

# RAPPORT

## **Optimalisatieberekeningen waterberging bedrijventerrein Heesch-West**

Klant: Gemeente 's-Hertogenbosch

Referentie: BG9685WATRP2006191527WM

Status: Definitief/P01.01

Datum: 19-6-2020

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Jonkerbosplein 52  
6534 AB NIJMEGEN  
Water

Trade register number: 56515154

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

Titel document: Optimalisatieberekeningen waterberging bedrijventerrein Heesch-West

Ondertitel: Waterberging bedrijventerrein Heesch-West  
Referentie: BG9685WATRP2006191527WM  
Status: P01.01/Definitief  
Datum: 19-6-2020  
Projectnaam: Heesch-West  
Projectnummer: BG9685  
Auteur(s): Rineke Hulsman

Opgesteld door: Rineke Hulsman

Gecontroleerd door: Herman de Jonge

Datum/paraaf: 18 juni 2020

Goedgekeurd door: Herman de Jonge

Datum/paraaf: 19-6-2020



Classificatie

Projectgerelateerd



## Disclaimer

Niets uit deze specificaties/drukwerk mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van HaskoningDHV Nederland B.V.; noch mogen zij zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor andere doeleinden dan waarvoor zij zijn vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor deze specificaties/drukwerk ten opzichte van anderen dan de personen door wie zij in opdracht is gegeven en zoals deze zijn vastgesteld in het kader van deze Opdracht. Het geïntegreerde QHSE-managementsysteem van HaskoningDHV Nederland B.V. is gecertificeerd volgens ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 en ISO 45001:2018.



## Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding en doel van deze studie</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Huidig watersysteem (referentie)</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Analyse watersysteem met bedrijventerrein (scenario 1)</b>	<b>4</b>
3.1	Aangeleverde informatie toekomstig bedrijventerrein	4
3.2	Opbouw waterbergingsmodel met bedrijventerrein	4
<b>4</b>	<b>Optimalisatie berekeningen</b>	<b>10</b>
4.1	Scenario 2: bodemhoogte wadi's - 10cm	10
4.2	Scenario 3: inzet waterberging knippen duiker	11
4.3	Scenario 4: inzet waterberging o.b.v. waterpeil	13
4.4	Scenario 5: variaties in uitlaten open	15
4.5	Scenario 6: sloten in plaats van wadi's	19
4.6	Optimaal scenario	23
4.6.1	Zomerbui 120mm/uur 15m wadi	27
4.6.2	Zomerbui 120mm/uur 30m wadi	28
<b>5</b>	<b>Grondwaterberekeningen</b>	<b>30</b>
<b>6</b>	<b>Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>33</b>

## Bijlagen

A1	Brabantmodel, laagopbouw en modelafwijkingen.
----	---

## 1 Inleiding en doel van deze studie

De gemeente 's-Hertogenbosch heeft Royal HaskoningDHV opdracht gegeven om de modellen en berekeningen uit een eerdere waterbergingsstudie voor het geplande bedrijventerrein Heesch-West (2012) te herzien, mede naar aanleiding van een aangepast ontwerp van het toekomstige bedrijventerrein en de nieuwe eisen ten aanzien van klimaatadaptatie. Vanwege de wateropgave in de omgeving is het afwentelen van hemelwater geen optie en is de wens om zoveel mogelijk water binnen de plangrenzen te bergen, daar waar mogelijk worden bestaande opgave meegenomen.

Doel van deze studie is het actualiseren van de modellen uit 2012 en inzicht te geven in de flexibiliteit van het nieuwe en toekomstige watersysteem en de eventuele optimalisaties in het omliggende watersysteem.

Voor deze studie worden de volgende situaties doorgerekend (standaard buien van het Waterschap):

- Winter T10: 60 mm/3 uur.
- Winter T100: 90 mm/3 uur.
- Zomer: 70 mm/1 uur.
- Zomer 120 mm/1 uur.

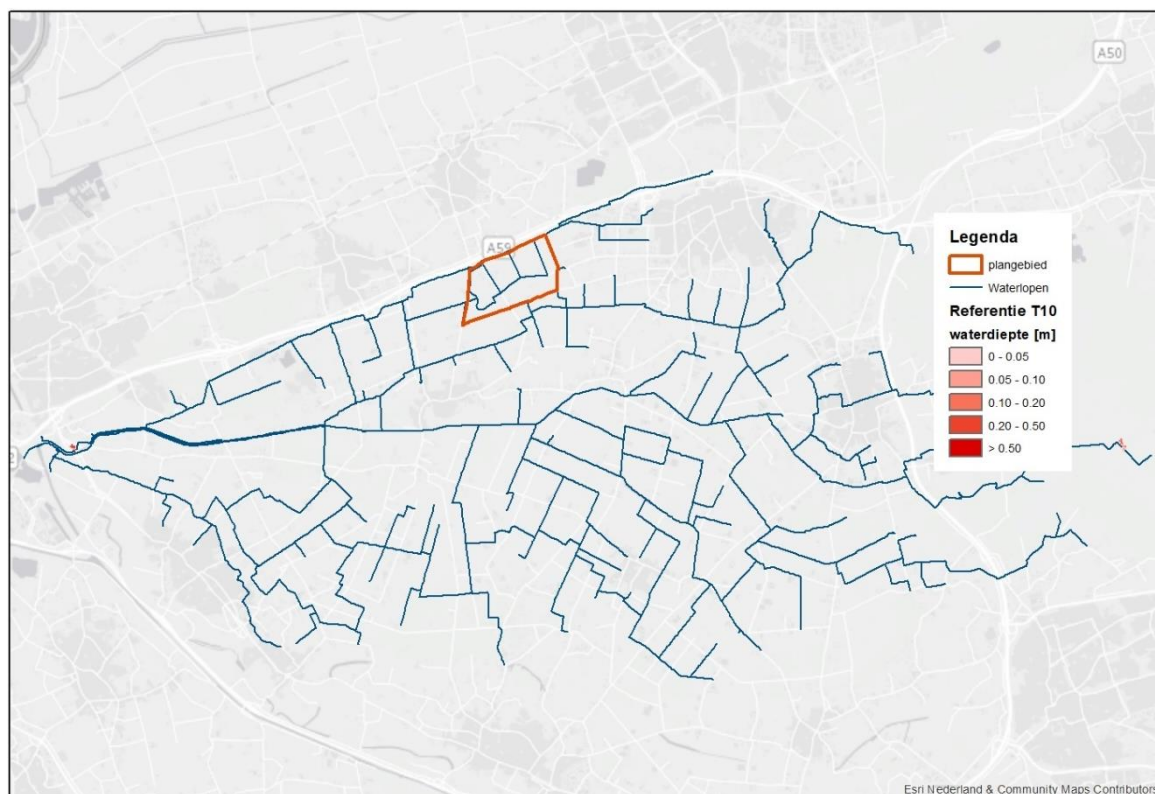
Voor deze situaties geldt dat er in de winter geen afwenteling naar de omgeving mag plaatsvinden. In de zomer geldt dat de peilstijging binnen de 30 cm moet blijven (bij 70 mm/uur).

## 2 Huidig watersysteem (referentie)

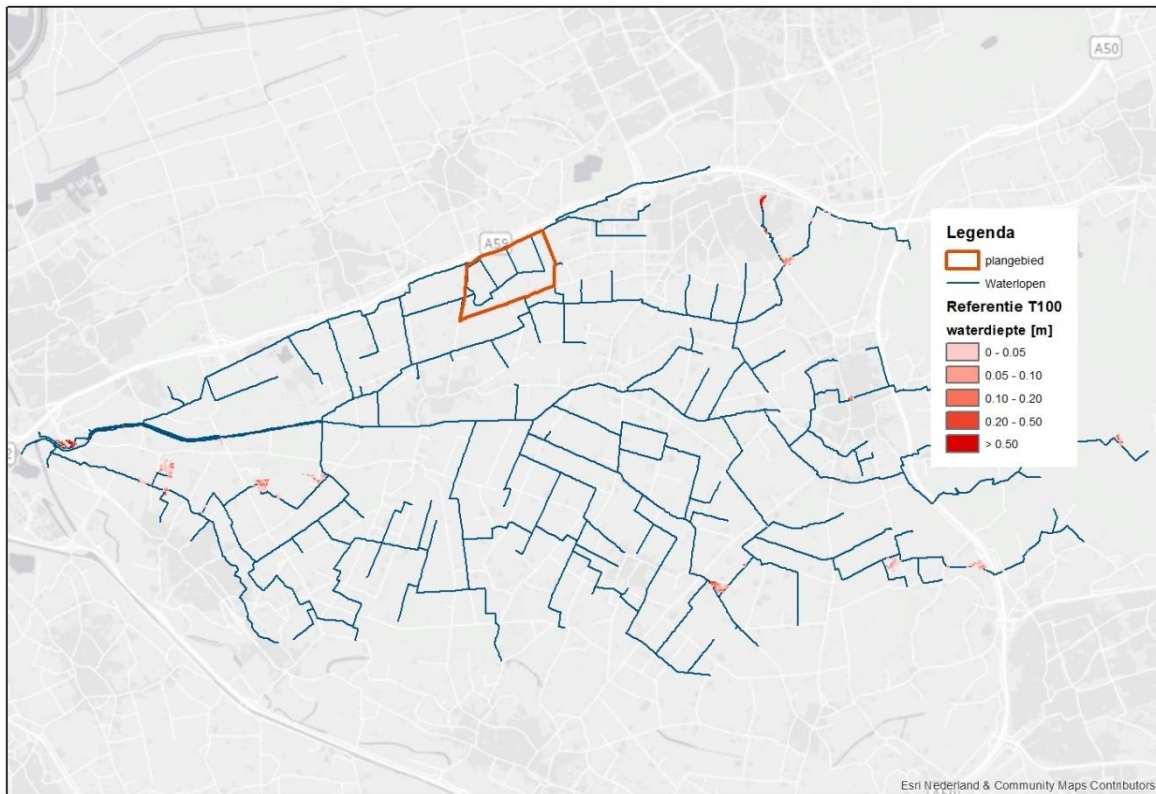
Het huidige watersysteem is ter referentie doorgerekend. Hiervoor is als basismodel het model GROOWETW.lit gebruikt, welke op 24 januari 2020 van het waterschap Aa en Maas ontvangen is. Voor de zomersituatie zijn de gehanteerde ruwheden en instellingen van de kunstwerken overgenomen uit het GROWETEZ.lit model (ontvangen 21 november 2019).

- Huidig watersysteem (watergangen + kunstwerken).
- Huidige overstromingen (T10, T100 en Zomer).

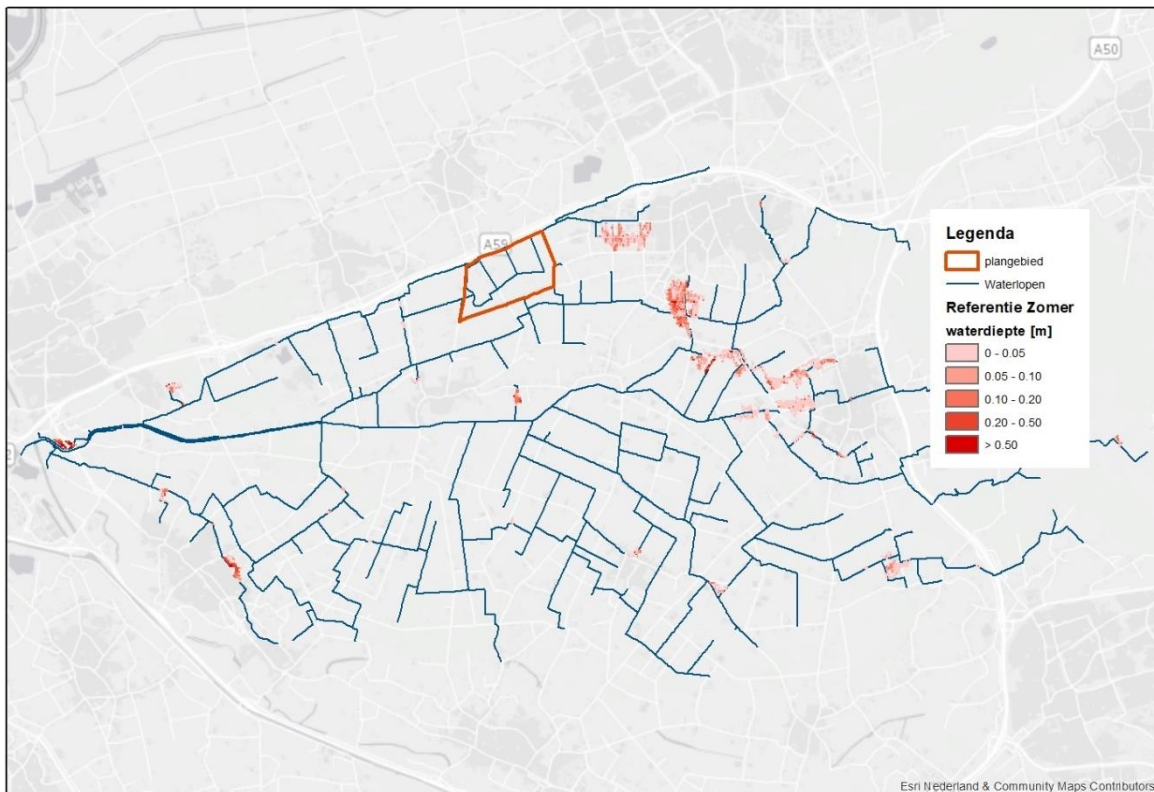
In onderstaande figuren zijn de overstromingen zichtbaar voor een T=10 situatie en T=100 situatie in de winter en een zomer situatie met 70 mm/uur. Te zien is dat er in de winter weinig overstroming zichtbaar is. In een T=100 situatie ontstaat er benedenstrooms van het stroomgebied wat kleine overstromingslocaties. In de zomer zijn er rondom de bebouwde kernen een aantal locaties zichtbaar. Deze locaties liggen deels bovenstrooms van het beoogde bedrijventerrein en binnen het invloedsgebied van het bedrijventerrein.



Figuur 2-1: Overstroming T=10 winter (60 mm/3uur) huidige situatie.



Figuur 2-2: Overstroming T=100 winter (90 mm/3uur) huidige situatie.



Figuur 2-3: Overstroming zomer (70 mm/1uur) huidige situatie.



### 3 Analyse watersysteem met bedrijventerrein (scenario 1)

#### 3.1 Aangeleverde informatie toekomstig bedrijventerrein

Voor het ontwerp van het watersysteem zijn de onderstaande gegevens gebruikt. De schuin gedrukte bronnen zijn ontvangen ten behoeve van de definitieve optimalisatie berekening. In Figuur 3-1 is het stedenbouwkundig ontwerp zichtbaar. Het gebied bestaat uit circa 83 ha verhard, 50 ha onverhard en 14 ha open water. Het resterende open water is ongeveer 9%.

- Details\_ophoging\_04\_02\_2019.jpg.
- Heesch\_west\_2019.dwg.
- Afwatering shapes (waterschap Aa en Maas).
- Info gemalen (Waterschap Aa en Maas).
- Uitgangspunten berekeningen water Heesch West.docx.
- Grondwatermetingen Heesch West.pptm.
- Heesch\_West\_2020\_maatvoering.

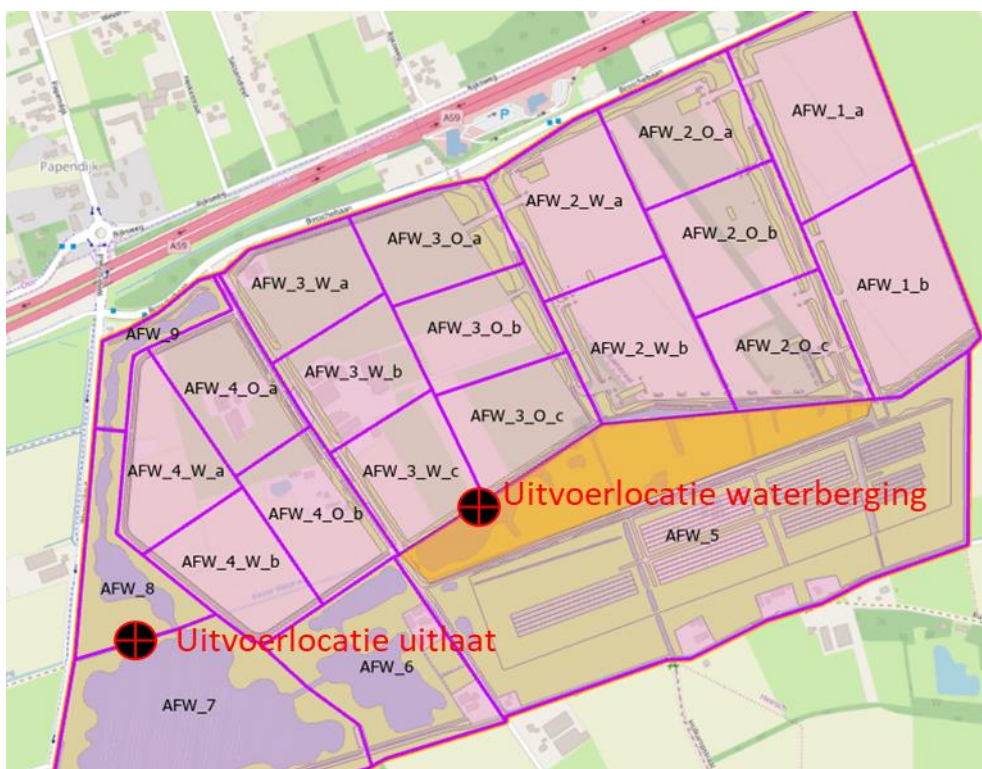


Figuur 3-1: Stedenbouwkundig ontwerp Bedrijventerrein Heesch-West [1].

#### 3.2 Opbouw waterbergingsmodel met bedrijventerrein

Allereerst zijn de afwaterende eenheden van het volledige stroomgebied opgeknipt ter plaatse van het bedrijventerrein. Oppervlakken die binnen het bedrijventerrein liggen, zijn verdeeld in verhard gebied, onverhard en open water, zie Figuur 3-2.





Figuur 3-2: Overzicht verdeling afwaterende eenheden binnen plangebied en uitvoerlocaties waterstanden t.b.v. grafieken.

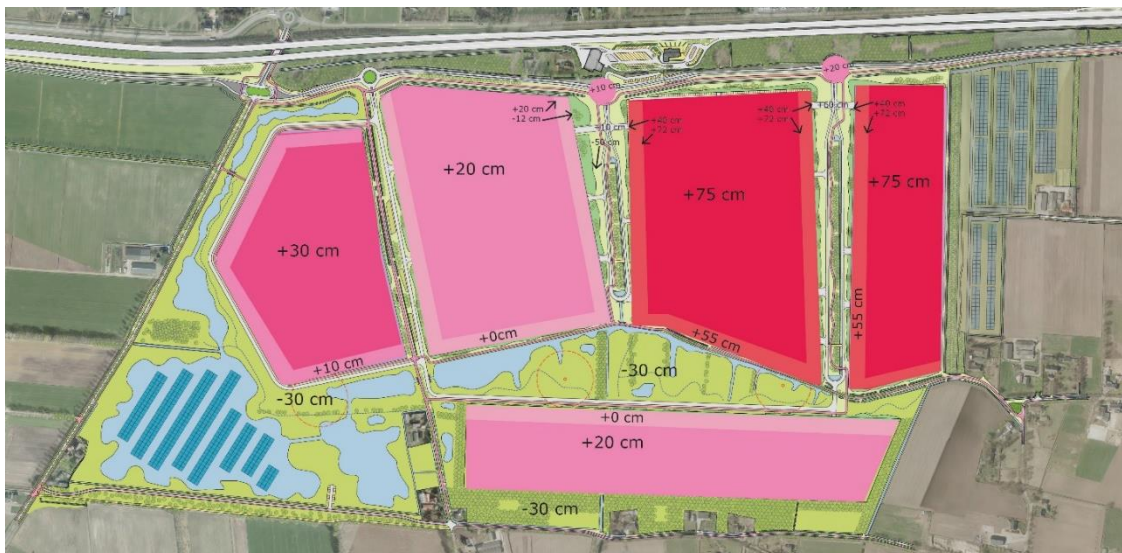
In Tabel 3-1 zijn de hectares gegeven per afwaterende eenheid. Het verhard oppervlak tussen de onderverdelingen a, b en eventueel c is evenredig verdeeld. Ter illustratie voor AFW\_1\_a is het verhard oppervlak  $2,8/2 = 1,4$  ha, voor AFW\_1\_b is het verhard oppervlak ook 1,4 ha.

Tabel 3-1: Verdeling oppervlakken afwaterende eenheden binnen bedrijventerrein.

ID (figuur 3-2)	open water (ha)	onverhard (ha)	verhard (ha)
AFW_1	0.0	2.8	11.9
AFW_2_O	0.0	2.8	11.9
AFW_2_W	0.0	2.2	9.8
AFW_3_O	0.0	1.7	10.7
AFW_3_W	0.0	3.4	10.7
AFW_4	0.0	1.4	15.7
AFW_5	1.9	24.0	8.6
AFW_6	2.7	3.8	1.1
AFW_7	9.6	5.3	0.4
AFW_8	1.2	2.8	0.1
AFW_9	0.6	1.1	0.2

In het model wordt het verharde oppervlak volledig afgevoerd op de watergangen/wadi's. De neerslag die op het onverharde gebied valt, wordt met behulp van WALRUS model (neerslag-afvoer model van Wageningen Universiteit) berekend. Deze flux is aangeleverd door het waterschap. Daarnaast is ook neerslag op open water toegevoegd, aangezien er in het gebied grote waterpartijen aanwezig zijn.

De geplande uitlaten zijn dichtgezet. Zo wordt een beeld verkregen hoe robuust het systeem is om piek neerslagen op te kunnen vangen binnen het eigen plangebied. Vervolgens is het maaiveld opgehoogd of afgegraven volgens de voorgestelde planhoogtes zoals weergegeven in Figuur 3-3.



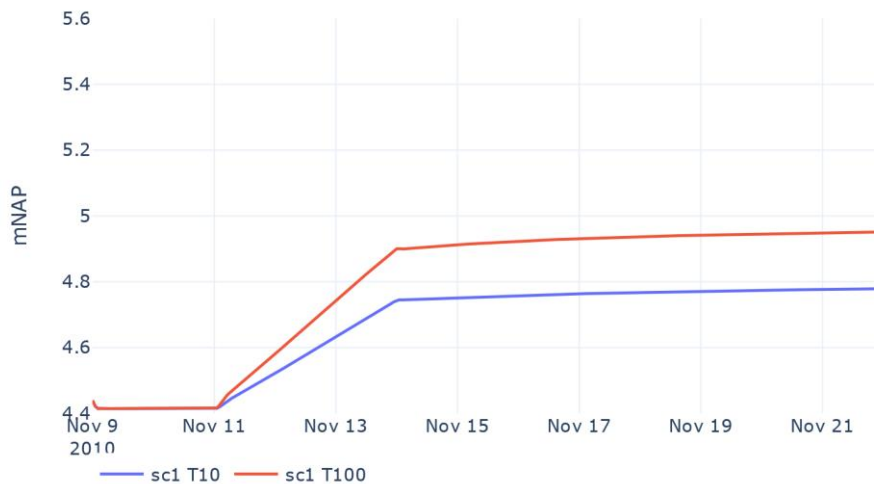
Figuur 3-3: Ophoging maaiveld bedrijventerrein Heesch West.

Voor de berekening zijn een aantal aannames gedaan voor ontbrekende informatie:

- Oppervlaktewaterpeil: 4,4 mNAP (sluit aan op het peil in het westen van het gebied).
- Waterdiepte: 0,5 meter.
- Afmeting wadi's: bodembreedte van 2 meter en bodemhoogte op 40cm boven het waterpeil (de afmetingen worden later geoptimaliseerd).
- Breedte kunstwerken: rond 1000 mm voor de verbindende duikers tussen de wadi's en waterberging. Knijpconstructies bij de uitlaten hebben een breedte van 2 meter en een kruinhoogte op streefpeil van 4,4 mNAP.

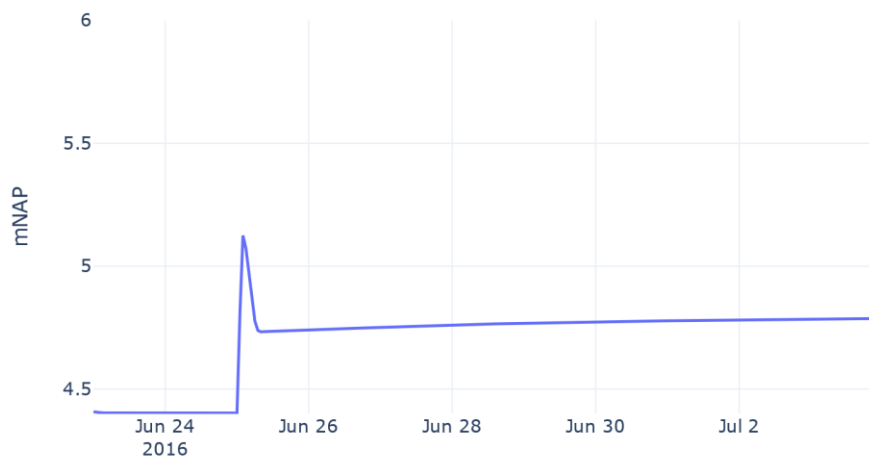
In Figuur 3-4 zijn de berekende waterstanden in de winter weergegeven op de watergang ten noorden van de waterberging en in Figuur 3-5 de berekende waterstanden in de zomer op dezelfde locatie. De locaties zijn met een zwarte stip weergegeven in Figuur 3-2.

Waterstand op Waterberging Winter



Figuur 3-4: Resultaten berekende waterstand mNAP T10 en T100 in de winter.

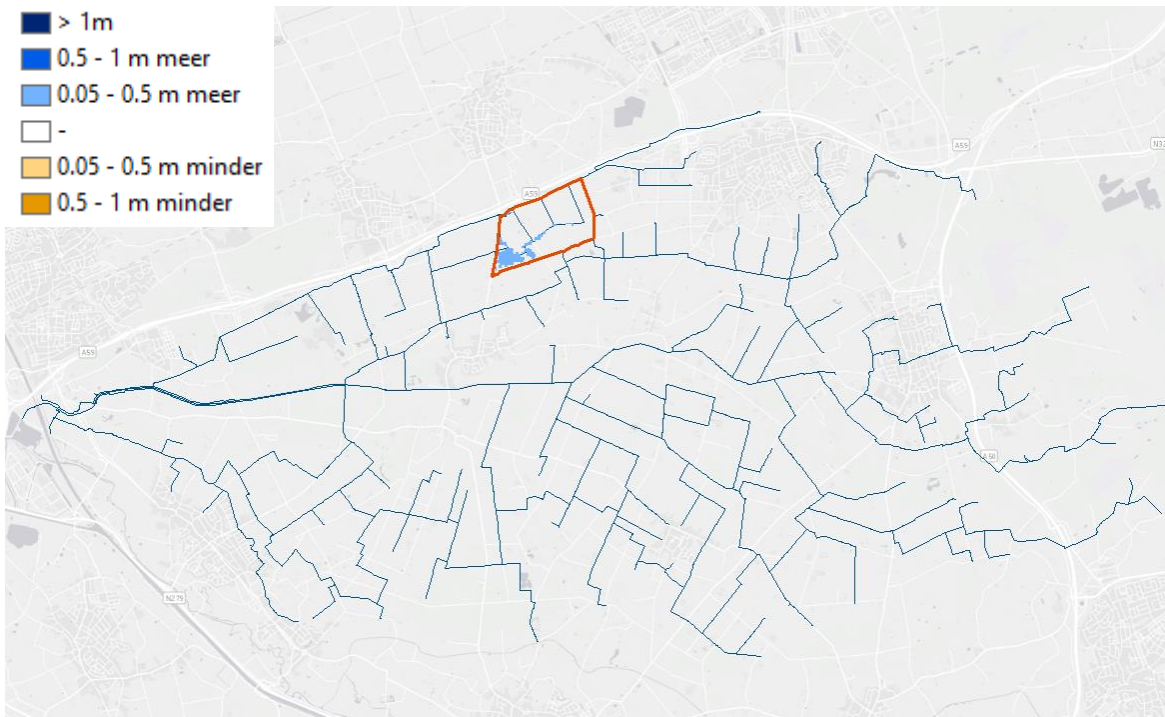
Waterstand op Waterberging Zomer



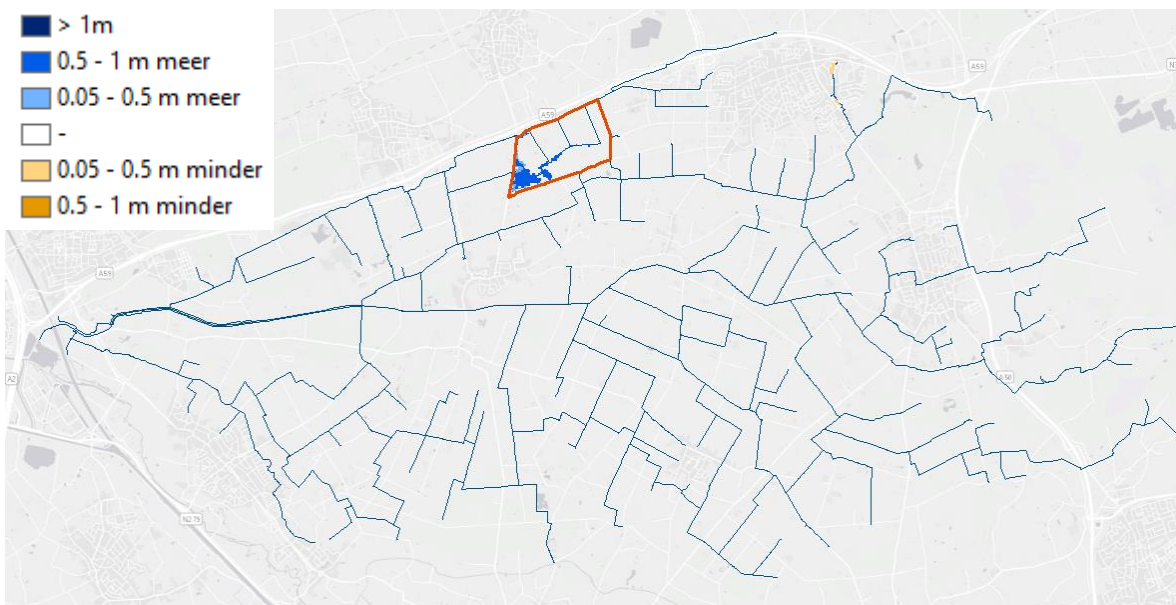
Figuur 3-5: Resultaten berekende waterstand mNAP zomer (70 mm/1uur).

De berekende peilstijging in de zomer bedraagt circa 1 meter. Dit resulteert in overstromingen zoals te zien is in onderstaande figuren. In deze figuren is telkens het verschil in overstroming tussen het scenario en de referentie situatie gepresenteerd. De blauwe vlekken die in deze figuren zichtbaar zijn, laten zien waar extra overstroming ontstaat t.o.v. referentie en de oranje vlekken een vermindering.



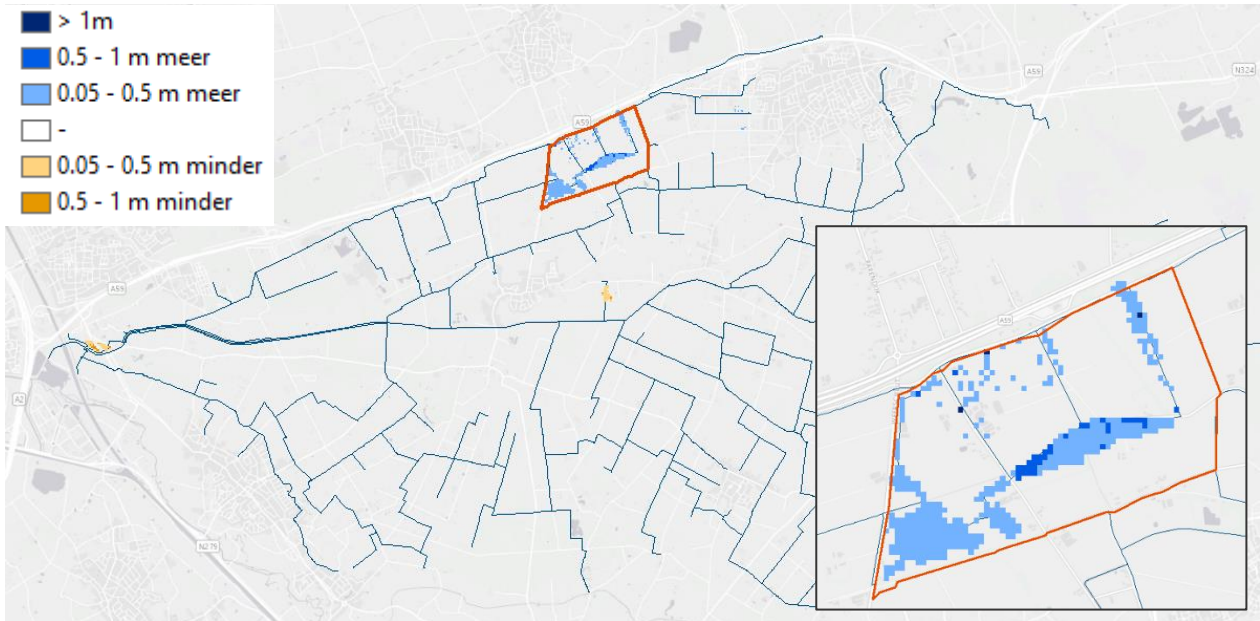


Figuur 3-6: Overstromingspatroon winter T=10 situatie (blauw = extra overstroming en oranje minder t.o.v. referentie).



figuur 3-7: overstromingspatroon winter T=100 situatie (blauw = extra overstroming en oranje minder t.o.v. referentie)

In de winter is te zien dat er extra overstroming ontstaat in bedrijventerrein. Deze locaties betreffen de waterpartijen. Er staat in de winter geen water op maaiveld. Buiten het bedrijventerrein is er geen extra overstroming. In de zomer (zie de figuur hieronder) ontstaat wel water op maaiveld. Hier is te zien dat er wat er op de percelen komt. Benedenstrooms in het stroomgebied is een kleine afname van de overstromingsdiepte te zien. Dit wordt veroorzaakt door het dichtzetten van de uitlaat.



Figuur 3-8: Overstromingspatroon zomer situatie (blauw = extra overstrooming en oranje minder t.o.v. referentie).



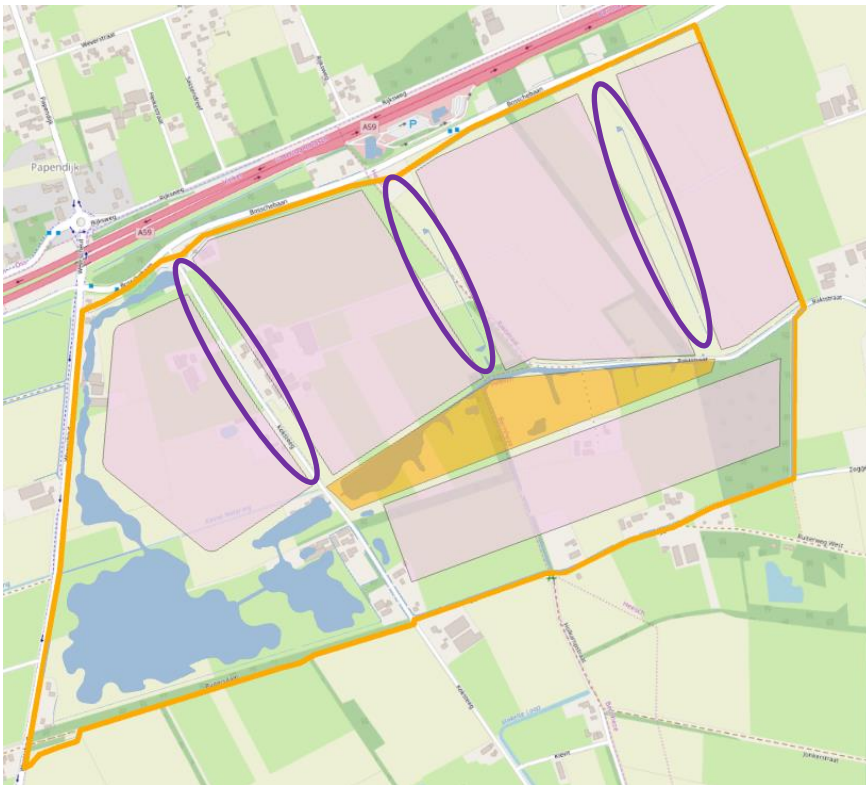
## 4 Optimalisatie berekeningen

In overleg met de projectgroep zijn een aantal optimalisatieberekeningen uitgevoerd. Deze optimalisaties geven een beeld van de gevoeligheden in het watersysteem en leiden uiteindelijk tot een optimaal scenario (hoofdstuk 5). De scenario's beschreven in dit hoofdstuk zijn in de basis gelijk aan het scenario uit hoofdstuk 3.

Om het aantal figuren te minimaliseren, zijn de overstromingsfiguren alleen weergegeven als er duidelijke wijzigingen optreden. Anders zijn ze gelijk aan scenario 1 in hoofdstuk 3.

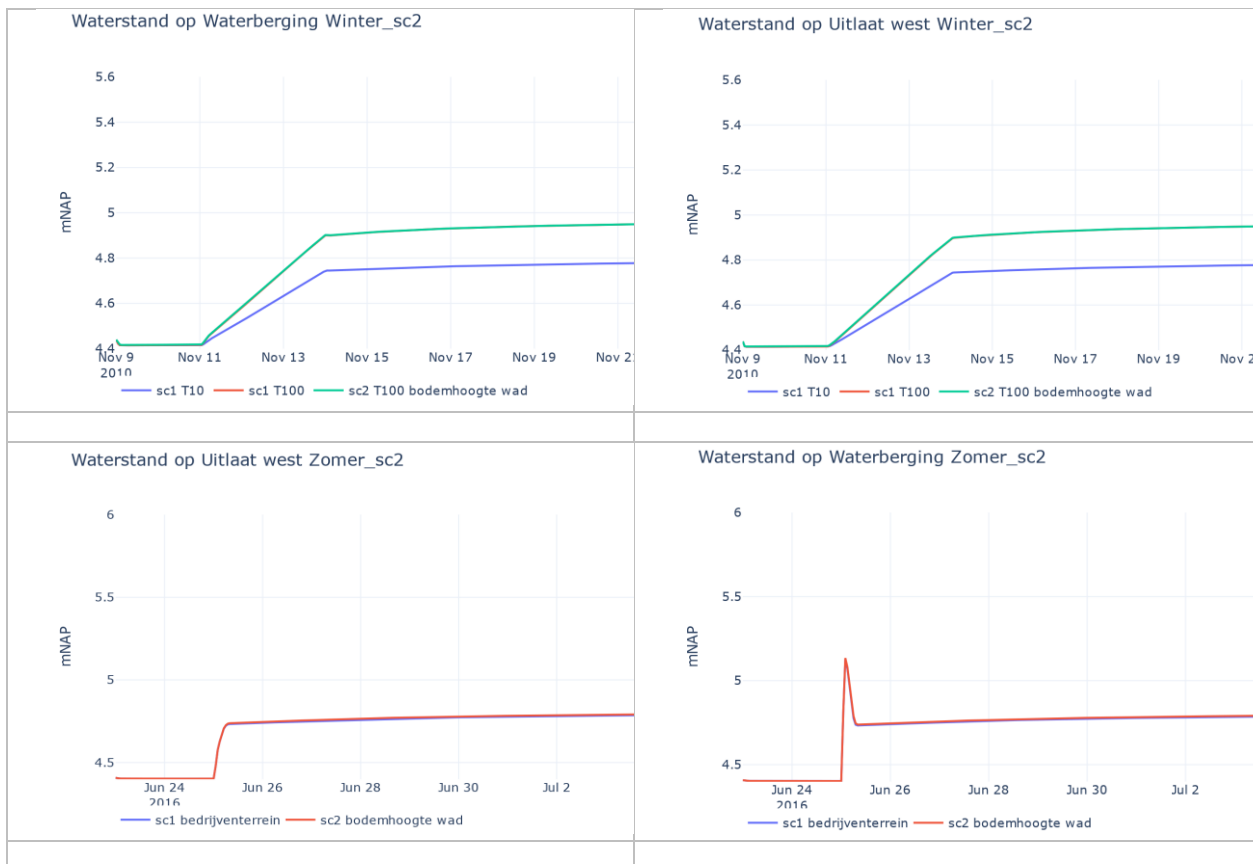
### 4.1 Scenario 2: bodemhoogte wadi's - 10cm

In scenario 2 zijn de bodemhoogtes van de wadi's met 10 cm verlaagd. Zo is het oppervlak waar geborgen kan worden groter tot aan maaiveld. De wadi's zijn paars omcirkeld in figuur 4-1.



Figuur 4-1: Scenario 2; verlagen bodemhoogte wadi's.

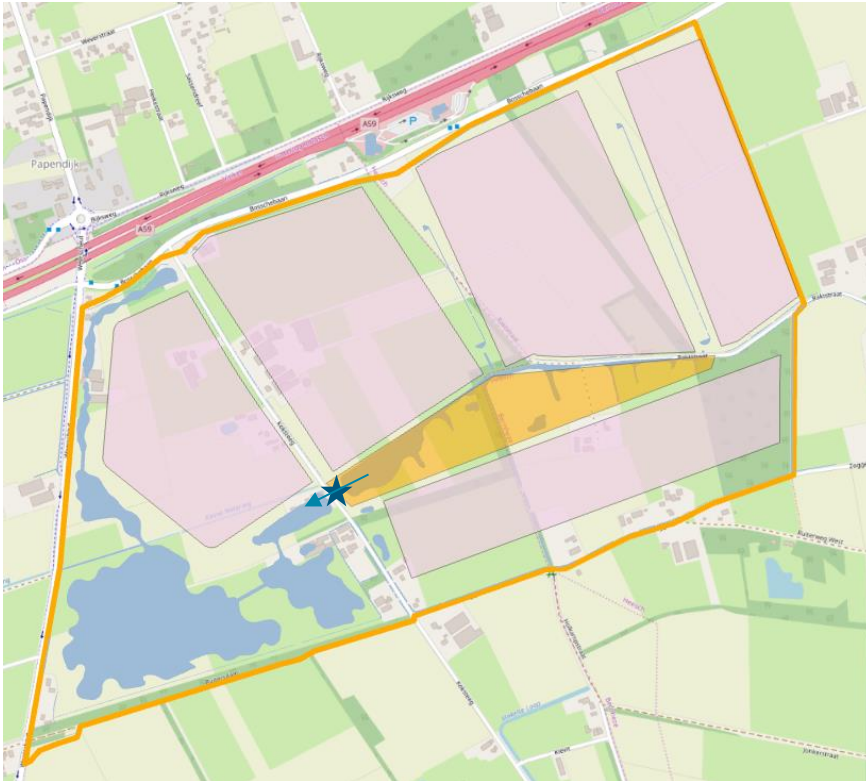
Onderstaande waterstandsgrafieken laten zien dat er geen verschillen optreden tussen dit scenario en het scenario uit hoofdstuk 3 (scenario 1).



In de zomer resulteert bij een bui van 70mm/uur in een peilstijging van 35cm bovenstrooms van de uitlaat en 70cm ter plaatse van de watergang langs de waterberging. De waterstandsgrafieken laten geen verschillen zien tussen scenario 2 en 1. Dit betekent dat de overstromingspatronen ook niet verschillen, de overstromingsfiguren zijn daarmee gelijk aan Figuur 3-6, figuur 3-7 en Figuur 3-8.

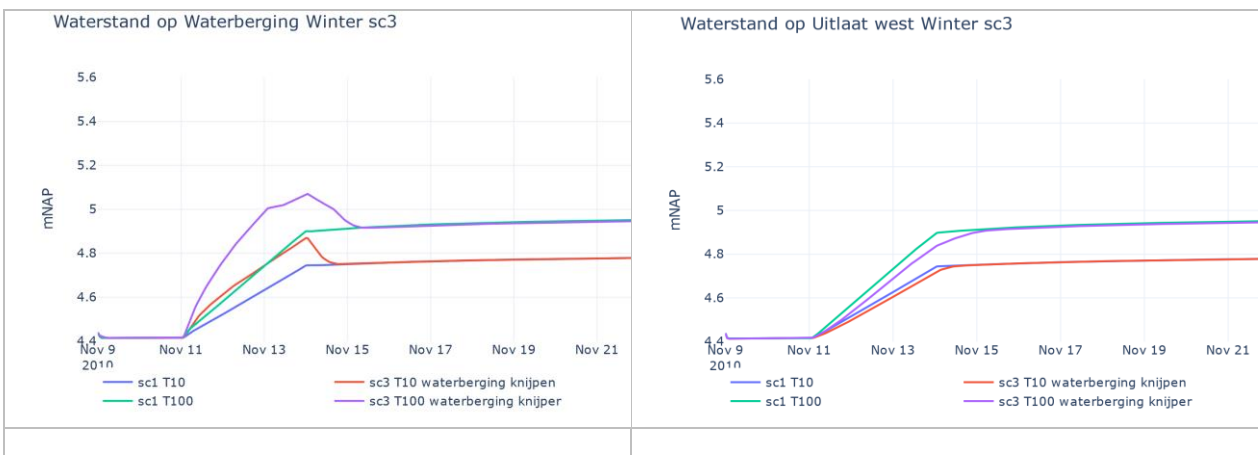
## 4.2 Scenario 3: inzet waterberging knijpen duiker

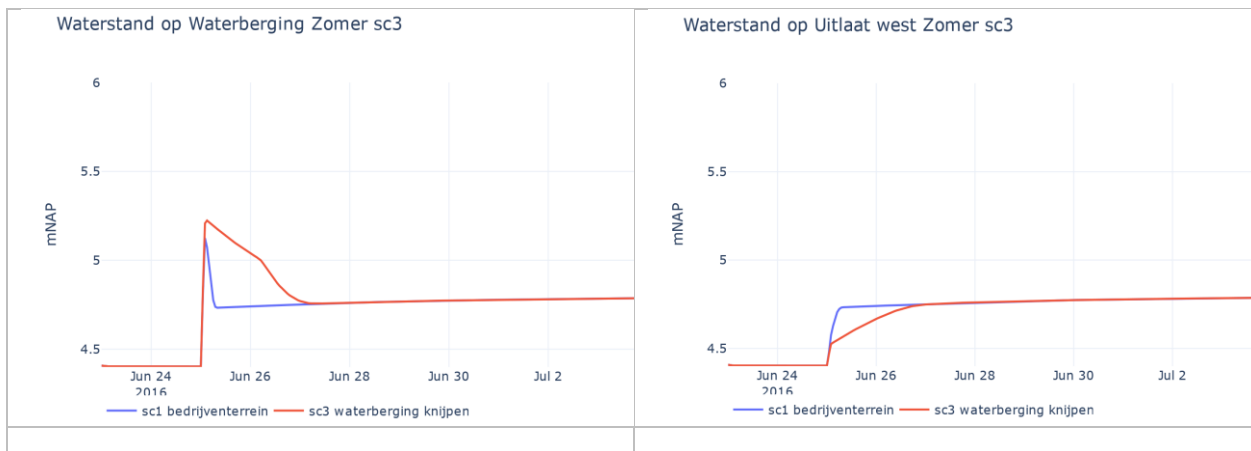
In dit scenario is uitgegaan van de schematisatie in scenario 1. Vervolgens is de duiker aan de benedenstroomse zijde van de waterberging versmalt naar rond 400 mm (in plaats van rond 1000 mm). De locatie is weergegeven met een ster in figuur 4-2.



Figuur 4-2: Scenario 3: locatie knijpende duiker (ster).

De waterstandsgrafieken laten zien dat de maximale peilstijging in de waterberging hoger is. Dit is verklaarbaar omdat de duiker benedenstrooms van de waterberging de afvoer knijpt. De waterstand bij de uitlaat van het gebied stijgt langzamer dan in scenario 1, maar de maximale waterstand hier is hetzelfde tussen de scenario's. In de zomer stijgt het waterniveau met 30 cm bij de uitlaat en 35 cm bij de waterberging.





Omdat de uitlaten in dit scenario dicht staan, is het regionale beeld onveranderd t.o.v. scenario 1. Daarom is in figuur 4-3 een zoom van het bedrijventerrein gegeven voor de T=100 situatie. Voor de T=10 en de zomersituatie is het overstromingspatroon op het bedrijventerrein gelijk aan scenario 1 (resp. Figuur 3-6 en Figuur 3-8).

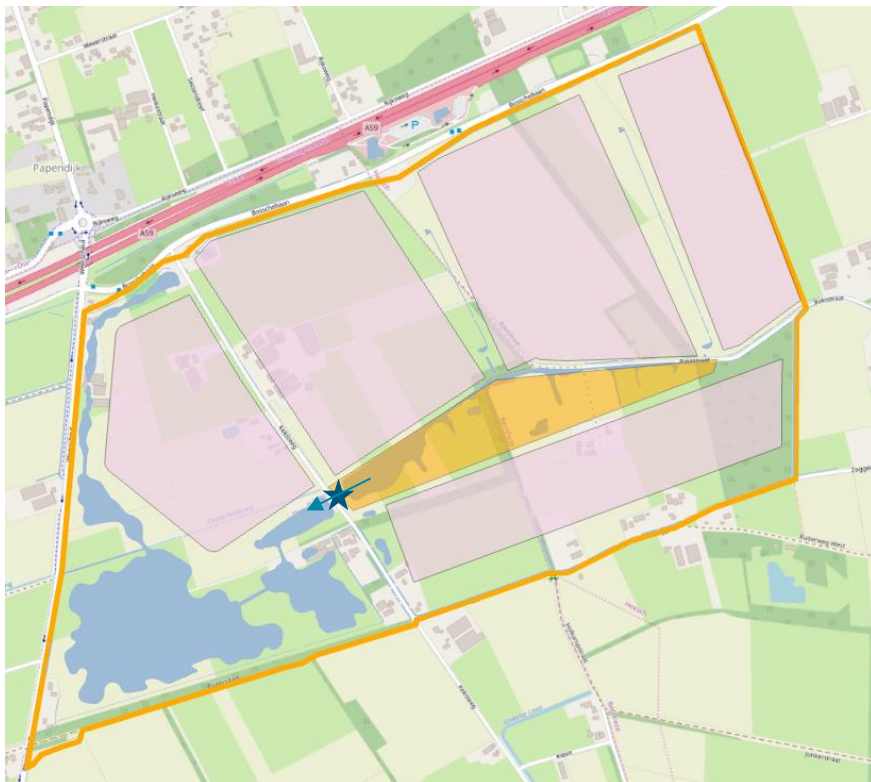


figuur 4-3: overstromingspatroon winter T=100 scenario 1 (links) en scenario 3 (rechts)

Het verschil met het overstromingspatroon in scenario 1 is vooral zichtbaar in de waterberging bij een T=100 winter situatie. Deze wordt in scenario 3 meer ingezet dan in scenario 1 waarin geen knijpende duiker is.

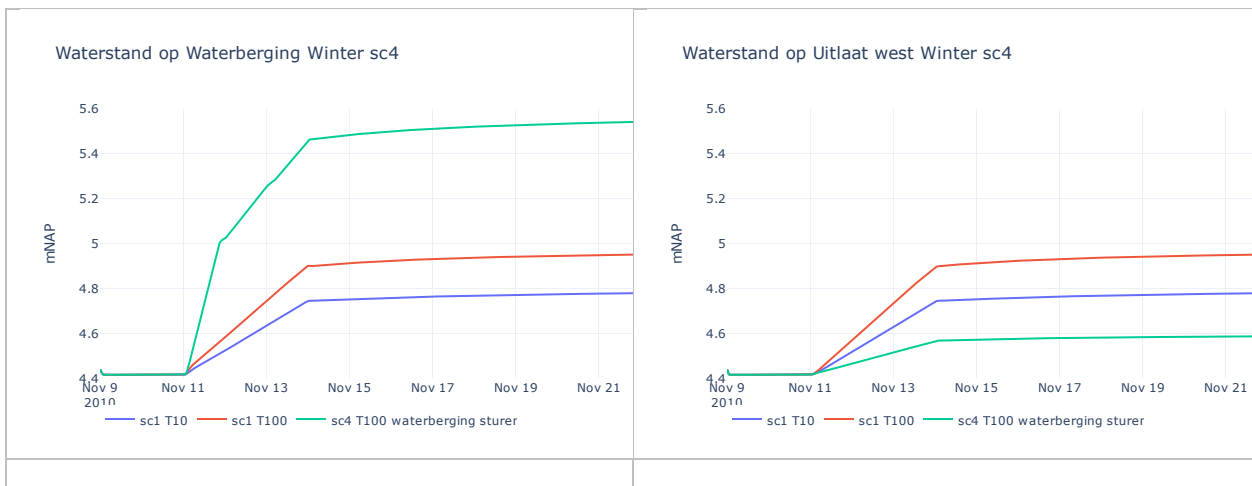
### 4.3 Scenario 4: inzet waterberging o.b.v. waterpeil

Uit scenario 3 blijkt dat de waterberging nog niet volledig wordt ingezet. In dit scenario is de duiker vergroot naar rond 1000 mm en is er een stuw geplaatst, zie figuur 4-4. Deze stuw gaat omhoog zodra het peil in de wadi's stijgt tot boven de 5mNAP. Op dat moment wordt het water vastgehouden in de waterberging om op een later tijdstip gedoseerd af te voeren.

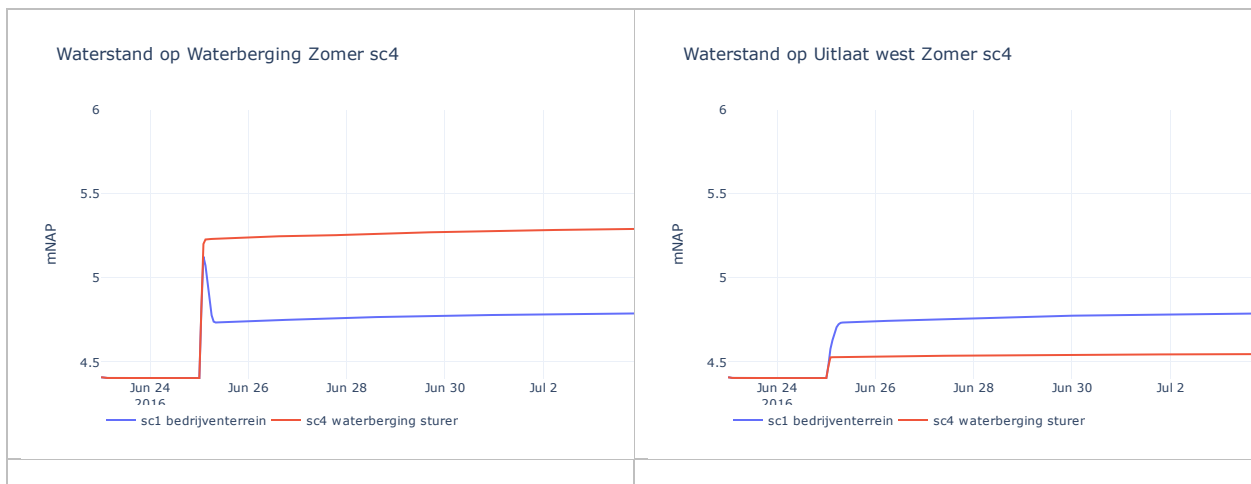


Figuur 4-4: Scenario 4: locatie regelbare stuw (ster).

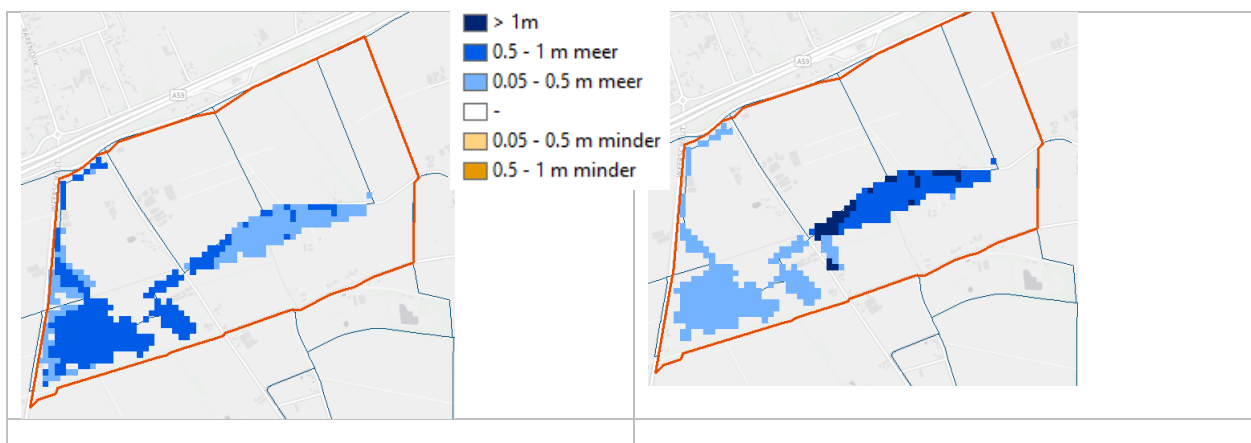
De waterstandsgrafieken laten duidelijk zien dat de maximale waterstand in de waterberging toeneemt omdat deze geen water meer afvoert wanneer het peil op 5mNAP komt. Aan de benedenstreamse zijde, bij de uitlaat, is de maximale waterstand juist lager omdat het water achter de stuw blijft. In de zomer bedraagt de peilstijging bij de uitlaat dan nog maar 10 cm; een afname van 20 cm t.o.v. scenario 1.







Het regionale overstromingsbeeld is hetzelfde als in het vorige scenario. De hoeveelheid water in de waterberging in de T=100 situatie is wel meer dan in scenario 3 omdat er nu vanaf 5mNAP geen water meer doorgelaten wordt. In figuur 4-5 is het overstromingspatroon zichtbaar voor T=100 wintersituatie, hier is duidelijk te zien dat er in de waterberging meer water aanwezig is. In de T=10 en zomersituatie is het overstromingspatroon nagenoeg gelijk, zie respectievelijk Figuur 3-6 en Figuur 3-8.



figuur 4-5: Overstromingspatroon bedrijventerrein T=100 winter scenario 3 (links) en scenario 4 (rechts).

#### 4.4 Scenario 5: variaties in uitlaten open

Scenario 5 is op basis van scenario 3; knijpende duiker benedenstrooms van de waterberging. In dit scenario zijn een aantal variaties doorgevoerd om de gevoeligheid van het watersysteem op de uitlaten in beeld te krijgen. Er is gerekend met de volgende varianten:

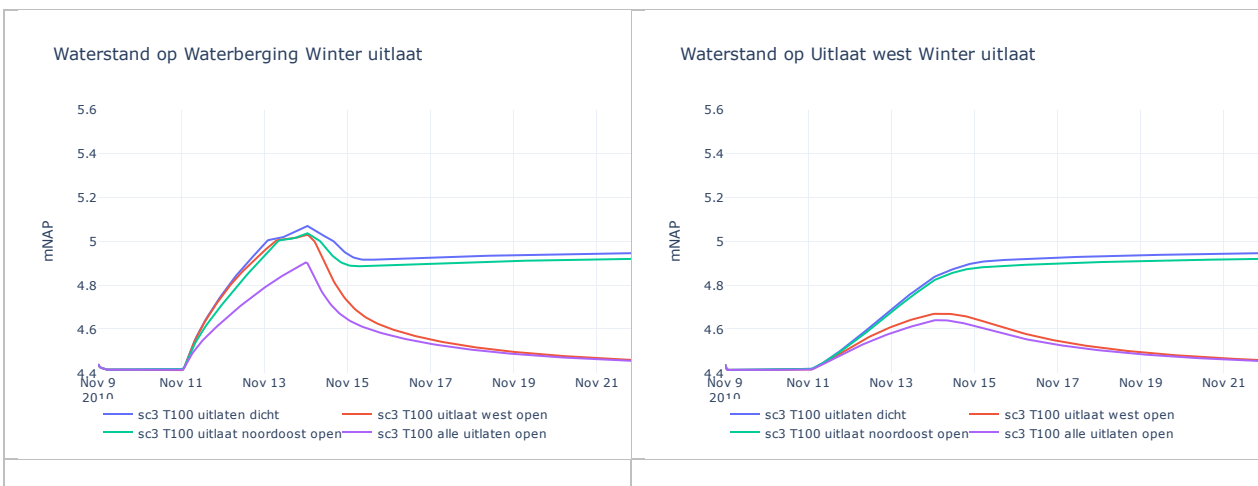
- 1 Alle uitlaten dicht (=scenario 3)
- 2 Uitlaat noordoost open
- 3 Uitlaat west open
- 4 Alle uitlaten open

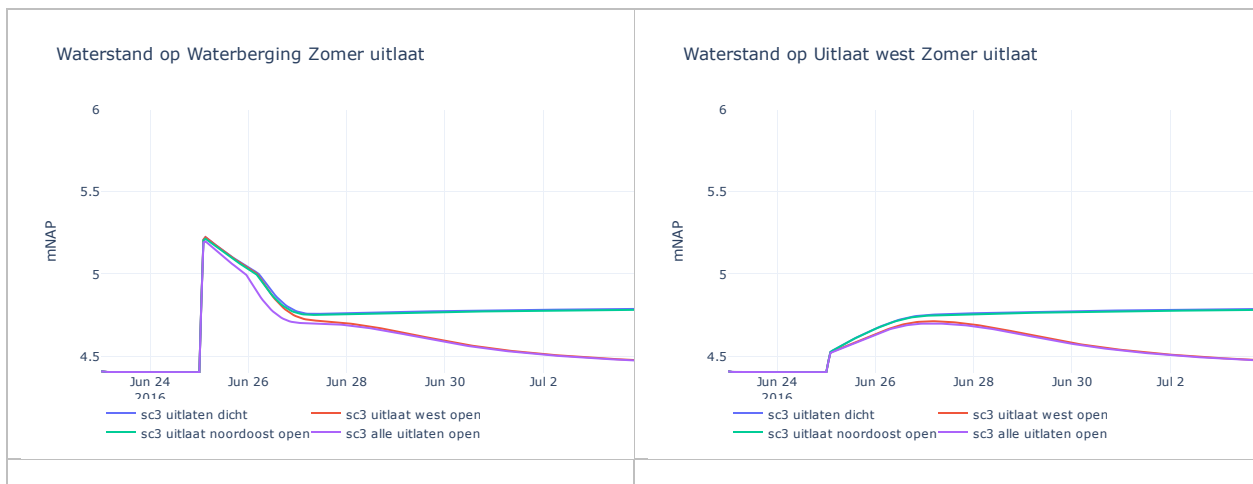
De locaties van deze uitlaten zijn in figuur 4-6 weergegeven.



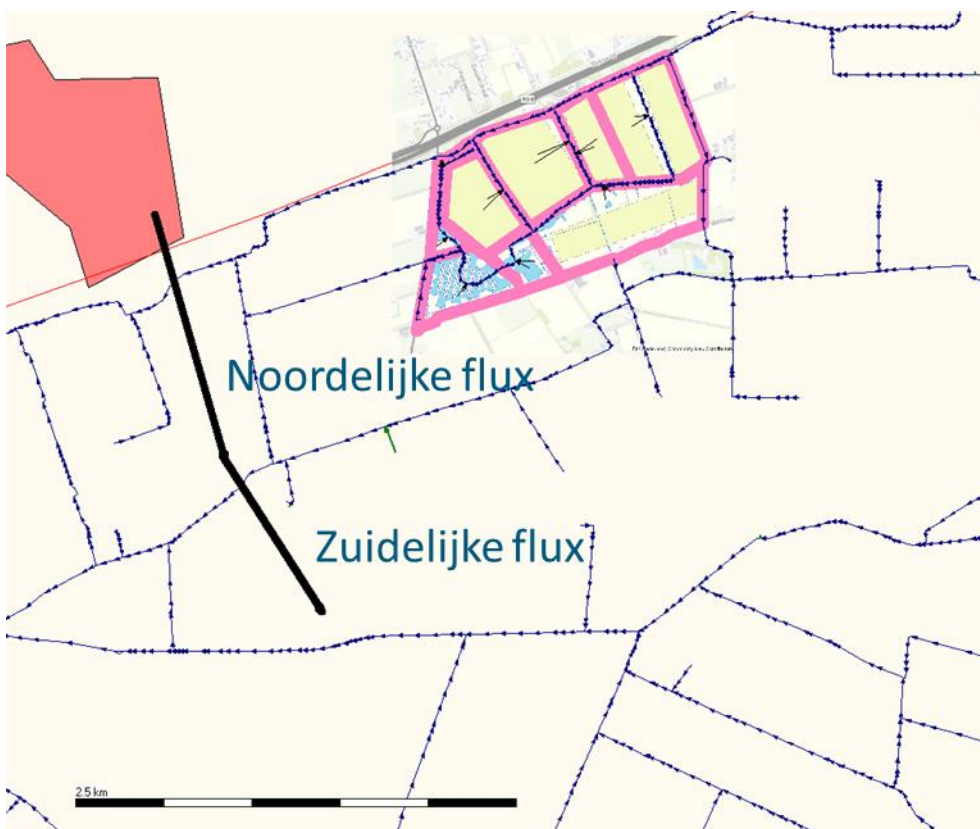
Figuur 4-6: Scenario 5; uitlaatlocaties.

De resulterende waterstandsgrafieken zijn gegeven in onderstaande figuren. Hierin zijn de vier berekeningen voor T=100 en de zomer te zien.

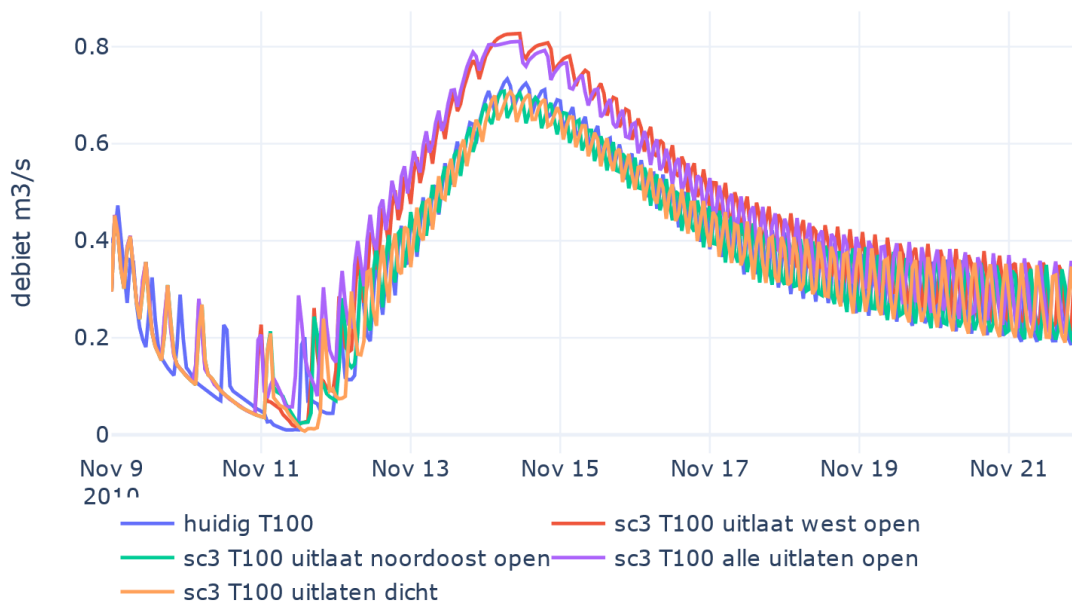




Uit deze grafieken is te zien dat de maximale waterstand in de winter bij de uitlaat lager is in het geval alle uitlaten of uitlaat west open staan. Dit is logisch omdat het water dan wordt afgevoerd vanuit het gehele bedrijventerrein. In het geval dat alleen uitlaat noordoost open is gezet, is er bijna eenzelfde waterstandsverloop zichtbaar als bij alle uitlaten dicht. Dit komt omdat de uitlaat noordoost in het bovenstroomse deel van het watersysteem van het bedrijventerrein ligt en er daarom minder water door afgevoerd kan worden. Deze varianten kunnen ook een impact hebben op de fluxen in het regionale watersysteem. Daarom is er ook gekeken naar de zuidelijke en noordelijke fluxen aan benedenstroomse zijde van het bedrijventerrein. In Figuur 4-7 zijn de uitvoerlocaties zichtbaar. Dit betreft een som van het 2D meetlijn (zwarte dikke lijn) en onderliggende waterlopen.

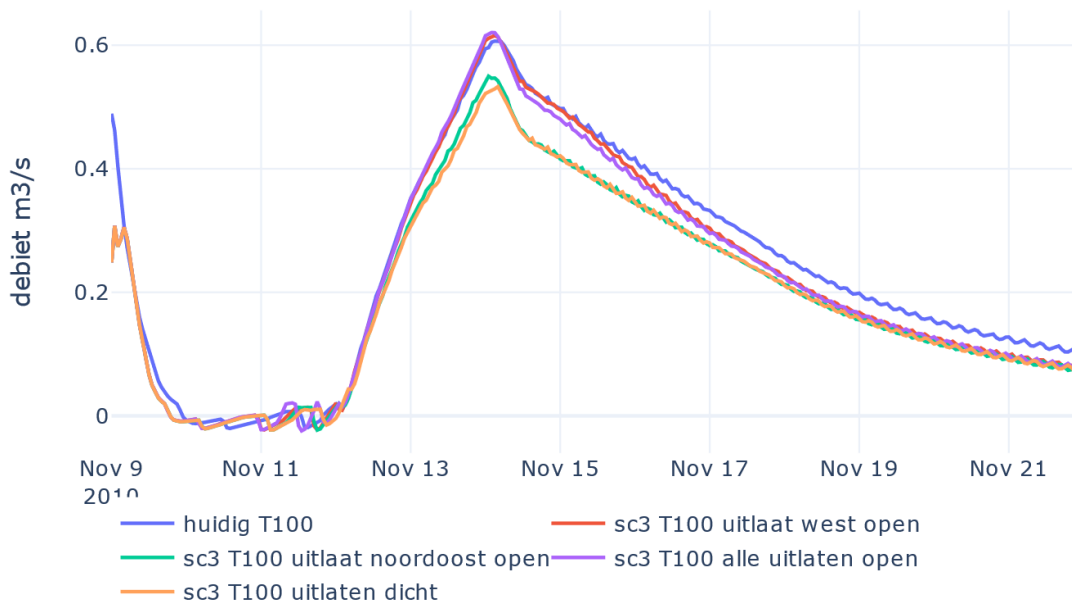


Figuur 4-7: Locatie zuidelijke en noordelijke flux.



Figuur 4-8: Noordelijke flux referentie situatie en scenario 5 voor de winter  $T=100$ .

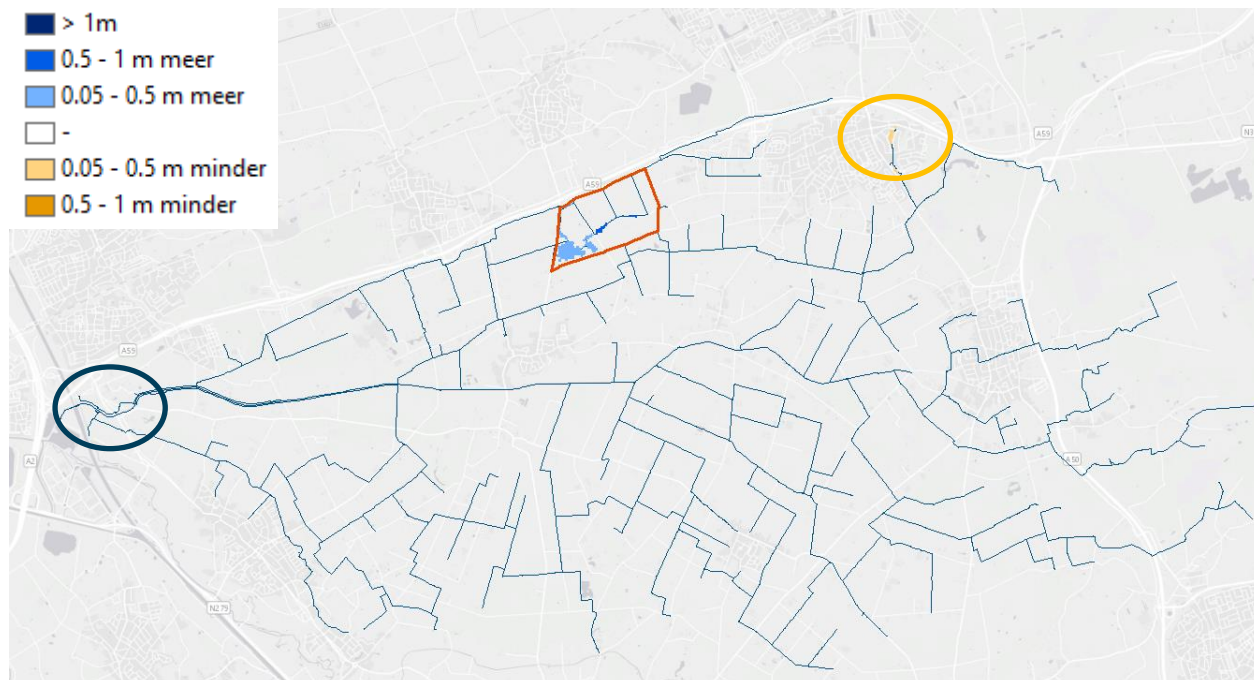
De noordelijke flux neemt ten opzichte van huidig toe in het geval uitlaat west of alle uitlaten open zijn. In deze twee gevallen wordt het meeste water afgevoerd zoals al geconcludeerd werd bij de waterstandsgrafieken. In het geval alle uitlaten dicht zitten (zoals ook in scenario 1 t/m 4) is de noordelijke flux gelijk aan huidige flux. Dit is ook het geval wanneer uitlaat noordoost open is. In dit geval is de uitlaat niet begrensd met de landelijke afvoernorm. Bij het optimale scenario is dit wel toegepast.



Figuur 4-9: zuidelijke flux referentie situatie en scenario 5 voor de winter  $T=100$ .

De zuidelijke flux neemt af ten opzichte van huidig (referentie) in het geval alle uitlaten dicht staan of uitlaat noordoost open. Wanneer alle uitlaten of uitlaat west open staan, is de flux gelijk aan huidig.

Voor de scenario's waarin de uitlaten dicht zitten of alleen noordoost open is, verandert het regionale overstromingspatroon niet. Wanneer alle uitlaten open is er wel een verschil te zien, zie Figuur 4-10.



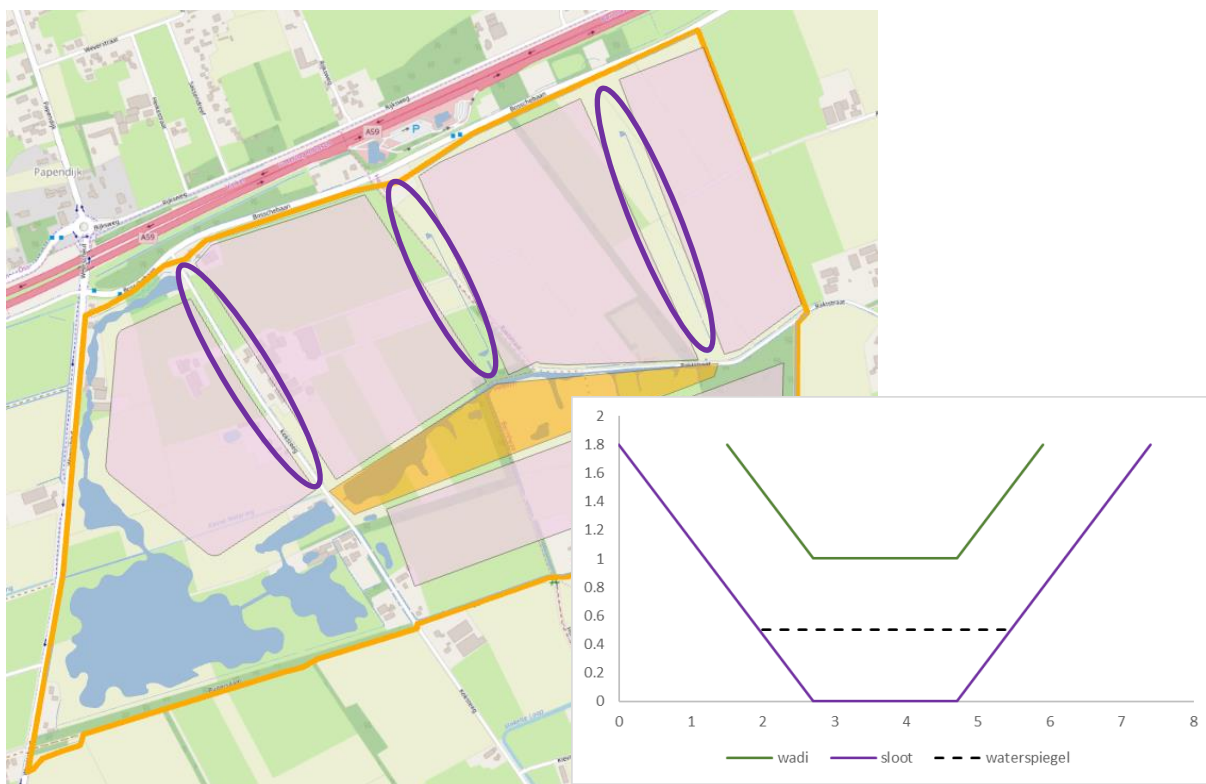
Figuur 4-10: overstromingspatroon zomer scenario 5 – alle uitlaten open.

Bij het uitstroompunt van de Groote Wetering is nu geen oranje kleur meer te zien (blauwe cirkel). Dit betekent dat hier het overstromingspatroon hetzelfde is als in de referentiesituatie, omdat er in dit geval wel afvoer is vanuit het bedrijventerrein. Ditzelfde beeld geldt ook voor de overstromingslocaties in een winter T=100 situatie zoals te zien is in figuur 2-2. In de oranje cirkel is een afname te zien van de overstromingsdiepte. Dit heeft een modelmatige oorzaak en wordt niet veroorzaakt door het bedrijventerrein.

#### 4.5 Scenario 6: sloten in plaats van wadi's

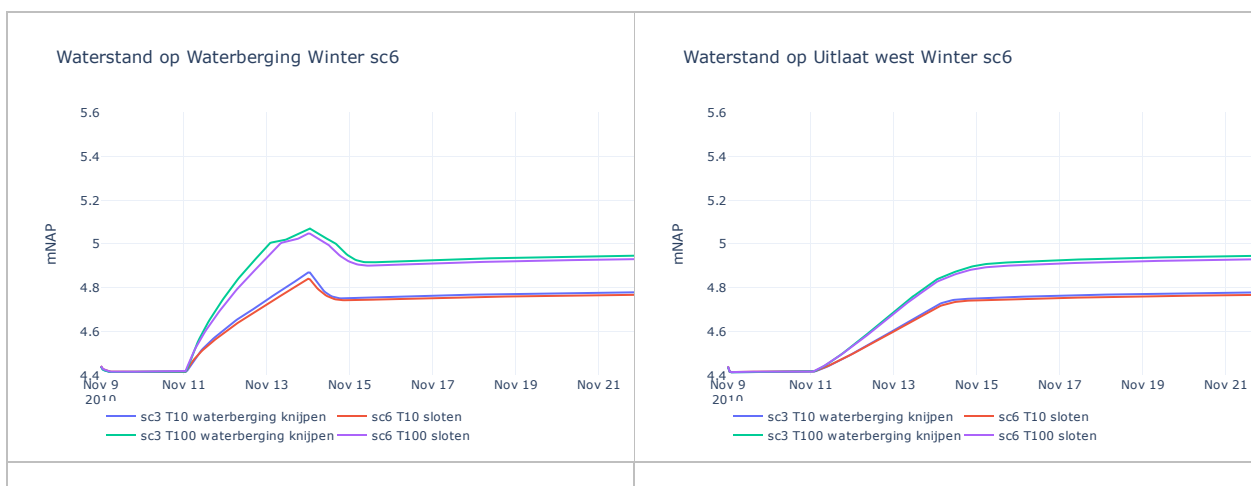
In scenario 6 zijn de wadi's op slootniveau gelegd (de bodemhoogte op 3,9 mNAP in plaats van 4,9 mNAP), zie figuur 4-11. Dit scenario is gelijk aan scenario 3 (knijpen duiker t.b.v. waterberging). Dit geeft een groter oppervlak op waterniveau waardoor de afvoerpiek van het verharde gebied opgevangen kan worden. De waterspiegelbreedte bedraagt dan 3,5 meter in plaats van de 2 meter in de scenario's 1 t/m 5.

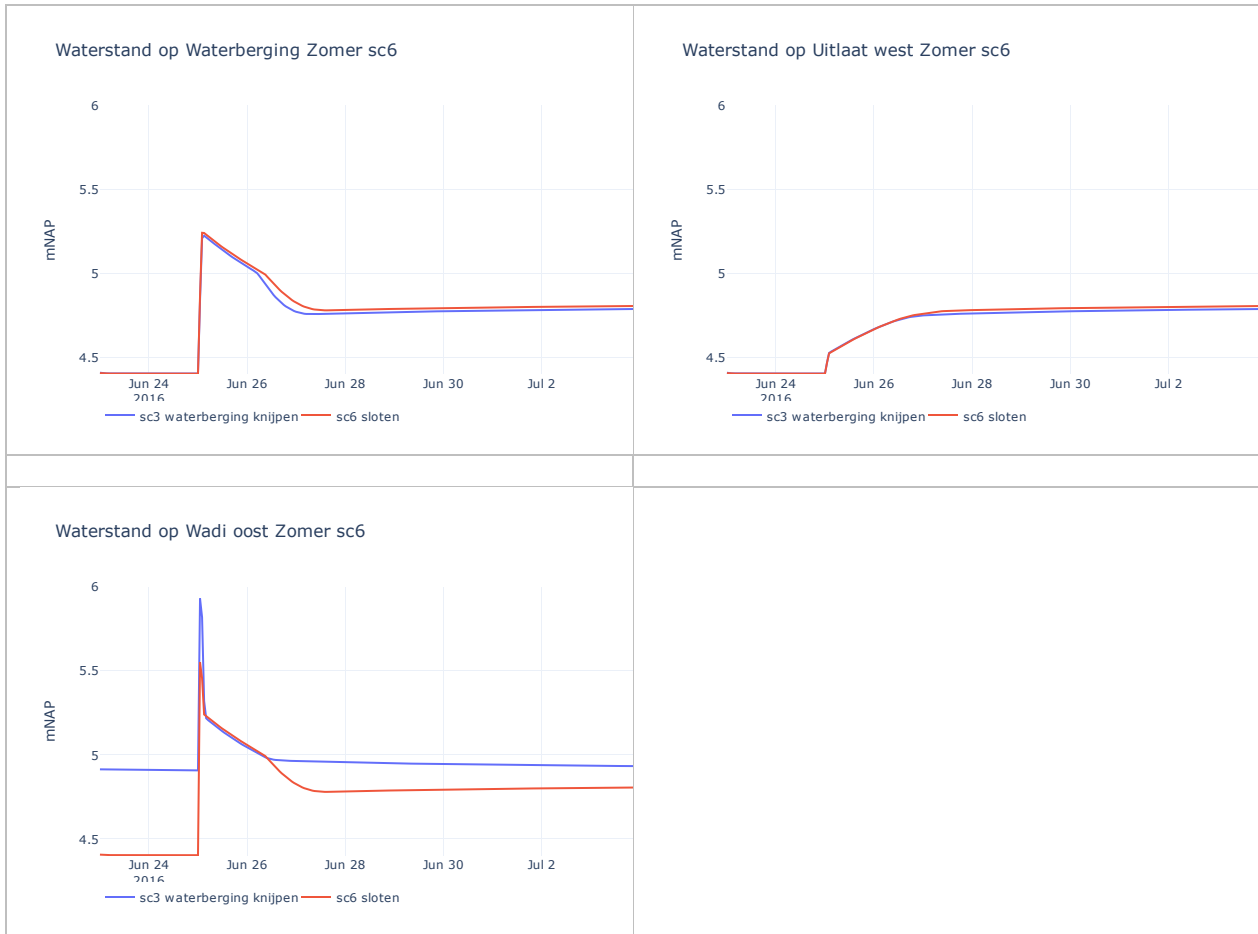




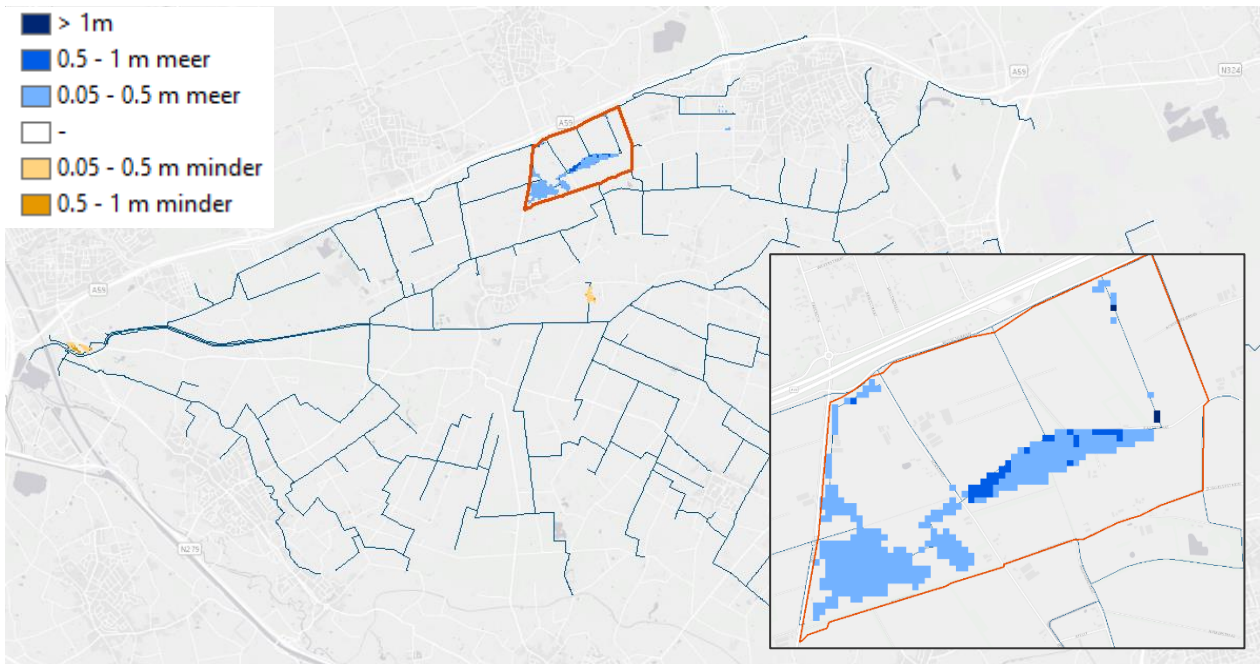
Figuur 4-11: Scenario 6: locaties sloten.

In onderstaande waterstandsgrafieken is scenario 3 weergegeven samen met dit scenario (6), zo is het effect van de sloten goed te beoordelen is. In zowel de winter als de zomer is er nauwelijks verschil zichtbaar tussen de scenario's. Deze locaties liggen immers ook op de watergangen waar geen wijzigingen zijn doorgevoerd. Daarom is voor de zomer een extra locatie uitgevoerd; de oostelijke wadi.





Doordat het bodemniveau een meter lager ligt dan de wadi, maar vooral omdat de breedte op de waterspiegel is toegenomen, is er een waterstandsvaling zichtbaar van 40 cm. Dit zorgt ervoor dat er op de percelen geen overstroming vanuit de watergang ontstaat, zie Figuur 4-12. In de winter is er geen verschil met scenario 3 qua overstromingspatroon.



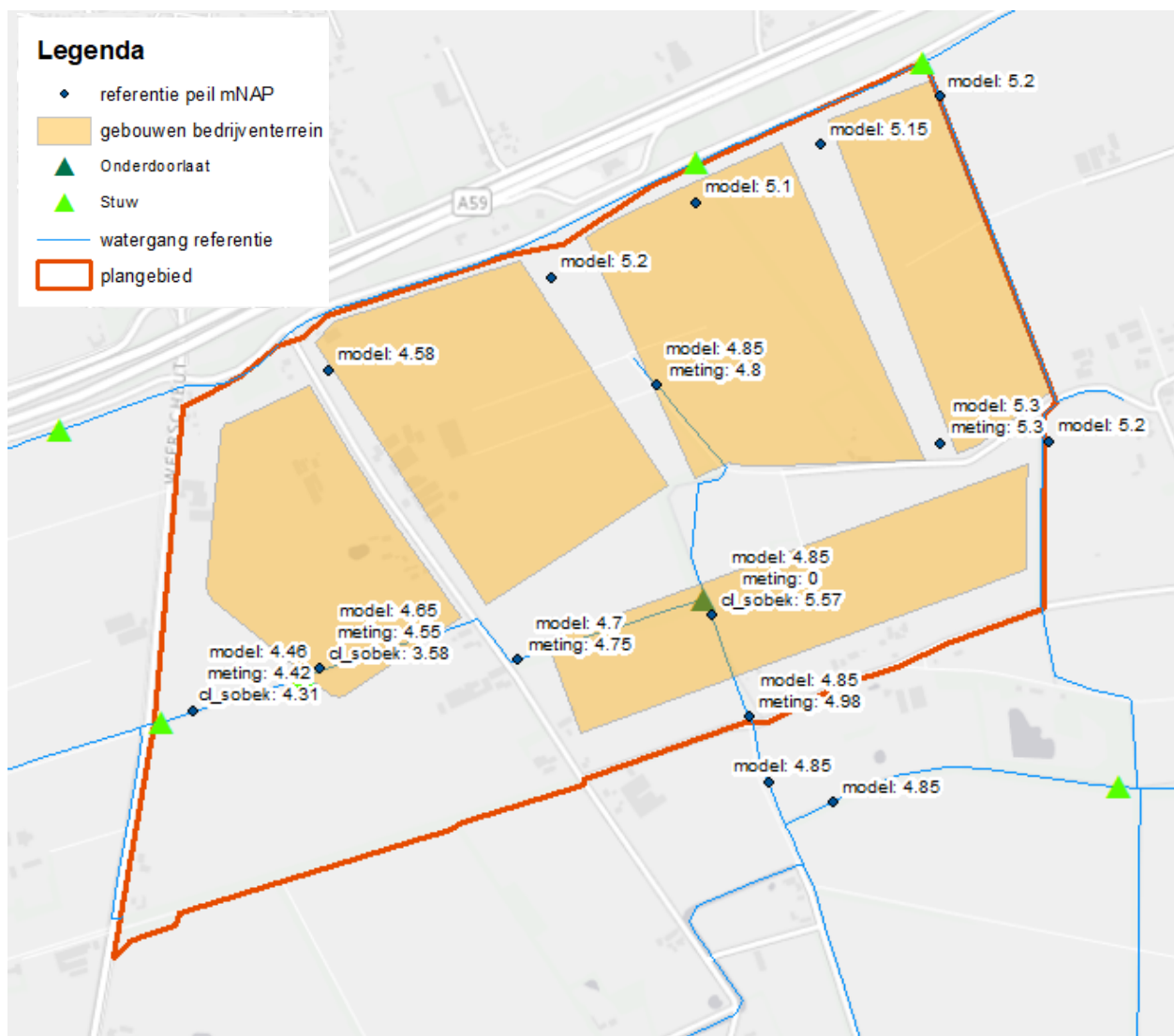
Figuur 4-12: overstromingspatroon zomer scenario 6 (sloten) (scenario 6 – referentie).

## 4.6 Optimaal scenario

In het optimale scenario zijn de volgende wijzigingen doorgevoerd:

1. Wadi's zijn verbreed tot 15 meter bodembreedte (was 2 meter in scenario 1 t/m 5) en een talud van 1:3 i.p.v. 1:1,5. Tussen de percelen is telkens 1 wadi van 15 meter breed geschematiseerd.
2. Bodemhoogte wadi's op 5,3 mNAP (oosten) en 4,8 mNAP (west).
3. Benedenstreams van de wadi's liggen duikers op 5,4 mNAP (oosten) en 4,9 mNAP (west).
4. Peil is bovenstreams van de waterberging verhoogd naar 5,2.
5. Peil is benedenstreams van de waterberging verhoogd naar 4,65.
6. Uitlaat in de zomer gemaximaliseerd op landelijke afvoernorm (0,75 L/s/ha).

Het oppervlaktewaterpeil kan geoptimaliseerd worden. In het oosten is de drooglegging fors met een peil van 4,4 mNAP. Het bepalen van de te hanteren peilen is gebaseerd op het grondwatermodel ('model' in figuur 4-13) en op basis van grondwatermetingen ('meting' in figuur 4-13). Op basis van deze getallen is het peil benedenstreams van de waterberging 4,65 mNAP en bovenstreams 5,2 mNAP.



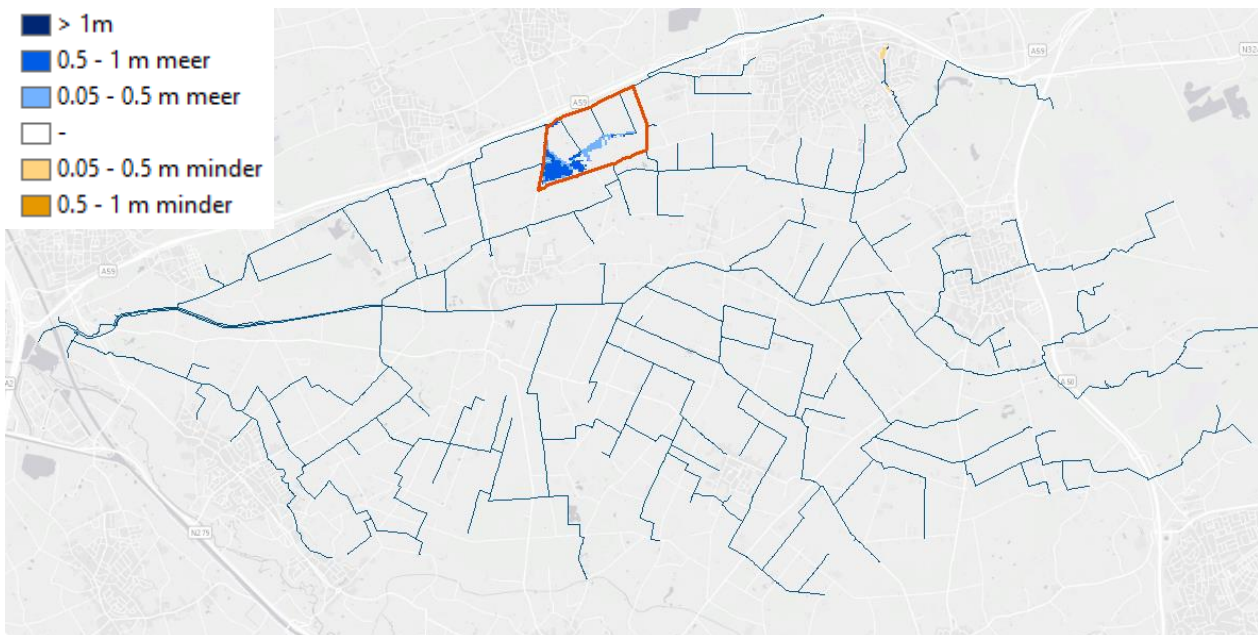
Figuur 4-13: Referentiepeilen grondwatermodel, grondwatermetingen en kruinhoogtes oppervlaktewatermodel.

Voor afmetingen wadi's is een 15 meter breed profiel gekozen. Dit zodat er genoeg oppervlak is om de hoge afvoerpiek in de zomer op te kunnen vangen. Deze breedte is minimaal ingestoken. Er is meer ruimte beschikbaar tussen de percelen (tot 40 meter).

In onderstaande figuren zijn de waterstandsgrafieken gegeven voor het optimale scenario. Voor de zomer is gerekend met een gesloten en een open uitlaat. De uitlaat is gemaximaliseerd op de landelijke afvoernorm. Wanneer de uitlaat in de zomer open staat is de maximale peilstijging 20 cm bij de uitlaat en 35 cm in de waterberging. In de waterberging stijgt het peil verder doordat het water vastgehouden wordt middels de knijpende duiker.

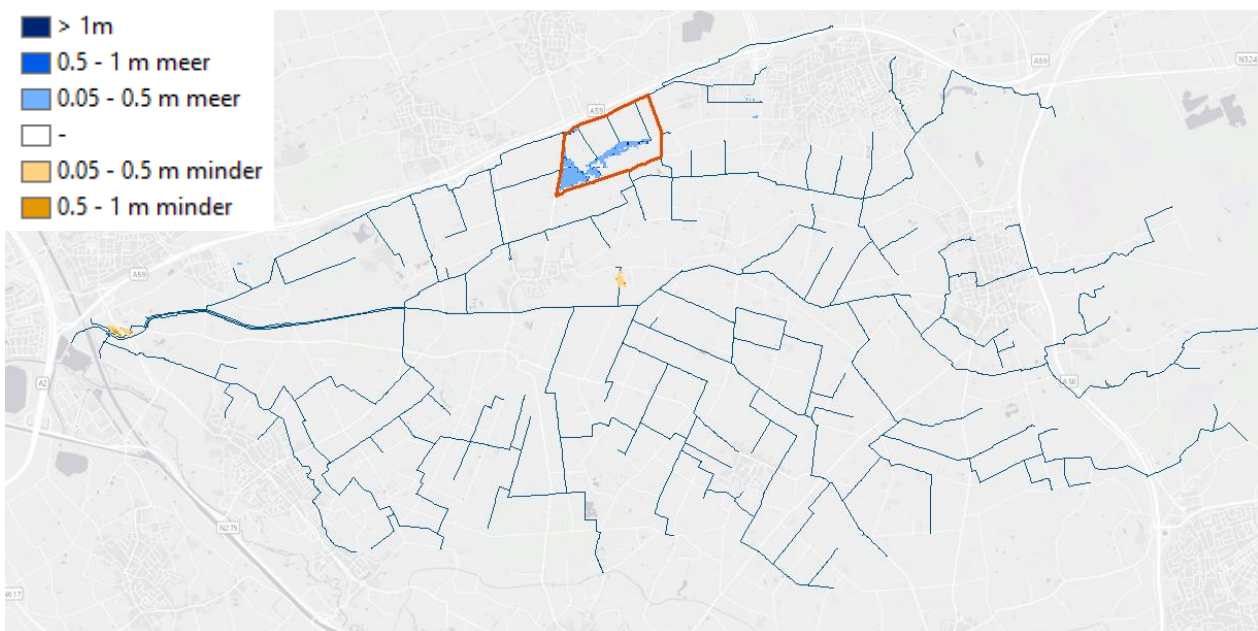






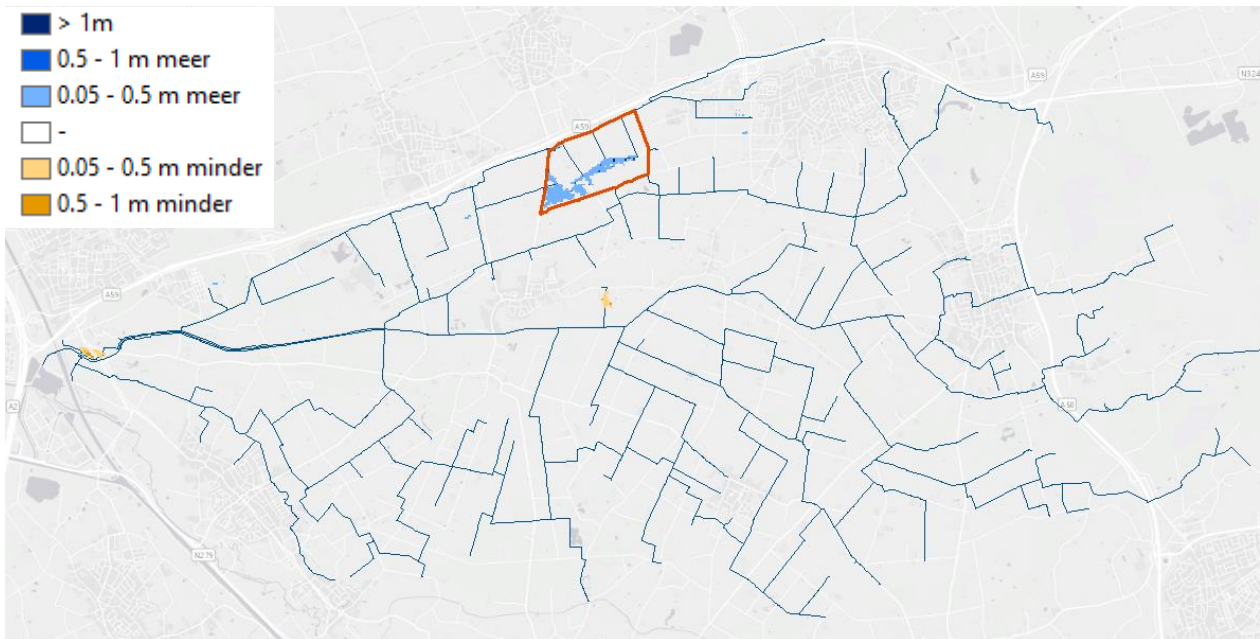
figuur 4-14: Optimale scenario – referentie winter T=100 situatie.

Uit bovenstaande figuur blijkt dat de waterberging vrij weinig wordt ingezet in een T=100 situatie. Dit zou mogelijk verbeterd kunnen worden door de sturing nog te optimaliseren wanneer de exacte afmetingen van de wadi's / sloten bekend zijn.



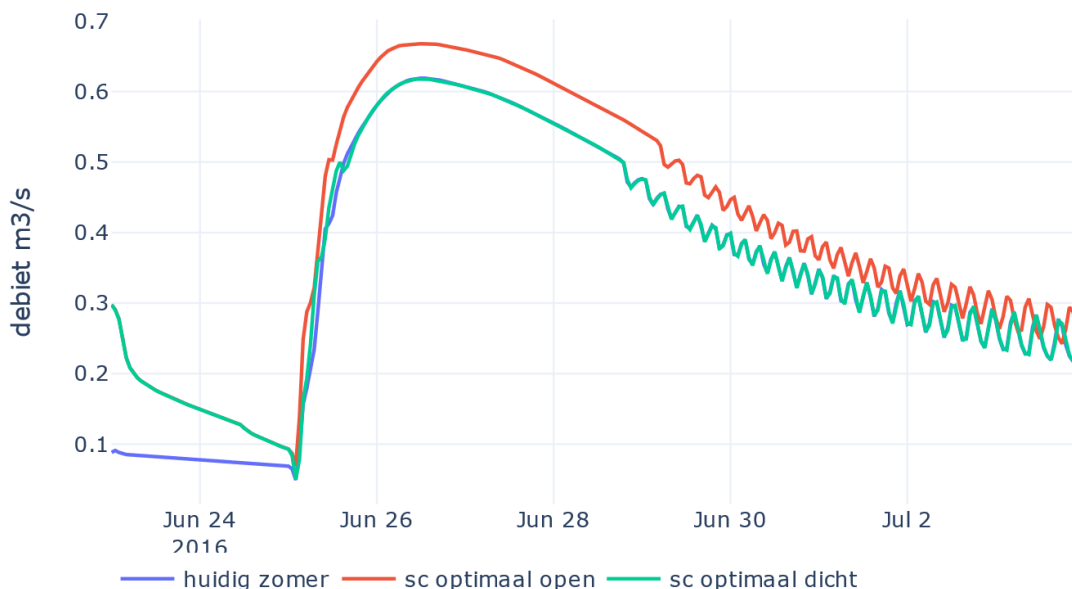
Figuur 4-15: optimale scenario (uitlaat dicht) – referentie zomer.

In de zomer treedt er geen overstrooming meer op bij de percelen. De wadi's zijn breed genoeg om de piek te kunnen opvangen in de zomer zoals geconcludeerd bij de waterstandsgrafieken.

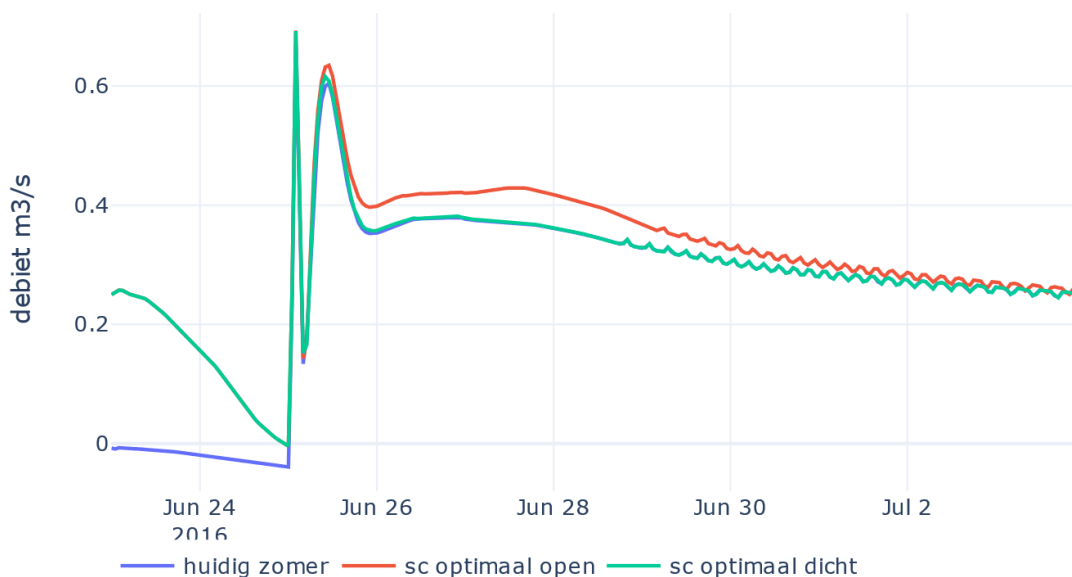


Figuur 4-16: Optimale scenario (uitlaat open) – referentie zomer.

Wanneer de uitlaat open staat, is de hoeveelheid water in de grote plas nabij de uitlaat minder dan wanneer de uitlaat dicht staat. Er treedt in de regio geen extra overstrooming op t.o.v. referentiesituatie. De flux in de zomer is zowel voor de noordelijke als de zuidelijke route toegenomen wanneer de uitlaat open staat. Wanneer de uitlaat gesloten is, is de flux gelijk aan huidige situatie.



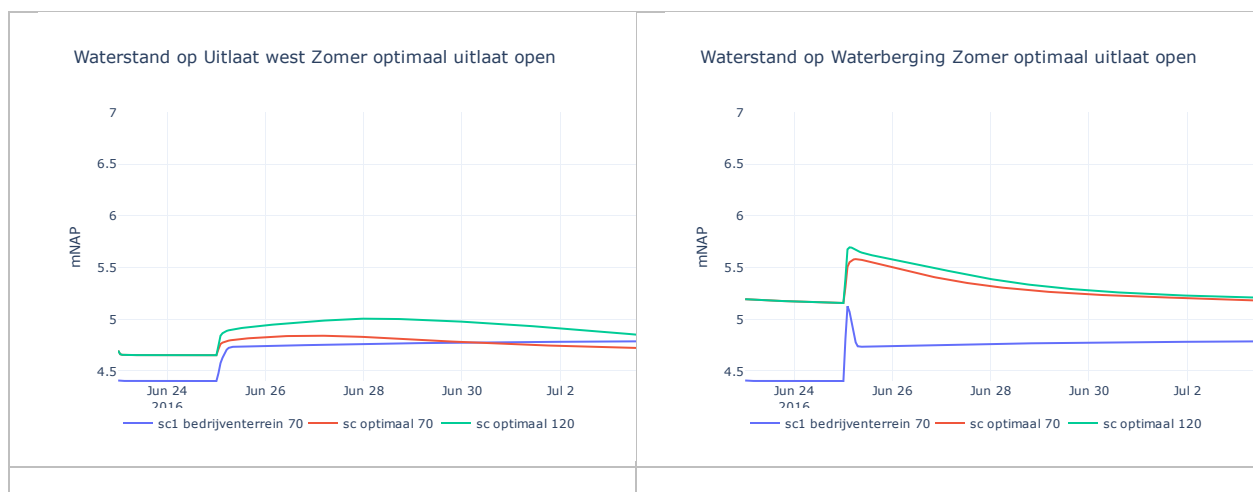
Figuur 4-17: Noordelijke flux voor huidig en optimaal scenario in de zomer.



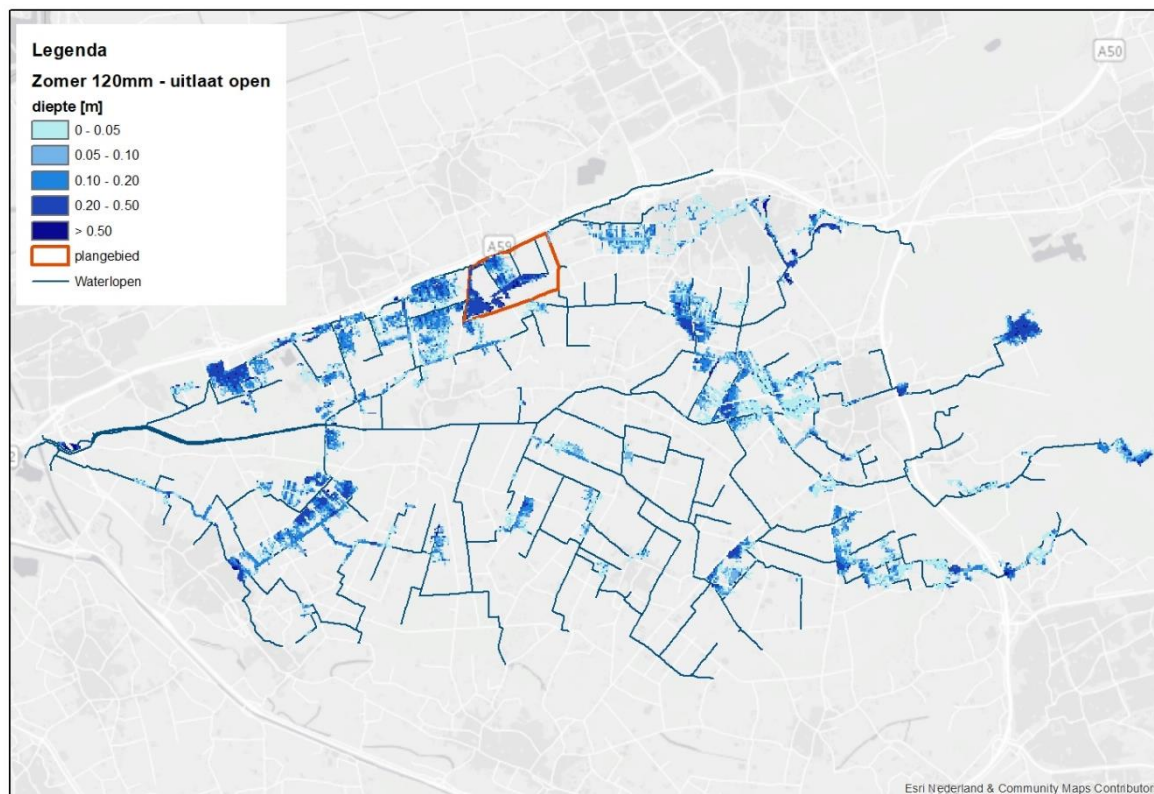
Figuur 4-18: Zuidelijke flux voor huidig en optimaal scenario in de zomer.

#### 4.6.1 Zomerbui 120mm/uur 15m wadi

Er is gerekend met een extra scenario voor de zomersituatie. In deze situatie valt 120 mm neerslag in een uur. Dit extreme scenario laat zien hoe robuust het systeem is. Er is vanuit gegaan dat de uitlaat in het westen open staat. In onderstaande figuur zijn de berekende waterstanden te zien. De locaties zijn bovenstrooms van de uitlaat in het westen en de watergang langs de waterberging. Te zien is dat er tussen scenario met 70mm/uur een peilstijging optreedt van 10cm in de waterberging en 20cm ter hoogte van de uitlaat.



Dit resulteert in een toename in overstroming op het bedrijventerrein. Onderstaande figuur laat het overstromingspatroon zien voor het gehele stroomgebied bij een bui van 120mm/uur.

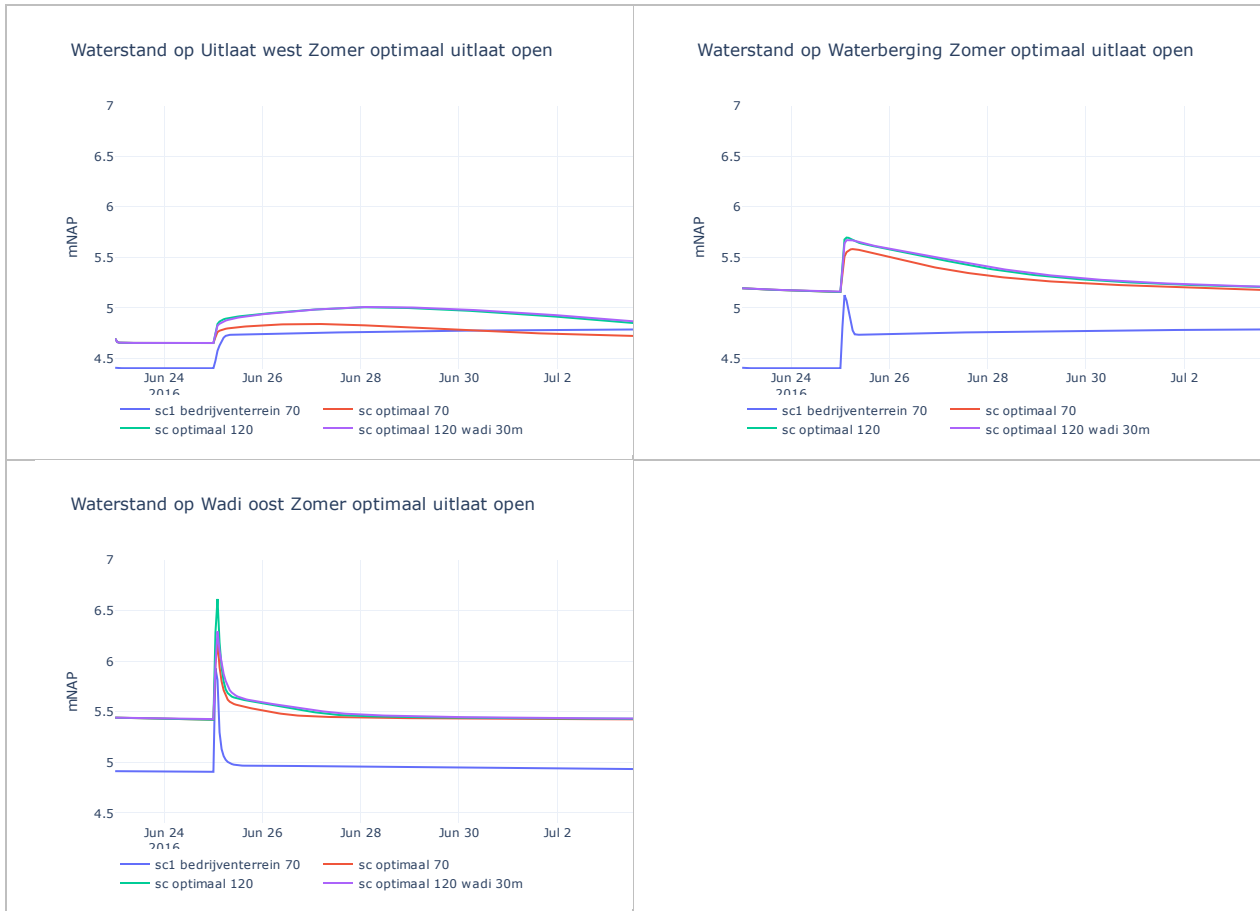


Figuur 4-19: overstromingspatroon bij 120mm/uur in de zomer in het optimale scenario.

Te zien is dat de hoeveelheid overstroming is toegenomen in het gehele stroomgebied. Dit komt omdat het watersysteem niet is ingericht op deze hoeveelheid water. Op het bedrijventerrein is op het middelste perceel een overstroming zichtbaar. Deze overstroming ontstaat vanuit de waterberging. Het peil stijgt hier behoorlijk. Door de knijpende duiker (rond 400mm) is er teveel opstuwung. Dit kan nog verder geoptimaliseerd worden.

#### 4.6.2 Zomerbui 120mm/uur 30m wadi

Er is ruimte voor bredere wadi's. Een verdubbeling van de breedte, resulteert in onderstaande waterstanden bij een bui van 120mm/uur. De berekende waterstanden bovenstrooms van de uitlaat en ter plekke van de waterberging zijn gelijk aan het scenario met een 15m brede wadi. Er zijn ook waterstanden gepresenteerd in de oostelijke wadi. Hier is te zien dat lokaal de peilstijging afneemt met 40cm. Het overstromingspatroon is hetzelfde voor dit scenario als voor een 15m brede wadi. Dit komt omdat niet de breedte van de wadi voor de overstroming zorgt op het bedrijventerrein, maar de knijpende duiker om het water vast te houden achter de waterberging.



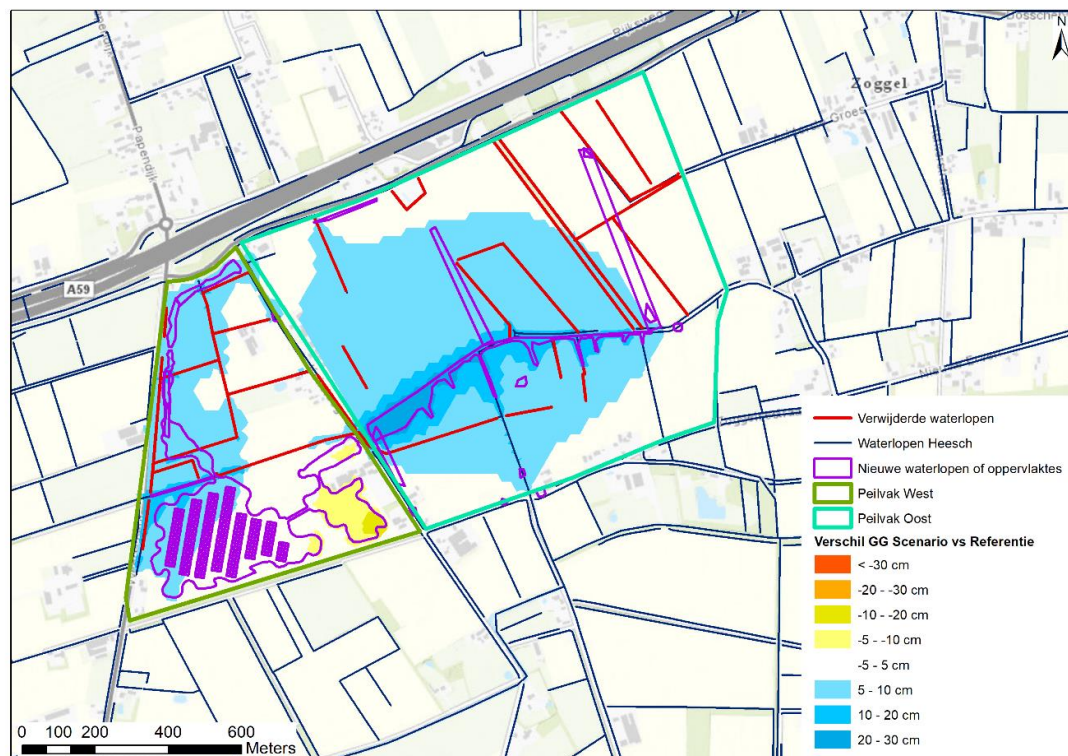


## 5 Grondwaterberekeningen

De aanpassingen aan de watergangen op het bedrijventerrein hebben invloed op het grondwater. De grootte van dit effect is onderzocht met behulp van een grondwatermodel. Uitgangspunt is het Brabantmodel2018. In bijlage 1 wordt ingegaan op het Brabantmodel wat betreft modelafwijkingen en bodemopbouw. Voor het betreffende gebied in Heesch is een verfijnd grid gemaakt en zijn de benodigde parameters aangepast. Zo zijn alle waterlopen als lijn in het model ingebracht. Met het model zijn stationaire sommen gemaakt.

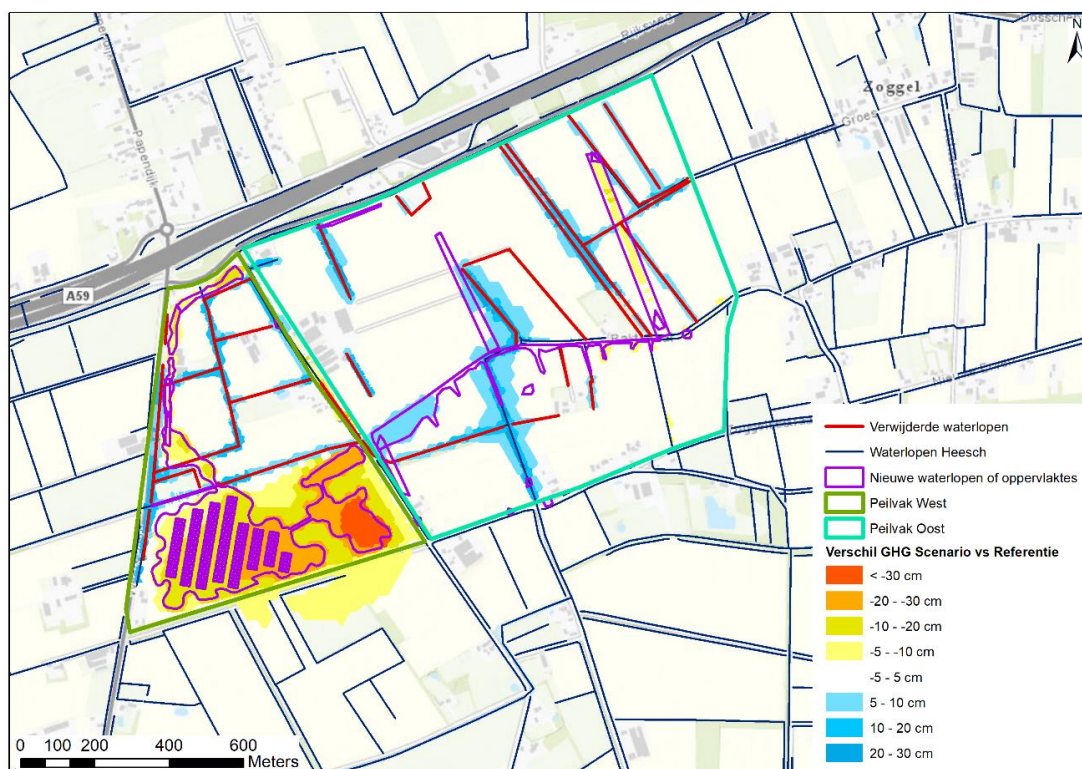
Eerst is de referentiesituatie opgezet, zoals de huidige situatie nu is. Deze referentiesituatie is ook gemaakt voor een GLG en GHG situatie. Vervolgens is de scenariosituatie opgezet, waarbij bepaalde waterlopen zijn verwijderd en anderen zijn toegevoegd. Zie Figuur 5-1 voor de nieuwe toegevoegde en verwijderde waterlopen en plassen. In alle situaties is het stuwpeil van de waterlopen in het oosten van het gebied 5,20 meter en in het westen 4,65 meter. In de gemiddelde situatie en voor de GHG geldt dat er afvoer uit het projectgebied is en het peil hoger zal zijn dan het stuwpeil.

We gaan er vanuit dat het peil onder droge omstandigheden in de kleine waterlopen mee zakt met de grondwaterstand en dat de kleinere waterlopen uiteindelijk droogvallen. Gezien de helling in het systeem van oost naar west zullen de kleine waterlopen in de stuwvakken achter een stuw maar beperkt op peil gehouden worden en zullen ze in de zomer niet kunnen infiltreren. Binnen het projectgebied zijn de kleine sloten daarom zo gemodelleerd dat deze niet kunnen infiltreren. Onder droge omstandigheden (GLG) zakt het peil mee met de grondwaterstand tot het stuwpeil, in het oostelijk peilvak tot circa NAP +4,65 meter en in het westelijk peilvak tot circa NAP + 4,20 meter (voor de peilvakken zie Figuur 5-1). De grote waterlopen worden gevoed door bovenstroomse gebieden. Als er onvoldoende afvoer is dan kan het peil ook in deze waterlopen onder het stuwpeil zakken. In het model zijn we er vanuit gegaan dat de grote waterlopen door bovenstroomse afvoer wel op peil worden gehouden.

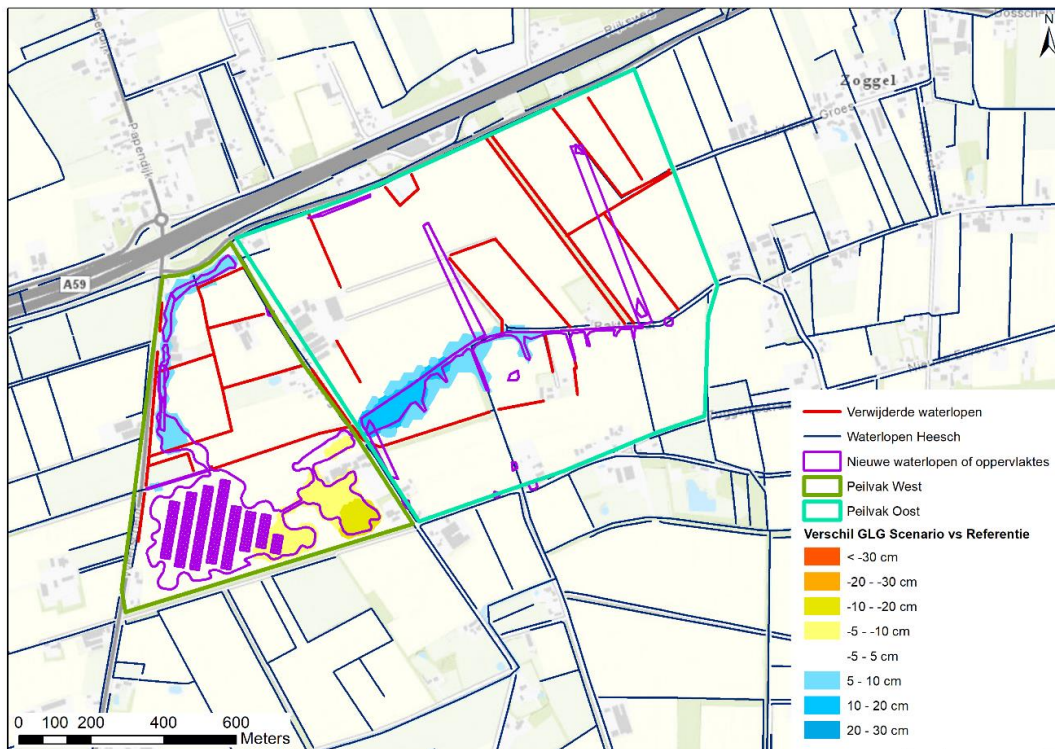


Figuur 5-1: verschil in gemiddelde grondwaterstand (GG) tussen scenario en referentie.

Figuur 5-1 toont dat in de GG situatie de verhogingen van de grondwaterstand beperkt blijven tot binnen het terrein. De grondwaterstand neemt met 5 - 10 cm toe voor een deel van het terrein. Rondom de waterlopen en plassen is de verhoging iets groter. De GHG situatie in figuur 5-2 geeft weer dat rondom de gedempte waterlopen vernatting plaatsvindt. Bij de nieuwe plassen in het zuidoosten vindt een grondwaterstandsdeling tussen de 5 -20 cm plaats. Dit gebeurt omdat de plassen, die er in de referentiesituatie niet zijn, nu water afvoeren in GHG situaties. De GLG situatie in figuur 5-3 toont dat er rondom de waterlopen en plassen lichte vernatting dan wel lichte verdroging plaatsvindt. De effecten zijn echter zeer beperkt en niet buiten het industriegebied



Figuur 5-2: Verschil in gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) tussen Scenario en Referentie.



Figuur 5-3: Vershil in gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) tussen Scenario en Referentie.

## 6 Conclusies en aanbevelingen

In deze studie zijn meerder varianten doorgerekend om het watergingsvraagstuk voor Heesch-West te onderzoeken. De tussenresultaten zijn voorgelegd aan de gemeente en het waterschap. Daaruit is een voorkeursvariant gekozen die op de meest optimale manier het water bergt binnen het bedrijventerrein, waarbij de aangewezen zones zo optimaal mogelijk worden benut en waarbij de uitstraling op de omgeving (afvoeren en grondwaterstanden) zijn geminimaliseerd. Het optimale scenario geeft de volgende conclusies:

- Geplande wadi's van 15 meter breed zijn voldoende om T=10 en T=100 wintersituatie op te vangen.
- Geplande wadi's van 15 meter breed zijn voldoende om een zomersituatie van 70 mm/uur te verwerken.
- Wanneer er in de zomer tijdens een piekbui water uitgelaten kan worden (landelijke afvoer), blijft de peilstijging beneden de 30 cm (benedenstrooms van de waterberging).
- Het water wordt bij een T=100 weliswaar voldoende geborgen waardoor er geen wateroverlast zal ontstaan. De waterberging in een T=100 situatie echter niet optimaal ingezet. Dit kan verbeterd worden door een sturing toe te passen op het uitlaatkunstwerk. Als de exacte afmetingen van de wadi's en watergangen bekend zijn, kan deze sturing geoptimaliseerd worden.
- Bij een extreme bui van 120 mm/uur in de zomer ontstaat er overstroming vanuit de waterberging naar de percelen. Oplossing hiervoor is het optimaliseren van de knijpconstructie (duiker van rond 400mm).

De lengte van de wadi's gebruikt in deze modelstudie zijn:

- 600 meter (west).
- 450 meter (midden).
- 625 meter (oost).

Dit is totaal 2,5 ha oppervlak beschikbaar voor opvang van neerslag tussen de percelen bij een breedte van 15 meter, naast de reeds beschikbare hoeveelheid open water van bijna 14 ha. Door dit grote oppervlak open water is het watersysteem dusdanig robuust dat het deze piekneerslagen kan opvangen zonder benodigde afvoer naar het regionale watersysteem.



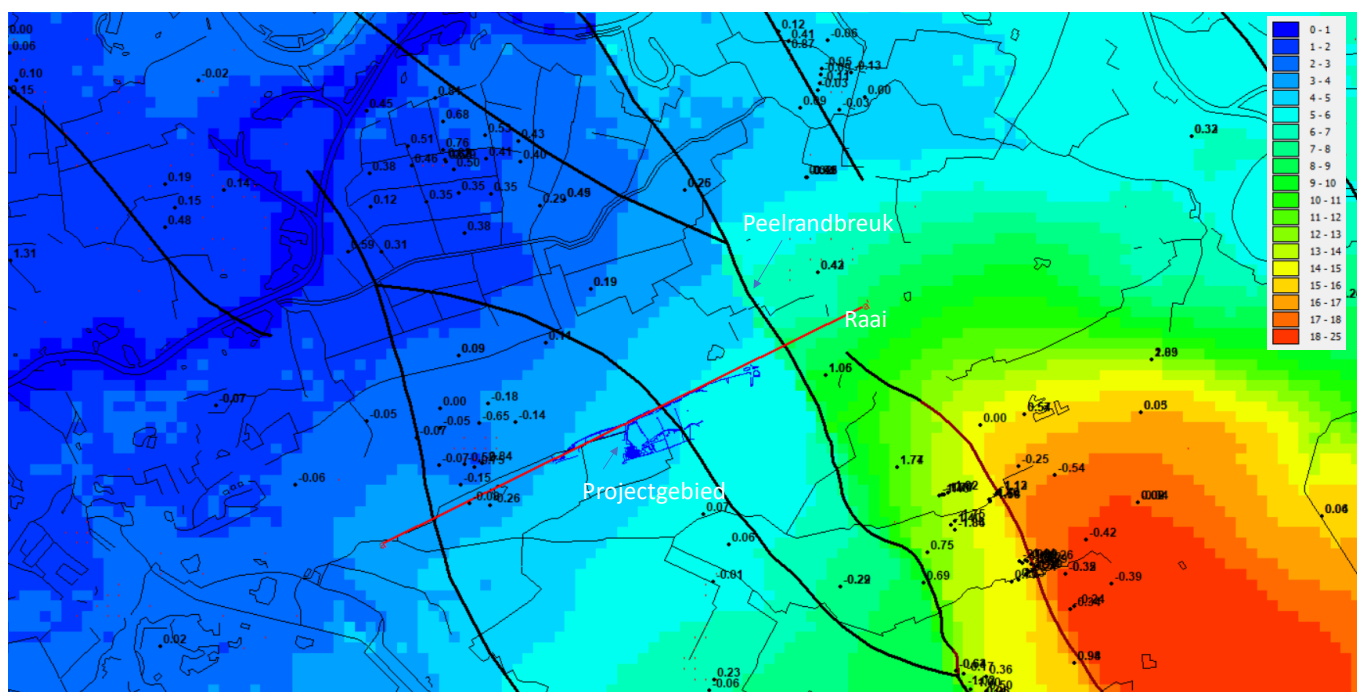
Referenties:

[1] = Stedenbouwkundig Ontwerp Bedrijventerrein Heesch West. Behorend bij voorontwerp bestemmingsplan bedrijventerrein Heesch West. 24-05-2019, tekeningnr. Heesch\_West\_2019\_2-3.

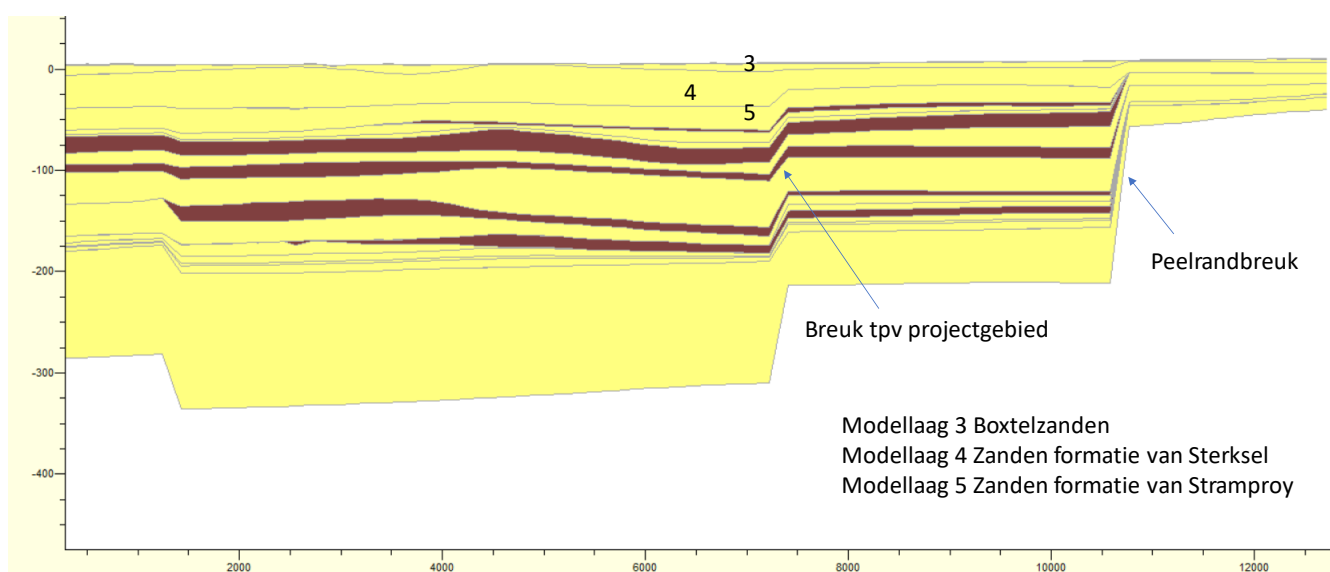


## A1 Brabantmodel, laagopbouw en modelafwijkingen.

Het model dat is toegepast voor het project bij Heesch is een verfijning van het Brabantmodel2018. In figuur B2.1 is de berekende freatische grondwaterstand met het Brabantmodel weergegeven. In de figuur zijn tevens de breuken weergegeven die in het gebied voorkomen. De belangrijkste breuk in het systeem is de Peelrandbreuk, die nagenoeg ondoorlatend is. Midden door het projectgebied loopt een breuk die terug te vinden is in de doorsnede van de bodemopbouw in figuur B1.2.



Figuur B1.1 Berekende freatische grondwaterstand en de afwijkingen in modellaag 4.

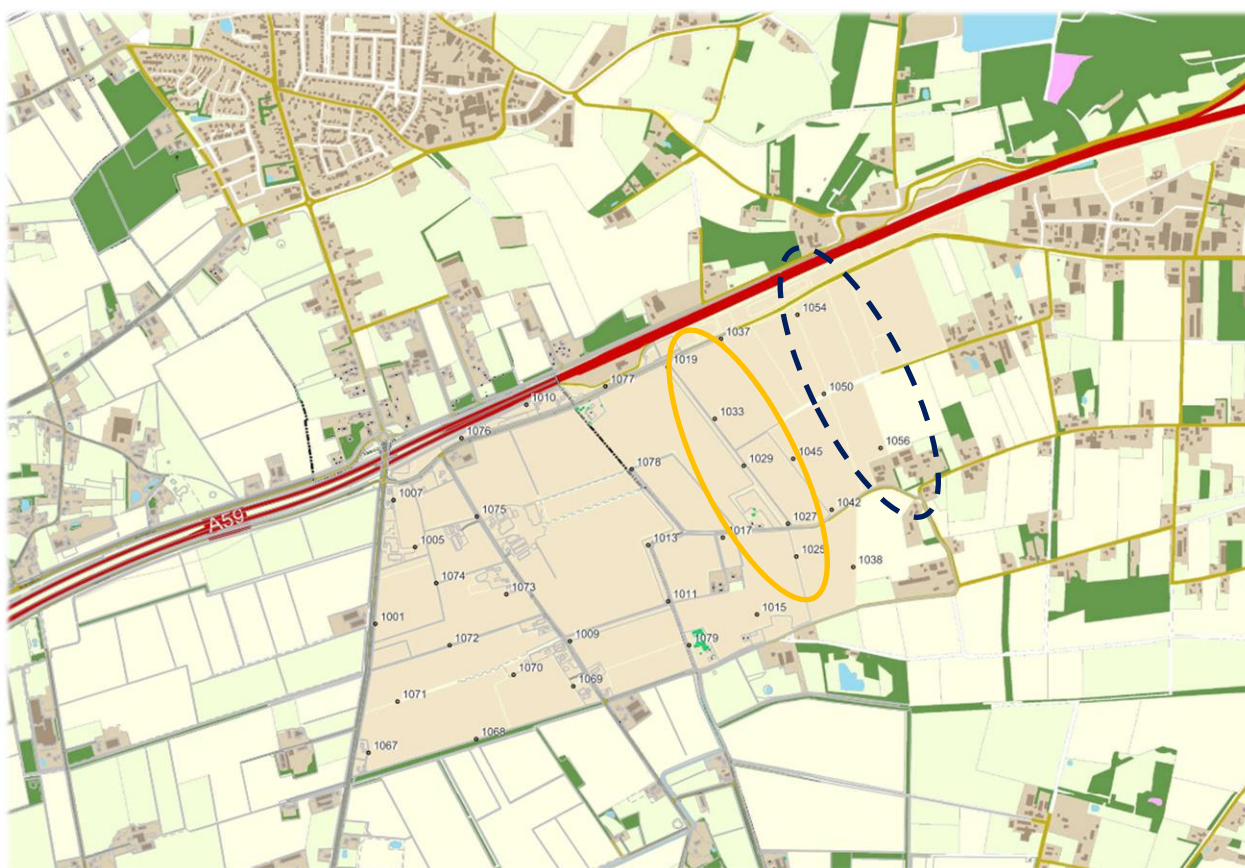


Figuur B1.2 Raai a-a' doorsnede laagopbouw.

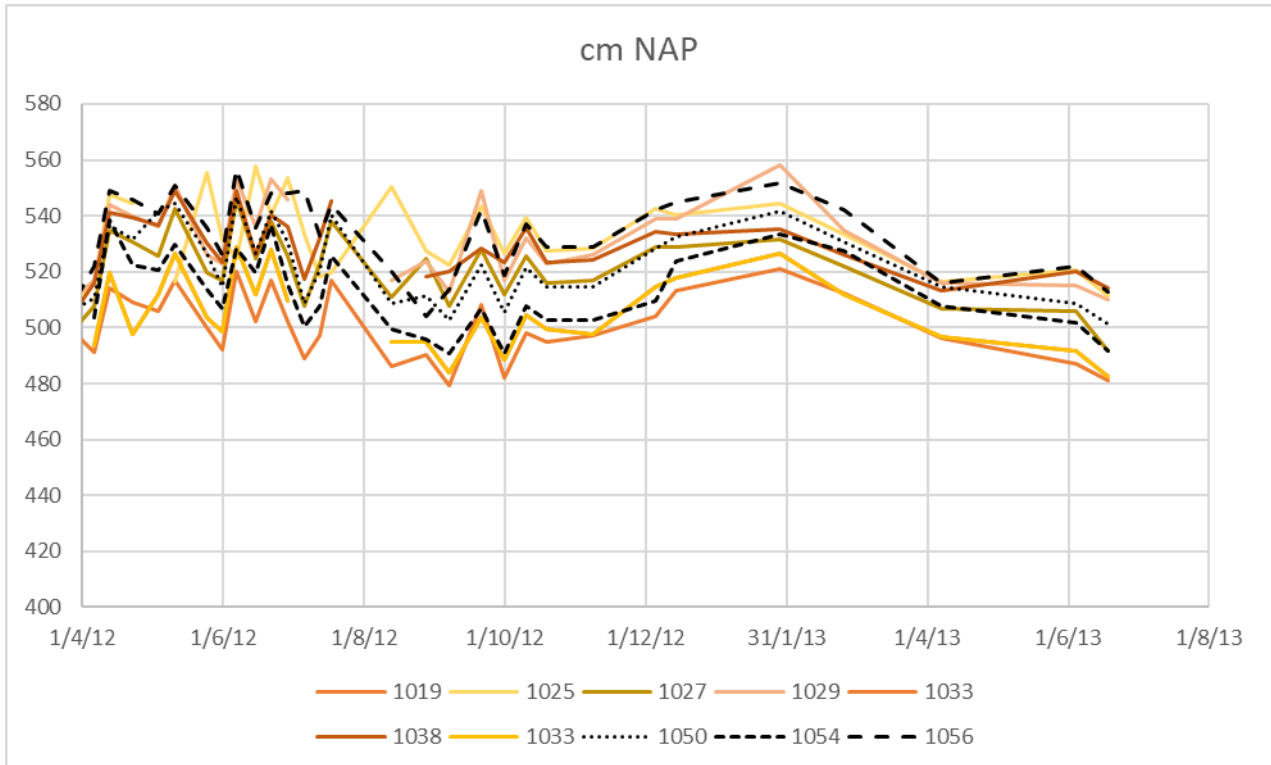
Ter plaatse van het projectgebied is sprake van een goed doorlatend pakket tot op een diepte van meer dan 60 meter. In het model is zandpakket opgedeeld in 5 watervoerende lagen. De zanden uit de Formatie van Sterksel en Stramproy (modellaag 4 en 5) zijn zeer goed doorlatend (circa 50 m/d). In de Boxtelzanden komen ook kleiige en lemige afzettingen voor. Deze hebben in de omgeving van het projectgebied een weerstand van 20 a 30 dagen. De waterlopen zijn opgenomen in modellaag 1 t/m 3. Er is nog weerstand aanwezig tussen de waterlopen en de goed doorlatend modellagen 4 en 5.

Er zijn geen aanwijzingen voor het feit dat het doorlaatvermogen ter plaatse van de breuk beperkt is. Dit zou kunnen blijken uit een sprong in stijghoogte of grondwaterstand. In het model is geen weerstand ter plaatse van de breuk opgenomen. De modelafwijkingen in modellaag 4 (figuur B1.1) aan weerszijden van de breuk die door het projectgebied loopt laten geen grote verschillen zien. De afwijkingen zijn maximaal circa 0,2 meter aan weerszijden van de breuk. Op grond hiervan is geen weerstand ter plaatse van de breuk aangenomen.

In onderstaande figuur zijn de gemeten grondwaterstanden te zien in 2012. Er zijn in 2012 grondwatermetingen verricht ter plaatse van het bedrijventerrein Heesch-West. In figuur B1.3 zijn de locaties weergegeven. In figuur B1.4 zijn vervolgens de gemeten grondwaterstanden t.o.v. NAP te zien.



Figuur B1.3: peilbuislocaties Heesch-West, 2012 (bron: gemeente 's-Hertogenbosch).



B1.4: gemeten grondwaterstanden peilbuizen westen breuklijn (oranje) en oosten breuklijn (zwart).

Uit figuur B1.4 blijkt dat er geen sprong in de gemeten grondwaterstanden zichtbaar is.