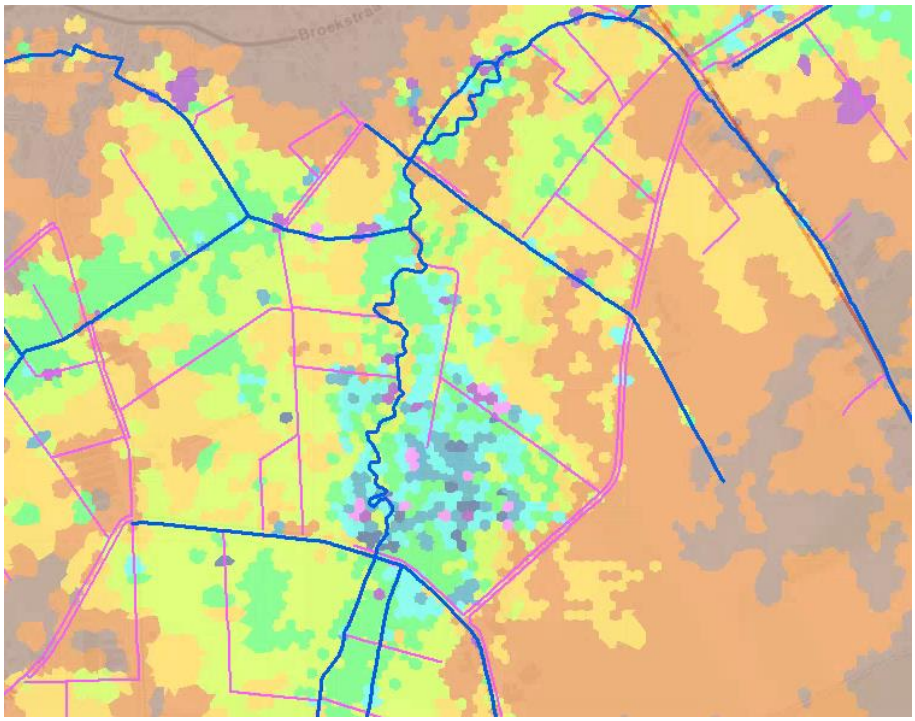
Onderstaande figuren tonen de berekende GxG voor het definitieve scenario van de Kromhurken. Voor een legenda zie Figuur 18.



Figuur 29 Berekende GHG definitieve scenario Kromhurken



Figuur 30 Berekende GVG definitieve scenario Kromhurken

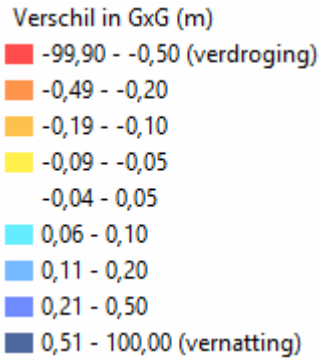


Figuur 31 Berekende GLG definitieve scenario Kromhurken

2.3.2.2 Vergelijking met huidige situatie

In onderstaande figuren is te zien dat de beoogde maatregelen voornamelijk een verdrogend effect hebben op de locatie waar de inrichtingsmaatregelen worden getroffen. De absolute grondwaterstand wordt 0,05 tot 0,10 m lager. Dit is logisch omdat de afgravingen ter plaatse van de verdroging dieper gaan dan de GHG en soms ook dieper gaan dan de GVG. Wat wel belangrijk is om hierbij op te merken is dat de grondwaterstanden wel dichter tegen maaiveld aan komen te liggen als gevolg van de afgravingen. De condities op de betreffende percelen worden daarmee natter.

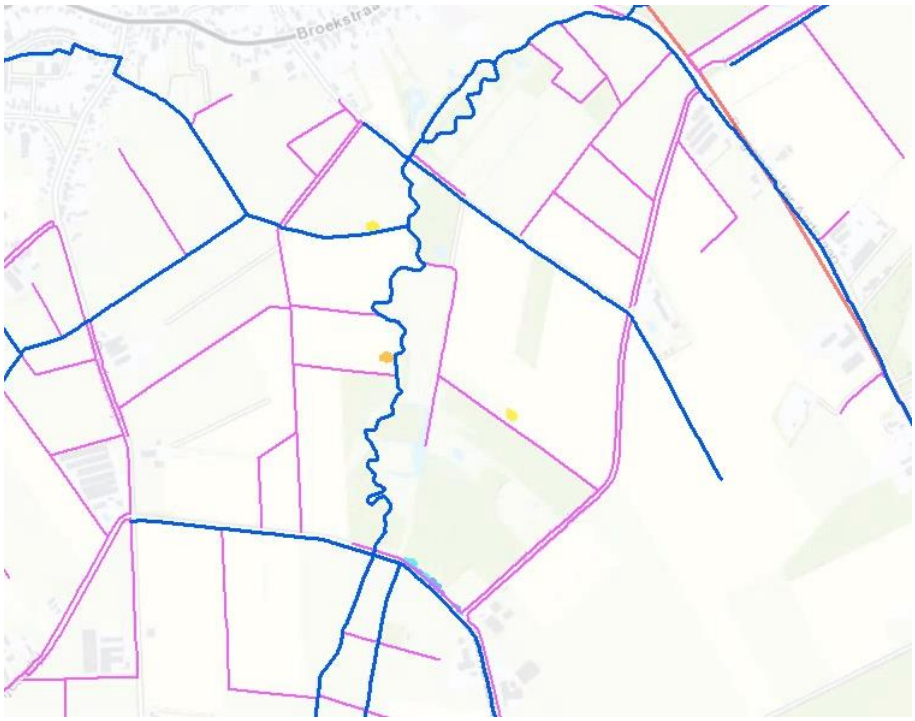
Het dempen van de B-watergang aan de zuidkant van de Kromhurken heeft ter plaatse een vernattend effect op het natuurgebied. Ook dit is logisch omdat het dempen van een watergang ervoor zorgt dat een gebied minder gedraineerd wordt. Als gevolg van de maatregelen treden er geen negatieve effecten op richting de N2000-habitats en ook niet richting landbouwgebied.



Figuur 32 Legenda behorende bij effectkaarten grondwater.



Figuur 33 Effecten grondwater, gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG)



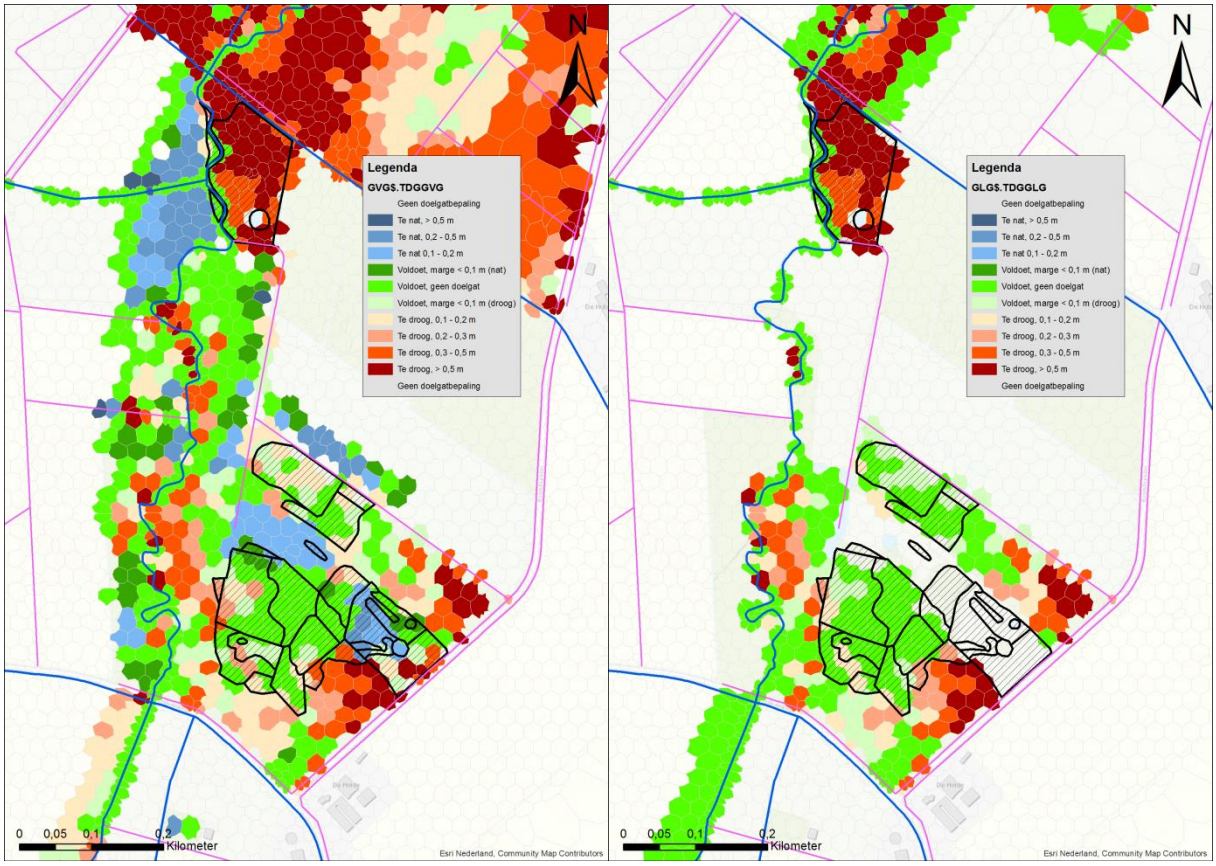
Figuur 34 Effecten grondwater, gemiddelde hoogste grondwaterstand (GVG)



Figuur 35 Effecten grondwater, gemiddelde hoogste grondwaterstand (GLG)

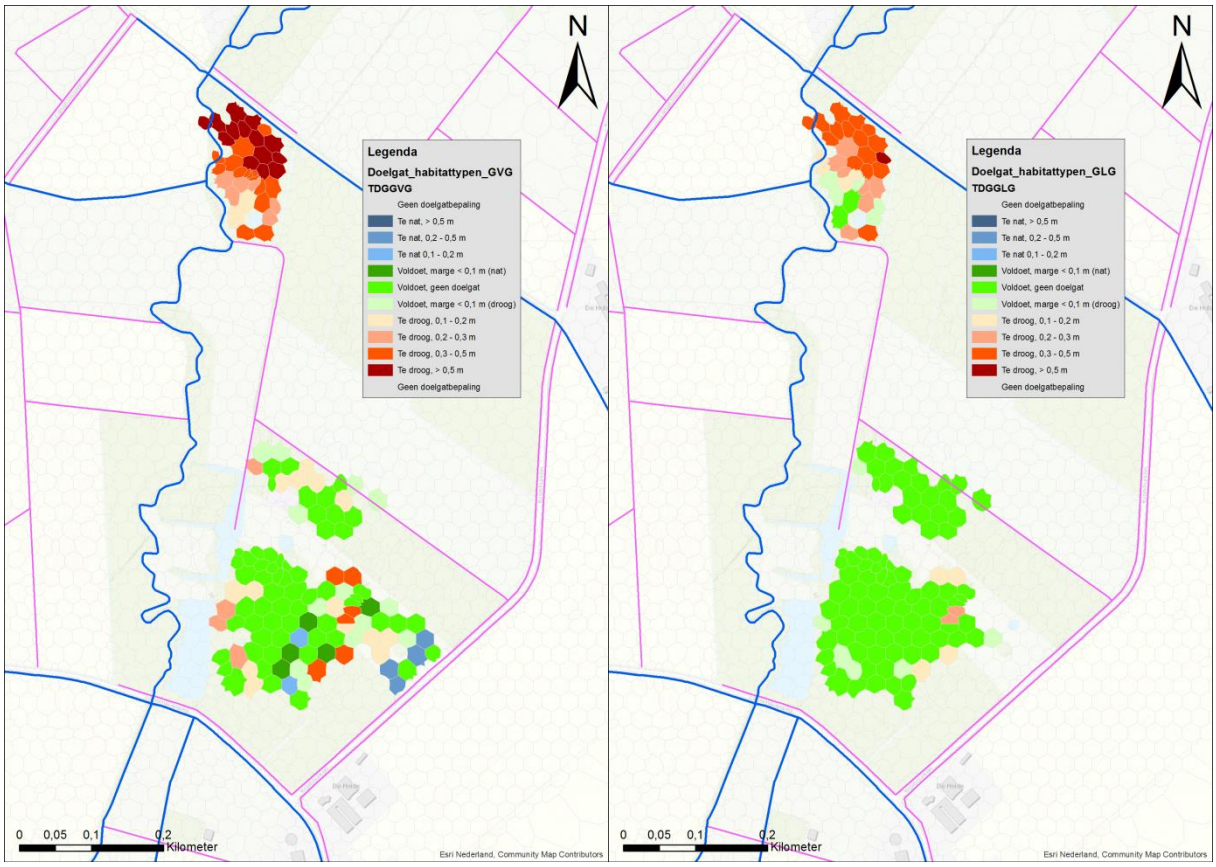
2.3.2.3 Waternood toetsing

De waternood toetsing voor het definitieve scenario is uitgevoerd met de aangepaste ABT. Figuur 36 laat ruimtelijk de resultaten zien van de waternood toetsing van het definitieve scenario en de aangepaste ABT. Voor locaties die onderdeel zijn van een zoekgebied is getoetst aan de meest strenge variant. Voor een legenda zie Figuur 23.



Figuur 36 Waternood toetsing definitieve scenario (Doelgat), aangepaste ambitiebeheertypen (links GVG, rechts GLG).

Ook de habitattypen zijn getoetst voor het definitieve scenario. Figuur 37 laat ruimtelijk de resultaten zien van de waternood toetsing van het definitieve scenario en de habitattypes.



Figuur 37 Waternood toetsing definitieve scenario (doelgat), habitattypes (links GVG, rechts GLG).

Vanwege de geringe effecten die de maatregelen in het definitieve scenario hebben op de absolute grondwaterstanden, zijn weinig verschillen te zien op de figuren van de waternood toetsing (ten opzichte van de huidige situatie). Alleen op de locaties waar percelen worden afgegraven is een duidelijke verandering te zien van het toetsresultaat. Door het verwijderen van de fosfaat verzadigde bovenlaag wordt op deze locaties als het ware naar het grondwater toe gegraven. De absolute grondwaterstand veranderd hier nauwelijks maar de grondwaterstand zit vanwege de afgravingen wel dichter onder het maaiveld, waardoor het toetsresultaat verbeterd.

3 Oppervlaktewater

Verschillende typen modelberekeningen zijn uitgevoerd om de verwachte effecten van het inrichtingsplan op de hydrologie te bepalen. Allereerst zijn berekeningen uitgevoerd met een oppervlaktewatermodel. Twee typen berekeningen met een oppervlaktewatermodel zijn gebruikt.

- Stationair
    - Met een stationair oppervlaktewatermodel is een mediane situatie gesimuleerd per seizoen. De waterstanden die hiermee berekend zijn, zijn ook gebruikt als randvoorwaarden in het grondwatermodel.
    - Stationaire modellen zeggen iets over hoe het systeem zich onder normale omstandigheden gedraagt.
- Dynamisch
    - Met een dynamisch oppervlaktewatermodel zijn afvoergolven gesimuleerd die eens per 1, 10, 25, 50 en 100 jaar voorkomen. Met deze berekeningen worden onder andere inundatiebeelden verkregen.
    - Dynamische modellen zeggen iets over hoe het systeem zich onder extreme omstandigheden gedraagt.

3.1 Modelschematisatie huidige situatie

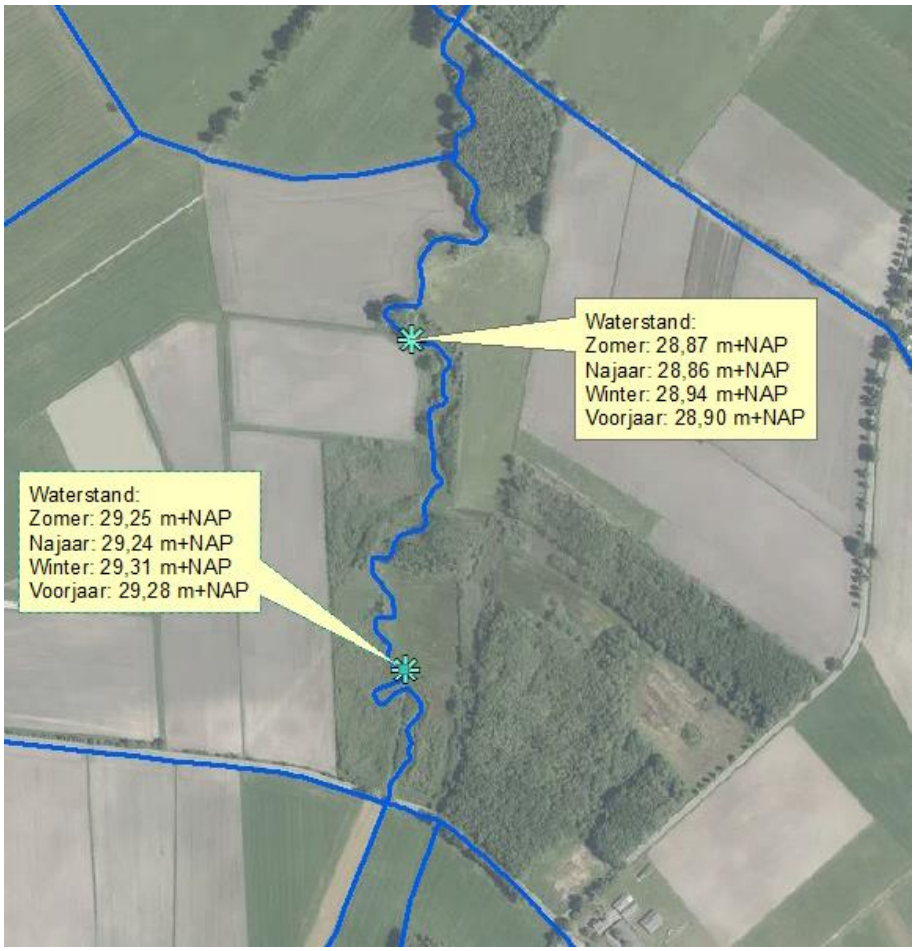
3.1.1 Opbouw en toetsing van het model

Voor meer informatie over de opbouw en toetsing van het oppervlaktewatermodel van de huidige situatie zie Bijlage 9 – HMI rapportages oppervlaktewatermodel Keersop.

3.1.2 Modelresultaten huidige situatie

Omdat de voorgenomen maatregelen geen directe betrekking hebben op de A-watergangen in de Kromhurken is geen aanpassing benodigd van het stationaire oppervlaktewatermodel. De resultaten van het stationaire oppervlaktewatermodel zullen daarom niet wijzigen in de modelberekening van het definitieve scenario ten opzichte van de huidige situatie.

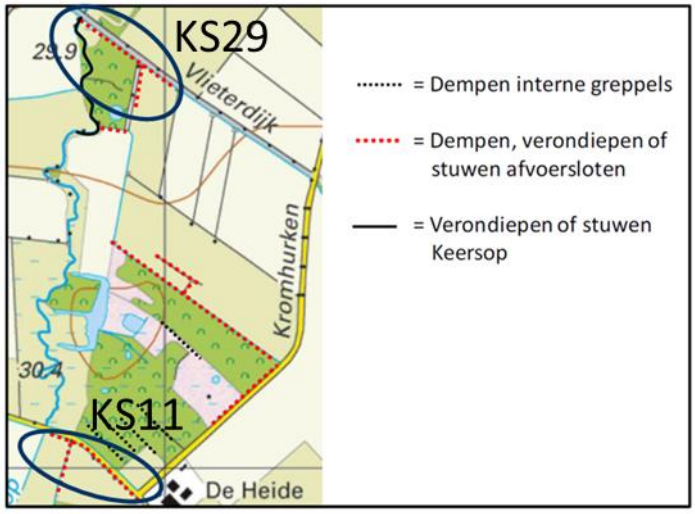
Om inzicht te geven in de modelresultaten van het stationaire model zijn in Figuur 38 op twee locaties de berekende waterstanden weergeven (per seizoen).



Figuur 38 Waterstanden stationaire model (huidige situatie) voor alle seizoenen.

3.2 Analyses met betrekking tot maatregelen second opinion Kromhurken

In de rapportage van de second opinion (*Trends en omgevingsinvloeden van Natura2000 habitattypen in de Kromhurken Second Opinion, B-Ware, 2017*) is voor de instandhouding van de N2000-PAS opgave een aantal maatregelen voorgesteld (zie Figuur 39). Enkele maatregelen hebben betrekking op A-watergangen die met het oppervlaktewatermodel zijn geanalyseerd. Deze maatregelen hebben betrekking op de KS11 (ten zuiden van de Kromhurken) en de KS29 (ten noorden van de Kromhurken). In deze paragraaf is beschreven hoe is geanalyseerd wat de haalbaarheid van deze twee maatregelen is. En wat de mogelijke effecten zijn.

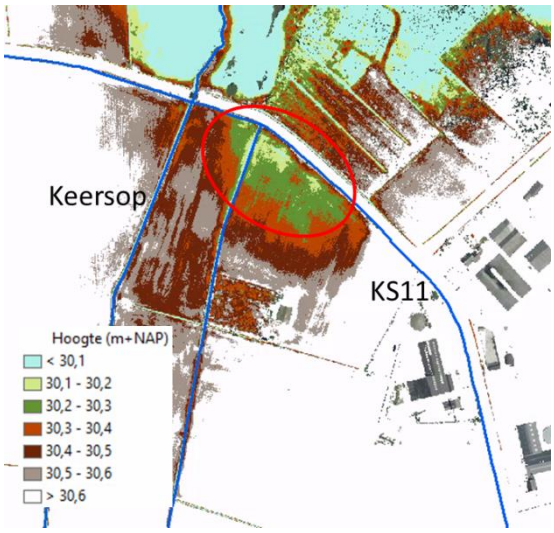


Figuur 39 Maatregelen in de Kromhurken vanuit de second opinion. De betreffende A-watergangen zijn omcirkeld.

3.2.1 Analyse KS11 (zuidzijde Looerheideweg)

Het maaiveld van de percelen ten zuiden van de KS11 is relatief laag (zie Figuur 40). De huidige bodem van de KS11 ligt ter plaatse van de laagste maaiveldhoogtes (zie rode cirkel op Figuur 40) op circa 29,8 m+NAP. Omdat de sloot die parallel aan de Keersop stroomt (KS15) heel het jaar (kwel)water afvoert via de KS11 zou een bodemverhoging van KS11 betekenen dat deze afvoer bemoeilijkt wordt en dat er mogelijk bijna jaarrond water op de lage delen van de percelen ten zuiden van de KS11 zou staan.

Door deze ongewenste effecten op percelen ten zuiden Looerheideweg (die we nog niet allen in eigendom hebben), wordt er afgezien van verondiepen van de KS11. Wel is een stuw voorzien in de KS11 net bovenstrooms van de KS15.

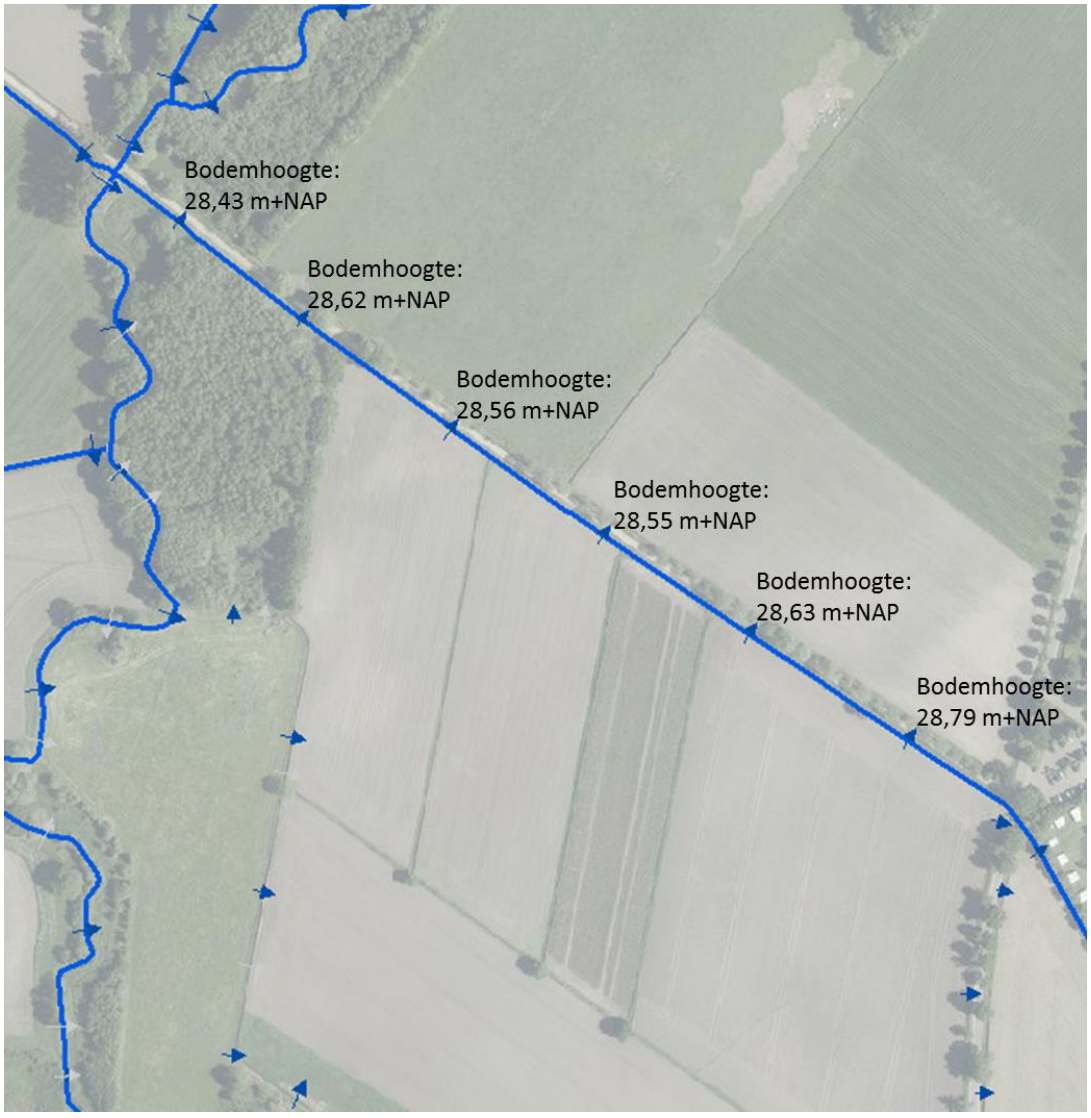


Figuur 40 Maaiveld rondom de KS11.

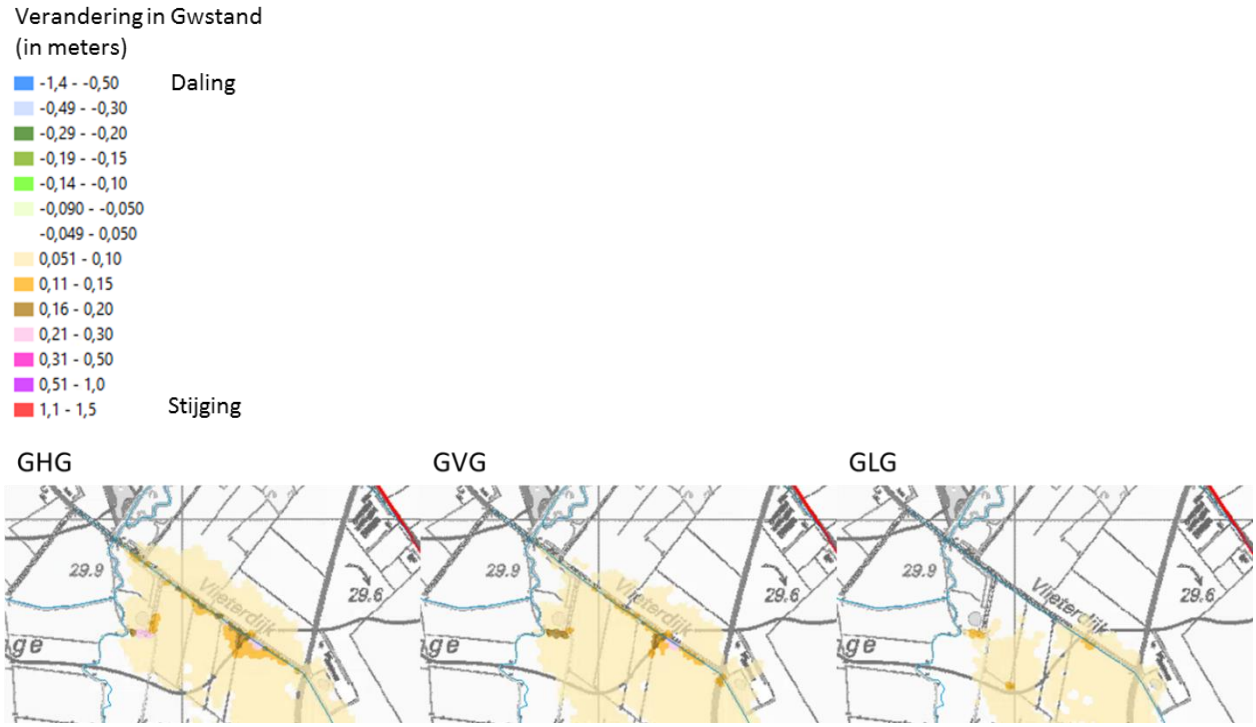
3.2.2 Analyse KS29

Vanwege het relatief lichte verhang van de KS29 (Figuur 41) zal een bodemverhoging op het traject zoals aangegeven in de second opinion (zie Figuur 39) ook effect hebben op de waterstanden in de KS29 tot aan de weg 'Kromhurken'. Een verkennende berekening met grondwatermodel laat zien dat een peilstijging op de KS29 de grootste effecten (wat betreft grondwaterstandsstijging) heeft op de landbouwpercelen bovenstrooms van de voorgestelde bodemverhoging (zie Figuur 39 en Figuur 42) en niet tot nauwelijks in het natuurgebied (de GLG en GVG in het alluviaal bos veranderen nauwelijks). NB. In het scenario 'Second opinion Kromhurken' berekend met het grondwatermodel is het peil in de KS29 met 0,5 meter verhoogd.

De aanname met peilverhoging van 0,50 cm is zeer fors. Een beperktere peilverhoging zal leiden tot een verwaarloosbaar effect op het natuurgebied, maar wel nog steeds tot een negatief effect op het landbouwgebied. Dit is de reden dat is afgezien van maatregelen aan de KS29.



Figuur 41 Bodemhoogtes KS29.



Figuur 42 Grondwaterstandverandering t.o.v. de huidige situatie in het scenario Second opinion Kromhurken (incl. legenda).

3.3 Modelschematisatie en resultaten definitief scenario

Omdat de voorgenomen maatregelen geen directe betrekking hebben op de A-watergangen in de Kromhurken is geen aanpassing benodigd van het stationaire oppervlaktewatermodel. De resultaten van het stationaire oppervlaktewatermodel zullen daarom niet wijzigen in de modelberekening van het definitieve scenario en zullen daarom niet worden behandeld in deze paragraaf.

De voorgenomen maatregelen hebben wel betrekking op het dynamische model. Dit model is daarom wel doorgerekend met het definitieve scenario. Voor het definitieve scenario zijn de T1, T10, T25 en T100 afvoergolven doorgerekend.

De aanpassingen die zijn gedaan aan het dynamische model van het definitieve scenario hebben betrekking op het 2D-grid. De afgravingen (Figuur 15) zijn verwerkt in 2D-grid van het (dynamische)model. Het 2D-grid van de huidige situatie is verlaagd met het aantal centimeters dat is aangegeven in Figuur 15.

In Figuur 44, Figuur 45, Figuur 46 en Figuur 47 zijn de inundatiebeelden te zien van respectievelijk T1, T10, T25 en T100. De linker figuren laten de inundatiebeelden van de huidige situatie zien en de rechter figuren laten de inundatiebeelden van het definitieve scenario zien.

In de T1 situatie is er geen verschil tussen de huidige situatie en het definitieve scenario. In de T10, T25 en T100 zijn wel verschillen te zien. Deze verschillen worden veroorzaakt door de afgravingen die in het model zijn verwerkt (Figuur 15). De afgravingen zorgen ervoor dat de locaties die zijn afgegraven, in het definitieve scenario wel/meer inunderen (zie rode cirkels in Figuur 45, Figuur 46 en Figuur 47). Dit zorgt ervoor dat op andere locaties de inundatie niet optreed of in mindere mate optreed (zie groene cirkels in Figuur 45, Figuur 46 en Figuur 47).

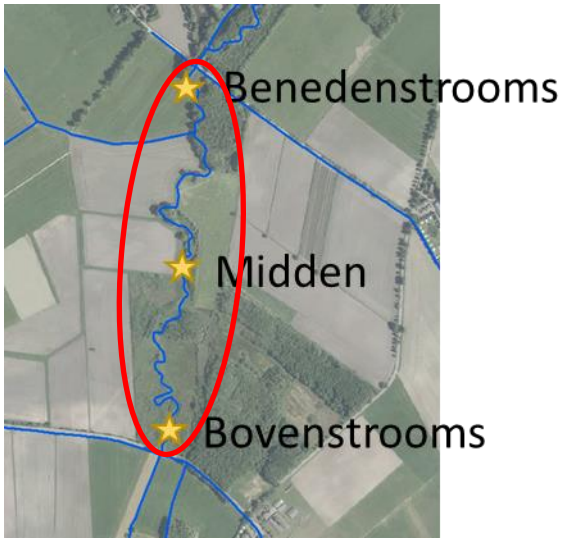
Als gevolg van de afgravingen wijzigen de piekwaterstanden in een aantal van de afvoergolven. De piekwaterstanden in de T25 en T100 afvoergolven zijn in het definitieve scenario lager dan in de huidige situatie. In de T25 afvoergolf is de piekwaterstand in de Kromhurken (Figuur 43) maximaal 0,05 m lager dan in de huidige situatie. In de T100 afvoergolf is de piekwaterstand in de Kromhurken (Figuur 43) maximaal 0,10 m lager dan in de huidige situatie. In de T1 en T10 afvoergolven wijzigen de piekwaterstanden niet.

In Tabel 1 zijn de waterstanden weergeven voor 3 locaties in de Keersop in de Kromhurken (de locaties zijn te zien in Figuur 43). Het gaat om piekwaterstanden voor verschillende herhalingstijden (T1, T10, T25 en T100 (huidig klimaat)) in de huidige situatie en het definitieve scenario. De waterstanden corresponderen met de figuren met de berekende inundatie (Figuur 44, Figuur 45, Figuur 46 en Figuur 47).

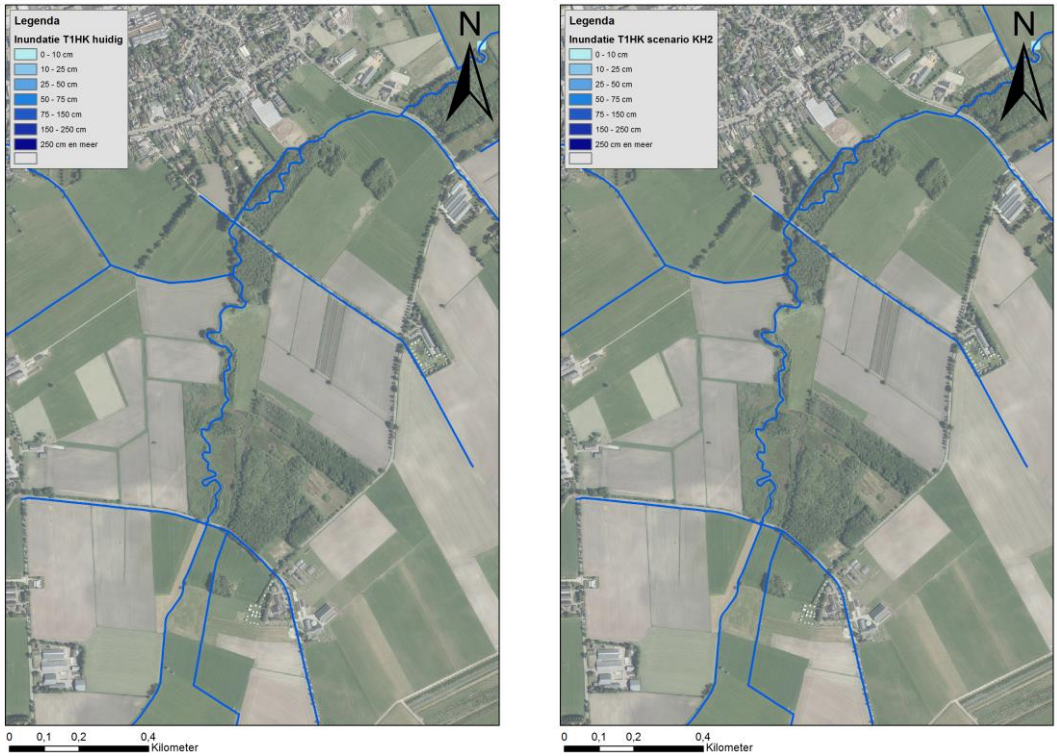
Tabel 1 Waterstanden voor 3 locaties in de Keersop in de Kromhurken. De waterstanden zijn weergeven voor verschillende herhalingstijden in de huidige situatie en het definitieve scenario.

	T1 (huidig klimaat)		**T10 (huidig klimaat)**		**T25 (huidig klimaat)**		**T100 (huidig klimaat)**	
	Huidige situatie	*Definitief scenario*	*Huidige situatie*	*Definitief scenario*	*Huidige situatie*	*Definitief scenario*	*Huidige situatie*	*Definitief scenario*

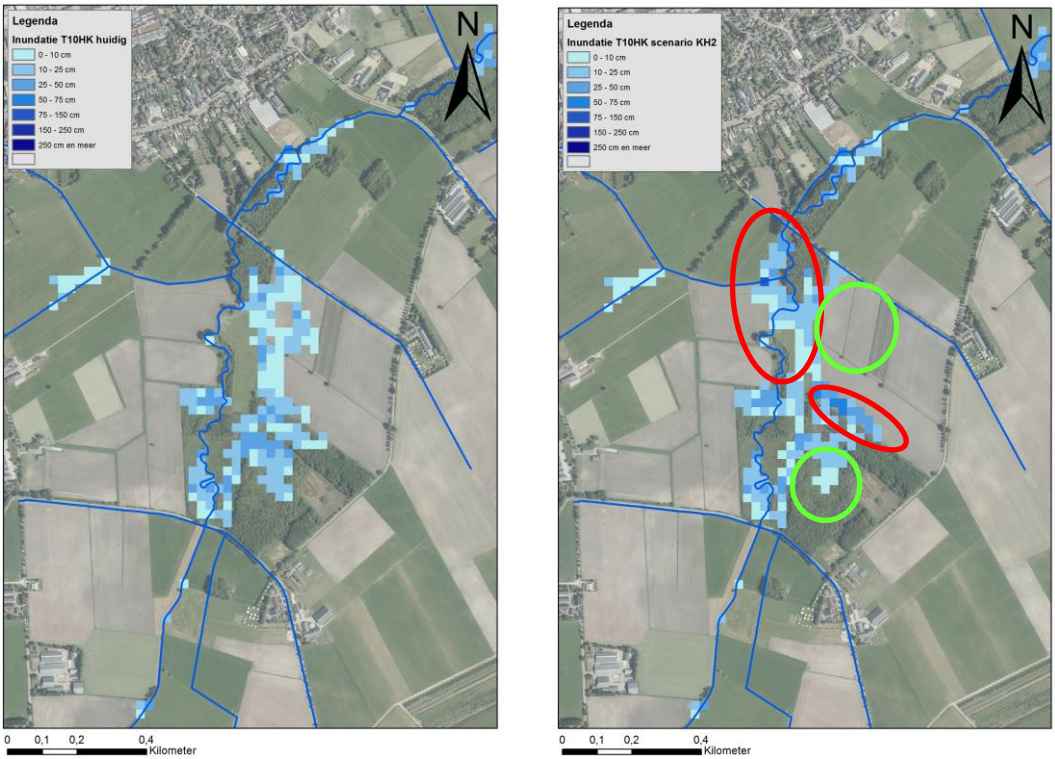
Bovenstrooms (Calc_riv_KS1_26_5)	29,93 m+NAP	29,93 m+NAP	30,16 m+NAP	30,16 m+NAP	30,20 m+NAP	30,19 m+NAP	30,24 m+NAP	30, 23 m+NAP
Midden (Calc_riv_KS1_26_65)	29,45 m+NAP	29,45 m+NAP	29,68 m+NAP	29,68 m+NAP	29,79 m+NAP	29,72 m+NAP	29,90 m+NAP	29,76 m+NAP
Benedenstrooms (Calc_riv_KS1_25_15)	29,01 m+NAP	29,01 m+NAP	29,24 m+NAP	29,24 m+NAP	29,36 m+NAP	29,36 m+NAP	29,45 m+NAP	29,47 m+NAP



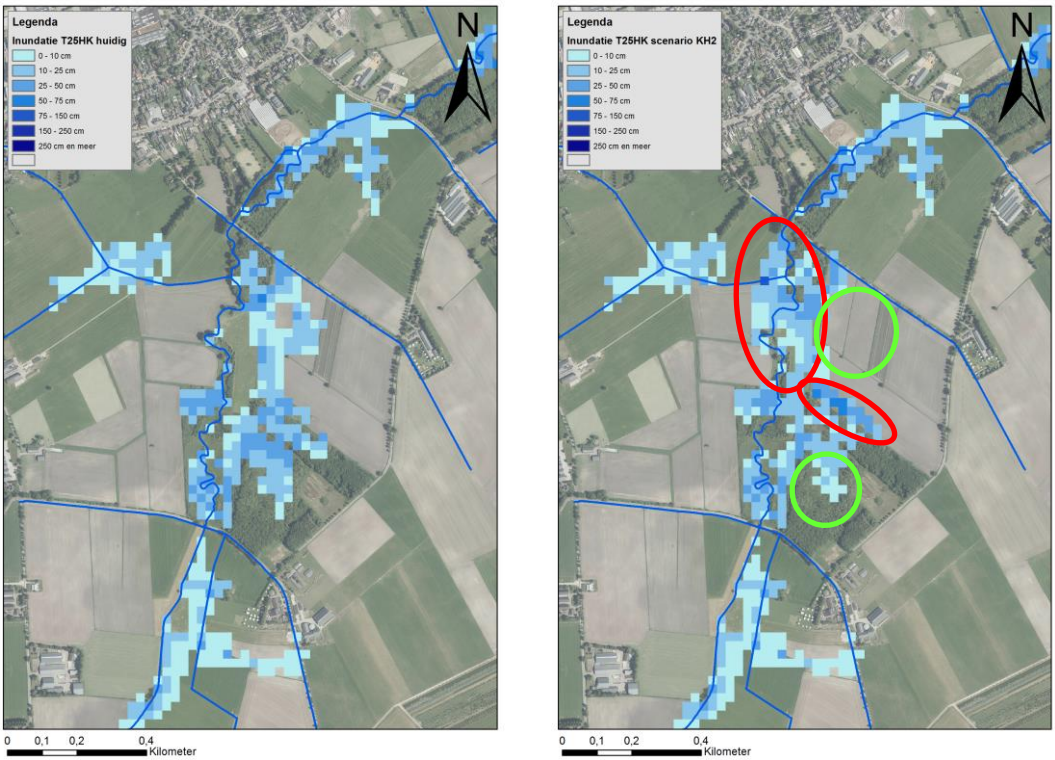
Figuur 43 Locatie waar waterstand wijzigt in definitieve scenario t.o.v. huidige situatie (zie ook Bijlage 10).



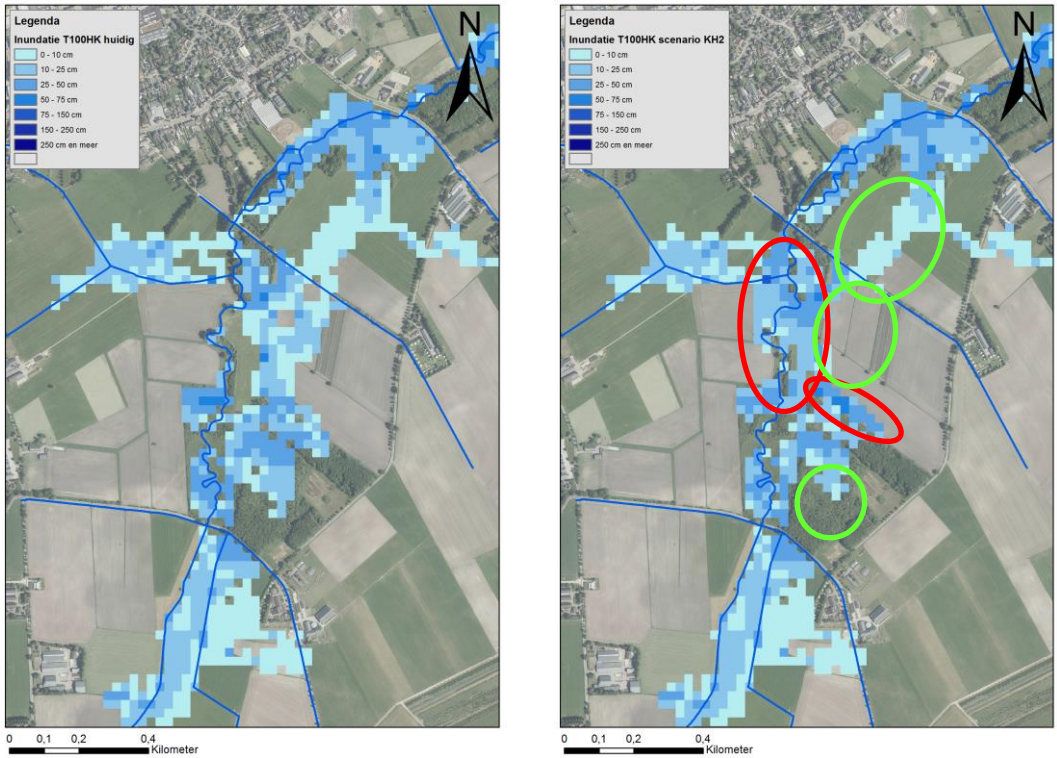
Figuur 44 T1 inundatie huidig klimaat, Links: huidige situatie, Rechts: definitieve scenario



Figuur 45 T10 inundatie huidig klimaat, Links: huidige situatie, Rechts: definitieve scenario



Figuur 46 T25 inundatie huidig klimaat, Links: huidige situatie, Rechts: definitieve scenario



Figuur 47 T100 inundatie huidig klimaat, Links: huidige situatie, Rechts: definitieve scenario

3.3.1 Analyse inundatie oppervlaktes

Om te kunnen beoordelen of de maatregelen die in het kader van dit project zijn bedacht een positief effect hebben op het oppervlak aan geïnundeerd gebied is de omvang van de berekende geïnundeerde oppervlaktes zijn in T10 en T100 (huidig klimaat) bepaald. Dit is gedaan voor de huidige situatie en het definitieve scenario. Daarnaast is ook onderscheid gemaakt tussen *natuur* en *niet natuur*. Per berekening is per categorie het oppervlak (m2) weergeven dat inundeert vanuit de beek. Dit is weergeven in Tabel 2.

Een paar conclusies op basis van de inundatieoppervlaktes uit de verschillende berekeningen:

- Het inundatieoppervlak in het definitieve scenario op *natuur* neemt toe.
- Het inundatieoppervlak in het definitieve scenario op *niet natuur* neemt af.
- Het inundatieoppervlak in het definitieve scenario in het gehele gebeid neemt af.

Tabel 2 Oppervlaktes inundatie in *natuur* en *niet natuur* voor T10 en T100 (huidig klimaat) (oppervlaktes in m^2).

	T10 HK natuur	T10 HK niet natuur	**Totaal**
inundatie huidig (m2)	89375	43750	133125
Inundatie definitief scenario (m2)	119375	12500	131875
Verschil	-30000	31250	1250

	T100 HK natuur	T100 HK niet natuur	**Totaal**
inundatie huidig (m2)	235000	177500	412500
Inundatie definitief scenario (m2)	257500	128750	386250
Verschil	-22500	48750	26250

Een belangrijke kanttekening is dat het oppervlak aan natuur ook toeneemt in het definitieve scenario. Zie ook Figuur 48. Op de figuur is links de verdeling natuur/niet-natuur te zien van de huidige situatie, recht is de verdeling te zien voor het definitieve scenario.



Figuur 48 Verdeling *natuur* en *niet natuur* die is gebruikt bij de berekening van de inundatieoppervlaktes (links de verdeling natuur/niet-natuur huidige situatie, recht verdeling natuur/niet-natuur definitieve scenario).

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 opgeknipt. 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 optreed 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 rivers 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 belgie
- 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-watergangen 7_Dehv_s: W:\HGK\Modellen\WSDD-GW\DeelmodelKeersop2014\grid\Input_voor_20160823_grid\a_watergangen_sobek_merge\dehv.shp
        - Sobek-watergangen 9_Keer_s: W:\HGK\Modellen\WSDD-GW\DeelmodelKeersop2014\grid\Input_voor_20160823_grid\a_watergangen_sobek_merge\keer.shp
        - Sobek-watergangen 10_Run_s: W:\HGK\Modellen\WSDD-GW\DeelmodelKeersop2014\grid\Input_voor_20160823_grid\a_watergangen_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-watergangen 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-watergangen 4_BRZbov (toegevoegd aan riv.shp):
        - Van dit model zijn een aantal watergangen niet meegenomen in het grid omdat de gridgenerator van triwaco hierdoor crashte. Het gaat om de volgende watergangen:
            - 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 in het grondwatermodel:
    - 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
    - HR1Regzvjwbasis
    - 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 1Regzvjw
    - RW 1winter
    - RW 1zomer

Het volgende oppervlaktewatermodel is gebruikt voor de berekeningen met afvoergolven in het definitieve scenario: L:\Sobek215\Keer2019.lit

Dit model is gebruikt voor de huidige situatie: L:\Sobek215_KeerD01.lit

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:
                - if(WateraanvoerRiv==1, 15*CD1Basis, if(Maas==1, 2, if(RIV(PeilkanalenVL)>-90, 1000, if(F1HR1wa>0, 2*CD1basis, 1e9))))
                - Oud:
                - if(Maas==1, 2, if(RIV(PeilkanalenVL)>-90, 1000, if(F1HR1wa>0, 2*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

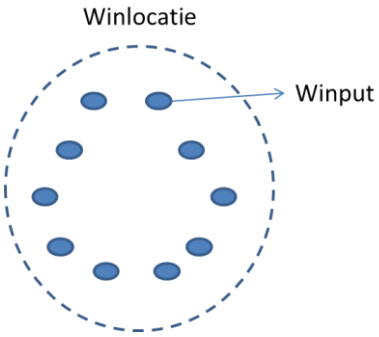
Bij eerdere modelstudies voor o.a. de NNP's (Natte Natuurparels) is gebleken dat de ondiepe weerstand als gevolg van bijvoorbeeld lokaal aanwezige leemlaagjes belangrijk is voor een goede berekening van de grondwaterstanden. Daarom is bij Waterschap de Dommel in de voorgaande versie van het regionale 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.

Beregeningen

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.)

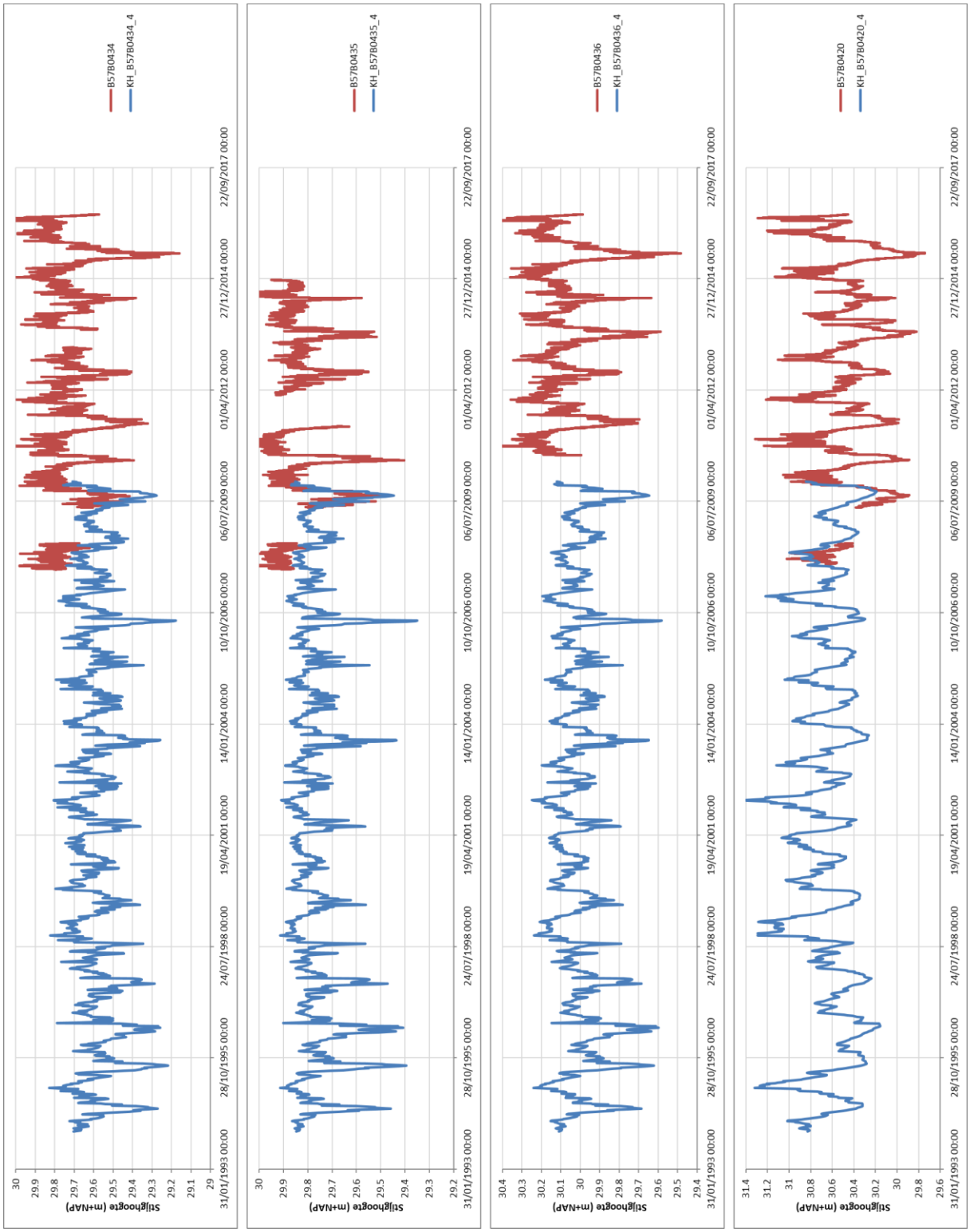
Winningen in België

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 14 meter.



Bijlage 9 – HMI rapportages oppervlaktewatermodel Keersop

Zie:

- Bijlage - kal_val_stat_keersop_dommel_v3.docx
- Bijlage - kal_val_dyna_keersop_dommel.docx

HMI – 9_keersop-dommel

Kalibratie- en validatie-rapport



De Keersop bij de Looërheideweg (foto: Gosro Karimlou)

Datum: 4 november 2019
Auteurs: Michelle Berg & Gosro Karimlou
Versie: 1.2

Inhoud

1 Inleiding 4

1.1 Interessegebied 4

1.2 Modelopbouw 5

1.3 Kalibratie- en validatieperiode 7

1.4 Meetlocaties 7

2 Kalibratie 9

2.1 0052 ADM Borkel en Schaft. 10

2.1.1 Debiet 10

2.1.2 Waterstanden bovenstrooms 10

2.2 0094 Beekloop. 12

2.2.1 Debiet 12

2.3 0085 Keersoppermolen. 13

2.3.1 Debiet 13

2.3.2 Waterstanden bovenstrooms 13

2.3.3 Waterstanden bovenstrooms 14

2.4 0046 Venbergse watermolen. 15

2.4.1 Waterstanden bovenstrooms 15

2.5 0045 Loondermolen 16

2.5.1 Waterstanden bovenstrooms 16

2.5.2 Waterstanden benedenstrooms 16

2.6 Inundatiebeeld kalibratie 17

3 Discussie 18

4 Vergelijking HMI Keersop-Dommel berekening met historische data 18

5 Conclusie 19

6 Aandachtspunten 19

Bijlage 1 (Memo validatie stationaire afvoeren Keersop Dommel)

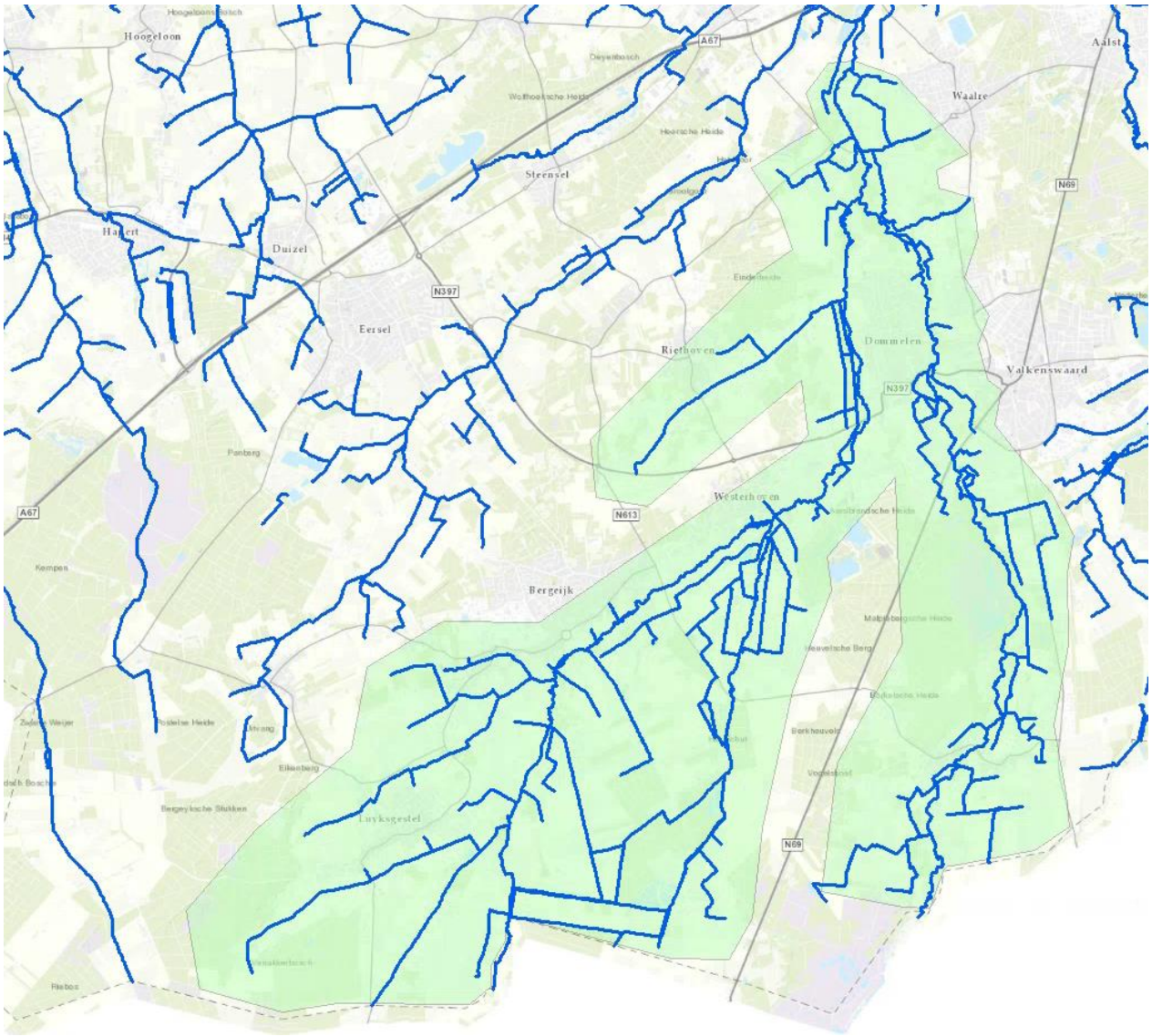
Wat?	Wie?	Wanneer?	Versienummer
Eerste versie opgesteld	Michelle Berg	6 oktober 2017	1.0
Foto op voorblad, andere plaatjes, walrus parameters, puntjes op i	Gosro Karimlou	26 januari 2018	1.1
Opmerkingen verwerken.	Gosro Karimlou	4 november 2019	1.2

1 Inleiding

In dit document wordt beschreven hoe het dynamische 1D/2D Sobek-model van de Keersop en Dommel tot Waalre is opgebouwd. In deze inleiding wordt globaal beschreven wat het modelgebied is en hoe het basismodel is opgebouwd. In het hoofdstuk “Kalibratie” en “Validatie” zijn de kalibratie- en validatieresultaten beschreven. In deze hoofdstukken wordt ingegaan op de prestaties van het model en de aanpassingen die zijn gedaan n.a.v. de berekeningen.

1.1 Interessegebied

In Figuur 1 is het interessegebied weergeven. Het Sobek-model omvat alle A-watergangen die in dit gebied liggen. Het modelgebied bevat de Dommel tot en met enkele km’s benedenstrooms de Volmolen en de gehele stroomgebied van de Keersop en de Beekloop. Het stroomgebied van de Dommel dat zich in Belgie bevindt is niet opgenomen in het Sobek model. De afvoer uit dit gebied is wel geschematiseerd.



Figuur 1 Modelgebied weergegeven in groen.

1.2 Modelopbouw

Voor het Sobek-model is een basisschematisatie opgesteld met behulp van FME en Triwaco. Hier is allereerst een stationair model van gemaakt. In Bijlage 1 is te lezen wat de resultaten zijn van het stationaire model. Om van het stationaire model een dynamisch model te maken zijn de volgende aanpassingen gedaan:

- België bergingsknoop ingebouwd
- Lateral nodes omgezet in RR connectionnodes
- HMI_RR.lit geïmporteerd in het model (dit zijn de greenhousenodes en de paved nodes incl. links)
- Hoogwateraanpassingen stuwen (Dommelse WM, Venbergse WM (Wier DL1-wm1)).
- Stuw Westerhoven stond al goed.

Aanpassingen die aan de basisschematisatie zijn gedaan naar aanleiding van de stationaire berekeningen en de kalibratie- en validatieberekeningen zijn te lezen in:

- W:\HGK\Modellen\WSDD-OPW\HMI\0_Algemeen\HMI_BovenDommel__EINDOPLEVERING_en_Modeloverzicht_Logboeken voor Wiki

De Walrus-modellen die zijn gebruikt voor het model van de Keersop-Dommel zijn:

- DG-Keersop
- DG-Dommel_Run
- DG-Dommel_Vlaander

Tabel 1 Walrus parameters

Walrus-model	As	type	dG0	cD	cW	cV	cG	cQ	cS	zeta1	zeta2	fXG	HS(min)
DG-Keersop	0.009	"loamy sand"	1200	2750	225	4	25000000	25	4	0.020	250	0	500
DG-Dommel_Run	0.009	"loamy sand"	1200	2750	225	4	25000000	25	4	0.020	250	0	500
DG-Dommel_Vlaanderen	0.009	"loamy sand"	1200	3250	225	4	30000000	25	4	0.020	200	0	500

De laatste versies van de Walrus-modellen zijn hier te vinden:

- W:\HGK\Modellen\WSDD-NA\WALRUS\DeelGebieden_WALRUS\DG-Keersop
- W:\HGK\Modellen\WSDD-NA\WALRUS\DeelGebieden_WALRUS\DG-Dommel_Run
- W:\HGK\Modellen\WSDD-NA\WALRUS\DeelGebieden_WALRUS\DG-Dommel_Vlaanderen

Neerslagafvoer aanpassingen stroomgebied Dommel in Belgie bij door rekenen afvoergolven.
Voor het stroomgebied van de Dommel in Belgie is ook een Walrus model afgeleid (DG-Dommel_Vlaanderen). Deze is echter nog verder vertraagd door in het oppervlakte watermodel een extra berging in te bouwen om de overstromingen in Vlaanderen mee te nemen.

Uitgaande van de maximale afvoeren bij de verschillende herhalingstijden is een aanname gedaan hoeveel oppervlak inundeert, zoals in onderstaande tabel is opgenomen. De percentages voor de

oppervlaktes is een aanname van HKV, op dit moment is geen informatie beschikbaar om dit verder te kunnen onderbouwen. Hiervoor zouden tot in het extreme bereik afvoermetingen nodig zijn in combinatie met geïnundeerde oppervlakken in het achterliggende gebied. Deze informatie is (nog) niet beschikbaar.

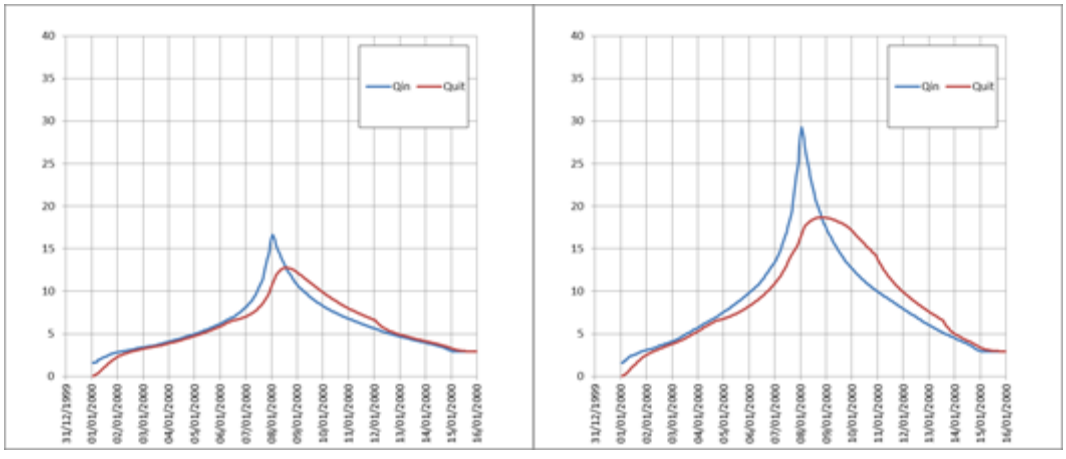
	0.05%
T1	0.50%
T10	1.50%
T25	3.00%
T50	5.00%
T100	10.00%

Op basis van het aangenomen geïnundeerd oppervlak (zie tabel hierboven) is het oppervlak openwater bepaald. Vervolgens hebben we een RR-stuw met een breedte ervoor gezet. De stuwbreedte is bepaald op basis van een T1 afvoer met een bijhorende opstuwing van 0.5m.

Voor het stroomgebied van de Dommel-Vlaanderen geven onderstaande figuren inzicht in de demping en vertraging van de afvoer.

Deze figuur geeft aan dat bij de T100 de piek afvoer van ca. 30 m^3/s gedempt wordt naar ca. 19 m^3/s. Voor de T10 situatie (rechts) zien we dat de afvoer tot ca. 12.5 m^3/s wordt gedempt.

De sterk gepiekte vorm uit de golf.exe is nu duidelijk wat gedempter en breder.



figuur 2 demping afvoergolf stroomgebied in Belgie, links = T10, rechts = T100.

1.3 Kalibratie- en validatieperiode

Er is alleen gekalibreerd op 2010. Er is dus geen validatie periode aanwezig.

Kalibratie:

- Periode: 1-11-2010 tot en met 30-11-2010

De Sobek-modellen met de berekeningen zijn hier te vinden:

- 9_KeerHW.lit

De volgende case is gebruikt:

- 2 '20160310 HW kal 1D2DRR nov 2010 v7 syfon KS1-KSY1 eruit'

1.4 Meetlocaties

De kalibratie van het model is uitgevoerd op basis van metingen. In Figuur 3 zijn de locaties weergeven waar de metingen zijn gedaan. Er is op drie afvoermeetpunten gekalibreerd, te weten:

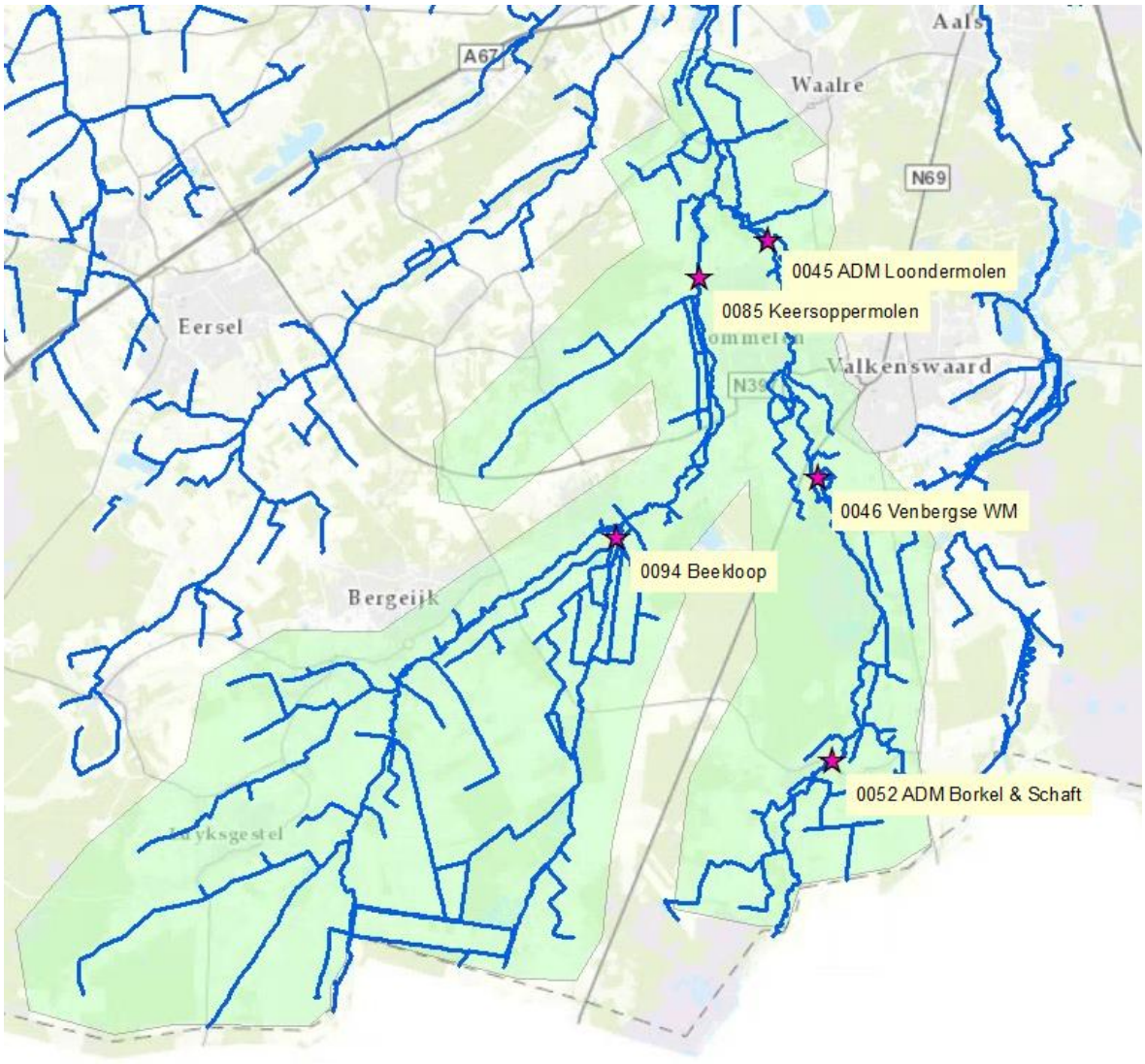
- 0094-ADM Beekloop
- 0085-ADM Keersoppermolen
- 0052-ADM Borkel en Schaft.

En op 2 waterstandsmeetpunten:

- 0045 Loondermolen
- 0046 Venbergse watermolen

In Sobek zijn een aantal 2D meetlijnen toegevoegd t.b.v. de kalibratie. Op deze locaties wordt de afvoer over maaiveld weggeschreven:

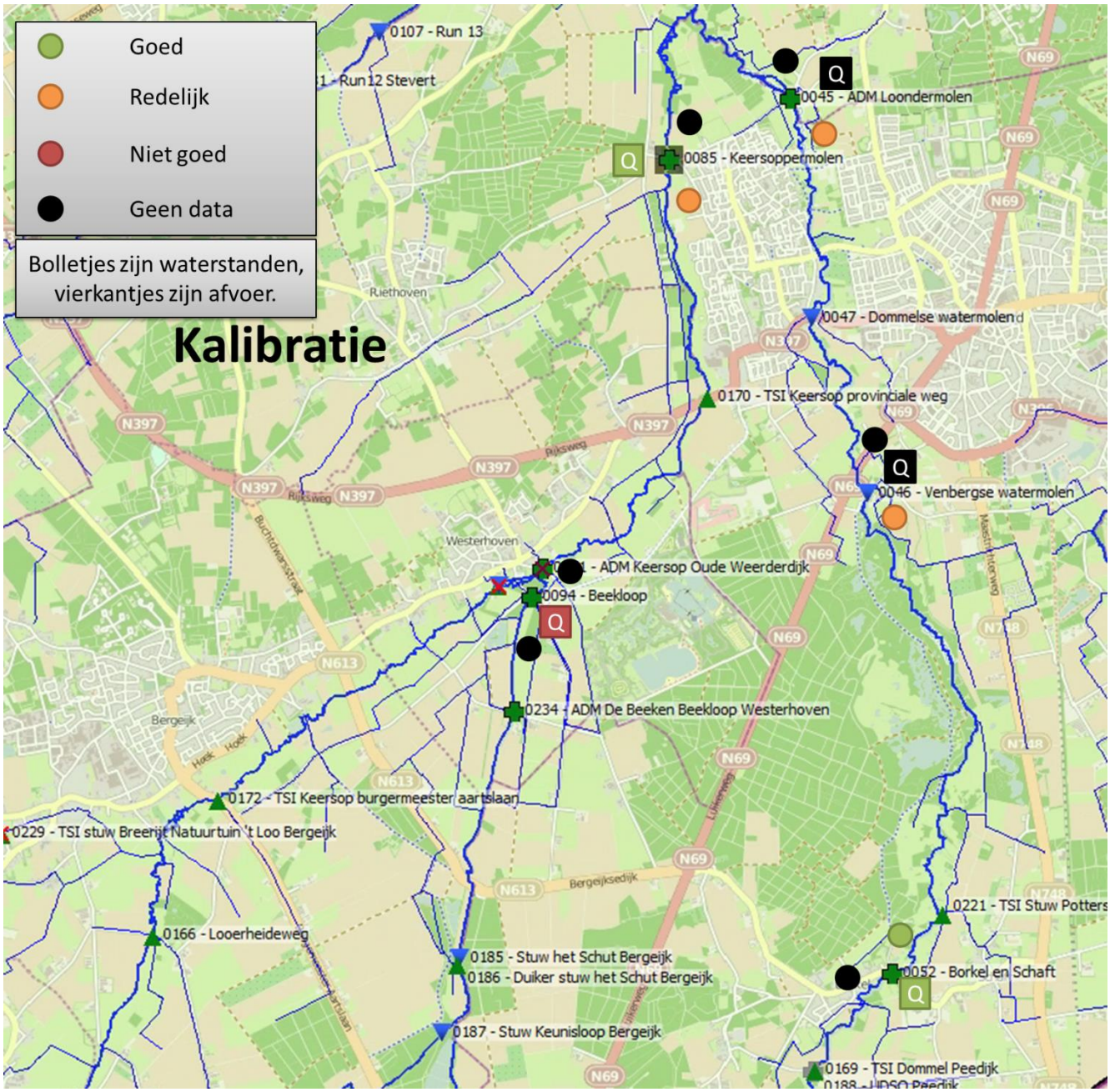
  - Meetlocatie Beekloop: Qline_Beekloop + 10
  - Meetlocatie Keersoppermolen: Qline_Keersoppermolen + riv_KS1_12_10
  - Meetlocatie : Qline_BorkelSchaft + riv_DL1_50_15



Figuur 3 Meetlocaties gebruikt bij de kalibratie en validatie van het Sobek-model van de Keersop en Dommel bovenstrooms Waalre.

2 Kalibratie

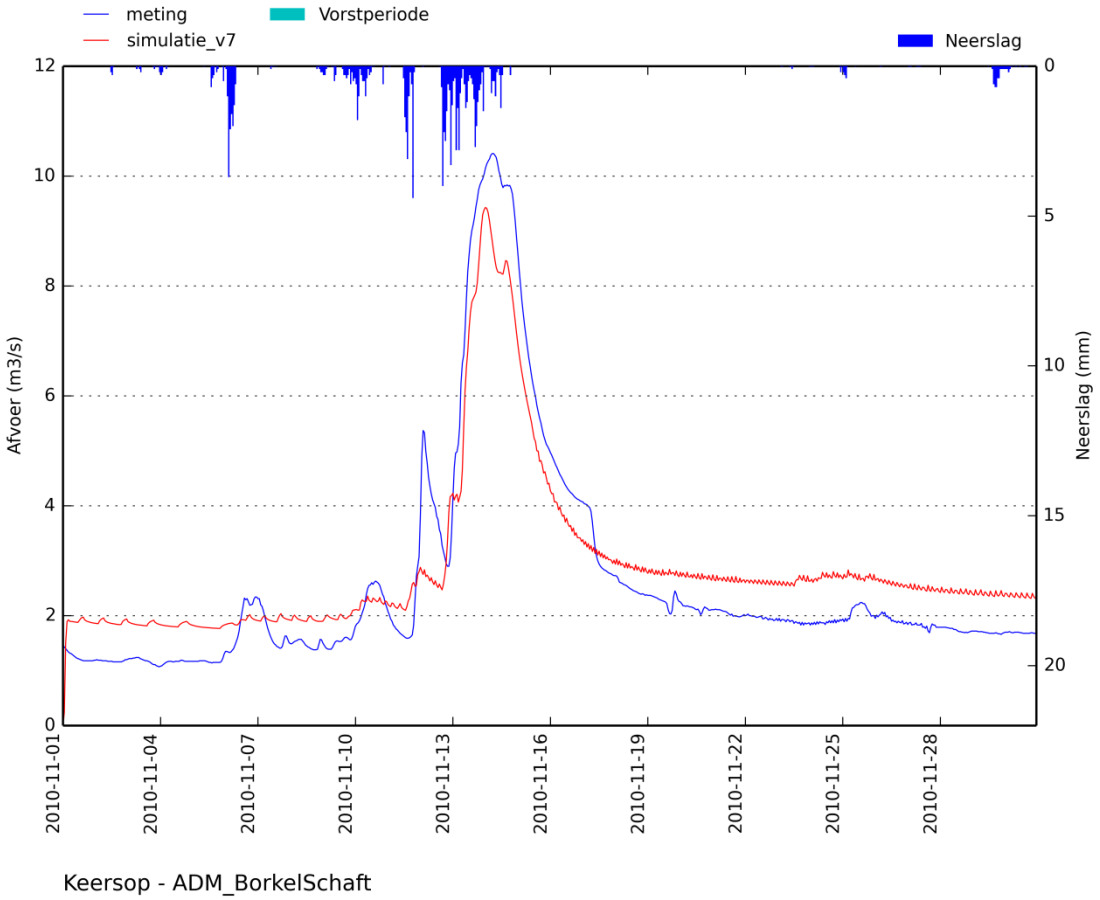
In onderstaande paragraven wordt per meetpunt de kwaliteit van het model beschreven. De meetpunten worden van boven- naar benedenstrooms behandeld.



Figuur 4 Overzicht van modelprestaties tijdens kalibratieperiode

2.1 0052 ADM Borkel en Schaft.

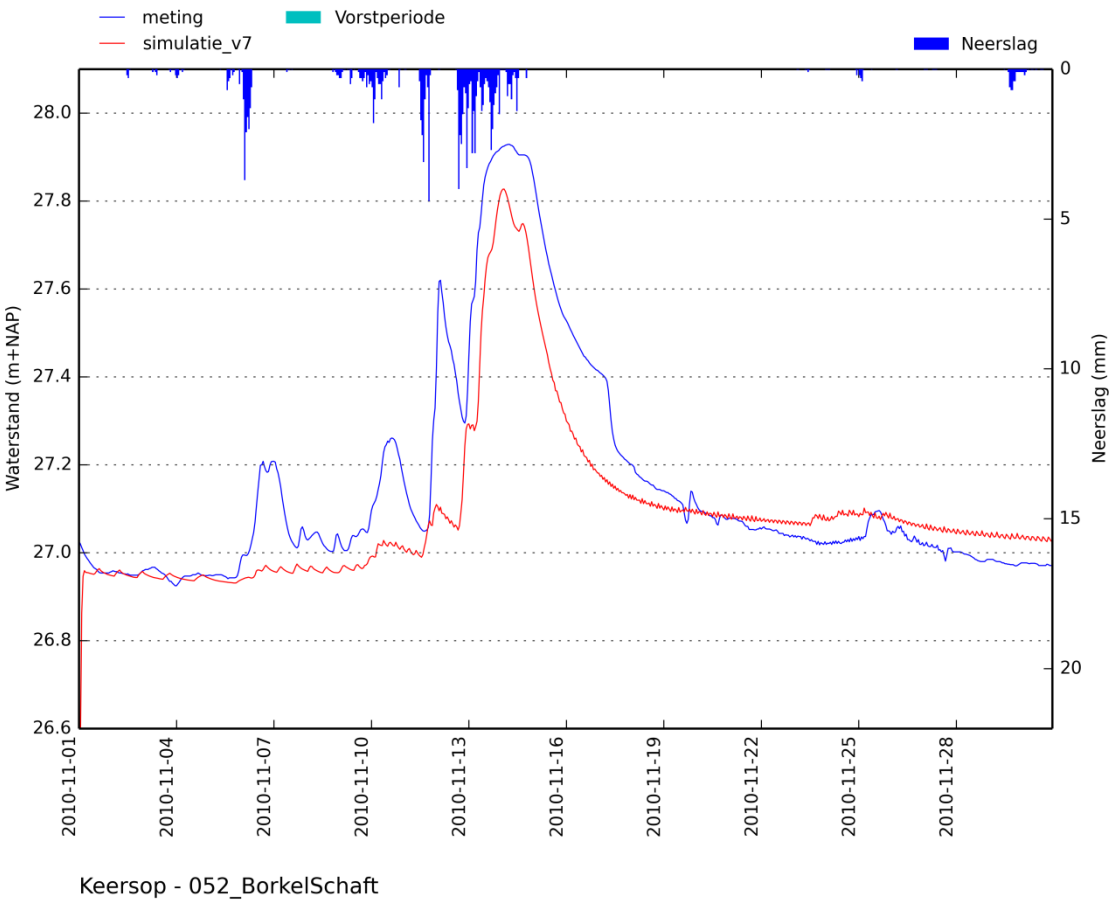
2.1.1 Debiet



Het debiet wordt in de berekening iets onderschat. In deze berekeningen is overigens de berging in het Belgische deel van de Dommel nog niet meegenomen.

2.1.2 Waterstanden bovenstrooms

De waterstanden zoals die gemeten worden bij de ADM zijn in de berekening iets lager dan in de metingen. Dit is verklaarbaar doordat de afvoer ook lager berekend wordt dan is gemeten.

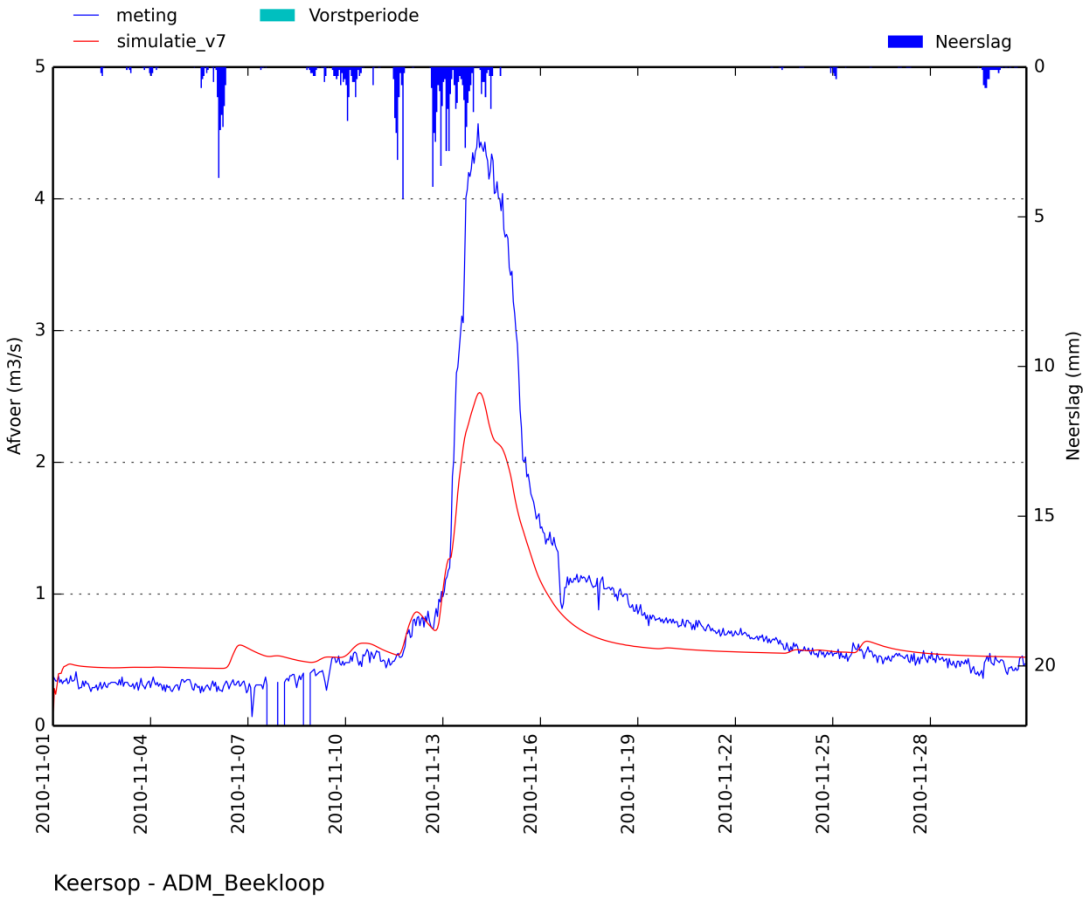


Keersop - 052_BorkelSchaft

2.2 0094 Beekloop.

2.2.1 Debiet

Bij dit meetpunt wijkt het gemeten en berekende debiet erg van elkaar af. Dit komt hoogstwaarschijnlijk doordat er een zandvang op deze locatie ligt. De debietformule komt hoogstwaarschijnlijk niet overeen met de situatie buiten. Hierdoor is deze meetlocatie onbetrouwbaar.

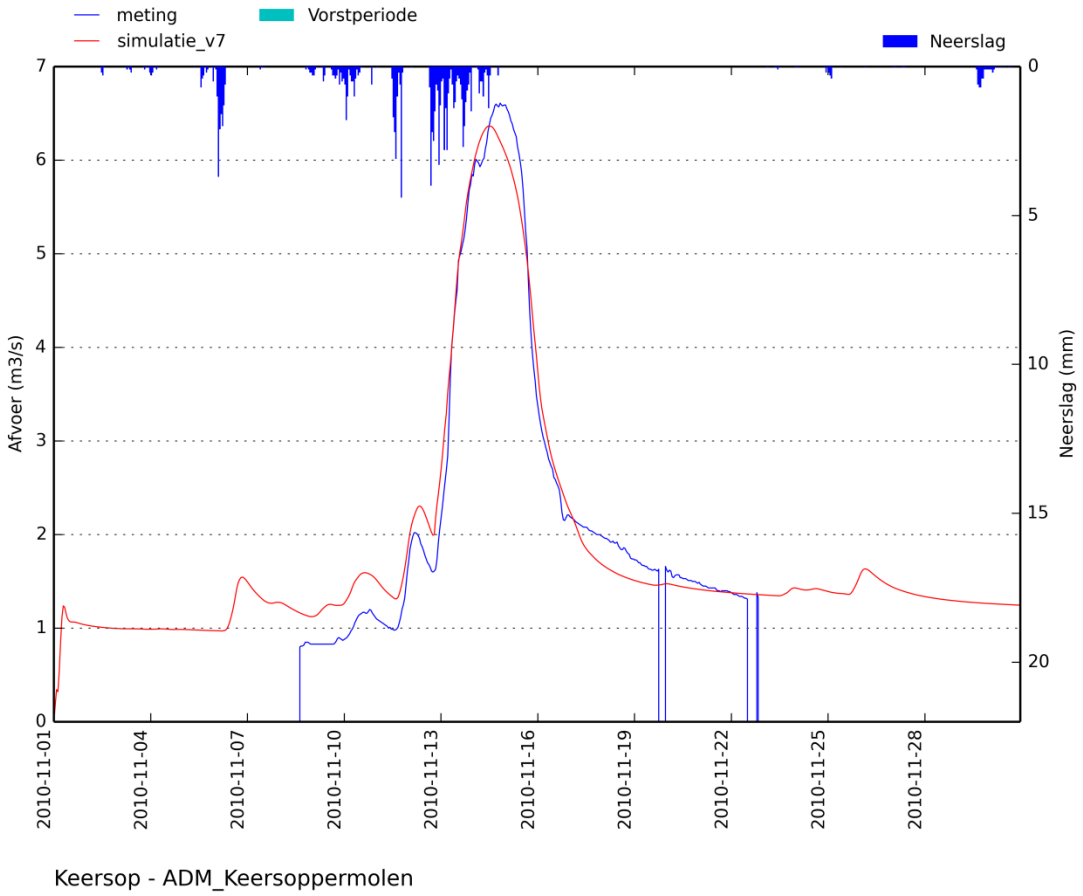


Keersop - ADM_Beekloop

2.3 0085 Keersoppermolen.

2.3.1 Debiet

De gemeten afvoer komt zeer goed overeen met de berekende afvoer. De afvoeren van de Keersop worden goed berekend.

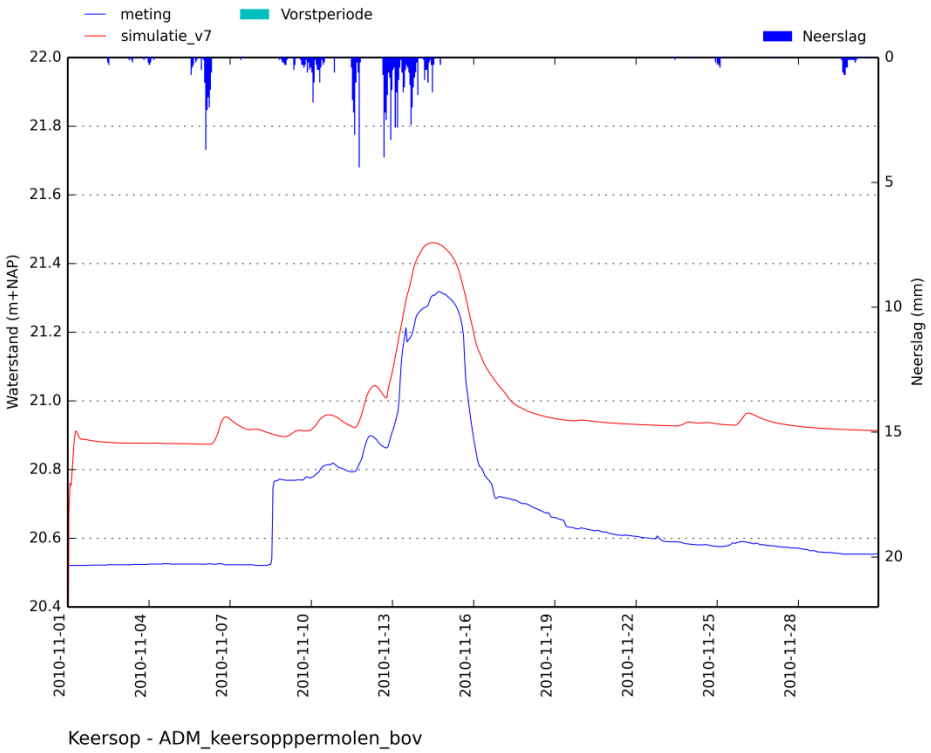


Keersop - ADM_Keersoppermolen

2.3.2 Waterstanden bovenstrooms

Van dit meetpunt zijn in 2010 geen waterstanden beschikbaar.

2.3.3 Waterstanden bovenstrooms

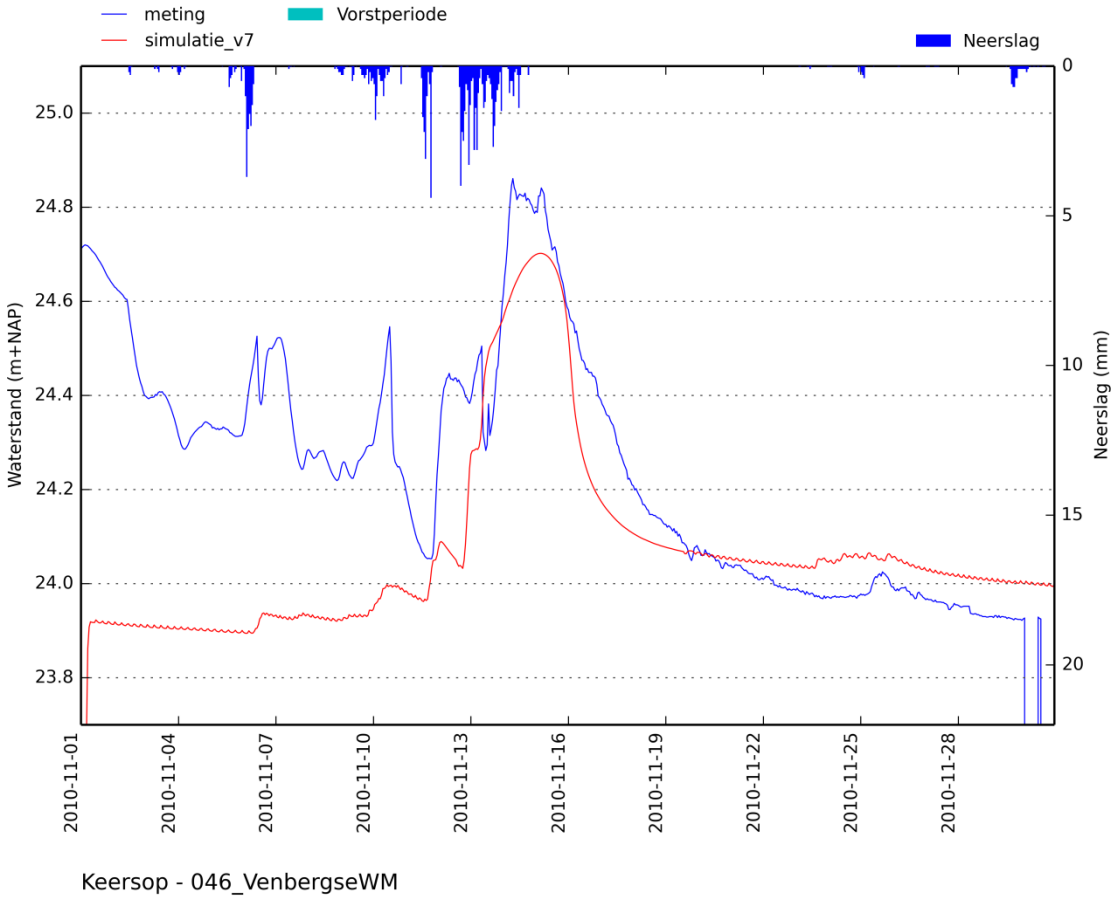


De waterstanden aan de bovenstroomse kant van stuw Keersoppermolen liggen in het model iets hoger dan in de meting. De balken bij de stuw liggen in de werkelijkheid op circa 20,60 m+NAP. In het model heeft de stuw er in gezeten met een hoogte van 20,70 m+NAP. Hierdoor is de waterstand buiten de piek in het model te hoog berekend. Daarnaast zijn er naast de reguliere “stuwinstellingen” mogelijk maatregelen genomen (bv. stuw extra verlagen) in de kalibratieperiode. Deze maatregelen zijn niet gemodelleerd.

2.4 0046 Venbergse watermolen.

2.4.1 Waterstanden bovenstrooms

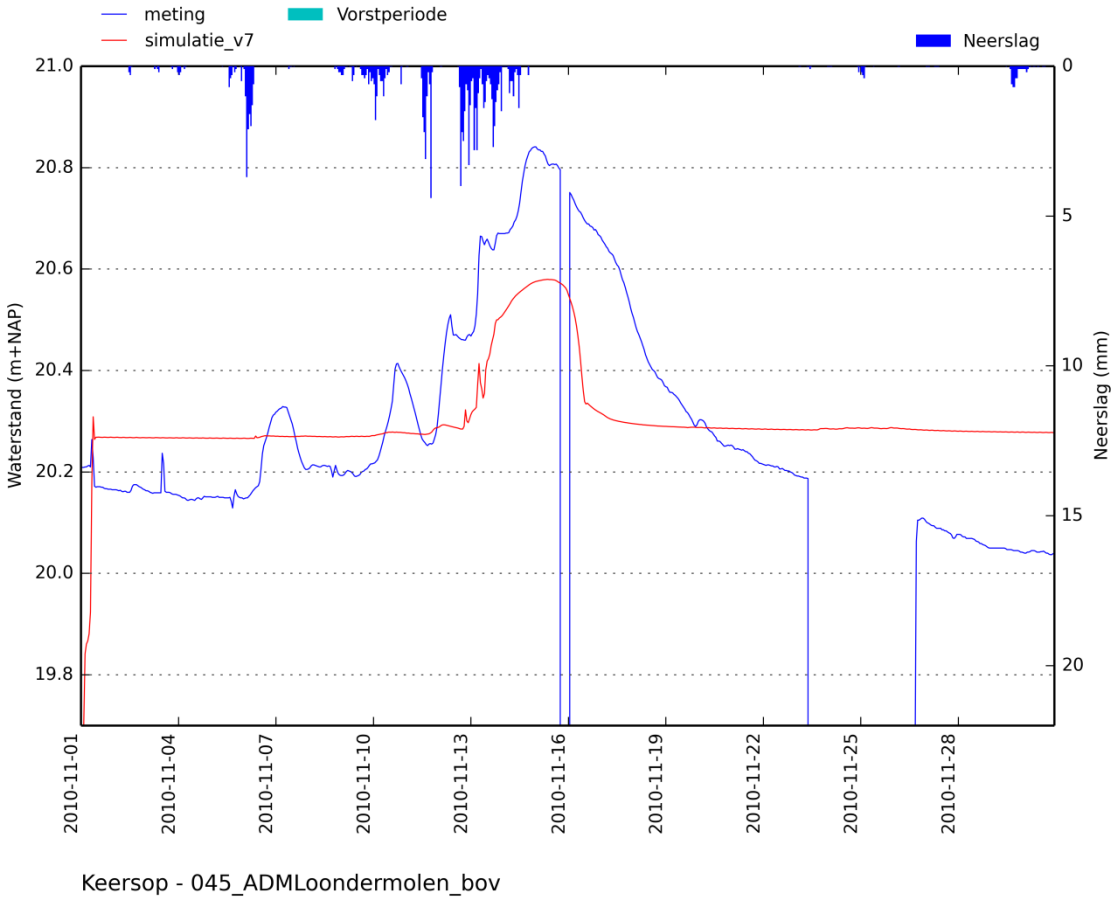
Dit meetpunt ligt bovenstrooms van de watermolen. Daardoor is de metingen sterk gestuurd door het stuwgedrag van de molenaar. In het model stuwt de molenaar vrij hoog op. Pas bij de daadwerkelijke piek heeft hij de molendoorlaten geopend waardoor de piekwaterstanden redelijk overeen komen maar de aanloop dus niet.



Keersop - 046_VenbergseWM

2.5 0045 Loondermolen

2.5.1 Waterstanden bovenstrooms

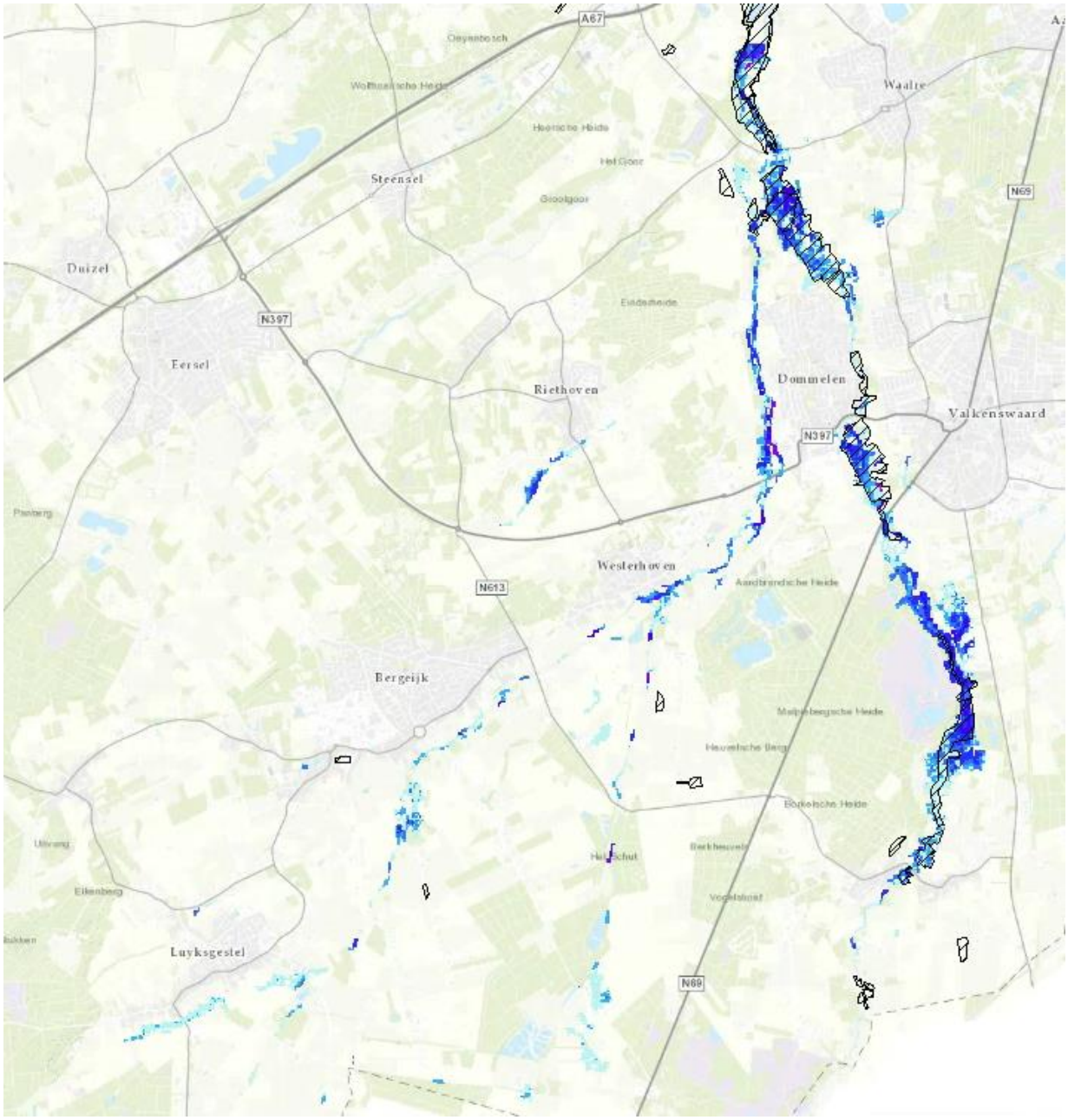


De Loondermolen stuw is na november 2010 aangepast. Het Sobek-model komt daarmee niet overeen met de situatie zoals die in 2010 was. Er is extra afvoercapaciteit gekomen door een automatische stuw en de aanleg van een vispassage. Dit verklaart waarschijnlijk waarom de metingen in 2010 20cm hoger waren dan de berekeningen.

2.5.2 Waterstanden benedenstrooms

Benedenstrooms is geen betrouwbare afvoermeting beschikbaar in 2010.

2.6 Inundatiebeeld kalibratie



De figuur geeft een beeld van de berekende maximale overstromingen. Gearceerd zijn de overstroomde gebieden in 2002 zoals bepaald op basis van de luchtfoto. De overstromingen zien er logisch uit. Alleen op de Malpie zijn ze wel fors meer, het is echter niet zeker dat er van dit gebied toen foto's gemaakt zijn.

3 Discussie

Er zijn weinig betrouwbare meetlocaties in dit gebied aanwezig. Voor de kalibratieperiode zijn vijf meetlocaties waar de metingen met het model kunnen worden vergeleken. Echter is niet op al deze locaties een debiet, bovenstroomse waterstand en benedenstroomse waterstand gemeten. Het is hierdoor niet mogelijk om een goed oordeel te geven over de kwaliteit/prestaties van het model. Om na te gaan hoe goed het model is zijn meer meetlocaties nodig. Op **basis van de aanwezige meetlocaties** kan worden gezegd dat het model redelijk tot goed presteert. Dit is echter een onzekere stelling.

Voor dit model is geen validatieberekening gedaan. Hierdoor bestaat de kans dat het model tijdens andere hoogwatersituaties slechter of beter presteert. Buiten de gebruikte kalibratieperiode is echter niet een periode aan te wijzen die voldoende nat is geweest voor een hoogwaterberekening.

4 Vergelijking HMI Keersop-Dommel berekening met historische data

De berekende piekafvoer bij meetlocatie 0052 in de kalibratieperiode is circa 9,5 m^3/s. De gemeten piekafvoer bij meetlocatie is circa 10,5 m^3/s. In onderstaande tabel zijn de berekende piekafvoeren weergeven voor de verschillende afvoergolven (T1, T10, T25, enz…) op de locatie van meetlocatie 0052.

T1: 7,1 m^3/s
T10: 13,5 m^3/s

(de afvoeren zijn afkomstig uit L:\Sobek213\3108KEER.lit, de cases met de afvoergolven met het huidige klimaat zijn gebruikt)

Op basis van de gemeten en berekende piekafvoer tijdens de kalibratieperiode is de verwachting dat de situatie tijdens de kalibratieperiode een herhalingstijd had van tussen de T1 en T10.

De berekende piekafvoer bij meetlocatie 0085 in de kalibratieperiode is circa 6,3 m^3/s. De gemeten piekafvoer bij meetlocatie is circa 6,6 m^3/s. In onderstaande tabel zijn de berekende piekafvoeren weergeven voor de verschillende afvoergolven (T1, T10, T25, enz…) op de locatie van meetlocatie 0085.

T1: 5,5 m^3/s
T10: 9,0 m^3/s

(de afvoeren zijn afkomstig uit L:\Sobek213\3108KEER.lit, de cases met de afvoergolven met het huidige klimaat zijn gebruikt)

Op basis van de gemeten en berekende piekafvoer tijdens de kalibratieperiode is de verwachting dat de situatie tijdens de kalibratieperiode een herhalingstijd had van tussen de T1 en T10.

5 Conclusie

Op basis van de beperkt beschikbare gegevens is het model goedgekeurd. Op dit moment is dit het beste dat er is, en kan er niet meer zekerheid worden gegeven.

6 Aandachtspunten

Er zijn weinig meetlocaties in dit stroomgebied aanwezig. Het is daarom niet met zekerheid te zeggen hoe goed het model is. Ook het feit dat er geen validatie is uitgevoerd draagt hier niet aan bij.

De documenten waar in is uitgelegd hoe de randen werken staan hier:

- W:\HGK\Modellen\WSDD-OPW\HMI\0_Algemeen\HMI_BovenDommel__EINDOPLEVERING_en_Modeloverzicht_Logboeken voor Wiki\05_Logboek hoogwaterberekeningen.docx
- W:\HGK\Modellen\WSDD-OPW\HKV_LokaleModellen\NA\Mett - Hydrologie - Overkoepelend\Randen CF-modellen aug11\PR1915_30_NT14_BijzondereRanden_M6.pdf

MEMO

Bijlage 1

Proces: Ontwikkelen watersysteem

Aan : Projectgroep HMI
Van : Gosro Karimlou
Datum : 20-10-2017
Betreft : Validatie stationaire afvoeren Keersop Dommel
Kopie aan:

1. Inleiding

In het kader van het HMI is het Sobek-model van de Keersop Dommel doorgerekend met stationaire afvoeren. Per seizoen is een aparte berekening uitgevoerd. De volgende stationaire afvoeren zijn gebruikt:

Tabel 1 Stationaire afvoer per modelgebied.

Meetpunt			
Gebied	**Keersop**	**Dommel-Run**	**Dommel Vlaanderen**
Qw (mm/s)	1.15E-05	9.35E-06	1.49E-05
Qv (mm/s)	7.68E-06	8.20E-06	1.18E-05
Qz (mm/s)	4.35E-06	1.85E-06	8.10E-06
Qn (mm/s)	5.84E-06	3.81E-06	9.16E-06

De stationaire afvoeren zijn bepaald a.d.h.v. meetgegevens van verschillende meetpunten in 2014 (zie ook W:\HGK\Modellen\WSDD-OPW\HMI\0_Algemeen\HMI_BovenDommel\Sobek\Randen_GGOR).

Per gebied is de afvoer op de laterale knopen op het Sobek-model gezet, dit wordt dan vermenigvuldigd met het achteliggende oppervlak. Door bovenstaande afvoer op het model te zetten stelt zich na een aantal dagen (in de berekening) een evenwicht in waarna de afvoeren en de waterstanden gelijk blijven. De afvoeren en waterstanden die in dit evenwicht worden bereikt zijn de stationaire afvoeren en stationaire waterstanden. Deze worden vergeleken met de mediane afvoeren en waterstanden in het betreffende seizoen.

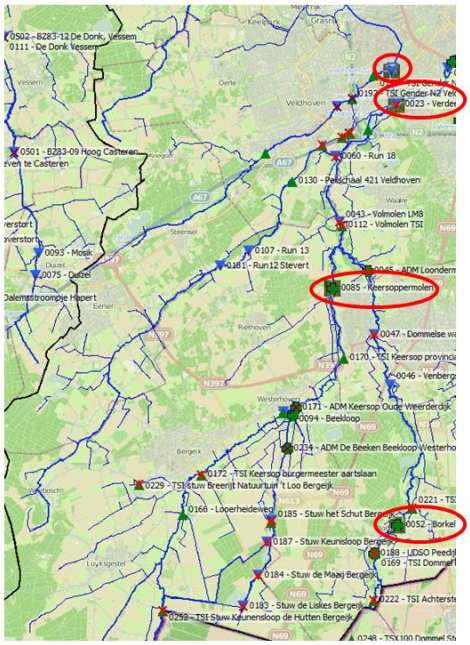
De afvoer voor het Dommel-Run gebied is als volgt bepaald:

De afvoer is bepaald door de volgende meetpunten te gebruiken:
(0023+0058)-0085-0052

Afvoer van Dommel (incl. Keersop en Run)

Afvoer van Keersop

Afvoer van Dommel bovenstrooms van samenkomst met Keersop en Run

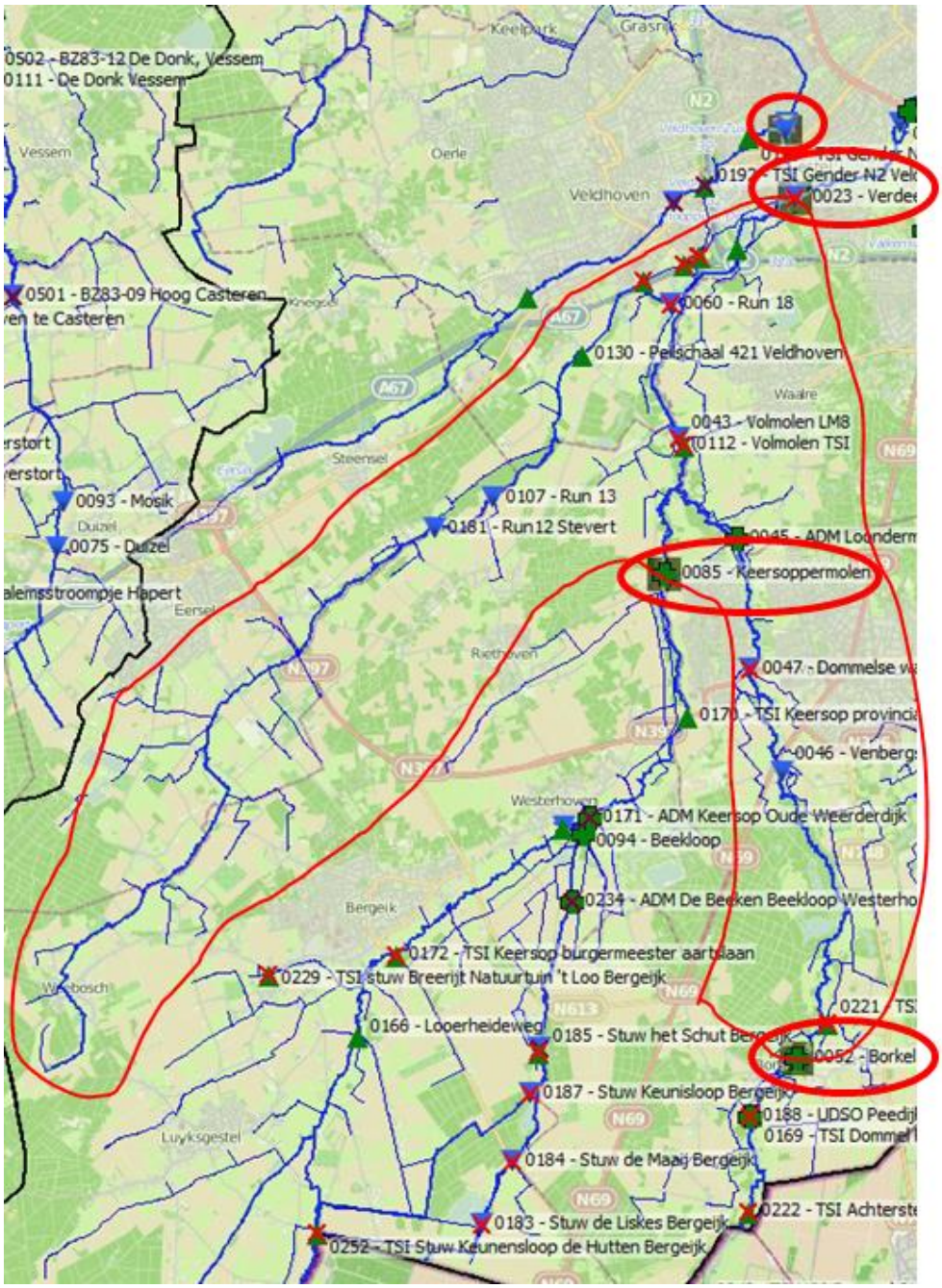


Meetgegevens van 2014 zijn gebruikt.
De afvoeren die zijn bepaald zijn mediane afvoeren.

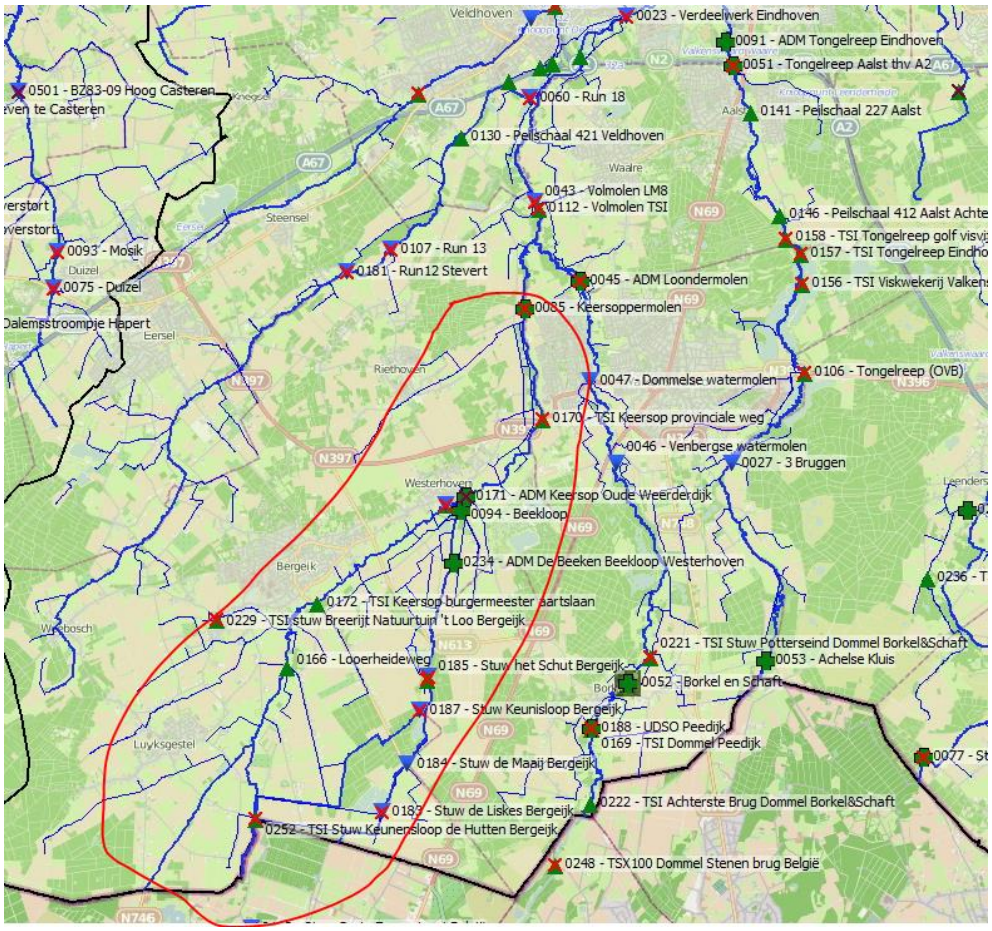
Deze meetlocaties zijn gebruikt omdat ze betrouwbaar worden geacht. Meetlocaties waar ook debiet wordt gebruikt maar niet zijn meegenomen in de afvoerbepaling worden niet betrouwbaar geacht. Helaas is hier niets over gedocumenteerd.

Voor de andere gebieden zijn de afvoeren bepaald op basis van één meetpunt.

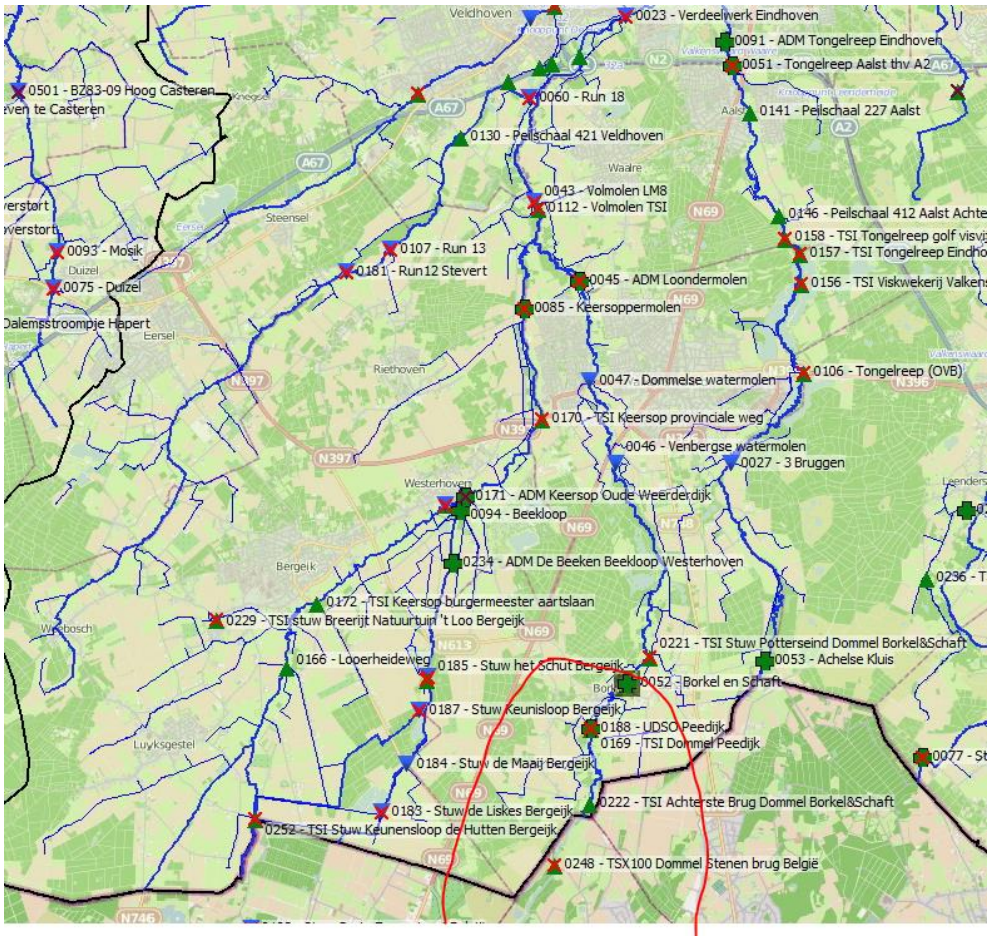
De ligging van de verschillende gebieden is weergeven in onderstaande figuren.



Figuur 1 Overzicht van modelgebied Dommel-Run.



Figuur 2 Overzicht van modelgebied Keersop.



Figuur 3 Overzicht van modelgebied Dommel Vlaanderen.

2. Validatie

Onderstaande tabellen geven de gemeten (mediaan) en berekende debieten en waterstanden per meetlocatie op basis van 2014. Bij grote afwijkingen is het berekende debiet rood gekleurd, wanneer de berekening en meting dicht bij elkaar ligt is de berekende afvoer groen gekleurd. De gemeten debieten en de waterstanden zijn op basis van meetgegevens van 2014 bepaald.

Meetlocatie 0023 is niet meegenomen in onderstaande analyse omdat dit meetpunt niet binnen de modelomtrek valt.

Tabel 2 Gemeten (mediaan) en berekende debieten tijdens stationaire berekening (Zie ook: W:\HGK\Modellen\WSDD-OPW\HMI\9_Keersop_Dommel\datavalidatie\export Keersop_dommel.xlsx).

Meetlocatie	Sobek locatie	Qw (meetreeks) (m3/s)	Qw (uit model) (m3/s)	Qv (meetreeks) (m3/s)	Qv (uit model) (m3/s)	Qz (meetreeks) (m3/s)	Qz (uit model) (m3/s)	Qn (meetreeks) (m3/s)	Qn (uit model) (m3/s)
0045	riv_DL1_42_14	0,57	2,43	0,49	1,98	0,87	1,25	0,62	1,48
0052	riv_DL1_50_14	1,95	2,28	1,48	1,75	1,17	1,22	1,37	1.36
0085	riv_KS1_12_8	0,89	1,25	0,58	0,79	0,42	0,47	0,52	0,63
0184	riv_KS48_62	0,17	0,01	0,17	0,01	0,11	0	0,03	0,01
0187	riv_KS50_0_67	0,00	0,04	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01

De berekende debieten zijn niet bepaald a.d.h.v. meerdere meetlocaties, zie hiervoor de beschrijving hierboven. Hierdoor kunnen er verschillen zitten tussen de meting en berekening.

Bij meetlocatie 0045 zijn de afwijkingen tussen de metingen en de berekening groot. Mogelijk heeft dit te maken met aanzanding van de meetlocatie, waardoor het debiet niet goed berekend kan worden.

De model-afvoer ter hoogte van meetlocatie 0052 komt aardig overeen met de metingen. Echter is het vreemd dat ze niet dichter bij elkaar liggen, omdat de afvoer is bepaald aan de hand van metingen van meetlocatie 0052 in 2014. De reden voor deze afwijking is onbekend.

De model-afvoer ter hoogte van meetlocatie 0085 komt in de zomer en in het najaar aardig overeen met de metingen. Echter is het vreemd dat ze niet dichter bij elkaar liggen, omdat de afvoer is bepaald aan de hand van metingen van meetlocatie 0085 in 2014. De reden voor deze afwijking is onbekend.

In het model is de afvoer van de Keersop bepaald aan de hand van metingen van meetlocatie 0085. Deze afvoer is gelijkmatig verdeeld over het oppervlak van het modelgebied. Tussen meetlocatie 0184 en meetlocatie 0187 zijn water-aanvoer locaties gelegen. Dit is waarschijnlijk niet goed meegenomen met het verdelen van de afvoer over de verschillende lateral nodes.

Tabel 3 Gemeten en berekende waterstanden tijdens stationaire berekening (Zie ook: W:\HGK\Modellen\WSDD-OPW\HMI\9_Keersop_Dommel\datavalidatie\export Keersop_dommel.xlsx).

Meetlocatie	Sobek locatie	m+NAP (meting in w)	m+NAP (model Qw)	m+NAP (meting in v)	m+NAP (model Qv)	m+NAP (meting in z)	m+NAP (model Qz)	m+NAP (meting in n)	m+NAP (model Qn)
0043 boven	FXCL4044	18,92	18,92	18,92	18,91	18.92	18,9	18,92	18,9
0045 ADM	FXCL4101	20,27	20,25	20,24	20,40	20.39	20,24	20,28	20,29
0045 beneden	FXCL4088	19,99	19,71	19,84	19,53	19.91	19,41	19,99	19,42
0045 boven	FXCL4101	20,29	20,25	20,23	20,40	20.40	20,24	20,30	20,29
0052	FXCL4384	26,88	26,98	26,89	26.92	27,39	26,84	27,10	27,03
0085 boven	FXCL4530	20,82	20,92	20,63	20,85	20,78	20,79	20,83	20,82

0046 boven	Calc_riv_DL1_47_355	24,00	24,02	24,49	24	24,55	24,39	24,36	24,39
0047 boven	prof_DL1-DP-11200	22,69	22,5	22,68	22,49	22,59	22,8	22,63	22,79
0166	CONN946	29,75	29,59	29,88	29,56	29,60	29,53	29,66	29,52
0169	FXCL5565	27,63	27,72	27,59	27,66	28,25	27,58	27,79	27,59
0170	FXCL5386	21.89	22,02	21,92	21,94	21,88	21,86	21,87	21,88
0172	CONN315	27,74	27,66	27,78	27,60	27,77	27,54	27,69	27,56

De gemeten en berekende waterstanden komen niet op alle locaties goed overeen. Bij afwijkingen groter dan 0,10 m is de berekende waterstand rood gekleurd, bij kleinere afwijkingen is de berekende waterstand groen gekleurd. Hieronder wordt elk meetpunt kort behandeld.

De waterstand bovenstrooms van meetlocatie 0043 wordt goed gemodelleerd.

Bovenstrooms van meetlocatie 0045 wordt de waterstand niet goed gemodelleerd. In de zomer en in het voorjaar zijn de afwijkingen tussen de gemeten en berekende peilen te groot. Mogelijk heeft dit te maken met de werking van de vistrap, wanneer de weerstand van vistrap niet goed wordt gemodelleerd (in dit geval onderschat) zakken de peilen bovenstrooms van de stuw te ver weg. In de winter en in het najaar worden de peilen wel goed gemodelleerd. Benedenstrooms van meetlocatie 0045 worden de peilen flink te laag berekend (circa 0,5 meter). De reden hiervoor is onbekend, mogelijk heeft ook di te maken met aanzanding bij dit meetpunt.

Bij meetlocaties 0052 worden de peilen goed gemodelleerd, behalve in de zomer. In de zomer speelt de begroeiing een grote rol, welke niet voldoende in het model is meegenomen.

Bij meetlocatie 0085 worden de waterstanden goed gemodelleerd. In het voorjaar is de afwijking tussen berekening en meting te groot. Dit komt waarschijnlijk doordat de klepstand in dit seizoen in het model niet goed overeenkomt met de werkelijkheid. Daarnaast wordt bij deze meetlocatie ook het debiet overschat in de winter en het voorjaar.

De globale sturing van de Venbergse Watermolen zit in het model zoals beschreven in de Wiki (http://wiki/hydrowiki/index.php?title=DL1-wm1_(Venbergse_Watermolen)). Echter lijkt er soms een specifieke sturing te zijn toegepast die buiten de globale sturing valt die nu in het model zit. Hierdoor ontstaan verschillen tussen de meting en berekening.

De globale sturing van de Dommelsche Watermolen zit in het model zoals beschreven in de Wiki (http://wiki/hydrowiki/index.php?title=DL1-wm2_(Dommelsche_Watermolen)). Echter lijkt er in de werkelijkheid anders gestuurd te worden. Hierdoor ontstaan verschillen tussen de meting en berekening.

De waterstanden bij meetlocatie 0166 worden in het model structureel onderschat. Dit heeft mogelijk te maken met vegetatie- en bochtweerstand die niet voldoende in het model is opgenomen.

De waterstanden bij meetlocatie 0169 worden in de winter en in het voorjaar redelijk goed berekend. In de zomer en in het najaar worden de waterstanden in het model onderschat. Waarschijnlijk heeft dit te maken met vegetatieweerstand die onvoldoende in het model is meegenomen voor deze locatie.

Bij meetlocatie 0170 worden de waterstanden redelijk goed gemodelleerd. Alleen in de winter wordt de waterstand iets overschat, dit heeft mogelijk te maken met het debiet dat in de winter wordt overschat (zie meetlocatie 0085).

De waterstanden bij meetlocatie 0172 worden in het model structureel onderschat. Dit heeft mogelijk te maken met vegetatie- en bochtweerstand die niet voldoende in het model is opgenomen.

Het gebruikte Sobek-model:

- L:\Sobek213\9_Keer_s.lit Gebruikte cases:
    - 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'

3. Aanbevelingen/aandachtspunten

Op een aantal locaties speelt weerstand door vegetatie een grotere rol dan dat deze nu toebedeeld heeft gekregen. Aanbevolen wordt om dit in een volgende modellering mee te nemen.

Stuw- en molenpeilen zijn in de werkelijkheid niet altijd zoals standaard afspraak is. In het veld wordt vaak maatwerk geleverd o.b.v. de actuele neerslag situatie. Hierdoor kunnen verschillen ontstaan tussen metingen en berekeningen.

Het is niet meer te achterhalen waarom de modelafvoer op een aantal locaties niet overeenkomt met berekende mediane afvoer. Bij een volgende modellering is het beter om dit opnieuw te bepalen.

De werking van de vistrap bij meetlocatie 0045 staat mogelijk niet goed in het model. Bij een volgende modellering verdient deze locatie extra aandacht.

Een aantal meetlocaties bevinden zich op locaties waar aanzanding plaatsvindt of een zandvang is. De debietmetingen op deze locaties zijn altijd onzeker omdat de natte omtrek relatief snel verandert t.o.v. andere locaties. Hierdoor geldt de initiële debietformule (waarin ook gebruik wordt gemaakt van de natte omtrek) niet meer, waardoor de berekende debieten niet kloppen.

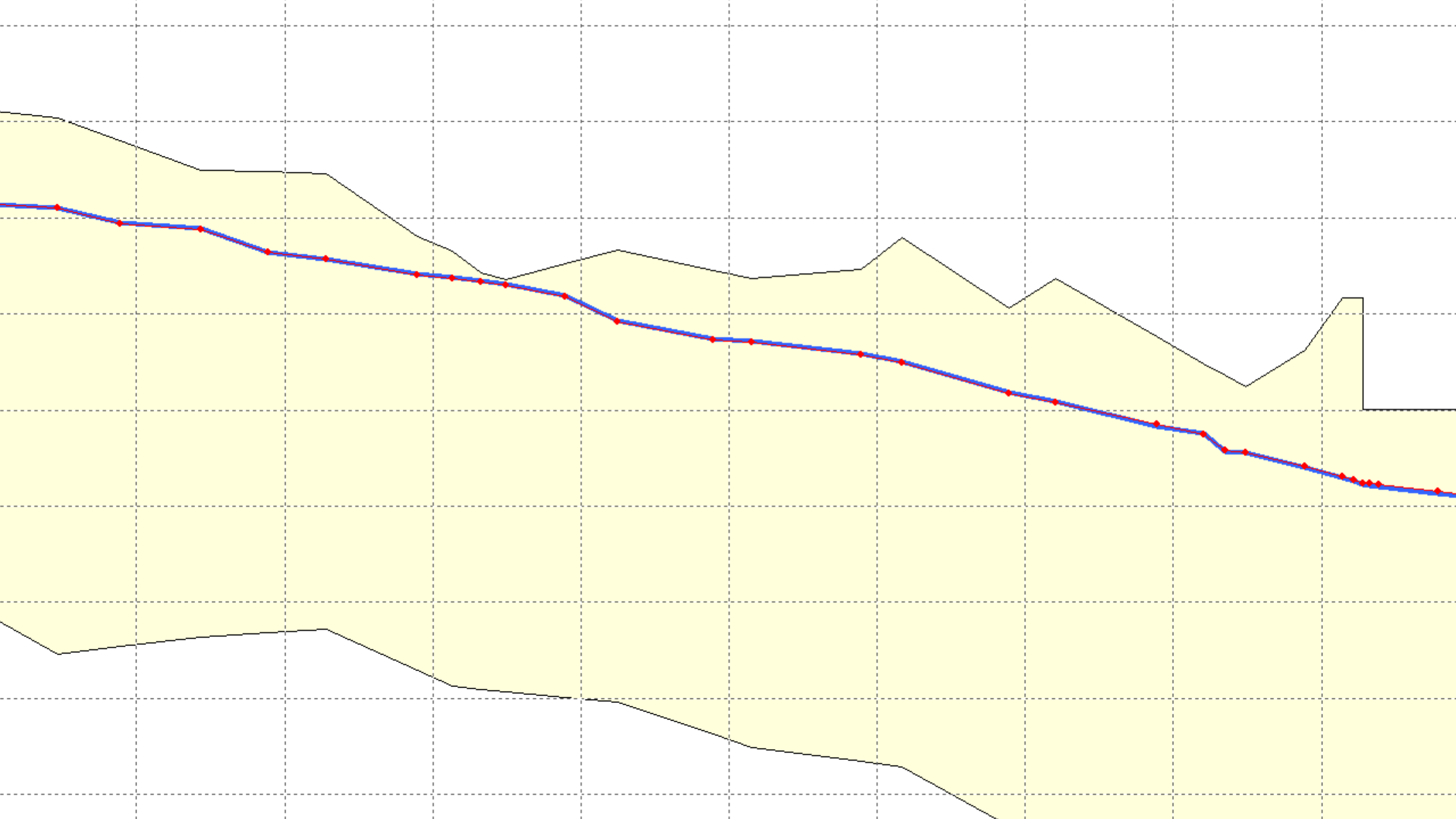
Het is zo dat in de zomer de afvoer voor een groter deel uit RWZI effluent kan bestaan. Dit kan fouten opleveren in de verdeling van de debieten.

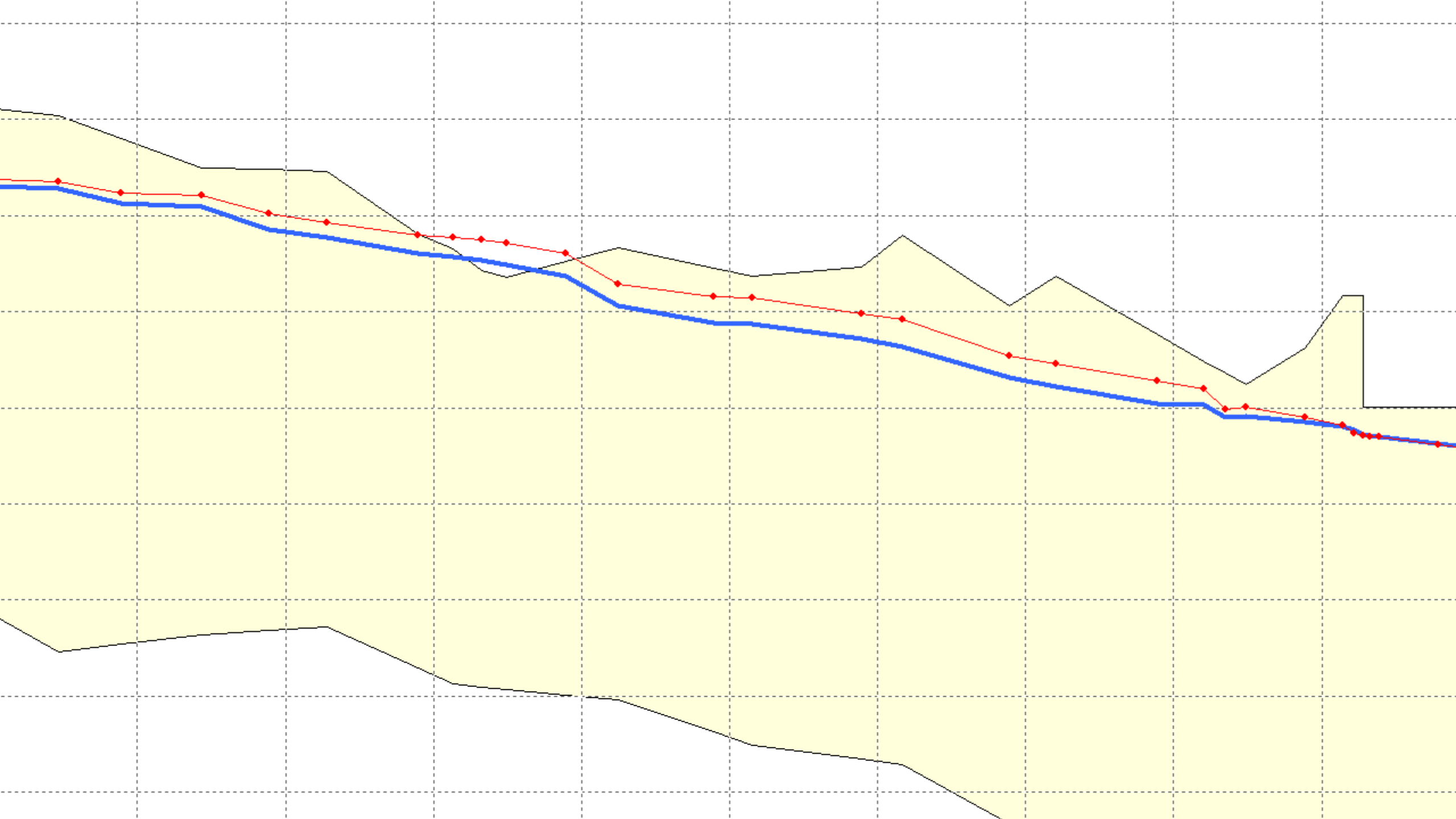
Ondanks dat meetlocatie 0023 wordt gebruikt om de afvoer te bepalen valt de meetlocatie niet binnen de modelomtrek van dit gebied.

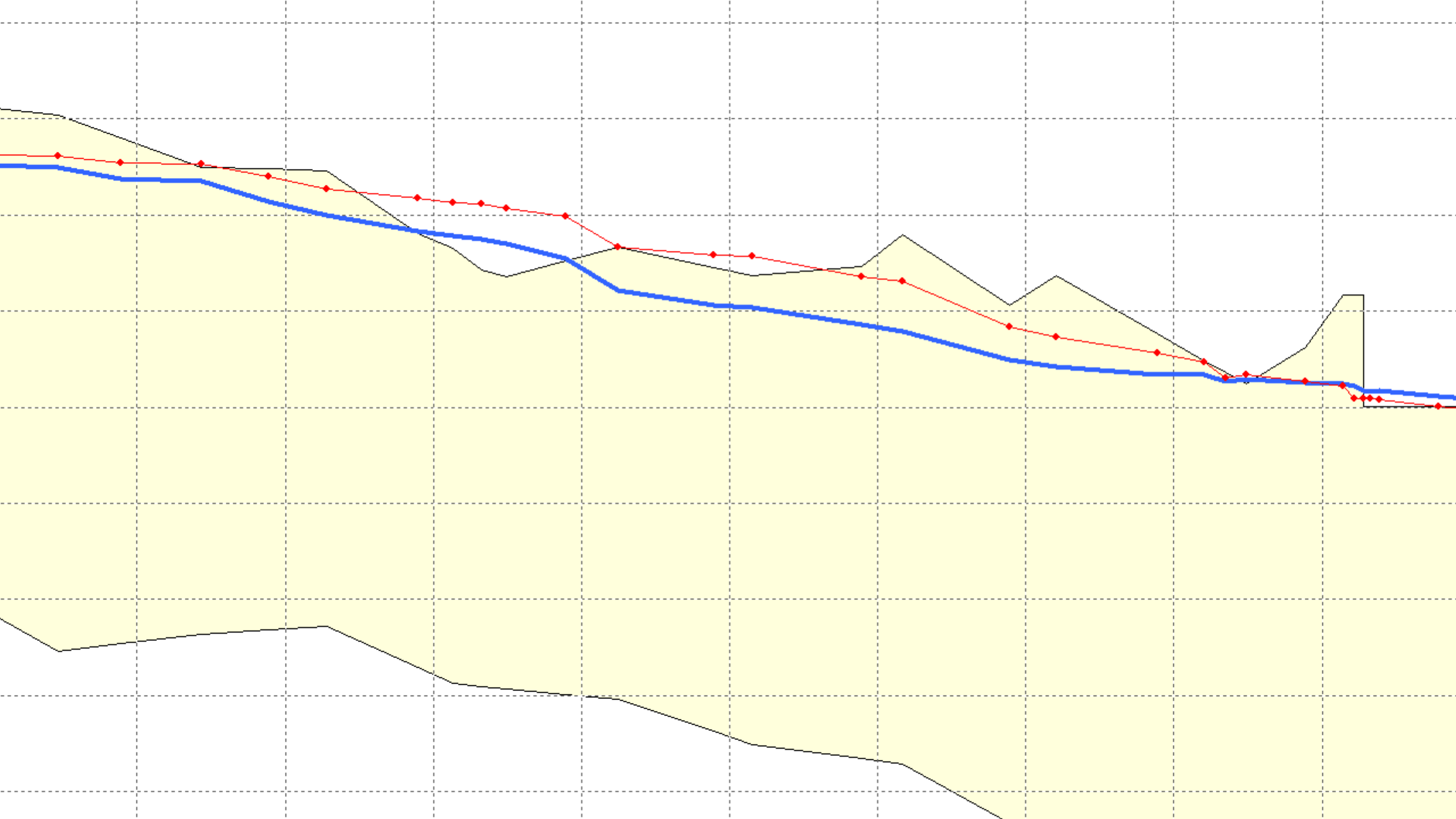
Bijlage 10 – Sideviews van afvoergolven in Sobek

Zie: *Bijlage 10 – Sideviews van afvoergolven in Sobek.pptx*









Bijlage 11 – Legenda Ambitiebeheertypen

