



Maatregelen fase II Schelkensbeek

**Hydrologische onderbouwing Projectplan
Waterwet**

projectnummer 0420256.100
definitief
22 september 2020

Maatregelen fase II Schelkensbeek

Hydrologische onderbouwing Projectplan Waterwet

projectnummer 0420256.100

definitief revisie 4.0
22 september 2020

Auteurs

Annelou Hoogerwerf
Suzan van den Driest
Jaco van der Gaast

Opdrachtgever

Waterschap Limburg
Maria Theresialaan 99
6043 CX ROERMOND

datum vrijgave
22-9-2020

beschrijving revisie 4.0
definitief

goedkeuring
A.J.C. van Beek



vrijgave
W.A. Matla



Inhoudsopgave

Blz.

1	Inleiding	1
1.1	Aanleiding	1
1.2	Scope	1
1.3	Werkwijze & randvoorwaarden hydrologie	1
1.3.1	Werkwijze	1
1.3.2	Randvoorwaarden	3
1.4	Leeswijzer	5
2	Waterverdeling Vuilbeek – 1e zijtak Schelkensbeek	6
2.1	Systeemanalyse	6
2.2	Maatregelen	8
2.2.1	Onderzoek verhang	8
2.2.2	Verdeelwerk 1 ^e zijtak Schelkensbeek-Vuilbeek	9
2.2.3	Verdeling Vuilbeek/Beuckelen	10
2.2.4	Aansluiting Beuckelen	13
2.3	Resumé maatregelen waterverdeling Vuilbeek – 1 ^e zijtak Schelkensbeek	15
3	Nieuwe waterverbinding Gansbeek/Vuilbeek	17
3.1	Uitgangspunten en ligging watergang	17
3.2	Dimensionering watergangen	18
3.3	Waterscheidingen Gansbeek	18
4	Waterscheidingen Aalsbeek, uitstroom retentie en stuw Gansbeek retentie	20
4.1	Beschrijving situatie	20
4.2	Waterscheiding Broekgraaf	22
4.2.1	Situatie	22
4.2.2	Maatregelen	23
4.3	Waterscheiding Belfeldse Visvijverlossing	23
4.3.1	Situatie	23
4.3.2	Maatregelen	24
4.4	Waterscheiding langs de Koeles en de Venbeek	24
4.4.1	Situatie	24
4.4.2	Maatregelen	25
4.5	Werking retentie 'Belfelderbroekbeek'	26
4.6	Uitstroom retentie 'Belfelderbroekbeekbassin'	27
4.6.1	Beschoeide watergang 'Belfelderbroek'	27
4.6.2	Belfelderbroekbeek - benedenstroomse deel	29
4.7	Stuw Gansbeek	30
5	Bovenstroomse deel Vuilbeek, noodoverlaat plas en agrarisch perceel	31
5.1	Duikers	31
5.2	Noodoverlaat	32

5.3	Agrarisch perceel	33
6	Herprofileren Broekweglossing	35
7	Belfeldese Leigraaf noodoverlaat	37
8	Twaalf apostelenweg	39
9	Overgebleven maatregelen fase I	40
9.1	Duiker Sint Lambertusdijk	40
9.2	Duiker SCB-2242D	40
9.3	Duiker onderhoudspad in 1 ^e zijtak Schelkensbeek	40
9.4	Onderhoudspad	41
10	Duikeraanalyse	42
10.1	Duikeraanalyse Koeles	42
10.2	Duikeraanalyse Schelkensbeek	43
10.3	Duikeraanalyse Aalsbeek	43
10.4	Duikeraanalyse Vuilbeek	43
10.5	Duikeraanalyse Gansbeek	45
10.6	Duikeraanalyse Belfeldse leigraaf	46
10.7	Duikeraanalyse Klokbeek	46
10.8	Duikeraanalyse bovenstrooms Schelkensbeek	47
10.9	Resumé	47
11	Effecten maatregelen op basis van modelberekeningen	48
11.1	Inundaties en waterpeilen T25-winterscenario en T50-winterscenario	48
11.2	Detailweergaves specifieke locaties	52
11.2.1	Detailweergave van de locatie rond de molen Ronckenstein te Reuver	52
11.2.2	Belfeldse Leigraaf	54
11.2.3	Duikers Schelkensbeek	54
12	Droogte	56
12.1	Drooglegging zomersituatie	56
12.2	Drooglegging wintersituatie	58
12.3	Tussenconclusie drooglegging en mitigerende maatregelen	58
13	Conclusie	60

Bijlage 1 Modelkaarten

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Waterschap Limburg heeft Schelkensbeek opgenomen als pilot in het project 'Water in balans'. Schelkensbeek is als pilot opgenomen, vanwege de wateroverlast van juni 2016 en andere ervaringen van wateroverlast uit de streek. Hiervoor is in 2018 een systeemanalyse uitgevoerd en een schetsontwerp opgesteld met maatregelen. Deze maatregelen worden genomen op locaties waar wateroverlast berekend is in de modellering of wateroverlast ervaren is door de streek.

Een geheel beekinrichtingsproject heeft normaliter een lange doorlooptijd, maar er is vanuit het waterschap en de streek de wens om al op korte termijn maatregelen te nemen voor betere doorstroming in de beek. Daarom is er voor de Schelkensbeek onderscheid gemaakt tussen fase I (korte termijn) en fase II (lange termijn) maatregelen.

Deze rapportage dient als hydrologische onderbouwing van het projectplan voor de fase II maatregelen. In deze hydrologische onderbouwing is alleen het beoogde effect van de maatregelen beschreven. De systeemanalyse, de werking van het watersysteem en de probleemanalyse zijn beschreven in het schetsontwerp (rapport 'Aanpak hydrologische knelpunten watersysteem Schelkensbeek', d.d. 16-07-2018, Antea Group).

1.2 Scope

Alle maatregelen voor de Schelkensbeek die in deze hydrologische onderbouwing zijn toegelicht zijn gebaseerd op het schetsontwerp vanuit de rapportage: 'Aanpak hydrologische knelpunten watersysteem Schelkensbeek'. Er is één maatregel extra toegevoegd op verzoek van het waterschap. Dat is de maatregel van de plas aan het bovenstroomse deel van de Vuilbeek. Deze plas is niet opgenomen in de modellering en is pas later als knelpunt naar voren gekomen.

De maatregelen voor de Schelkensbeek worden gefaseerd uitgevoerd. Eerst zijn de fase I maatregelen uitgewerkt en uitgevoerd (medio 2020). De fase I maatregelen betroffen no-regret en zorgden op korte termijn tot verbetering van de afvoersituatie.

Daarnaast is Waterschap Limburg voornemens om de Schelkensbeek klimaatrobuust in te richten met meer ingrijpende maatregelen. Deze maatregelen zijn gepland voor de langere termijn (uitvoering begin 2021), omdat deze maatregelen ingewikkelder zijn en er meerdere aspecten van afhangen, zoals beschikbaar grondeigendom, bepalen van effect op omgeving, hydrologische modelleringen, vergunningen etc. Deze maatregelen zijn uitgewerkt in de onderhavige rapportage en behoren tot fase II.

1.3 Werkwijze & randvoorwaarden hydrologie

1.3.1 Werkwijze

Per maatregel is er een gedetailleerd maatregeladvies opgesteld op basis van het schetsontwerp, kennis van de modellering van de huidige situatie en de modelberekening van het schetsontwerp. Na het vaststellen van dit maatregeladvies door het waterschap zijn alle

maatregelen doorgerekend in het model. Deze modelberekeningen die zijn uitgevoerd tijdens dit proces bevatten zowel de fase I- als de fase II-maatregelen en tussentijdse wijzigingen in het watersysteem, die zijn aangegeven door het waterschap en de WB21-maatregelen bij Belfeld. Hierdoor ontstaat er een compleet beeld van de toekomstige situatie van het watersysteem.

Uitgangspunten werkwijze ontwerp maatregelen:

- Voor de maatgevende debieten is er gekeken naar:
 - 0,5 MA, voor reguliere afvoeren is getoetst aan de stroomsnelheid in watergangen en duikers en de hoeveelheid lucht in duikers.
 - T25 winterbui met klimaattoeslag is de norm die voor het landelijke gebied, waarbij geen wateroverlast mag ontstaan door opstuwing in duikers en watergangen.
 - T50 winterbui met klimaattoeslag is de norm die voor het kassengebied, waarbij geen wateroverlast mag ontstaan door opstuwing in de duikers en watergangen.
 - T100 winterbui met klimaattoeslag als doorkijk hoe klimaatrobuust het watersysteem is om te bepalen of een maatregel gezien kan worden als robuust voor de afvoersituatie.
- Om de benodigde afmeting van een watergang te bepalen is het debiet aan de benedenstroomse zijde van de watergang als uitgangspunt genomen.
- Er wordt één maatgevend dwarsprofiel voor een gehele watergang gekozen.
- Er wordt één maatgevende duikerafmeting voor een gehele watergang gekozen.
- Per watergang wordt een lengteprofiel weergegeven voor de bodemhoogte en de bodemligging van duikers.

Uitgangspunten modellering:

- Het gebruikte model is gelijk aan het model uit het schetsontwerp.
- De berekende scenario's zijn conform de oude werkwijze hydrologie. De werkwijze hydrologie binnen het waterschap is november 2018 geüpdatet, echter is dit na uitvoering van de modelberekeningen van de huidige situatie en het schetsontwerp.
- Piekafoeren zijn alleen voor de wintersituaties doorgerekend, omdat dit in het schetsontwerp na onderzoek de maatgevende scenario's bleken te zijn. Deze scenario's bevatten hoge afvoeren met een piekbui.
- De huidige situatie is berekend zonder klimaattoeslag, omdat deze situatie is gekalibreerd aan de metingen en omdat er ten tijden van deze berekeningen nog niet gerekend werd met klimaattoeslag.
- Het definitieve ontwerp is doorgerekend inclusief klimaattoeslag (T25+10%, T50+20%), omdat dit past bij de doelstelling om de Schelkensbeek klimaatrobuust in te richten. Het definitief ontwerp is niet exclusief klimaattoeslag berekend, omdat dit geen meerwaarde heeft.

Bij de interpretatie van uitkomsten dient opgemerkt te worden dat het definitief ontwerp niet alleen de huidige waterproblematiek oplost, maar ook de extra afvoer vanuit de klimaattoeslag kan verwerken.

1.3.2 Randvoorwaarden

Deze randvoorwaarden komen overeen met de randvoorwaarden die zijn toegepast in de fase I-maatregelen. Voor het opstellen van de randvoorwaarden is gebruik gemaakt van de Keur van Waterschap Limburg, de 'Werkwijze notitie hydrologische werkzaamheden' en expert judgement van zowel de hydroloog van het waterschap als de hydroloog van Antea Group.

De Keur is nageslagen voor regels met betrekking tot duikers en watergangen. Hieronder zijn regels met betrekking tot het vervangen, wijzigen of verwijderen van duikers opgenomen die relevant zijn voor de aanleg van de fase I-maatregelen Schelkensbeek. Dit is exclusief regels over meldingen en vergunningen omdat in het voorliggende geval het ontwerp wordt vastgelegd in een projectplan.

- De duiker dient met een diepte van 10% van de diameter beneden de in de legger opgenomen bodemhoogte van het oppervlaktewaterlichaam gelegd te worden.
- Ter plaatse van de grondaanvullingen dienen de taluds te worden opgezet overeenkomstig de taluds van het bestaande profiel, doch met een minimale helling van 1:1.
- De duiker wordt verwijderd indien deze niet meer de functie vervult waarvoor de duiker is aangelegd.

In de Keur en de werkwijze hydrologie zijn geen regels opgenomen met betrekking tot afmetingen van watergangen, omdat dit altijd het resultaat is van de toetsing van het ontwerp op de gestelde droogleggingsnormen en inundatienormen voor het gebied.

Op 1 april 2019 is een nieuwe Keur in werking getreden voor Waterschap Limburg. In deze Keur is niet langer de eis opgenomen dat duikers in leggerwatergangen een minimale diameter van 500 mm moeten hebben. Vanwege deze wijziging ten opzichte van het schetsontwerp (uitgevoerd in 2018), zijn de duikers uit de duikeraanlyse opnieuw beoordeeld in deze rapportage en niet zonder meer vervangen (hoofdstuk 10).

Voor de dimensionering van de watergangen en duikers is rekening gehouden met een aantal randvoorwaarden, die geformuleerd zijn op basis van expert judgement, dit zijn:

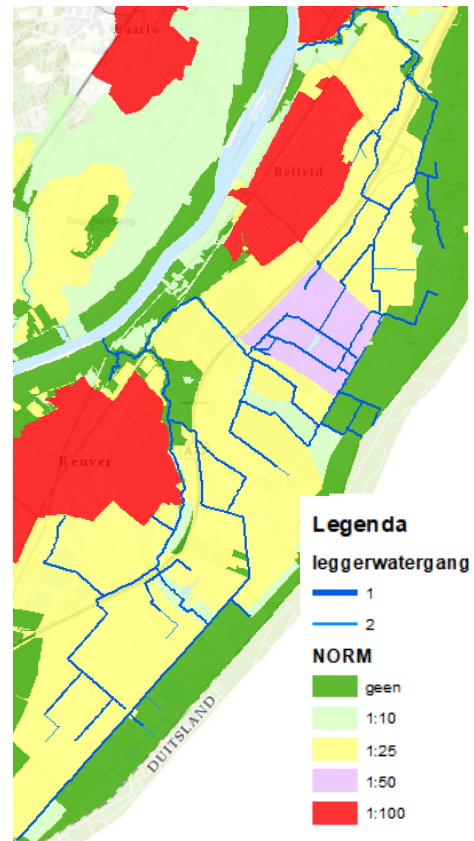
- Bij een 0,5 MA:
 - De maximale stroomsnelheid door de duiker is 0,5 m/s
 - De maximale stroomsnelheid door de watergang is 0,2 m/s
 - Duiker moet voldoende lucht hebben, minimaal ¼ van de duiker
- Voor T25-norm gebied geldt bij T25-winterbui met klimaattoeslag:
 - De maximale stroomsnelheid door de duiker is 1,0 m/s
 - De maximale stroomsnelheid door de watergang is 0,3 m/s
 - Water mag tot insteek profiel staan.
 - Duiker mag verdronken zijn.
- Voor T50-norm gebied geldt bij T50-winterbui met klimaattoeslag:
 - De maximale stroomsnelheid door de duiker is 1,0 m/s
 - De maximale stroomsnelheid door de watergang is 0,3 m/s
 - Water mag tot insteek profiel staan.
 - Duiker mag verdronken zijn.
- Bij T100 met klimaatopslag mag het betreffende gebied volgens de norm inunderen. Deze afvoer is gebruikt om te bepalen hoe robuust de voorgestelde maatregelen zijn.

- Het profiel niet verdiepen voor de profielverruiming. Verdiepen van profielen kan namelijk tot verdroging leiden. Alleen indien het voor verhang nodig is, wordt ervoor gekozen om lokaal de bodem aan te passen.

Bovenstaande eisen hebben betrekking op voldoende afvoercapaciteit creëren voor de beek. Daarnaast kan de beek ook extra bergingsruimte gebruiken, waardoor er bij hoge afvoeren bovenstrooms meer geborgen kan worden. Ten behoeve hiervan zijn de volgende randvoorwaarden voor het profiel gebruikt:

- Minimale bodembreedte in profiel van 0,5 m.
- Talud minimaal 1 : 1,5, mits deze taluds passen binnen grondeigendom van het waterschap.
- In uitzonderingssituaties is gemotiveerd afgeweken van deze randvoorwaarden.

De maatregelen om de afvoer en berging in het watersysteem te verbeteren mogen geen negatieve gevolgen hebben in tijden van droogte. Maatregelen waarbij watergangen verbreed worden en duikers vergroot om de afvoer te verbeteren, leiden over het algemeen tot verdroging van het gebied. In het schetsontwerp is daarom opgenomen dat de droogleggingssituatie verbeterd kan door lokaal beweegbare stuwten te realiseren, waarmee in tijden van droogte water vast gehouden kan worden en bij piekafvoeren water afgevoerd kan worden. In hoofdstuk 12 is de droogte effecten beschreven en mitigerende maatregelen opgenomen.



Tot slot dient het watersysteem na uitvoering van de maatregelen te voldoen aan de normering regionale wateroverlast gesteld door de provincie Limburg. Deze normering is weergegeven in figuur 1-1.

Figuur 1-1: Normering omgeving Schelkensbeek

1.4 Leeswijzer

In deze rapportage is eerst per maatregel een hoofdstuk gewijd aan de onderbouwing en uitwerking van de maatregel. Hieronder het overzicht van de fase II maatregelen:

- Hoofdstuk 2: Waterverdeling Vuilbeek – 1^e zijtak Schelkensbeek;
- Hoofdstuk 3: Nieuwe waterverbinding Gansbeek/Vuilbeek;
- Hoofdstuk 4: Waterscheidingen Aalsbeek, uitstroom retentie en stuw Gansbeek;
- Hoofdstuk 5: Bovenstroomse deel Vuilbeek, noodoverlaat plas en agrarisch perceel;
- Hoofdstuk 6: Herprofileren Broekweglossing;
- Hoofdstuk 7: Belfeldese Leigraaf noodoverlaat ;
- Hoofdstuk 8: Twaalf apostelenweg;
- Hoofdstuk 9: Overgebleven maatregelen fase I:
 - o Duiker Sint Lambertusdijk;
 - o Controle duiker SCB-2242D (Gansbeek benedenstrooms A73);
 - o Extra duiker onderhoudspad 1^e zijtak Schelkensbeek.
 - o Onderhoudspad
- Hoofdstuk 10: Duikeranalyse.

Op basis van deze uitgewerkte maatregelen is de modelberekening uitgevoerd. Vervolgens zijn in de volgende hoofdstukken analyses van de resultaten opgenomen:

- Hoofdstuk 11: effecten van de maatregelen weergegeven voor de piekafvoeren.
- Hoofdstuk 12: specifiek aandacht voor de droogte middels droogleggingskaarten.
- Hoofdstuk 13: specifieke controles, die als aandachtspunten tijdens het project zijn opgekomen, dit zijn:
 - o Inundaties bij de molen van Reuver;
 - o Situatie rond de Belfeldse Leigraaf;
 - o De duikers Schelkensbeek tot aan Keulseweg.

Het rapport eindigt in hoofdstuk 14 met een conclusie.

2 Waterverdeling Vuilbeek – 1e zijtak Schelkensbeek

2.1 Systeemanalyse

In de huidige situatie stroomt bij hoge afvoeren het grootste aandeel water door de 1^e zijtak Schelkensbeek richting de Schelkensbeek (rode pijl in figuur 2-1) door het grotere verhang richting de 1^e zijtak en de aanwezige schotbalkstuw (oranje cirkel). Hierdoor ontstaat er opstuwing in de Schelkensbeek rond de Keulseweg richting het bovenstroomse deel van de Schelkensbeek. Door meer water door de Vuilbeek te leiden zal de opstuwing in dit deel van de beek afnemen en het water tot bovenstrooms van de Schelkensbeek beter af kunnen voeren bij extreme buien.

In het schetsontwerp is berekend of er meer water door de Vuilbeek te leiden (blauwe pijl in figuur 2-1), door verruiming van het profiel van de Vuilbeek en de bovenstrooms gelegen duiker in de 1^e zijtak van de Schelkensbeek vervangen van 2x rond 700 mm naar een grotere duiker. Dit had een averechts effect, waarbij de 1^e zijtak Schelkensbeek extra water ging afvoeren. Dus er zijn in nieuwe maatregelen ontwikkeld in deze hydrologische onderbouwing.

De nieuwe maatregel is als volgt uitgewerkt:

1. Allereerst is er onderzocht wat het verhang van de Vuilbeek voor invloed heeft op het debiet door de Vuilbeek (paragraaf 2.2.1).
2. Daarna is bepaald hoe de verbetering in afvoerdeling tussen de 1^e zijtak en de Vuilbeek gerealiseerd kan worden (paragraaf 2.2.2).
3. Het maximaal haalbare debiet in de Vuilbeek tot de splitsing met de Beuckelen is berekend aan de hand van de bestaande profielen (paragraaf 2.2.3).
4. Tot slot is de situatie rond de Beuckelen uitgewerkt (paragraaf 0).

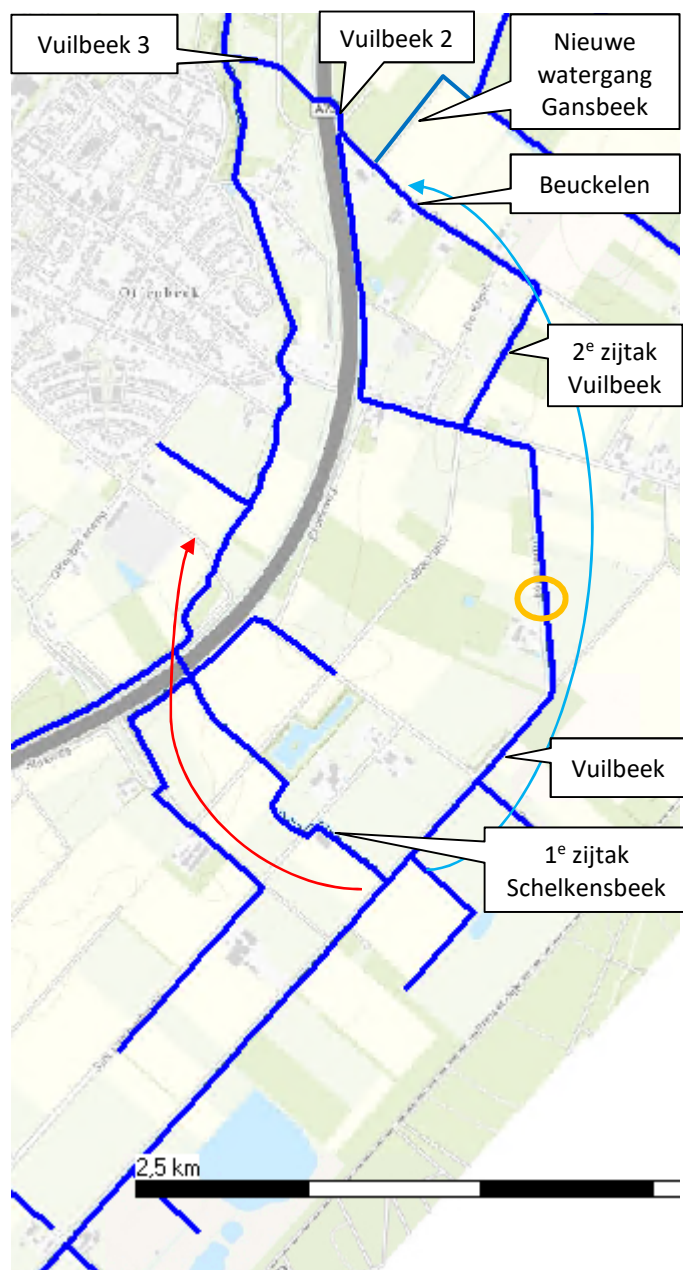
Bij de analyse wordt rekening gehouden met de KRW-status van de 1^e zijtak, waarbij er bij lage afvoeren voldoende water door deze watergang moet blijven stromen. Bij hoge afvoeren zijn er vanuit de KRW geen eisen.

Door deze maatregelen verandert de waterverdeling. De huidige en toekomstige waterverdeling is weergegeven in de tabel 2-1.

Tabel 2-1: huidige waterverdeling 1^e zijtak Schelkensbeek en Vuilbeek

Waterverdeling huidige situatie	T50 winterscenario Huidige situatie	T25 winterscenario Huidige situatie	0,5 MA zomer Huidige situatie
1 ^e zijtak Schelkensbeek	0,65 m ³ /s	0,58 m ³ /s	0,23 m ³ /s
Vuilbeek	0,20 m ³ /s	0,20 m ³ /s	0,02 m ³ /s
Waterverdeling toekomstige situatie	T50 winterscenario toekomstige situatie	T25 winterscenario toekomstige situatie	0,5 MA zomer toekomstige situatie
1 ^e zijtak Schelkensbeek	0,45 m ³ /s	0,42 m ³ /s	0,23 m ³ /s
Vuilbeek	0,60 m ³ /s	0,50 m ³ /s	0,02 m ³ /s

*De afvoer in de toekomstige situatie is groter, omdat hierbij rekening is gehouden met een klimaattoeslag van 10-20%.



Figuur 2-1: Overzicht huidige situatie waterverdeling 1^e zijtak Schelkensbeek en Vuilbeek, met in rood de afvoer via de 1^e zijtak Schelkensbeek en in blauw de afvoer richting via de Vuilbeek. In de oranje cirkel bevindt zich de stuw van de Vuilbeek.

2.2 Maatregelen

2.2.1 Onderzoek verhang

Om meer water door de Vuilbeek te leiden en minder door de 1^e zijtak is onderzocht of het mogelijk is om meer verhang aan te brengen in het traject de Vuilbeek tot aan de A73. Hierbij is het streven het debiet in de Vuilbeek van 0,2 naar 0,5 m³/s te laten toenemen en het debiet in de 1^e zijtak van 0,6 naar 0,4 m³/s te laten afnemen.

In eerste instantie is gekeken of de gewenste waterverdeling kan worden gerealiseerd door het aanbrengen van een groter verhang in de Vuilbeek. Dit blijkt echter geen kosteneffectieve maatregel, omdat er voor het aanbrengen van 0,1 m/km verhang 6 duikers vervangen moeten worden. Daarnaast zijn er grondaankopen bij meerdere eigenaren (>10) noodzakelijk. Indien gebruik zou worden gemaakt van het maximale verhang van 0,3 m/km gaat het zelfs om 15 duikers. Daarnaast is er in elk geval een verdeelwerk nodig om bij hoog water het water door de Vuilbeek te leiden en bij laag water het water vast te houden en door 1^e zijtak te leiden. Met het plaatsen van een verdeelwerk bleek het ook mogelijk om zonder het aanbrengen van extra verhang de gewenste afvoerverdeling te behalen.

Wanneer alleen een verdeelwerk (zie paragraaf 2.2.3) wordt geplaatst en geen extra verhang aangebracht wordt, zal dit in de praktijk leiden tot grotere opstuwing in de watergang Vuilbeek en verder bovenstrooms. Hierbij zijn twee aandachtspunten:

- Er bevinden zich vijf kleine duikers (rond 250-450 mm) in de Sint Willibordusdijk, figuur 2-2. Na de modelberekening is onderzocht of op deze locatie terugslagkleppen nodig zijn. Deze analyse staat in paragraaf 5.1.
- Er bevindt zich één agrarisch perceel met norm 1:10. Dit perceel wordt getoetst in paragraaf 5.3. Mitigerende maatregelen m.b.t. dit perceel zijn ook toegelicht.

Verder leidt de opstuwing niet tot problemen, omdat hier percelen (o.a. natte natuur) zonder norm aanwezig zijn. Dit is verder besproken in hoofdstuk 5.



Figuur 2-2: Locaties en voorbeelden van de duikers door de Sint Willibordusdijk

Tevens is overwogen of het mogelijk is om binnen het bestaand profiel, door het aanbrengen van een steiler talud, meer verhang en doorstroomoppervlak te creëren. De reeds aanwezige steile taluds bestaan echter uit losse grond waardoor deze oplossing niet wenselijk is. Ook de beheerder geeft aan dat steile taluds in de huidige situatie al tekenen van uitzakkingen vertonen en heeft deze oplossing dan ook afgeraden.

2.2.2 Verdeelwerk 1^e zijtak Schelkensbeek-Vuilbeek

Voor de verdeling van het water tussen de 1^e zijtak Schelkensbeek en de Vuilbeek zijn verschillende regelwerken mogelijk. Het waterschap heeft gekozen voor een envelopstuw met overlaat in de 1^e zijtak Schelkensbeek (zie figuur 2-3) en een automatische klepstuw in de Vuilbeek op de locatie van de huidige schotbalkstuw (zie figuur 2-4). Op de locatie van de klepstuw wordt een waterpeilmeter geplaatst. Hierdoor wordt het mogelijk om tijdig verstoppingen of andere onregelmatigheden te signaleren.

Envelopstuw

Om er voor te zorgen dat de KRW-doelen die voor de 1^e zijtak van de beek gelden kunnen worden gehandhaafd, wordt gebruik gemaakt van een envelopstuw. Hierdoor blijft de afvoer in droge tijden door de 1^e zijtak namelijk gewaarborgd. Tijdens hogere afvoeren wordt een groter aandeel van het water door de Vuilbeek afgevoerd. Bij extreme afvoeren treedt de noodoverlaat in werking en voert ook de 1^e zijtak extra water af.

In eerste instantie zijn de afmetingen van de envelopstuw gekozen op 0,5 m breed en 17 cm hoog en bevindt zich op een hoogte van NAP +24,25 m (10 cm boven de bodemhoogte) en de noodoverlaat op NAP +25,1 m. Het maaiveld ter plaatse is NAP+25,6 m, waardoor geen inundatie plaatsvindt bij grote afvoeren. NB: Na de droogteanalyse zijn de afmetingen van de envelopstuw geoptimaliseerd, zie paragraaf 12.3. De overlaat is vergroot en de noodoverlaat is verhoogd. Hierdoor blijft de waterstand bij extremen gelijk, maar stroomt er meer water door de 1^e zijtak tijdens normale en droge afvoeren. De uiteindelijke afmetingen zijn: noodoverlaat op NAP+ 25,2 m en de envelopstuw van 0,75 m breed en 20 cm hoog.

Klepstuw

De huidige schotbalkstuw wordt vervangen door een automatische klepstuw, zodat het waterpeil in de Vuilbeek regelbaar wordt. Deze stuw zal bij hoge waterstanden laag ingesteld worden, zodat er voldoende water afgevoerd kan worden door de Vuilbeek. Bij lage waterstanden wordt de stuw hoog ingesteld, zodat de bovenstroomse percelen ten opzichten van de stuw niet verdrogen. Er is gekozen om een klepstuw op de huidige locatie van de schotbalkstuw te plaatsen, zodat bovenstroomse percelen bij droge omstandigheden niet verdrogen. De stuwstanden van de automatische klepstuw passen zich automatisch aan de waterhoogtes in de beek en op deze manier is de drooglegging van de percelen altijd gewaarborgd (zowel tijdens droogte als tijdens natte periode).

De minimale ontwateringsnormen van het waterschap liggen tussen de 0,3 m en 1,0 m beneden maaiveld afhankelijk van de gebruiksfunctie. Het achterliggende maaiveld is NAP +25,6 m. Dit komt neer op grondwaterstanden van NAP +24,8 m voor de diepgewortelde gewassen, glastuinbouw en bebouwing buitengebied. Voor grasland, bouwland en tuinbouw gelden hogere maximale grondwaterstanden.

Het meest efficiënt is om deze stuw te combineren met het beoogde verdeelwerk van de 1^e zijtak en de Vuilbeek en dus een klepstuw te plaatsen met de volgende streefpeilen:

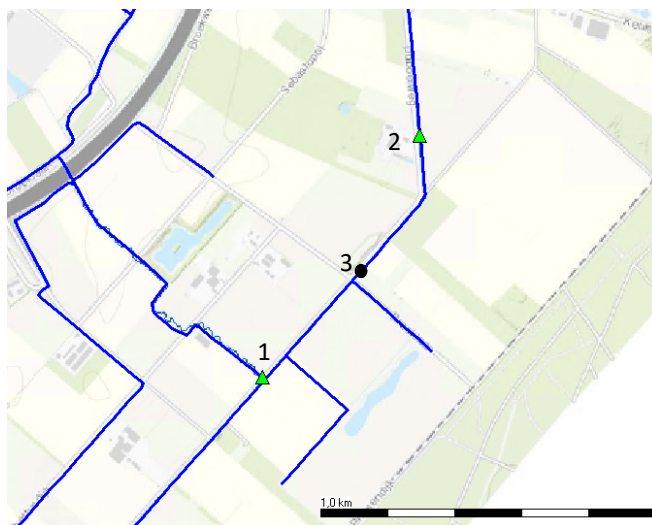
- Winterstreefpeil: NAP +24,6 m
- Zomerstreefpeil: NAP +24,75 m

Bij hogere afvoeren dan het streefpeil zakt de stuw tot het streefpeil bereikt is. Bij lagere waterstanden dan het streefpeil stijgt de stuwstand tot maximaal NAP +25,10 m.

Het streefpeil is op basis van het waterhoogtemeetpunt weergegeven in figuur 2-4.



Figuur 2-3: Schematische weergave envelopstuw 1^e zijtak Schelkensbeek.



Figuur 2-4: Locatie verdeelwerk 1^e zijtak Schelkensbeek en Vuilbeek, met op 1 de envelopstuw en op 2 de locatie van de huidige schotbalkstuw en op locatie 3 de nieuwe klepstuw. De waterstandsmeter wordt op locatie 3 geïnstalleerd.

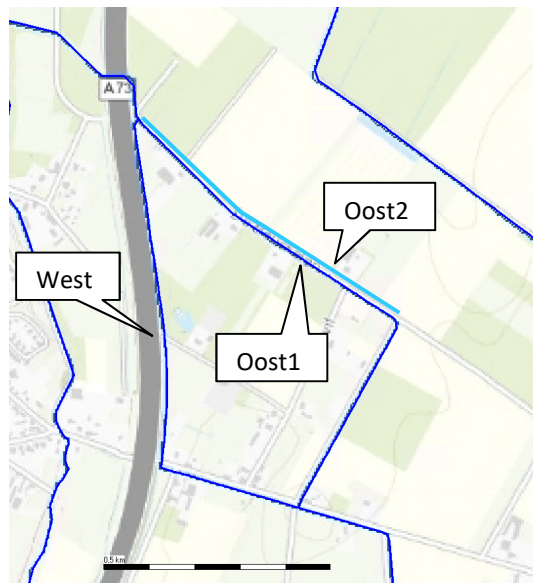
2.2.3 Verdeling Vuilbeek/Beuckelen

Door het verdeelwerk wordt het water naar de Vuilbeek geleid. Het verhang richting de Vuilbeek is beperkt ($<0,1$ m/km), waardoor het maximale debiet richting de Vuilbeek neerkomt op $0,5$ m³/s bij een T25-situatie met klimaattoeslag. Dit is het debiet wat de benedenstroomse watergangen moeten kunnen verwerken.

Voor de afvoer van het water van de Vuilbeek richting de Beuckelen zijn er drie afvoerrichtingen mogelijk (zie figuur 2-5):

- West: De westelijke afvoerrichting langs de A73.
- Oost1: De oostelijke afvoerrichting via de 2^e zijtak Vuilbeek en Beuckelen langs de bestaande watergang.

- Oost2: De oostelijke afvoerrichting via de 2^e zijtak Vuilbeek en de Beuckelen via de watergang aan de noordzijde van de weg, waarbij een nieuwe verbinding naar de Beuckelen gerealiseerd wordt.



Figuur 2-5: Mogelijke afvoerrichtingen van de Beuckelen

Bij een nadere analyse is gebleken dat de watergangen Oost1 en Oost2 minder geschikte opties zijn om meer afvoer door te laten voeren. Dit heeft verschillende oorzaken:

- De watergangen zijn beide kleiner dan de westelijke watergang.
- Dicht op de watergang zijn verschillende objecten, zoals bomen of percelen van derden met huizen en opritten. Hierdoor is uitbreiding van de watergangen complex. De westelijke watergang bevindt zich in meer open ruimte, waar Rijkswaterstaat eigenaar van is.
- Er bevinden zich in beide watergangen meer dan 10 duikers met een diameter van rond 300 mm, die allemaal vervangen dienen te worden bij een toename van de afvoer. In de westelijke watergang moeten twee duikers vervangen worden.

Uit de voorgaande analyse blijkt dat de benodigde verbreding om de extra afvoer te kunnen verwerken, het beste kan worden gerealiseerd via de westelijke route.

Westelijke route

In de huidige situatie is het debiet door de westelijke watergang 0,2 m³/s. De afvoer via deze watergang verdubbelt in de toekomstige situatie bijna door de herverdeling.

Het minimale dwarsprofiel voor de toekomstige westelijke watergang (0,5 m³/s) is:

- Bodembreedte: 0,75 m
- Talud: 1:1,25
- Waterdiepte 1,0 m
- Ruimtebeslag van insteek tot insteek is 3,50 m
- Stroomsnelheid in watergang 0,2 m/s

De westelijke route heeft in de huidige situatie twee verschillende beekprofielen: parallel aan de Keulseweg is de oorspronkelijke afvoerroute van de Vuilbeek. Tijdens de aanleg van de A73 is parallel aan de A73 een nieuwe watergang aangelegd.

Langs de Keulseweg heeft de beek de volgende afmetingen:

- een bodembreedte van ongeveer 1,5 m,
- een insnijding van 2,0 m en
- een talud 1 op 1,5.

Het dwarsprofiel langs de Keulseweg volstaat om de afvoer te verwerken.

Parallel aan de A73 is het beekprofiel kleiner. Hier heeft de beek de volgende afmetingen:

- een bodembreedte van minder dan 0,5 m;
- een insnijding van 1,0 m;
- een talud 1 op 2.

Het dwarsprofiel langs de A73 heeft in de huidige situatie een te ondiep profiel en te weinig doorstroomoppervlak. Het profiel dient hier verbreed te worden en licht verdiept. De afmetingen zijn als volgt:

- een bodembreedte van minder dan 1,00 m*;
- een insnijding van 1,0 m*;
- een talud 1 op 1,5*.

In dit traject is één duiker rond 550 mm aanwezig. Deze duiker moet vervangen worden door een duiker met een diameter van tenminste 800 mm*.

De duiker SCB-6666D vervangen tot:

- B.o.b. NAP +23,35 m;
- Tenminste rond 800 mm*.

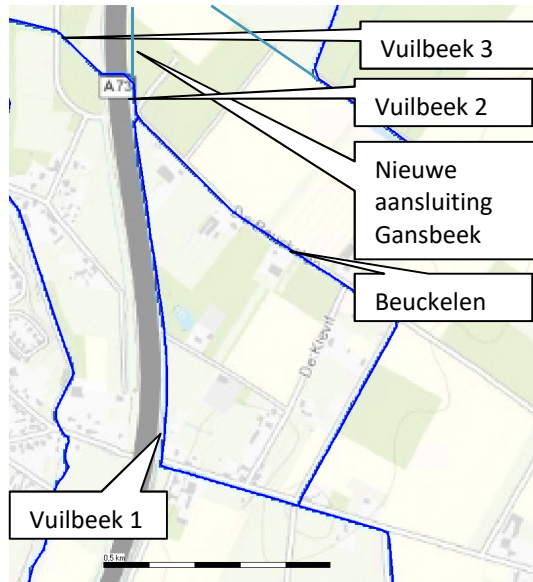
*NB: Het waterschap heeft ervoor gekozen om zowel de duiker SCB-6666D als de watergang parallel aan de A73 robuust uit te voeren. Dit betekent dat de duiker en de watergang groter aangelegd worden dan noodzakelijk is vanuit de hydrologie.

Afspraken Rijkswaterstaat

Er zijn vanuit het waterschap afspraken gemaakt met Rijkswaterstaat over de verbreding van deze watergang, aangezien deze watergang langs een rijksweg ligt. Er is overeengekomen dat de watergang verbreed mag worden, maar deze verbreding niet in het perceel van de snelweg mag komen en dat het waterschap verantwoordelijk is voor het voorkomen van uitspoeling van het profiel.

2.2.4 Aansluiting Beuckelen

In figuur 2-6 zijn de verschillende beekdelen van de Beuckelen weergegeven. De hernieuwde afvoerverdeling heeft effect op de afmetingen van de verschillende beekdelen. Deze worden hieronder een voor een besproken.



Figuur 2-6: Uiteenzetting beekdelen Beuckelen

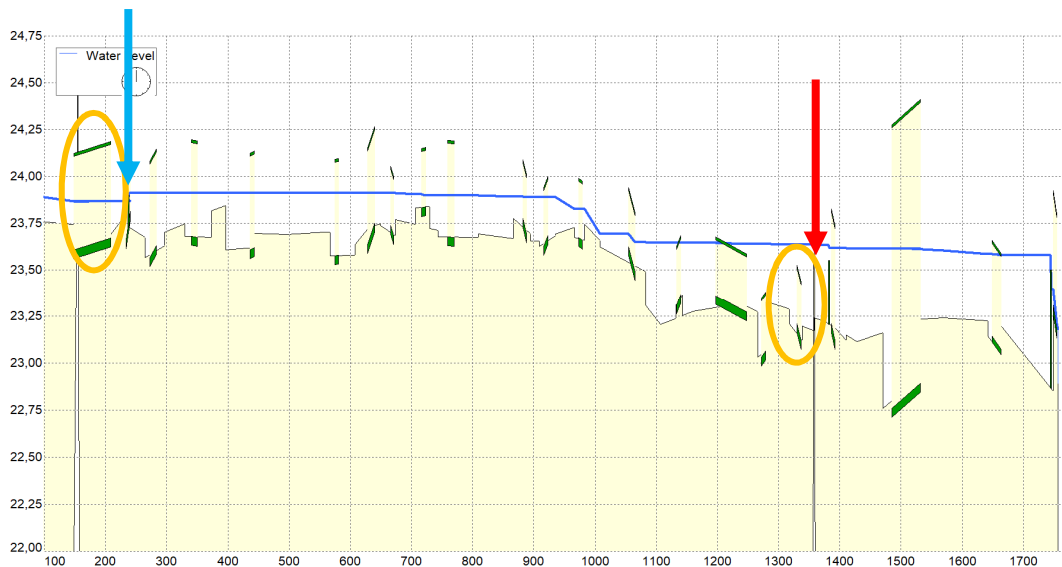
Beuckelen

In de watergang de Beuckelen is de afvoercapaciteit van de beek en de duikers (rond 300 mm) beperkt, zie figuur 2-7 voor de situatie in dit beektraject bij een 0,5 MA. Wanneer er meer water via de Vuilbeek wordt afgevoerd, moet gewaarborgd worden dat de percelen aan de Beuckelen voldoende kunnen blijven ontwateren.

Bij de 0,5 MA stroomt er geen water bovenstrooms van de Vuilbeek richting de Beuckelen, omdat de stuw dat voorkomt (blauwe pijl in figuur 2-7). Bij hogere afvoeren stroomt het water hier wel overheen. Dit wordt voorkomen door de eerste duiker van de Beuckelen (SCB-2785D) permanent af te sluiten.

Tevens stroomt er vanwege de nieuwe aansluiting vanuit de Gansbeek in de toekomstige situatie extra water de Beuckelen in (zie figuur 2-7 ter hoogte van de rode pijl). Het is niet wenselijk dat dit water zich ook richting de Beuckelen gaat stromen. Daarom dient er ook op duiker SCB-2798D (oranje duiker) een terugslagklep geplaatst te worden. Ook wordt deze duiker vergroot tot een rond 500 mm duiker, zodat er voldoende afvoer mogelijk blijft.

Op deze manier voert de Beuckelen alleen het water van de omliggende percelen af.



Figuur 2-7: Beuckelen huidige situatie 0,5 MA, met in de rode pijl de instroom van de nieuwe watergang vanuit de Gansbeek.

Vuilbeek 2

De Vuilbeek 2 moet de afvoer van de Vuilbeek ($0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ bij T25) en de afvoer van de Beuckelen verwerken ($0,3 \text{ m}^3/\text{s}$), wat de totale afvoer op $0,8 \text{ m}^3/\text{s}$ brengt. Het deel vanaf de samenkomst Vuilbeek, de Beuckelen en de nieuwe watergang dient de volgende afmetingen te krijgen (deze watergang is minder diep, maar breder aangelegd dan het stuk bovenstrooms i.v.m. verhang en de maaiveldhoogte):

- bodembreedte 1,3 m
- breedte op insteek 6,3 m
- talud 1 op 1,5
- insnijding 1,5 m
- bodemverhang 0,4 m/km
- Bodemhoogte watergang t.h.v. samenkomst watergangen: NAP +23,10 m
- Bodemhoogte watergang t.h.v. A73: NAP +23,05 m

Vuilbeek 3

Deze watergang is reeds verbreed in eerdere maatregelen in de Schelkensbeek. De duiker SCB-2805D is reeds vervangen tot een rond 1250 mm duiker. Er bevindt zich wel een stuwput in deze watergang die vervangen wordt door een stuw. Deze duiker heeft verder geen functie.

Duiker SCB-2808D verwijderen en stuw terugplaatsen met hoogte:

- Zomerstuwstand: NAP +23,70 m
- Winterstuwstand: NAP +23,32 m

2.3 Resumé maatregelen waterverdeling Vuilbeek – 1^e zijtak Schelkensbeek

In de huidige situatie gaat bij piekafvoeren het grootste deel van de afvoer van het stroomgebied via de 1^e zijtak van de Schelkensbeek naar de hoofdloop van de Schelkensbeek. Er gaat een beperkt deel van de afvoer naar de Vuilbeek doordat hier een gering verhang is en de aanwezige stuw de afvoer beperkt. In dit hoofdstuk is onderzocht op welke wijze een herinrichting van de Vuilbeek kan helpen de belasting op de Schelkensbeek te verminderen. In deze paragraaf is een resumé van de te treffen maatregelen opgenomen met in figuur 2-8 de maatregelen weergegeven op kaart met bijbehorende figuren.

Maatregelen verdeelwerk: 

- Aanbrengen regelbare onderlaat met noodoverlaat aan bovenstroomse zijde in de 1^e zijtak Schelkensbeek.
 - Overlaat: NAP +25,1 m, 4 m breed*;
 - Envelopstuw: 0,5 m breed, 17 cm hoog op hoogte NAP +24,25 m*;*Afmetingen wijzigen door droogte analyse (paragraaf 12.3) naar 0,75 m breed en 20 cm hoog, met een overstort op 25,15 m.
- Aanbrengen regelbare stuw in de op locatie van stuw SCB-2101S, met stuwinstellingen:
 - Zomerstreefpeil: NAP +25,1 m;
 - Winterstreefpeil: NAP +24,8 m;
 - Waterpeilmeter bij de klepstuw.

Maatregelen watergang langs A73 tot Beuckelen: 

- Herprofilen Vuilbeek over een afstand van 800 m, verbreding van circa 0,5 m.

Maatregelen Vuilbeek van Beuckelen tot de A73: 

- Herprofilen watergang over een afstand van circa 50 m.

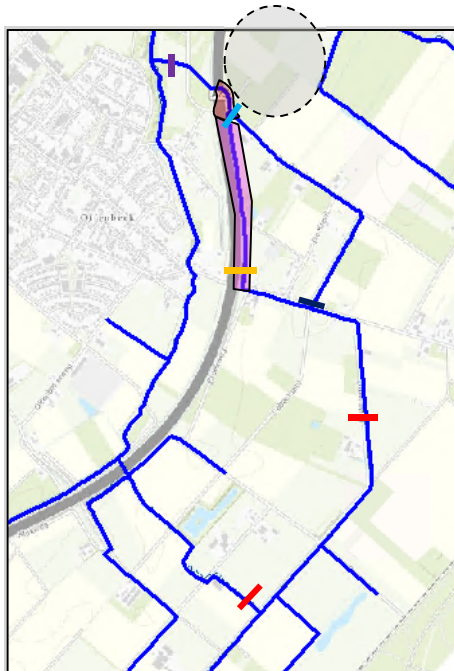
Maatregelen Beuckelen:

- Duiker SCB-2785D afsluiten; 
- Terugslagklep in SCB-2795D. 

De maatregelen m.b.t. duikers:

- Duiker SCB-6666D vervangen tot tenminste rond 800 mm. 
- Stuwput SCB-2808D SCB-2807S vervangen tot stuw 

De maatregelen in het traject van de Gansbeek zijn opgenomen in hoofdstuk 3 bij de nieuwe verbinding Gansbeek/Beuckelen, in onderstaande figuur de maatregelen in het grijze gebied: 



Figuur 2-8: Ruimtelijke weergaven van maatregelen in de Vuilbeek en Beuckelen

3 Nieuwe waterverbinding Gansbeek/Vuilbeek

Om het stroomgebied en kassengebied van de Gansbeek te ontlasten is het voorstel om een deel van de afvoer naar de Vuilbeek en de Schelkensbeek om te leiden. Hiervoor is een nieuwe verbinding nodig tussen De Gansbeek en de Vuilbeek. In dit hoofdstuk zijn deze nieuwe verbinding en de andere maatregelen in het kassengebied gerelateerd aan de omleiding beschreven.

3.1 Uitgangspunten en ligging watergang

Uit het kassengebied is de maatgevende afvoer de T50-zomerafvoer met klimaattoeslag. In het schetsontwerp is bepaald dat in deze afvoersituatie een afvoer van 0,3 m³/s uit het kassengebied komt.

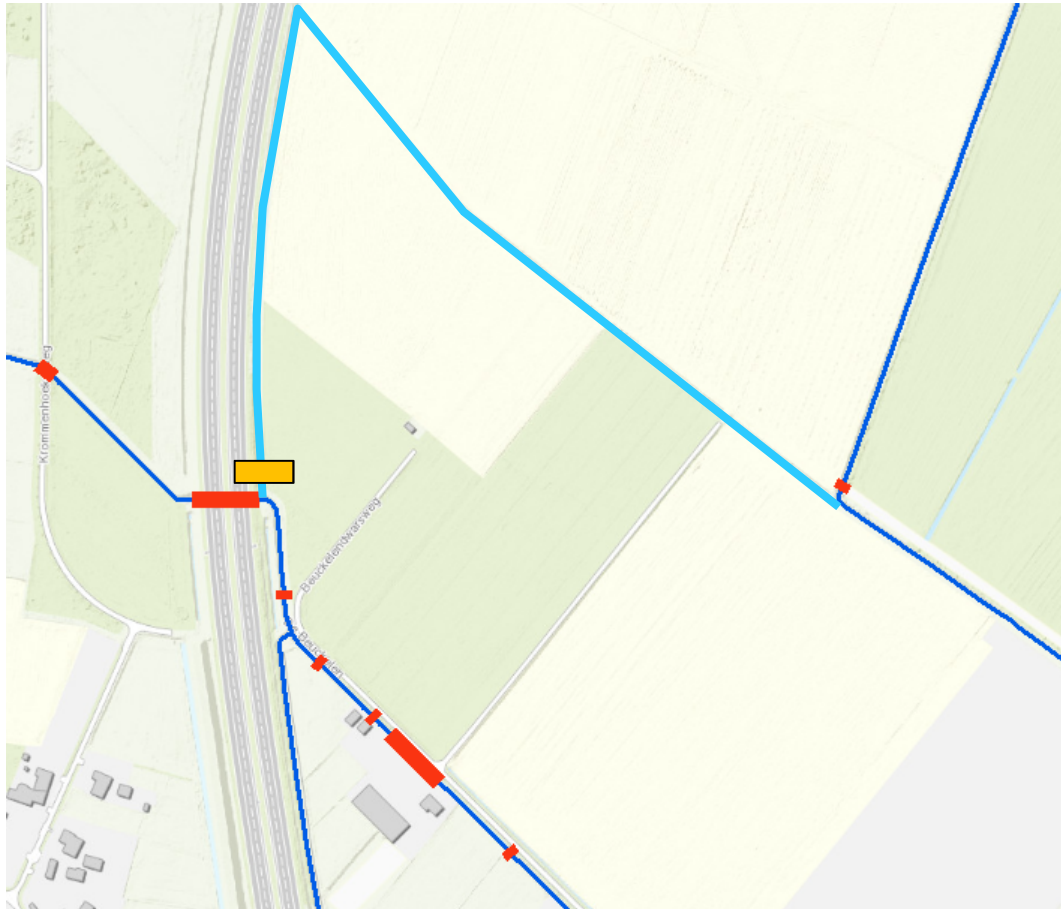
Het bodemverhang in de watergang is 0,25 m/km, mits de watergang tot aan de duiker onder de A73 geheel profileerd wordt, zodat deze aansluit op de bodemhoogte van de duiker op NAP +23,1 m.

De gronden die nodig zijn om de nieuwe verbinding tot stand te brengen en een onderhoudspad aan te brengen zijn nog niet in eigendom van het waterschap. In dit hoofdstuk is daarom aangegeven wat de gewenste situatie is vanuit het waterschap en de benodigde afmetingen van deze watergang zijn aangegeven. Dit is het uitgangspunt voor de grondverwervingsgesprekken. De exacte ligging van de watergang wordt later bepaald, afhankelijk van de beschikbare gronden.

Er is na onderzoek (memo: 200106-420256-Varianten Nieuwe watergang) definitief besloten om de nieuwe watergang niet aan te sluiten op de Beuckelen, maar apart van de Beuckelen te laten stromen tot aan de Vuilbeek. Hiervoor is gekozen, omdat de Beuckelen een beperkte capaciteit heeft en beperkt ruimte om uit te bereiden door aanliggende erven, bomen en lange duikers rond 300 mm (meer dan 50 m lang).

De voorkeurslocatie zijn weergegeven in figuur 3-1 met lichtblauwe lijn weergegeven. Voor de grondverwerving wordt op deze locatie ingezet.

Ook heeft het waterschap ervoor gekozen om benedenstrooms van de watergang een stuw te plaatsen die in droge periodes water vast kan houden. Bij natte periodes zal de stuw laag ingesteld zijn, zodat het water vrij af kan voeren. De locatie van de stuw is weergegeven in figuur 3-1.



Figuur 3-1: Voorkeurlocatie voor de nieuwe verbinding Gansbeek en Vuilbeek, in de lichtblauwe lijn. Met de stuw in het oranje vlak.

3.2 Dimensionering watergangen

De benodigde afmetingen van de nieuwe verbinding tussen de Gansbeek en de Vuilbeek zijn:

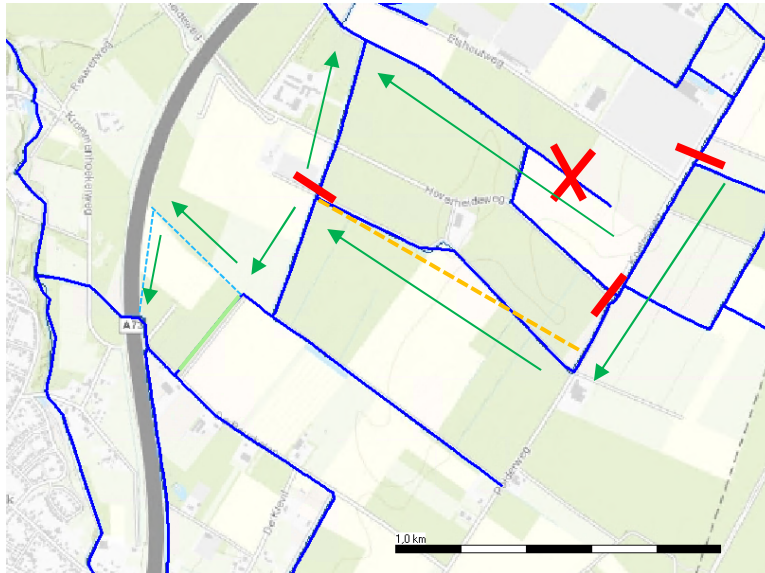
- bodembreedte 0,5 m.
- breedte op insteek circa 3,5 m
- talud 1 op 1,5
- insnijding circa 1,0 m
- bodemverhang 0,20 m/km

3.3 Waterscheidingen Gansbeek

Om er voor te zorgen dat het water richting de nieuwe watergang stroomt komen in het overige systeem van de Gansbeek drie waterscheidingen (figuur 3-2).

Van west naar oost worden de waterscheidingen aangelegd ter hoogte van de duikers SCB-2459D, SCB-2501D en SCB-2751D. Door de waterscheidingen aan te leggen op de locaties van de duikers gaat er zo min mogelijk bergingsvermogen verloren. Een uitzondering hierop is duiker SCB-2501D, hierbij wordt er een waterscheiding met noodoverlaat achter de duiker geplaatst.

De watergang die is aangeduid met het rode kruis, wordt gedempt. Dit is geen onderdeel van dit projectplan, omdat dit betrekking heeft op een losstaande ontwikkeling. In de modellering is dit meegenomen, zodat de uiteindelijke eindsituatie van de gehele nieuwe situatie berekend wordt.



Figuur 3-2: Nieuw aan te brengen waterscheidingen in de Gansbeek om de afvoer richting de Vuilbeek te bevorderen in rood. De Paterslossing in oranje aangegeven. Het rode kruis is een watergang die komt te vervallen door een project buiten deze pilot. De groene pijlen geven de afvoerrichtingen aan.

In de Paterslossing bevinden zich 12 duikers die toegang geven tot één perceel. Een aantal van deze duikers heeft een hoge stroomsnelheid en/of verhang volgens de duikeraanalyse van het schetsontwerp. Daarnaast veroorzaken een groot aantal duikers achter elkaar een grote opstuwings bij piekafvoeren (+40 cm, 2 tot 5 cm per duiker). Het waterschap is in gesprek geweest met de eigenaar die aangeeft de duikers nodig te hebben om bij natte situaties snel zijn perceel af te kunnen en wil dat deze duikers niet worden verwijderd. Het systeem voldoet op deze locatie aan de norm T50, dus er worden geen maatregelen genomen.

4 Waterscheidingen Aalsbeek, uitstroom retentie en stuw Gansbeek retentie

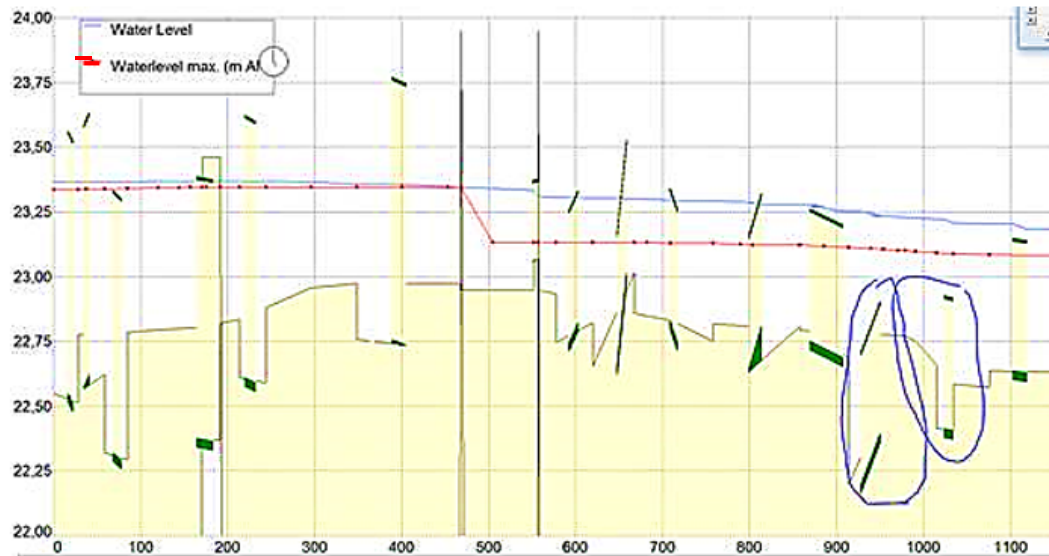
4.1 Beschrijving situatie

Langs de Kuhlengraaf komt water op maaiveld voor bij de normsituatie voor kassengebied (T50), zie figuur 4-2. Dit water op maaiveld wordt herkend door omwonenden en de gebiedsbeheerder van het waterschap. Er zijn maatregelen gepland om het water beter te verdelen om water op maaiveld te voorkomen in de normsituatie. Deze maatregelen bestaan uit de aanleg van waterscheidingen tussen de Aalsbeek en de Gansbeek (paragrafen 4.2, 4.3 en 4.4), de aanleg van een terugslagklep (paragraaf 4.6) en een betere uitstroom van de retentie (paragraaf 4.5).

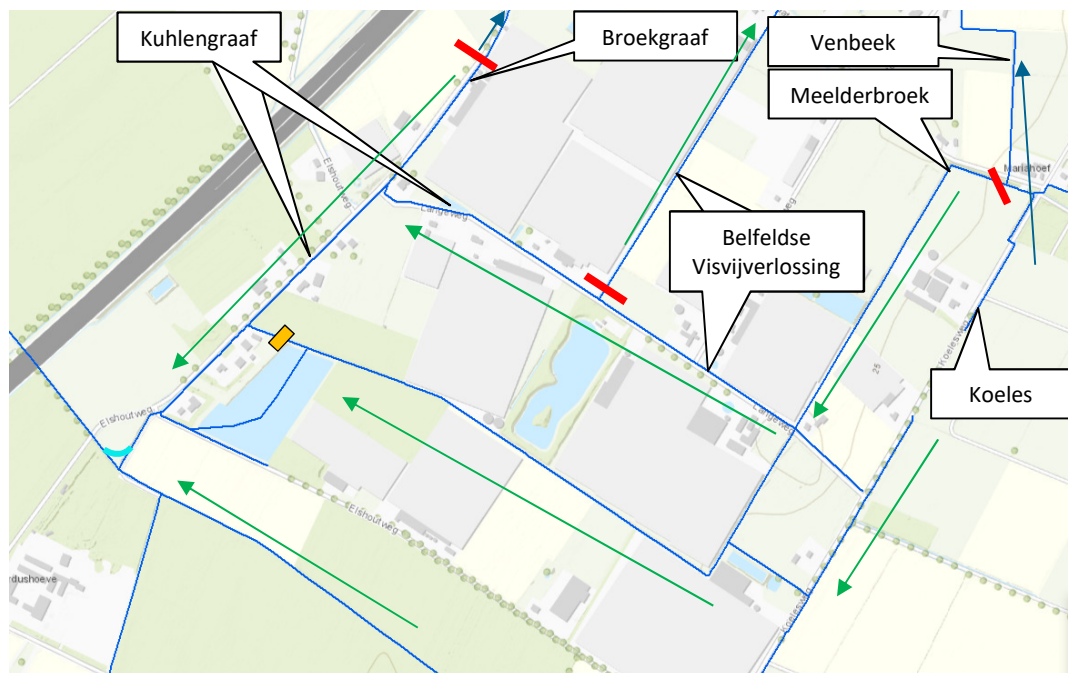
Toelichting waterscheidingen

In de Aalsbeek zijn drie waterscheidingen voorzien ter hoogte van de Broekgraaf, de Belfeldse Visvijverlossing en de Koeles/Venbeek. In de huidige situatie bestaat deze scheiding uit een waterscheiding door de bodemhoogte van de beek, maar bij hoge afvoeren verdeelt het water zich zowel naar het noorden als het zuiden. Het realiseren van fysieke waterscheidingen gaat dit tegen. De waterscheidingen in de Aalsbeek zorgen ervoor dat er minder water afstroomt naar het noorden. De beheerder heeft aangegeven dat de afstroom naar het noorden gestremd is door laag gelegen duikers bij de Broekstraat en dat dit leidt tot overlast/hoge waterstanden tussen de waterscheiding en de duikers van de Broekstraat.

In Figuur 4-1 zijn de waterstanden bij de T25-winterscenario incl. klimaattoeslag weergegeven met waterscheiding (blauwe lijn) en zonder waterscheiding (rode lijn). De waterstand is circa 15 cm lager bij de situatie met de waterscheidingen. Gezien de gevoelige situatie in deze watergang is dit een gewenste ontwikkeling. In het zuiden leidt dit niet tot problemen, o.a. doordat de retentie meer water kan bergen door genomen maatregelen, in de Kuhlengraaf daalt de waterstand t.o.v. de huidige situatie.



Figuur 4-1: De waterhoogtes bij T25-winterscenario inclusief klimaattoeslag weergegeven, met in blauw de waterstanden zonder waterscheidingen en in rood de waterstanden met waterscheidingen. In de blauwe cirkels liggen de laaggelegen duikers onder de Broekstraat.



Figuur 4-2: Maatregellocaties met in rood geprojecteerd de toekomstige waterscheidingen, in oranje de envelopstuw maatregel en in het lichtblauw het verronden van de uitstroom van de retentie. De groene pijlen geven de toekomstige stroomrichtingen aan.

4.2 Waterscheiding Broekgraaf

4.2.1 Situatie

De maatregel bestaat uit het scheiden van de watergang ter hoogte van duiker AAL-5297D. Hierbij is het een mogelijkheid om de om de duiker te vervangen door een dichte dam. Hierdoor is het verlies van berging door het aanbrengen van de waterscheiding minimaal. Uit onderstaande analyse blijkt dat de Broekgraaf niet geherprofileerd hoeft te worden.

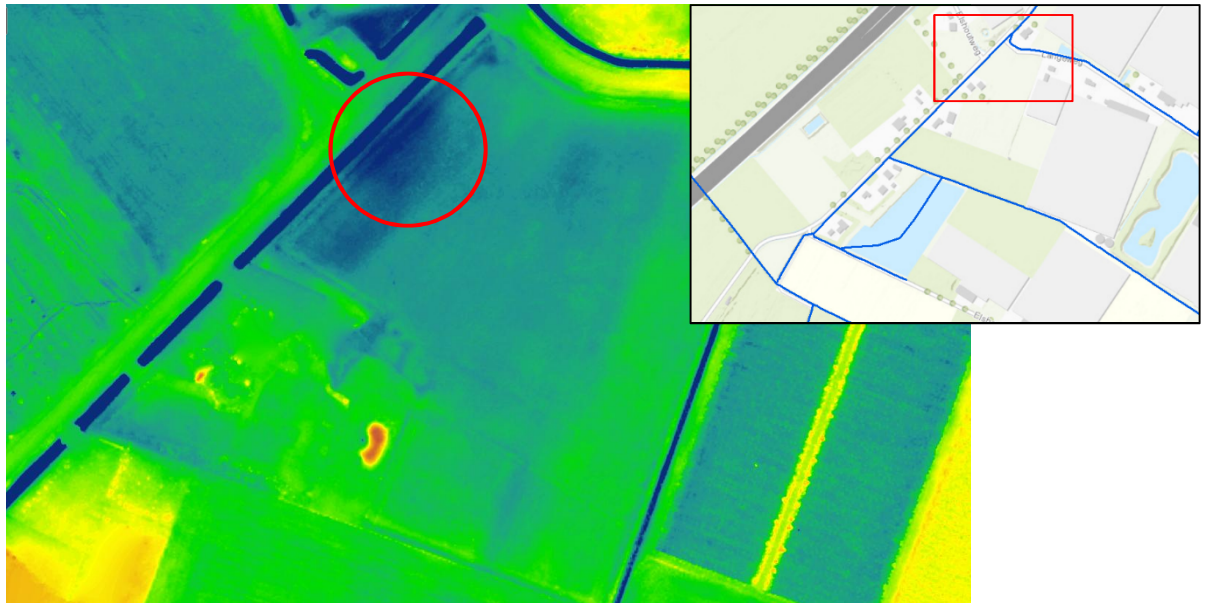
Het debiet door de Broekgraaf verandert door de maatregelen. In de huidige situatie stroomt de Broekgraaf af richting het zuiden naar de Kuhlengraaf. In de toekomstige situatie bevindt zich hier een waterscheiding en stroomt het water vanaf de Broekgraaf naar het noorden. Daar is het debiet door de Broekgraaf bij een T50 met klimaattoeslag als volgt:

- Huidige situatie: 0,07 m³/s richting Kuhlengraaf naar het zuiden, excl. Klimaattoeslag¹.
- Schetsontwerp: 0,07 m³/s vanuit Broekgraaf richting het noorden, incl. klimaattoeslag¹.

Mogelijk mitigerende maatregel

In de omgeving van de Kuhlengraaf bevindt zich één lokale laagte die gevoelig is voor water op maaiveld een T50 scenario met klimaattoeslag (figuur 4-3). Het maaiveld heeft hier een hoogte van NAP +23,8 m en de rest van de insteek van de watergang heeft een hoogte van NAP +23,9 m tot NAP +24,2 m. Deze locatie is een aandachtspunt. Indien hier in de praktijk wateroverlast wordt ervaren dan is een lokale maaiveldaanpassing (het ophogen van het perceel) een goede mitigerende kostenefficiënte maatregel. Dit is op dit moment niet opgenomen in het ontwerp, omdat er geen water op maaiveld wordt berekend. Indien op deze locatie in de toekomst een kas gerealiseerd wordt, dan dient het perceel in elk geval opgehoogd te worden zodat de locatie niet meer gevoelig is voor inundaties.

¹ De huidige situatie is niet met klimaattoeslag berekend, maar alleen de toekomstige situatie. Bij dimensioneren van de maatregelen wordt rekening gehouden met een klimaattoeslag. De klimaattoeslag is een toename in de stationaire afvoer van 20% voor de T50 situatie en een toename van 7,3 mm in de bui (van 53,9 mm naar 61,2 mm in 2 uur).



Figuur 4-3: Lokale laagte in maaiveld in rode cirkel

4.2.2 Maatregelen

De volgende maatregelen rond de waterscheiding Broekgraaf zijn voorgesteld:

- Waterscheiding aanbrengen in duiker AAL-5297D.
- Eventueel maaiveld aanpassingen om water op maaiveld te voorkomen.

4.3 Waterscheiding Belfeldse Visvijverlossing

4.3.1 Situatie

De maatregel bestaat uit de aanleg van een waterscheiding bij de splitsing in de Belfeldse Visvijverlossing, zodat er geen water meer in zuidelijke richting kan stromen. De Belfeldse Visvijverlossing heeft vanaf de splitsing met de Kuhlengraaf een natuurlijk verloop richting het noorden, waardoor er niet geherprofileerd hoeft te worden.

Het debiet door de Broekgraaf verandert door de maatregelen. In de huidige situatie stroomt de Belfeldse Visvijverlossing af richting het zuiden/de Kuhlengraaf. In de toekomstige situatie bevindt zich hier een waterscheiding en stroomt het water vanaf de Broekgraaf naar het noorden. Daar is het debiet door de Belfeldse Visvijverlossing bij een T50 met klimaattoeslag als volgt:

- Huidige situatie: 0,1 m³/s richting Kuhlengraaf naar het zuiden, excl. Klimaattoeslag².
- Schetsontwerp: 0,16 m³/s richting het noorden, incl. Klimaattoeslag

² De huidige situatie is niet met klimaattoeslag berekend, alleen de toekomstige situatie. Bij dimensioneren van de maatregelen wordt gebruik gemaakt van de klimaattoeslag.

Alle duikers in de watergang zijn gecontroleerd en zijn voldoende groot om de wijzigingen in de afvoer te verwerken.

4.3.2 Maatregelen

De maatregel omvat het aanbrengen van een waterscheiding in watergang de Belfeldse Visvijverlossing. Op deze locatie (figuur 4-2) bevindt zich geen duiker ter hoogte van de waterscheiding die hiervoor benut kan worden. De waterscheiding wordt in de watergang zelf aangelegd door middel van een vaste dam.

4.4 Waterscheiding langs de Koeles en de Venbeek

4.4.1 Situatie

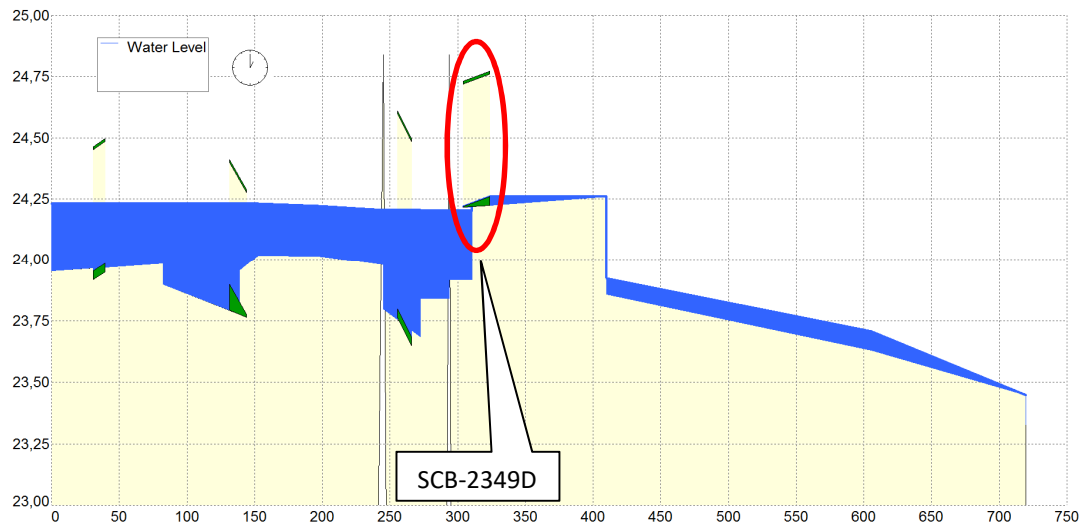
Door de waterscheiding stroomt er in de toekomstige situatie meer water door de watergang de Koeles af naar de Venbeek in het noorden, dan voorheen. Het debiet vanuit de Venbeek naar het noorden bij een T50 met klimaattoeslag:

- Huidige situatie: 0,06 m³/s richting het noorden, excl. klimaattoeslag².
- Schetsontwerp: 0,13 m³/s richting het noorden, incl. klimaattoeslag².

Voor een goede doorstroming moet de te hoog gelegen duiker (SCB-2349D) lager neergelegd worden (zie figuur 4-4), waarbij ook de omliggende watergang lager gelegd wordt, zodat de waterscheiding hier verdwijnt. De huidige duiker is rond 500 mm, wat met het toekomstige debiet (T50 met klimaattoeslag) een verval van 0,06 m geeft en een snelheid in de duiker van 0,64 m/s geeft. Overige duikers in de watergang zijn over het algemeen rond 500 mm, met één duiker van rond 800 mm.

Het advies is om de b.o.b-hoogte van duiker SCB-2349D van NAP +24,20 m naar NAP +23,70 m leggen. Door de vergrote afvoer door deze watergang is het advies om de duiker ook te vergroten naar rond 600 mm. Het aanliggende profiel dient op gelijke bodemhoogte gelegd te worden met de duiker, zoals zichtbaar is in figuur 4-5. Overige duikers blijven gehandhaafd.

De watergang Venbeek is voldoende groot voor de toekomstige afvoer (0,125 m³/s T50 met klimaattoeslag). Het verhang in de watergang is dan 0,023 m/km en de stroomsnelheid 0,06 m/s.



Figuur 4-4: Bodemhoogte van de Koeles tot de Venbeek ter hoogte van de Broekstraat (0,5 MA), met in de rode cirkel de te vervangen duiker.



Figuur 4-5: Resultaat verleggen bodemhoogte duiker (0,5 MA)

4.4.2 Maatregelen

De maatregel omvat het aanbrengen van een waterscheiding in watergang de Meelderbroek (Figuur 4-2) en het vervangen twee duikers. Op deze locatie bevindt zich geen duiker ter hoogte van de waterscheiding, die benut kan worden voor de waterscheiding. De waterscheiding wordt in de watergang zelf aangelegd door middel van een vaste dam.

De duiker SCB-2349D vervangen met:

- B.o.b. NAP +23,70 m.
- Rond 600 mm.
- Bodem aanliggende watergang gelijkstellen aan b.o.b. duiker.

De duiker SCB-2819D vervangen met:

- B.o.b. NAP +24,30 m.

- Rond 500 mm.

4.5 Werking retentie 'Belfelderbroekbeek'

Op basis van de modellering van de huidige situatie en ervaringen uit de omgeving is naar voren gekomen dat de retentie niet compleet benut wordt en wordt er overlast ervaren in de Belfelderbroekbeek bij de samenkomst met de Kuhlengraaf.

De retentie is opnieuw ingemeten (juli 2019) en de nieuwe metingen zijn vergeleken met de metingen uit 2012. Hieruit is naar voren gekomen dat de buffer dezelfde bodemhoogte heeft als in 2012. Overige gegevens van de buffer zijn als volgt:

- Inschatting oppervlak: 23.200 m²
- Bodemhoogte: NAP +23,1 m
- Kade, gemiddelde hoogte: NAP +24,0 m
- Inschatting beschikbare inhoud (rekening houdend met voldoende waking): 20.000 m³

Uit het schetsontwerp is gebleken dat door het installeren van een terugslagklep de retentie zich beter vult, namelijk tot NAP +23,85 m in tegenstelling tot NAP +23,7 m zonder terugslagklep. Dit ontlast dus de Kuhlengraaf in totaal met circa 20.000 m³ en zorgt ervoor dat de buffer optimaal benut wordt. Echter beperkt een terugslagklep alle afvoeren, ook de lage afvoeren. Daarom is gekozen om een envelopstuw in de Belfelderbroekbeek te plaatsen op de locaties van de rode stip in figuur 4-6.

De onderlaat krijgt een breedte van 0,5 m en een hoogte van 0,17 m, met de onderlaat op NAP +22,85 m en de overlaat op NAP +23,7 m en 3,5 m breed (de breedte van de watergang op deze hoogte).

Tot een waterhoogte van NAP +23,02 m stroomt het water door de envelopstuw, bij hogere waterstanden stuwt het water op en stroomt het de buffer in. Tot de buffer de maximale capaciteit van 20.000 m³ bereikt, dan stroomt het water over de overlaat richting de Kuhlengraaf.

De overlaathoogte is gekozen op basis van de hoogtes van de kades van de buffer en het omliggende maaiveldniveau (NAP +24,0 m).

De overstortdrempel van de buffer wordt nog wat verlaagd over een lengte van 15 m en met grasbetontegels neergelegd op NAP+ 23,5 m, zodat het water makkelijker de buffer in kan stromen.



Figuur 4-6: Beoogde duiker voor de terugslagklep vanuit de modellering, met in de rode cirkel de duiker met terugslagklep

4.6 Uitstroom retentie 'Belfelderbroekbeekbassin'

4.6.1 Beschoeide watergang 'Belfelderbroek'

De uitstroom uit de retentie van het Belfelderbroekbeekbassin is relatief beperkt door de krappe watergang die zich daar bevindt, zie figuur 4-7. Door deze watergang stroomt in de huidige situatie $0,27 \text{ m}^3/\text{s}$ bij een T50 bui met klimaattoeslag, waarvan $0,06 \text{ m}^3/\text{s}$ vanuit de retentie en de rest van de achterliggende watergang met kas. Met de huidige afmetingen van de watergang is er een verhanglijn van $0,21 \text{ m}/\text{km}$ en een stroomsnelheid van $0,2 \text{ m}/\text{s}$. De watergang heeft echter nauwelijks verhang, waardoor er opstuwung in de watergang optreedt.

Er is onderzocht of de watergang in de richting van de weg kan worden verbreed, waarbij beschoeiing nodig blijft. Echter bevinden zich in dit deel van de grond een groot aantal kabels en leidingen, zie figuur 4-8, waaronder een hoge druk gasleiding, waterleiding, middenspanningkabel, laagspanningkabel en datakabel. Een verbreding richting deze kabels en leidingen is geen reële optie. Alternatieven zijn uitgedacht, maar de mogelijkheden zijn beperkt en kostenintensief:

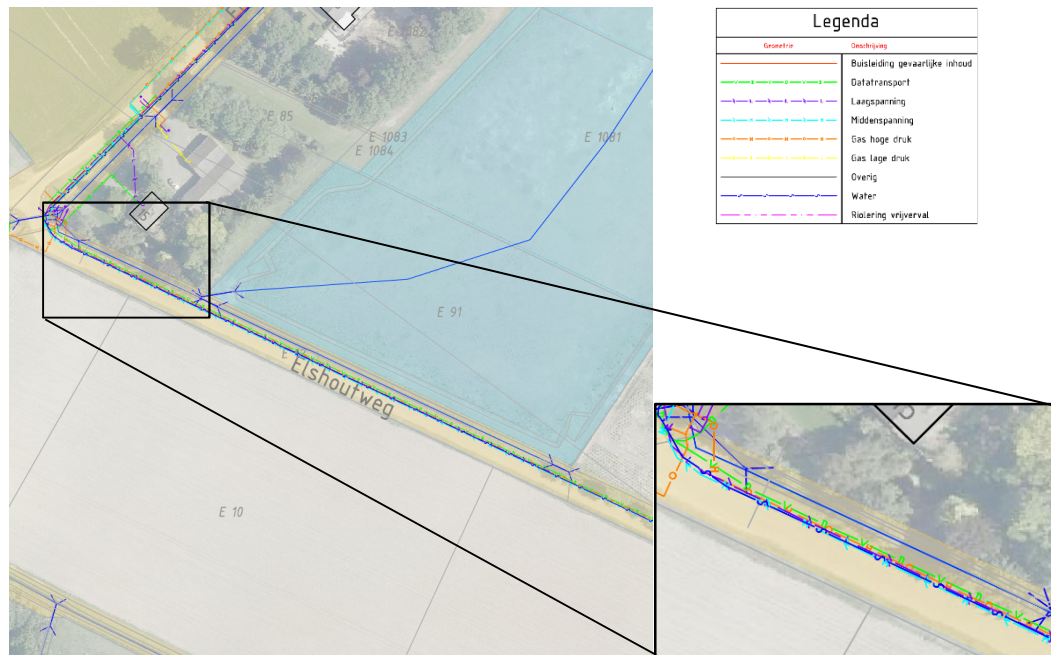
- Overzijde van de weg: Gezien de ligging van de aanwezige leidingen zijn er voor een alternatief aan de andere zijde van de weg ook twee á drie kruisingen met de leidingstraat nodig.
- Een verbreding aan de andere zijde van de weg is, aangezien dit een particulier perceel met bomenrij betreft, wat ook een kostenintensieve maatregel is (figuur 4-7).

Tevens is gekeken of het mogelijk is om meer verhang aan te brengen in de watergang om de afvoer te vergroten. Dit wordt echter beperkt door een duiker benedenstrooms nabij de locatie waar de watergang de Belfelderbroekbeek instroomt. In verband met de aanwezigheid van de verschillende kabels en leidingen is ook het vervangen van deze duiker kostenintensief.

Er worden wel maatregelen getroffen om de hoeveelheid water in de benedenstroomse watergang te beperken door meer water richting de waterbuffer te leiden. Hierdoor is er voor de gebiedseigen afvoer in deze watergang meer ruimte. Het achterliggende gebied van deze watergang is echter klein, waardoor de inspanning van het verbreden van deze watergang niet in verhouding staat met de inspanning en kosten die hiervoor nodig zijn. In modelberekeningen zijn ook geen inundaties berekend, maar alleen hoge stroomsnelheden.



Figuur 4-7: Uitstroom retentie Belfelderbroek



Figuur 4-8: Kabels en leidingen rond uitstroom retentie

4.6.2 Belfelderbroekbeek - benedenstroomse deel

Na samenkost van de Belferbroek en de Belfelderbroekbeek stroomt er op de piek van de T50 bui met klimaattoeslag $0,44 \text{ m}^3/\text{s}$ door deze watergang. De watergang maakt bij de uitmonding in de Gansbeek een meer dan haakse bocht (zie figuur 4-9). De verhanglijn bij deze afvoer is in het huidige profiel $0,09 \text{ m/km}$ en de stroomsnelheid $0,16 \text{ m/s}$. Het huidige bodemverhang van deze watergang is $1,2 \text{ m/km}$. De huidige profielen van deze watergang voldoen voor een T50 bui, echter heeft de meer dan haakse bocht een negatieve impact op de afvoer richting de Gansbeek.

Om de afvoer richting de Gansbeek te verbeteren wordt de bocht ronder aangelegd, zodat deze natuurlijker de Gansbeek instroomt (figuur 4-9).

Deze watergang kan het profiel van de huidige watergang aanhouden, waarbij de bodemhoogte aansluit van de Belfelderbroekbeek (NAP+22,55 m) op de Gansbeek (NAP+22,50 m). De watergang is 3,80 breed op insteek. In de huidige situatie is een breedte van 10 m aangehouden voor de watergang, zie figuur 4-9.



Figuur 4-9: Huidige situatie haakse bocht bij instroom Gansbeek, inclusief nieuwe watergang, met in rood de nieuwe waterloop en in donkerblauw een inschatting van het talud/onderhoudspad.

4.7 Stuw Gansbeek

Bij de start van het project is stuw SCB-2882S aangegeven als mogelijk knelpunt door de beperkte capaciteit van deze stuw. Door de maatregelen in de omgeving van deze stuw verminderd de afvoer over deze stuw. Hierdoor is er hydrologisch gezien geen noodzaak om deze stuw te vervangen. Er zijn geen verdere maatregelen nodig.



Figuur 4-10: Locatie stuw Gansbeek

5 Bovenstroomse deel Vuilbeek, noodoverlaat plas en agrarisch perceel

In dit hoofdstuk zijn drie maatregelen beschreven die in het bovenstroomse deel van de Vuilbeek plaatsvinden: Het vervangen van duikers, het plaatsen van terugslagkleppen, de aanleg van de noodoverlaat en mogelijke mitigerende maatregelen voor een agrarisch perceel.

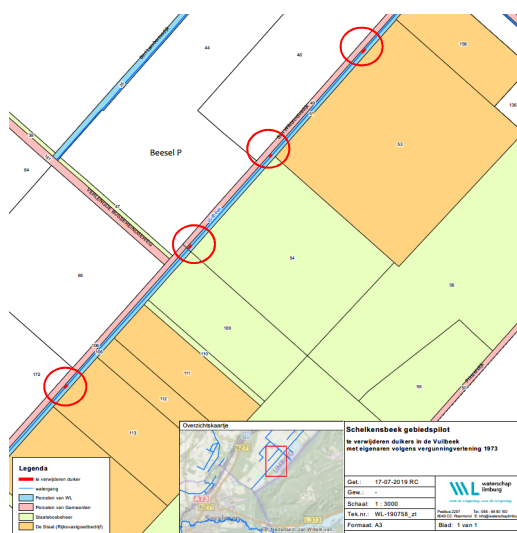
5.1 Duikers

Verwijderen duikers

In het bovenstroomse deel van de Vuilbeek zijn in de duikeranalyse 8 duikers voor vervanging geselecteerd. Deze duikers zijn geselecteerd, omdat ze kleiner zijn dan rond 500 mm, waardoor ze niet voldeden aan een (voormalige) eis vanuit de Keur. Deze eis is komen te vervallen en daarom is de noodzaak van het vervangen van deze duikers opnieuw onderzocht. Hieruit blijkt dat het gebied geen norm heeft, omdat het uit (natte) natuur bestaat. Staatsbosbeheer heeft aangegeven dat het gebied niet mag worden verdroogd. Daarnaast heeft Staatsbosbeheer aangegeven dat er vier duikers in het gebied liggen die wat hen betreft verwijderd mogen worden (zie figuur 5-1). Dit betreft duikers:

- SCB-2129D;
- SCB-2137D;
- SCB-2135D;
- SCB-2132D.

Staatsbosbeheer heeft hierbij als voorwaarde gesteld dat er een stuw aangelegd wordt om te compenseren voor de eventuele verdroging, zodat voldoende water kan worden vastgehouden voor de natte natuur. Dit is besproken in hoofdstuk 12.



Figuur 5-1: locaties mogelijk te verwijderen duikers.
Aanleggen terugslagkleppen

In vijf duikers die de Sint Willibrordusdijk kruisen, dienen terugslagkleppen geplaatst te worden aan de zijde van de Vuilbeek. De duikers bevinden zich allemaal lager (NAP+25,2 m) dan de maximale waterstand in de Vuilbeek (hoger dan NAP+25,7 m bij T25 en hoger dan NAP +25,6 m bij T10). De duikers worden niet verwijderd, omdat ze ooit zijn aangelegd ter ontlasting van de Schelkensbeek (stroomrichting van noordoost naar zuidwest) en dit mag gehandhaafd blijven.



Figuur 5-2: Locaties en voorbeelden van de duikers door de Sint Willibordusdijk

5.2 Noodoverlaat

Bij de grote noordelijke plas langs de Vuilbeek loopt bij veel neerslag en kwel het water in noordoostelijke richting over de landbouwpercelen. Het is niet bekend hoe vaak dit voorkomt. De wens vanuit de omgeving is naar voren gekomen om hier maatregelen voor te treffen om het overtollige water beter weg te laten stromen via een watergang richting de beek.

Na bestudering van de omgeving is naar voren gekomen dat er reeds een greppel ligt ter hoogte van deze plas en er ook een noodoverlaat aanwezig is (zie figuur 5-3). Deze greppel ligt deels in het eigendom van de provincie, Staatsbosbeheer en de perceelseigenaar en is zeer slecht onderhouden.

Om dit te voorkomen en het water gereguleerd via een watergang af te voeren is het waterschap in overleg met Staatsbosbeheer om passende maatregelen te treffen. De exacte invulling hiervan is bij schrijven van het projectplan nog onbekend. De oplossing wordt gezocht in het verbeteren van de afvoerfunctie van de bestaande greppel, het aanpassen van de bestaande noodoverlaat en/of het ophogen van de lager gelegen locaties.



Figuur 5-3: Locatie van de plas en de bestaande greppel (rode pijl)

5.3 Agrarisch perceel

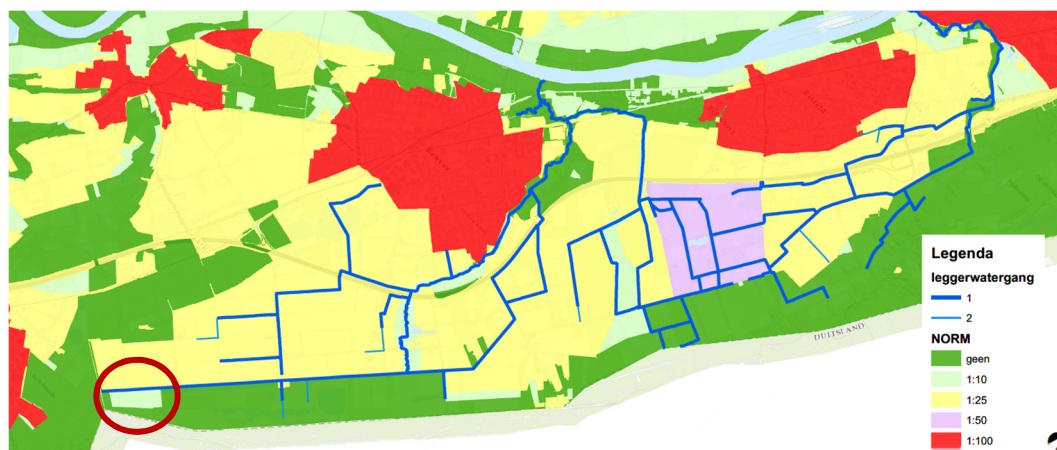
Er bevindt zich één agrarisch perceel aan de rand van het natuurgebied, waar natte natuur beoogd is. Het agrarische perceel bovenstrooms dient echter voldoende ontwatert te blijven bij de reguliere afvoer en niet onder water te lopen bij een T10 bui (figuur 5-4).

Minimale ontwatering bij gemiddelde omstandigheden van het perceel is 0,3 m -mv bij grasland ('Werkwijzen hydrologie in projecten, Waterschap Limburg'). Hierbij wordt uitgegaan van het 10% laagste maaiveld. De gemiddelde maaiveldhoogte van het perceel is NAP +25,6 m. Bij 0,5 MA is de ontwatering voldoende (NAP +25,1 m).

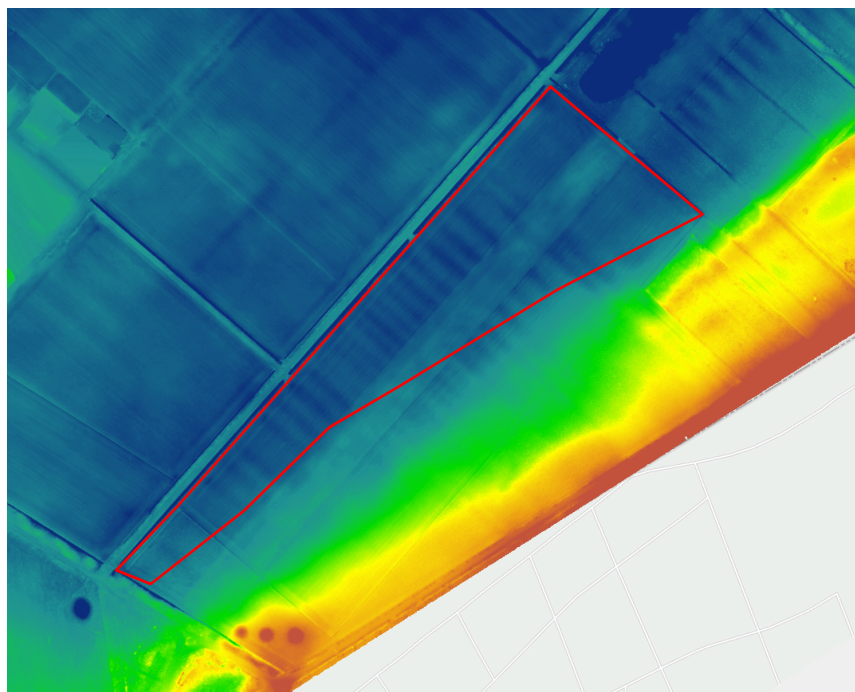
Bij een T10 bui wordt er water op maaiveld berekend met een diepte van 5 tot 10 cm over het laagste deel van het perceel. Er zijn twee mogelijke mitigerende maatregelen:

- Het ophogen van het perceel met 10 cm.
- Het agrarische perceel betrekken bij het natuurgebied, zodat de normen vervallen.
- Het afkopen van de wateroverlast schades.

In figuur 5-5 is aangegeven om welk deel van het perceel het gaat. Het waterschap probeert in overeenstemming met eigenaar afspraken te maken over afkoop van de wateroverlast.



Figuur 5-4: normenkaart Schelkensbeek, met in de rode cirkel het agrarische perceel van 1:10



Figuur 5-5: Hoogtekaart van het perceel. Het rood omrande gebied dient opgehoogd te worden.

6 Herprofileren Broekweglossing

In de modelberekening van de huidige situatie is overlast berekend bij de watergang 'Broekweglossing' bij een T25 winterscenario, voor locatie zie figuur 6-1. Ook is bij de beheerder bekend dat op deze locatie in het verleden overlast is geweest. In de modelberekening van de huidige situatie zijn op deze locatie dummy profielen gebruikt, bij gebrek aan profielmetingen. Voor het ontwerp van de maatregelen zijn op deze locatie de profielen ingemeten. Deze metingen zijn gebruikt als input voor excelsheet berekeningen om te controleren of de profielen voldoen aan een T25 scenario. Uit de modelberekening komen de volgende gegevens voor deze watergang:

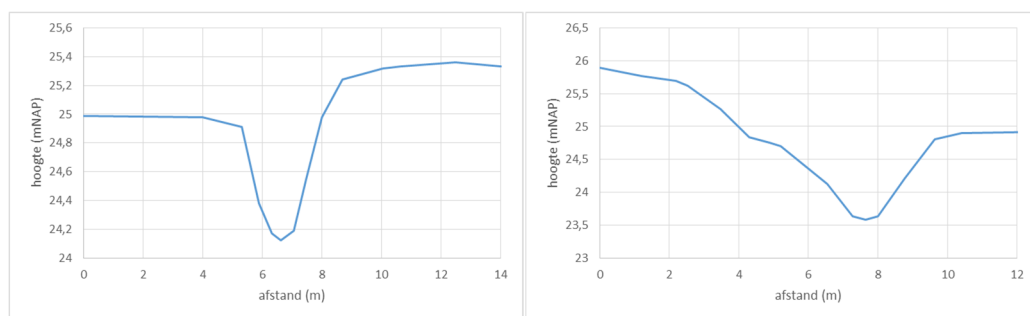
- Debiet bij T25 met klimaattoeslag: $0,08 \text{ m}^3/\text{s}$
- Debiet bij T25 zonder klimaattoeslag: $0,07 \text{ m}^3/\text{s}$, waarbij tevens inundaties worden berekend.



Figuur 6-1: locatie Broekweglossing

De profielmetingen resulteren in de volgende gegevens:

- Lengte van de watergang is 525 m.
- Het verhang is 1 m per km.
- Twee van de ingemeten profielen zijn weergegeven in figuur 6-2.



Figuur 6-2: Ingemeten dwarsprofiel Broekweglossing (bovenstrooms links, benedenstrooms rechts)

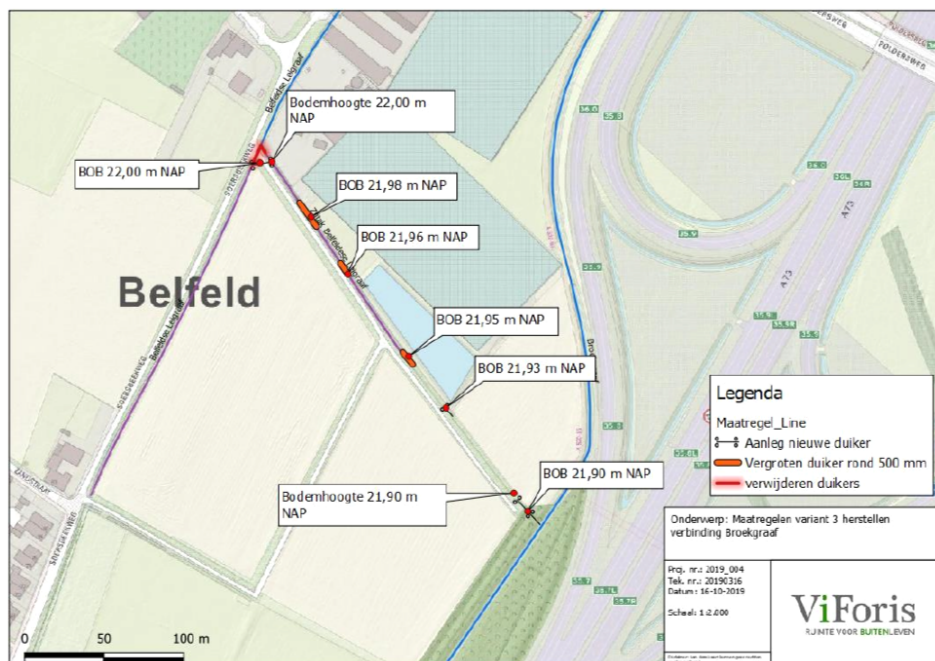
Bij het gegeven debiet en profiel is het benodigde verhang 0,03 m/km en de stroomsnelheid 0,06 m/s. Door de profielmetingen is duidelijk dat de watergang voldoende groot is voor de afvoer die deze moet verwerken bij een T25-winterbui. Er zijn hier geen verdere maatregelen nodig.

Er is afgesproken in het overleg van 25-08-2019 tussen het waterschap en Antea Group dat het waterschap deze watergang als geheel in de legger opneemt, aangezien de watergang momenteel slechts deels in de legger is opgenomen. Dit is slechts een administratieve handeling, in de praktijk wordt de gehele watergang reeds onderhouden door het waterschap en verandert er voor de omgeving niets.

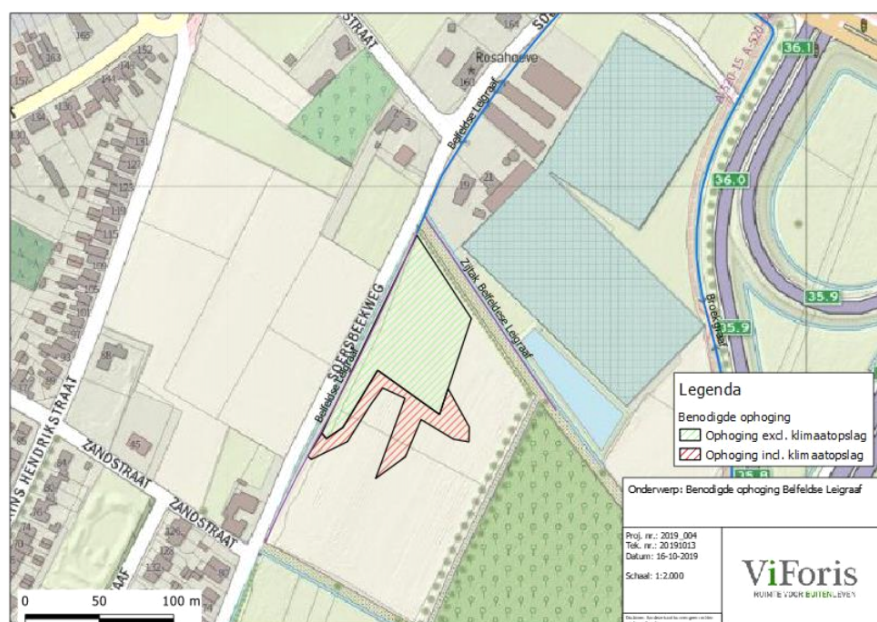
7 Belfeldse Leigraaf noodoverlaat

In de berekeningen van de huidige situatie is geconstateerd dat er water op straat ontstaat bij de Belfeldse Leigraaf. Dit wordt veroorzaakt doordat er piekafvoeren plaatsvinden vanaf de omliggende kassen, die door de benedenstroomse duikers niet kunnen worden verwerkt.

Deze situatie is reeds meegenomen in het project WB21 en is verder geen onderdeel van dit projectplan. De gekozen oplossingsrichting voor de watergangen is wel verwerkt in de modellering, zodat de meest actuele situatie berekend is. In de onderstaande figuren is de oplossingsrichting weergegeven (zie figuur 7-1 en figuur 7-2). De watergangen worden hydrologisch afgesloten van de Belfeldse Leigraaf en aangesloten via een nieuwe duiker op de Broekgraaf (beide watergangen worden als secundair opgenomen in de legger). Daarnaast is er een mitigerende maatregel voorgesteld om de laagtes in het perceel op te hogen om inundaties te voorkomen, deze mitigerende maatregel is niet opgenomen in het model.



Figuur 7-1: Voorkeursvariant maatregelen rond de Belfeldse Leigraaf (bron: Rapport_ViForis WPM-53 Belfeldse Leigraaf)



Figuur 7-2: Ophogingen perceel ivm inundaties

8 Twaalf apostelenweg

In het schetsontwerp is er wateroverlast berekend rondom de Twaalf Apostelenweg. Bij navraag in de omgeving kwam naar voren dat er inderdaad wateroverlast rond deze locatie is voorgekomen. Dit blijkt specifiek op één moment te zijn voorgekomen in het verleden, waarbij er tevens sprake zou zijn geweest van een riooloverstort.

Om te achterhalen of de wateroverlast is veroorzaakt door het kassencomplex of een riooloverstort van de gemeente is gekomen, is het waterschap met beide partijen in gesprek gegaan.

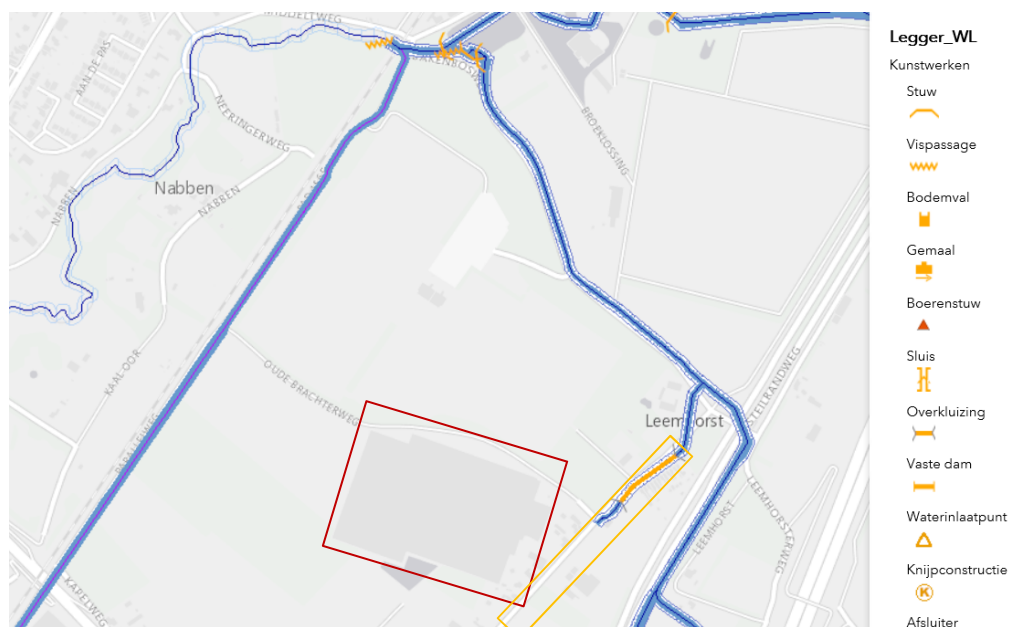
- Er is met de gemeente een gesprek geweest over een mogelijke gemeentelijke overstort na het vinden van overstortresten in deze watergang. De gemeente heeft aangegeven dat dit een eenmalige overstort is geweest, vanwege een storing.
- Daarnaast is er een gesprek geweest met de eigenaar van het kassencomplex die aangegeven heeft in 2014 zijn bergingsbassin te hebben uitgebreid tot 1000 m³.

In het schetsontwerp is slechts rekening gehouden met een mogelijke berging van 200 m³. De bergingsbehoefte van deze kas is als volgt:

- T25 (51,2 mm) = 1.242 m³ bergingsbehoefte
- T50 (62,4 mm) = 1.404 m³ bergingsbehoefte

Een berging van 1000 m³ ondervangt hiermee het grootste deel van de bergingsbehoefte.

De wateroverlast op deze locatie lijkt eenmalig te zijn en ondervangen te worden door de combinatie van de toegenomen berging en de eenmaligheid van de riooloverstort. Hierdoor is in overleg met het waterschap besloten op deze locatie geen extra maatregelen te nemen.



Figuur 8-1: Omgeving Twaalf Apostelen weg. Met de kas (rood), huidige route water (oranje)

9 Overgebleven maatregelen fase I

9.1 Duiker Sint Lambertusdijk

Om de dam voor de passerende voertuigen te verbreden is de duiker op deze locatie verlengd. Hierbij is een te smalle PVC buis gebruikt. Deze smallere verlenging verstopt makkelijk en zorgt bovenstrooms voor opstuwing. Deze pvc-verlenging wordt vervangen door een verlenging met dezelfde diameter als de duiker.



Figuur 9-1: Locatie duiker Sint Lambertusdijk

9.2 Duiker SCB-2242D

Duiker SCB-2242D betreft de duiker in de Gansbeek benedenstrooms van de A73, die deels onder een schuur ligt. De onderhoudsstaat van deze duiker is slecht. Omdat de duiker tegen het verhang in zou liggen, veroorzaakt deze duiker een te hoge opstuwing. Daarom is deze duiker in het schetsontwerp geselecteerd om te vervangen. Bij nader onderzoek is gebleken dat de duiker niet tegen het verhang in ligt. Hierdoor is de noodzaak om de duiker te vervangen vervallen. Daarnaast wordt in de toekomstige situatie meer water omgeleid via de Beuckelen waardoor de Gansbeek wordt ontlast. Ook hierdoor leidt de duiker tot minder opstuwing. Het waterschap gaat deze duiker daarom niet in het kader van dit project vervangen.

9.3 Duiker onderhoudspad in 1^e zijtak Schelkensbeek

De beheerder van Schelkensbeek heeft aangegeven dat er ten behoeve van het onderhoudspad een duiker nodig is richting de 1^e zijtak Schelkensbeek (figuur 9-2). De bodemhoogte van de 1^e zijtak Schelkensbeek is op deze locatie NAP +23,25 m. In het voortgangsoverleg 25-08-2019 is afgesproken een duiker rond 500 mm aan te leggen.

De duiker t.b.v. onderhoudspad wordt aangelegd met de volgende afmetingen:

- B.o.b. NAP +23,25 m.
- Rond 500 mm.



Figuur 9-2: Locatie duiker onderhoudspad

9.4 Onderhoudspad

Er zijn twee locaties waar vanuit de WB21-toetsing is aangegeven dat het waterschap graag extra onderhoudspaden tot haar beschikking wil. Dit heeft geen hydrologische consequenties. De locaties van de onderhoudspaden zijn opgenomen in het projectplan Waterwet.

10 Duikeranalyse

In dit hoofdstuk zijn alle duikers besproken die in het schetsontwerp geselecteerd zijn in de duikeranalyse. De duikers zijn geselecteerd wanneer ze resulteren in een te hoge opstuwing, in een te hoge stroomsnelheid of volgens de norm in de Keur te klein zijn.

Op 1 april 2019 is bij Waterschap Limburg een nieuwe Keur in werking getreden. In deze Keur is niet langer de eis opgenomen dat duikers in leggerwatergangen een minimale diameter van 500 mm moeten hebben. Vanwege deze wijziging ten opzichte van het schetsontwerp, zijn de kleine duikers uit de duikeranalyse opnieuw beoordeeld en niet zondermeer als te vervangen aangeduid. Per beektraject worden de duikers besproken, voor de beektrajecten: Koeles, Schelkensbeek, Aalsbeek, Vuilbeek, Gansbeek, Belfeldse Leigraaf, Klokbeek, bovenstrooms Schelkensbeek, waarbij het laatste traject onderdeel uitmaakt van fase I maatregelen.

Per paragraaf zijn de duikers van de duikeranalyse in een tabel weergegeven, met onderscheid in capaciteit van de duiker en verhang in de watergang. Deze beide aspecten hebben invloed op de opstuwing van een duiker en zijn dus geanalyseerd. Wanneer een ander aspect dan capaciteit of ligging in de watergang een doorslaggevend effect heeft op de duiker, dan zijn de kolommen samengevoegd met daarin de toelichting van dit aspect.

10.1 Duikeranalyse Koeles

In de watergang de Koeles zijn verschillende duikers geselecteerd vanuit de duikeranalyse. Ten tijden van de duikeranalyse gold de eis van de Keur dat duikers minimaal 500 mm. Deze eis is komen te vervallen. Daarom zijn de duikers opnieuw onderzocht op voldoende doorstroming. Dit is weergegeven in Tabel 10-1, waarbij de duikers van bovenstrooms naar benedenstrooms zijn weergegeven. De conclusie van deze analyse is dat er één duiker vervangen dient te worden (SCB-2819D, die al opgenomen is in paragraaf 4.4.2). Deze duiker bevindt zich direct bovenstrooms van duiker AAL-2341D. Door deze twee duikers kort op elkaar vindt er in dit stuk watergang relatief veel opstuwing plaatsvindt. Wanneer de duiker SCB-2819D vervangen wordt, dan zal er geen noodzaak zijn om ook duiker AAL-2341D te vervangen. Duiker AAL-2341D voldoet aan de randvoorwaarden.

Tabel 10-1: Duikers in de Koeles welke in de duikeranalyse van het schetsontwerp geselecteerd zijn.

	Capaciteit	Ligging t.o.v. verhang watergang
SCB-2318D	Bevindt zich foutief in het model ligt in zijwatergang	
SCB-2308D	Voldoende groot (T50)	Goede ligging
SCB-2612D	Voldoende groot (T50)	Goede ligging
SCB-2819D	Krap (rond 340 mm) (vervangen, opgenomen in paragraaf 4.4.2)	
SCB-2341D	Afmeting voldoet (rond 400)	Goede ligging

10.2 Duikeranalyse Schelkensbeek

In de Schelkensbeek bevinden zich grote duikers die voornamelijk geselecteerd zijn vanwege hun grote verhang. De oorzaak hiervan is het steile maaiveld en het grote verhang leidt niet tot opstuwing. Duiker SCB-2048D is onderdeel van de fase I-maatregelen en hoeft niet te worden meegenomen in fase II. In tabel 10-2 zijn de duikers uit de duikeranalyse van de Schelkensbeek weergegeven en is aangegeven of hier een maatregel uit volgt.

Tabel 10-2: Duikers in de Schelkensbeek die in de duikeranalyse van het schetsontwerp geselecteerd zijn.

	Capaciteit	Ligging t.o.v. verhang watergang
SCB-2116D	Rechthoekige duiker 2 m breed bij 1,2 m hoog. Vlakbij maas, voldoende groot.	Groot verhang vanwege steil maaiveld.
SCB-2037D	Rond 1000 mm, bevindt zich in zijwatergang	
SCB-2048D	Rond 1000 mm, onderdeel van fase I maatregel en is verwijderd	
SCB-2057D	Rechthoekige duiker 2 m breed bij 1 m hoog. Voldoende groot.	Groot verhang vanwege steil maaiveld.
SCB-2116D	Rechthoekige duiker 2 m breed bij 1,2 m hoog. Voldoende groot.	Groot verhang vanwege steil maaiveld.
SCB-2128D	Rond 1000 mm. Voldoende groot.	Groot verhang vanwege steil maaiveld.
SCB-2165D	Rond 1000 mm. Voldoende groot.	Groot verhang vanwege steil maaiveld.

10.3 Duikeranalyse Aalsbeek

In tabel 10-3 zijn de duikers uit de duikeranalyse van de Aalsbeek weergegeven en is aangegeven of hier een maatregel uit volgt.

Tabel 10-3: Duikers in de Aalsbeek die in de duikeranalyse van het schetsontwerp geselecteerd zijn.

	Capaciteit	Ligging t.o.v. verhang watergang
AAL-5298D	Rond 300 mm, maar eerste duiker na waterscheiding dus capaciteit voldoende	
AAL-5004D	Duiker aan start watergang of in zijwatergang. Capaciteit voldoende	
AAL-5153D	Duiker ligt in zijwatergang en niet in de hoofdwatergang.	
AAL-2071D	Duiker is recent vervangen voor een duiker met grotere capaciteit dan de blijkt uit de inmetingen van het waterschap. Duiker hoeft niet vervangen te worden.	

10.4 Duikeranalyse Vuilbeek

In de Vuilbeek zijn vanuit de duikeranalyse 21 duikers geselecteerd, zie tabel 10-4. Duiker SCB-2109D bevindt zich in een zijwatergang met weinig stroming en is voldoende groot. Duikers SCB-2095D, SCB-6666D, SCB-2802D en SCB-2808D bevinden zich in de Vuilbeek tot aan de Schelkensbeek en dienen door de toenemende afvoer via de Vuilbeek vergroot te worden. SCB-2795D, SCB-2797D en SCB-2798D bevinden zich in de Beuckelen na de nieuwe aansluiting vanuit de Gansbeek en dienen door de toenemende afvoer vergroot te worden. Twaalf duikers bevinden zich in de Beuckelen en worden niet vergroot.

Om de doorstroming te waarborgen zijn andere maatregelen getroffen, zie paragraaf 0. Daarnaast zijn er vijf duikers in zijwatergangen van de Vuilbeek die niet vervangen hoeven te worden. De overige duikers bevinden zich in het bovenstroomse deel van de Vuilbeek en houden door hun beperkte capaciteit water vast, hetgeen juist gewenst is.

Tabel 10-4: Duikers in de Vuilbeek welke in de duikeranalyse van het schetsontwerp geselecteerd zijn.

	Capaciteit	Ligging t.o.v. verhang watergang
SCB-2109D	Bevindt zich in zijwatergang, voldoende groot (rond 400)	
SCB-2095D	WaCo van 1,45-1,0 m, voldoende doorstroming.	Duiker ligt tegen verhang 0,25 cm in 4 m.
SCB-6666D	Zie 2.2. Rond 550 mm is te klein, vervangen tot rond 800 mm	
SCB-2802D	Zie hoofdstuk 3. Rond 600 mm is te krap, vervangen tot rond 1250mm	
SCB-2808D	Zie hoofdstuk 3. Rond 600 mm is te krap, vervangen tot rond 1250 mm	
SCB-2795D	Zie 3.3	
SCB-2797D	Zie 3.3	
SCB-2798D	Zie 3.3	
SCB-2772D	Rond 300 mm duikers in de Beuckelen	Voldoende doorstroming
SCB-2774D	Rond 300 mm duikers in de Beuckelen	Voldoende doorstroming
SCB-2775D	Rond 300 mm duikers in de Beuckelen	Voldoende doorstroming
SCB-2777D	Rond 300 mm duikers in de Beuckelen	Voldoende doorstroming
SCB-2778D	Rond 300 mm duikers in de Beuckelen	Voldoende doorstroming
SCB-2780D	Rond 300 mm duikers in de Beuckelen	Voldoende doorstroming
SCB-2781D	Rond 300 mm duikers in de Beuckelen	Voldoende doorstroming
SCB-2782D	Rond 300 mm duikers in de Beuckelen	Voldoende doorstroming
SCB-2783D	Rond 300 mm duikers in de Beuckelen	Voldoende doorstroming
SCB-2785D	Rond 300 mm duikers in de Beuckelen	Voldoende doorstroming
SCB-2786D	Rond 300 mm duikers in de Beuckelen	Voldoende doorstroming
SCB-2787D	Rond 300 mm duikers in de Beuckelen	Voldoende doorstroming
SCB-2788D	Rond 300 mm duikers in de Beuckelen	Voldoende doorstroming
SCB-2791D	Rond 300 mm duikers in de Beuckelen	Voldoende doorstroming
SCB-2794D	Rond 300 mm duikers in de Beuckelen	Terugslagklep plaatsen
SCB-2174D	Rond 300 mm. Duiker in zijwatergang	Voldoende doorstroming
SCB-2189D	Rond 300 mm. Duiker in zijwatergang	Voldoende doorstroming
SCB-2646D	Rond 300 mm. Duiker in zijwatergang	Voldoende doorstroming
SCB-2662D	Rond 300 mm. Duiker in zijwatergang	Voldoende doorstroming
SCB-2109D	Rond 400 mm. Duiker in zijwatergang	Voldoende doorstroming
SCB-2116D	Rond 1200 mm, nabij 1 ^e zijtak.	Voldoende doorstroming. Groot verval komt door splitsende watergangen
SCB-2133D	Duiker bovenstrooms in Vuilbeek, houdt gewenst water vast	
SCB-2128D	Duiker bovenstrooms in Vuilbeek, houdt gewenst water vast	
SCB-2195D	Duiker bovenstrooms in Vuilbeek, houdt gewenst water vast	
SCB-2198D	Duiker bovenstrooms in Vuilbeek, houdt gewenst water vast	

SCB-2805D	Duiker Krommehoekseweg, als no-regret maatregel reeds vergroot.
SCB-2889D	Rond 700 mm, twee duikers rond 700. Eerste duiker 1 ^e zijtak Schelkensbeek. Afvoer moet beperkt worden richting de 1 ^e zijtak.
SCB-2890D	Rond 700 mm, zelfde geldt hier als bij bovenstaande duiker.

10.5 Duikeranalyse Gansbeek

In de Gansbeek zijn een aantal duikers geselecteerd, zie tabel 10-5. In één watergang met 12 duikers zijn er twee duikers geselecteerd vanwege opstuwing. Deze opstuwing is een optelsom van het grootte aantal duikers in deze watergang. Er is nagegaan bij de eigenaar van het perceel of het aantal duikers verminderd kon worden, wat echter niet het geval is. Daarnaast zijn er een aantal kleine duikers geselecteerd die aan de bovenstroomse takken van de watergangen liggen. Hier is de afvoer nog laag en de duikers voldoende groot. Tot slot zijn er een aantal duikers geselecteerd in het traject benedenstrooms van de A73. Dit traject is erg steil en de duikers zijn geselecteerd vanwege het grote verhang. Op deze locaties is de hoge stroomsnelheid een gevolg van het verhang en niet vanwege opstuwing.

Tabel 10-5: Duikers in de Gansbeek welke in de duikeranalyse van het schetsontwerp geselecteerd zijn.

	Capaciteit	Ligging t.o.v. verhang watergang
SCB-2466D	Voldoet aan randvoorwaarden	
SCB-2474D	Voldoet aan randvoorwaarden	
SCB-2498D	Bevindt zich in zijwatergang. Staat wel in de inmetingen, maar niet in model.	
SCB-2751D	Duiker is rond 200 mm, maar wordt waterscheiding	
SCB-2747D	Rond 400, maar afvoer is erg laag (0,02 m ³ /s), dus capaciteit ruim voldoende	Rechte ligging
SCB-2756D	Rond 300, maar afvoer is laag (0,03 m ³ /s) dus capaciteit voldoende	Zeer scheef, maar met verhang mee
SCB-2887D (voor retentie)	Duiker is rond 1000 mm, onduidelijk waarom geselecteerd. Afvoer ruim voldoende (0,004 m ³ /s)	
SCB-2102D	Rond 1000 mm	Duiker in steil stuk beek. Groot verhang, geen opstuwing.
SCB-2111D	Rechthoekige duiker 1m breed bij 1,6 hoog	Duiker in steil stuk beek. Groot verhang, geen opstuwing.
SCB-2242D	Rond 1000 mm	Duiker in steil stuk beek. Groot verhang, geen opstuwing.
SCB-2247D	Rond 1000 mm	Duiker in steil stuk beek. Groot verhang, geen opstuwing.
SCB-2874D	Rond 1000 mm	Duiker in steil stuk beek. Groot verhang, geen opstuwing.
SCB-2918D	Rond 1300 mm	Duiker in steil stuk beek. Groot verhang, geen opstuwing.
SCB-2217D	Rond 500 mm. Na waterscheiding bovenstrooms in Gansbeek. Voldoende groot	

SCB-2447D	Rond 700 mm. Na nieuwe waterscheiding bij Paterslossing. Afvoer neemt af, voldoende groot	
SCB-2621D	Rond 400 mm. Bij Meelderbroek waterscheidingen	capaciteit voldoende
SCB-2459D	Duiker wordt waterscheiding	
SCB-2622D	Rond 400 mm. Bij Meelderbroek waterscheidingen	capaciteit voldoende
SCB-2770D	Rond 400 mm. Bovenstrooms van de 1 ^e zijtak Meelderbroek	capaciteit voldoende
SCB-2873D	Rond 400 mm. Bij Meelderbroek waterscheidingen	capaciteit voldoende
SCB-2217D	Rond 540 mm. Na waterscheiding bovenstrooms in Gansbeek.	Voldoende groot
SCB-2881D	Duiker heeft te hoge stroomsnelheden, maar is bedoelt als knijpende duiker voor de bovenstroomse buffer.	

10.6 Duikeranalyse Belfeldse leigraaf

In de Belfeldse Leigraaf bevinden zich drie duikers benedenstrooms van de Belfeldse Noodoverlaat-maatregelen. Deze maatregel is in het leven geroepen, zodat de duikers niet vervangen hoefden te worden. Duiker AAL-5280D is een knijpende duiker als onderdeel van een retentie en stuwt daarom op. Overige duikers behoren tot de maatregelen van de Twaalf Apostelenweg, zie tabel 10-6.

Tabel 10-6: Duikers in de Belfeldse Leigraaf die in de duikeranalyse van het schetsontwerp geselecteerd zijn

	Capaciteit	Ligging t.o.v. verhang watergang
AAL-5271D	Rond 300 mm. Deze duiker is onderdeel van project WB21.	
AAL-5275D		
AAL-5315D		
AAL-5280D	Rond 400 mm. Deze duiker is onderdeel van project WB21.	
AAL-2073D	Na onderzoek is gebleken dat er een grotere waterberging is bij de kassen bovenstrooms van deze duikers dan eerder vanuit was gegaan. De duikers hoeven niet vervangen.	
AAL-2074D		

10.7 Duikeranalyse Klokbeek

Omdat er in het verleden een overstort op deze locatie zorgde voor grote stroomsnelheden zijn in de Klokbeek 3 duikers geselecteerd. Deze overstort is in het verleden gesaneerd. Het vervangen van de duikers is daardoor niet meer nodig.

Tabel 10-7: Duikers in de Klokbeek die in de duikeranalyse van het schetsontwerp geselecteerd zijn

	Capaciteit	Ligging t.o.v. verhang watergang
SCB-2715D	Rond 500mm	voldoende groot
SCB-2717D	Rond 500mm	voldoende groot

SCB-2898D	Rond 500mm	voldoende groot
-----------	------------	-----------------

10.8 Duikeranalyse bovenstrooms Schelkensbeek

De duikers bovenstrooms in de Schelkensbeek zijn reeds meegenomen in de fase I-maatregelen en daarom nu niet meer opgenomen. Dit zijn duikers:
SCB-2002D, SCB-2003D, SCB-2004D, SCB-2005D, SCB-2007D, SCB-2008D, SCB-2010D, SCB-2081D, SCB-2676D, SCB-2690D en SCB-2911D.

10.9 Resumé

Alle duikers uit de duikeranalyse zijn gecontroleerd. Hieruit komen geen duikers naar voren die extra vervangen dienen te worden buiten de duikers die reeds zijn opgenomen als maatregelen in deze hydrologische onderbouwing of behoorde tot de maatregelen van fase I.

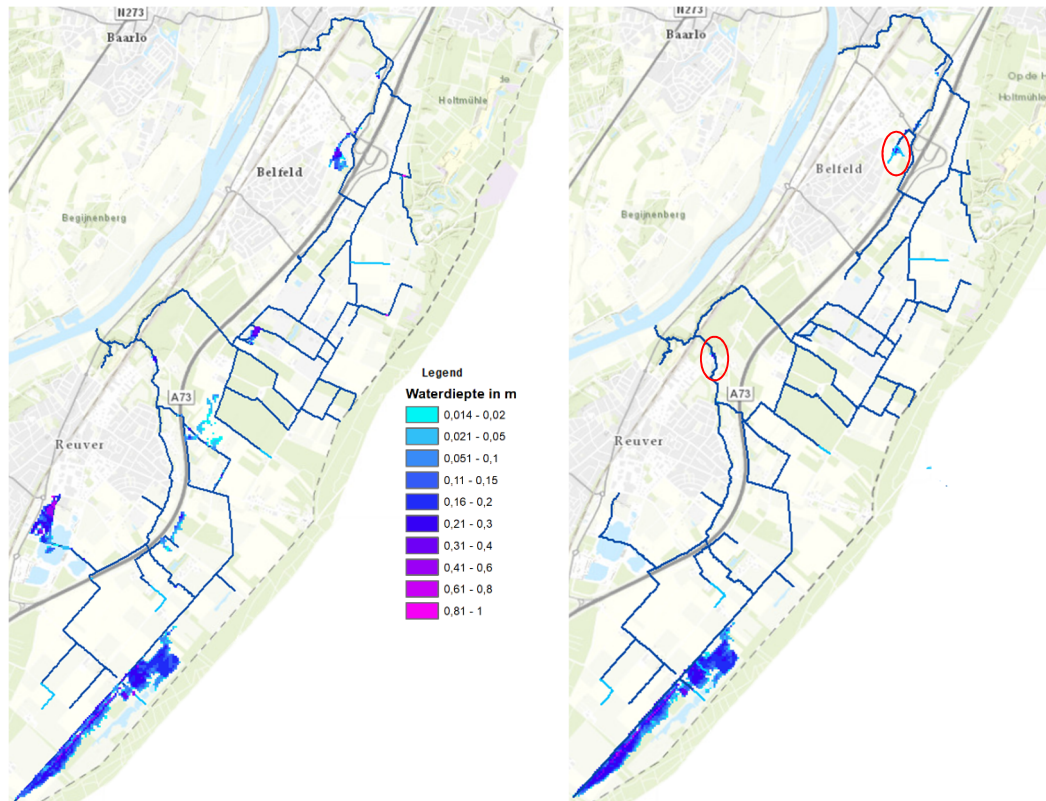
11 Effecten maatregelen op basis van modelberekeningen

In dit hoofdstuk zijn de effecten van de maatregelen beschreven op basis van de uitkomsten van de modelberekeningen. Deze analyse van de piekscenario's T25-winter en T50-winter is gemaakt voor het gehele watersysteem. De winterscenario's zijn geanalyseerd, omdat vanuit het schetsontwerp bekend is dat dit de maatgevende scenario's zijn. Vervolgens is er op specifieke locaties ingezoomd voor detailcontroles en analyses.

11.1 Inundaties en waterpeilen T25-winterscenario en T50-winterscenario

In figuur 11-1 zijn de inundatiekaarten voor het T25-winterscenario weergegeven. Hierin is te zien dat de inundaties die voorkomen in de huidige situatie vrijwel volledig zijn opgelost en dat de klimaattoeslag ook kan worden verwerkt door het watersysteem, op de locaties in de rode cirkels na (figuur 11-1). De twee locaties zijn beschreven in paragraaf 11.2. De inundaties bij het bovenstroomse gedeelte van de Vuilbeek nemen maximaal 10 cm toe. Op deze locatie leidt dat niet tot problemen, omdat het gebied een natuurfunctie heeft en hier geen inundatienorm voor geldt. In bijlage 1 is ook de verschilkaart tussen de huidige en definitieve situatie weergegeven.

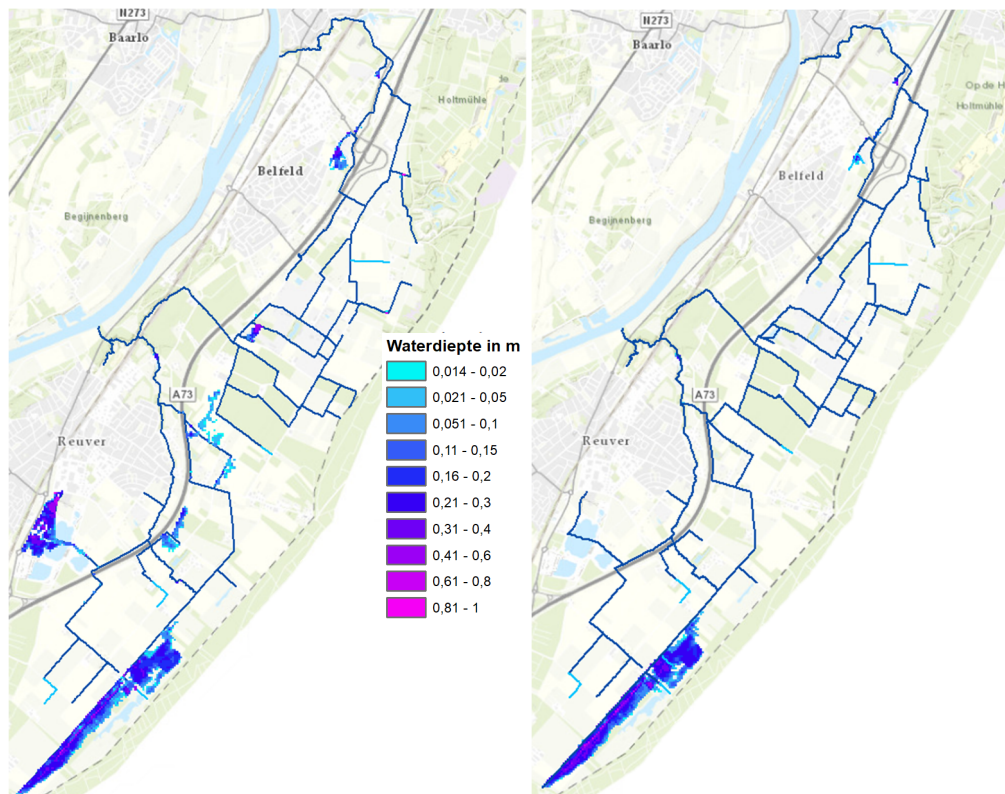
In bijlage 1 is de verschilkaart tussen de huidige en definitieve situatie weergegeven voor de T25-situatie.



Figuur 11-1: Inundatiekaarten voor de T25 wintersituatie. Links – de huidige situatie (exclusief klimaattoeslag). Rechts – Het definitief ontwerp (inclusief klimaattoeslag). Aandachtslocaties zijn omcirkelt in het rood.

In figuur 11-2 zijn de inundatiekaarten voor het T50-winterscenario weergegeven. Hierin is te zien dat de inundaties die voorkomen in de huidige situatie vrijwel volledig zijn opgelost en dat de klimaattoeslag ook kan worden verwerkt door het watersysteem. De inundaties bij het bovenstroomse gedeelte van de Vuilbeek nemen maximaal 10 cm toe. Op deze locatie leidt dat niet tot problemen, omdat het gebied een natuurfunctie heeft en hier geen inundatienorm voor geldt.

In bijlage 1 is de verschilkaart tussen de huidige en definitieve situatie weergegeven voor de T50-situatie.

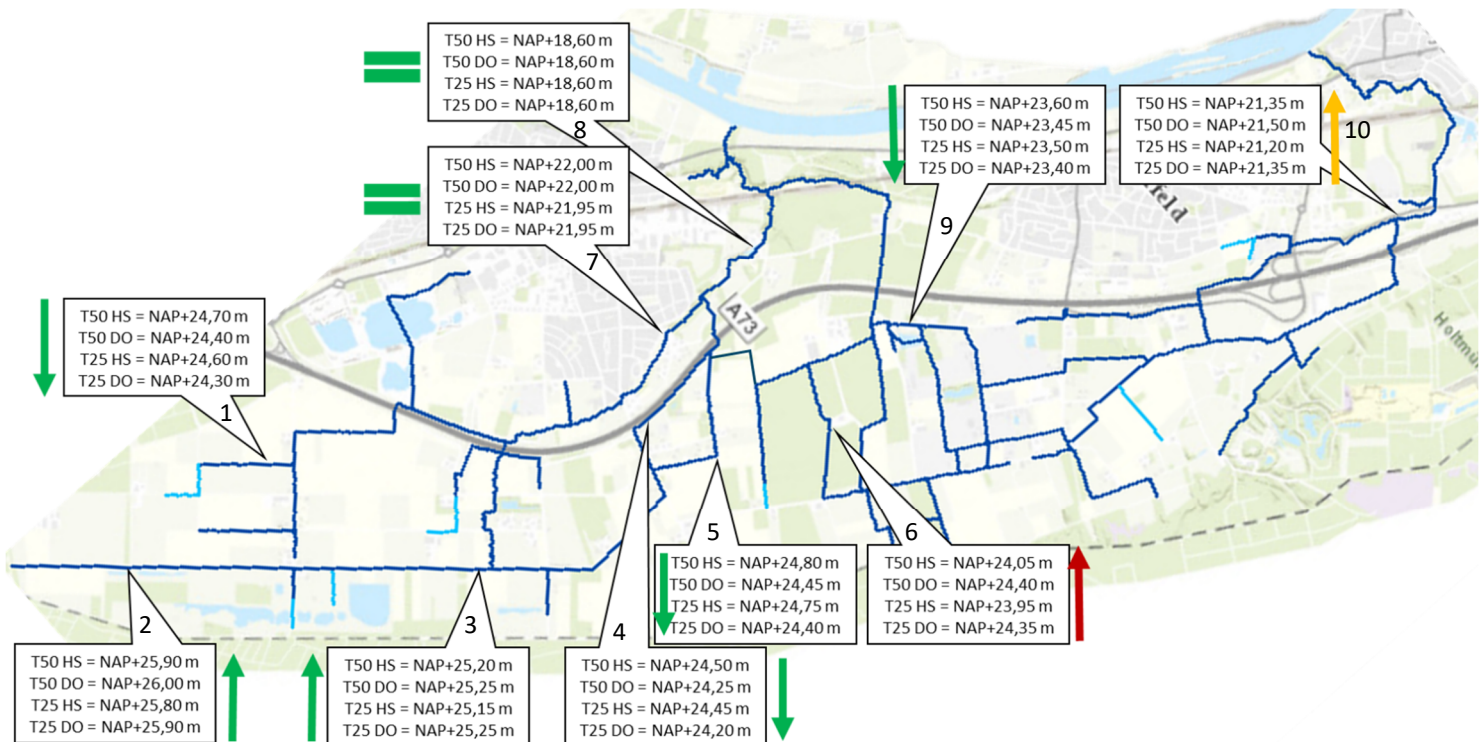


Figuur 11-2: Inundatiekaarten voor de T50 wintersituatie. Links – de huidige situatie (exclusief klimaattoeslag). Rechts – Het definitief ontwerp (inclusief klimaattoeslag).

In figuur 11-3 is het peilenplan van de Schelkensbeek weergegeven met de peilen bij de T25- en T50-scenario's voor de huidige situatie (HS) en de situatie na uitvoering van de maatregelen (DO). Hieronder is per locatie een korte toelichting van de effecten van de maatregelen gegeven. De nummers hieronder corresponderen met de locaties in figuur 11-3:

1. Bovenstrooms in de Schelkensbeek is de waterstand verlaagd tijdens piekafvoeren. Dit is een positief effect, omdat er vanuit de streek en de beheerder is aangegeven dat deze locatie wateroverlast ervaren heeft (ook al wijst het model dit niet uit). Deze verlaging komt deels door de maatregelen uit fase 1 en deels door de omleiding van water door de Vuilbeek i.p.v. de 1^e zijtak Schelkensbeek, waardoor de afvoer in de Schelkensbeek in de toekomstige situatie afneemt ten opzichte van de huidige situatie (0,9 m³/s t.o.v. 1,0 m³/s). Zelfs de extra afvoer door de klimaattoeslag wordt verwerkt.
2. Bovenstrooms in de Vuilbeek is de waterstand verhoogd ten opzichte van de huidige situatie tijdens piekafvoeren. Dit is voor de natuur op deze locatie geen probleem en een juist positief effect. Voor de landbouw rond deze locatie is er na het treffen van aanvullende maatregelen (plaatsen terugslagkleppen, ophogen één perceel en installeren automatische stuw) ook geen verslechtering van de situatie.
3. Op de locatie van het verdeelwerk is de waterstand licht (circa 5 cm) verhoogd door de maatregelen. Dit leidt niet tot overlast.
4. In de Vuilbeek langs de A73 is de waterstand verlaagd ten opzichte van de huidige situatie. Dit komt door het vergroten van de watergang en de watergangen

- benedenstrooms. Ook is de kleine stuwput (rond 500 mm) verwijderd voor een lager ingestelde stuw tijdens piekafvoeren en zijn krappe duikers (rond 500 mm) vergroot.
5. In de Beuckelen is de waterstand verlaagd ten opzichte van de huidige situatie tijdens piekafvoeren, vanwege de geplaatste terugslagklep en afsluiter. Dit is positief, omdat de beheerder heeft aangegeven dat de omliggende percelen van de Beuckelen soms problemen ervaren door de beperkte afvoercapaciteit.
 6. De waterstand in de Paterslossing is verhoogd ten opzichte van de huidige situatie tijdens piekafvoeren. De oorzaak hiervan is een grotere afvoer door de nieuwe watergang richting de Gansbeek en de 12 duikers in de watergang die extra opstuwing in de watergang veroorzaken. Er worden hier geen maatregelen genomen, omdat de verhoogde waterstand niet leidt tot inundaties en de locatie blijft voldoen aan de norm.
 7. Op deze locatie in de Schelkensbeek blijft de waterstand gelijk aan de huidige situatie. Dit is positief, omdat de verhoogde afvoer door de klimaattoeslag niet leidt tot hogere waterstanden in de toekomstige situatie. Dit komt door de maatregelen die ervoor zorgen dat meer afvoer door de Vuilbeek geleid wordt. Daarbij is de beek vrij steil waardoor er geen grote verschillen in de waterstand plaatsvinden, zolang de duikers geen opstuwing veroorzaken.
 8. Op deze locatie van de Schelkensbeek geldt hetzelfde als punt 7, de waterstand blijft gelijk aan de huidige situatie ondanks de klimaattoeslag.
 9. De waterstand in de Kuhlengraaf is gedaald, vanwege de plaatsing van de envelopstuw. Deze maatregel zorgt ervoor dat de buffer optimaal gebruikt wordt. Dit is positief, omdat de beheerder heeft aangegeven dat de bewoners langs de Kuhlengraaf ter hoogte van de buffer wateroverlast ervaren hebben.
 10. In de Aalsbeek is de waterstand licht verhoogd ten opzichte van de huidige situatie. Dit komt door de verhoogde afvoer vanwege de klimaattoeslag in de berekende situatie. Er zijn in de Aalsbeek geen maatregelen gepland, omdat de locatie blijft voldoen aan de norm.



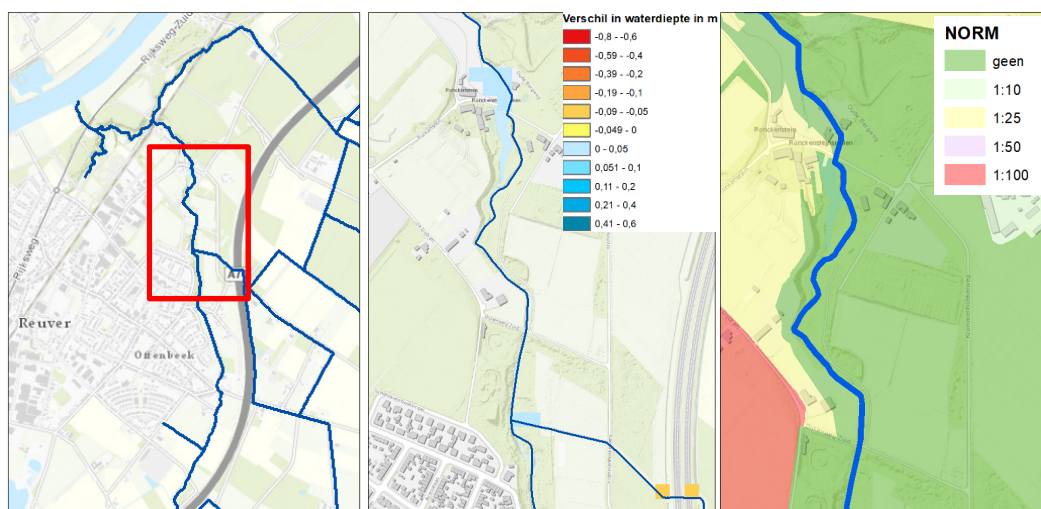
Figuur 11-3: Peilenplan Schelkensbeek voor de T25 en T50-scenario's voor de huidige situatie (HS) en de situatie na uitvoering van de maatregelen (DO). Bij elke locatie is aangegeven wat de wijzigingen zijn door uitvoering van de maatregelen. De groene pijlen betekenen dat de wijziging gewenst is. De oranje pijl geeft een wijziging aan die veroorzaakt wordt door de klimaattoeslag, aangezien er verder geen maatregelen getroffen worden op/rond deze locatie. De rode pijl betekent dat door de genomen maatregelen in combinatie met de klimaattoeslag de waterstand in de beek in extreme situaties toeneemt. Dit blijft echter binnen de normen van het waterschap.

11.2 Detailweergaves specifieke locaties

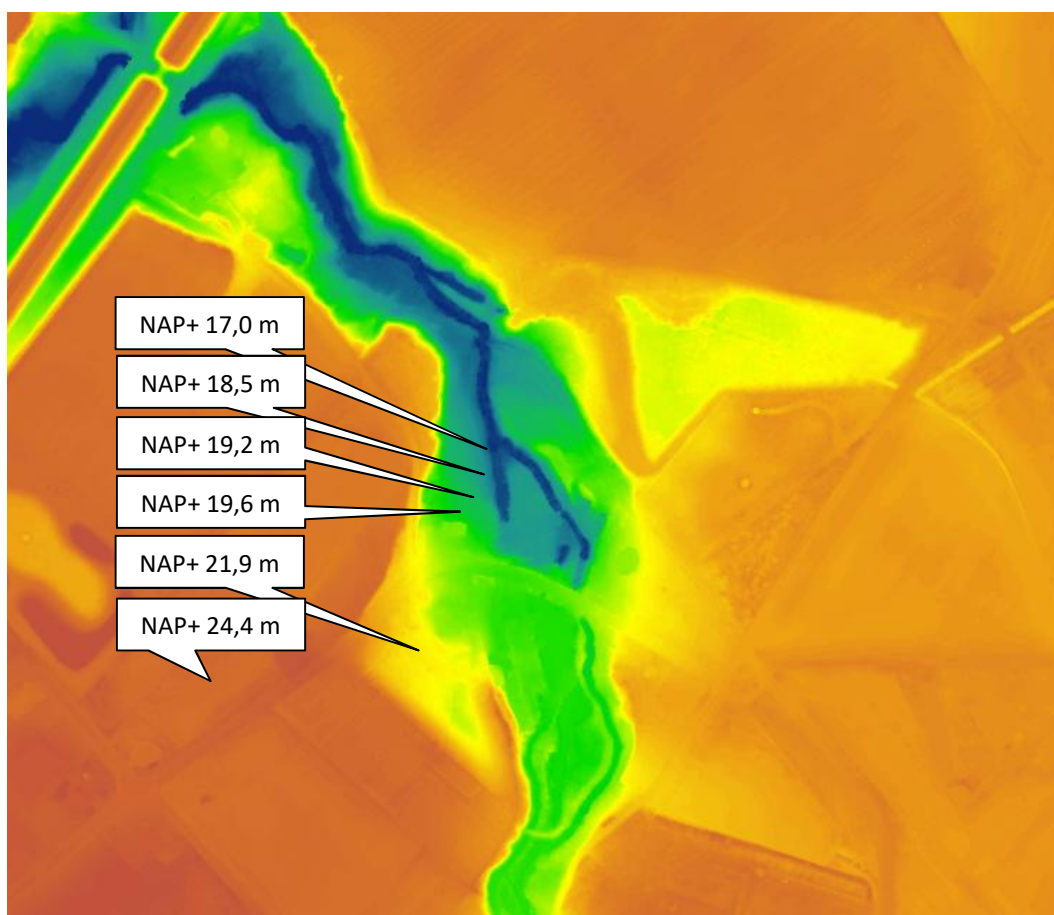
Van een aantal locaties is een detailweergave gemaakt, vanuit de modellering. Het gaat om locaties waarbij het onzeker was wat het cumulatieve effect van de maatregelen zou zijn of locaties waarbij het onzeker was of de genomen maatregelen voldoende effectief zouden zijn. Hieronder zijn vier locaties besproken.

11.2.1 Detailweergave van de locatie rond de molen Ronckenstein te Reuver

De situatie rond de molen van Reuver is in detail weergegeven na zorgen van een omwonende (figuur 11-4). Rond de molen van Reuver zijn in de huidige situatie bij de T25-wintersituatie exclusief klimaattoeslag inundaties berekend van 20 cm. In de toekomstige situatie neemt dit licht toe naar 20 á 25 cm bij T25 met klimaattoeslag. Het maaiveld op deze locatie varieert sterk (zie figuur 11-5). De inundaties vinden alleen plaats in het laaggelegen deel van het beekdal en deze kleine toename zal niet tot overlast leiden voor de omliggende hoger gelegen bebouwing en zich beperken tot het gebied dat geen norm heeft.



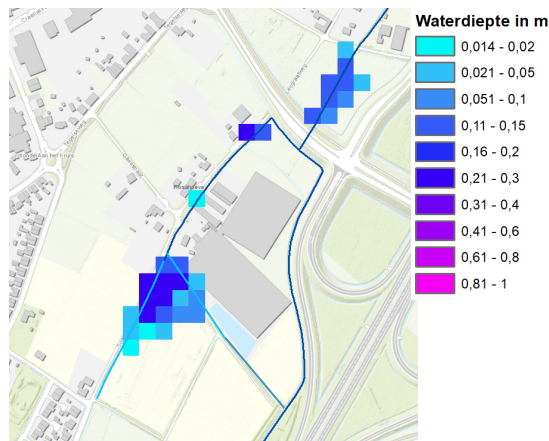
Figuur 11-4: Detailweergave van de locatie rond de molen van Reuver. Links: de overzichtskaart. Midden: de verschilkaart in inundaties tussen de huidige situatie en de toekomstige situatie. Recht: de normkaart.



Figuur 11-5: Maaiveldhoogte rond de molen van Reuver

11.2.2 Belfeldse Leigraaf

De locatie rond de Belfeldse Leigraaf behoort tot het WB21-project. De maatregelen (exclusief de mitigerende maatregel 'ophogen') zijn conform dit project in het model opgenomen. Het resultaat is zichtbaar in figuur 11-6. Hieruit komt naar voren dat de mitigerende maatregel van het ophogen van het perceel nodig is voor het voorkomen van inundaties op deze locatie.



Figuur 11-6: Inundaties bij de T25 winterscenario inclusief klimaattoeslag van het definitief ontwerp

11.2.3 Duikers Schelkensbeek

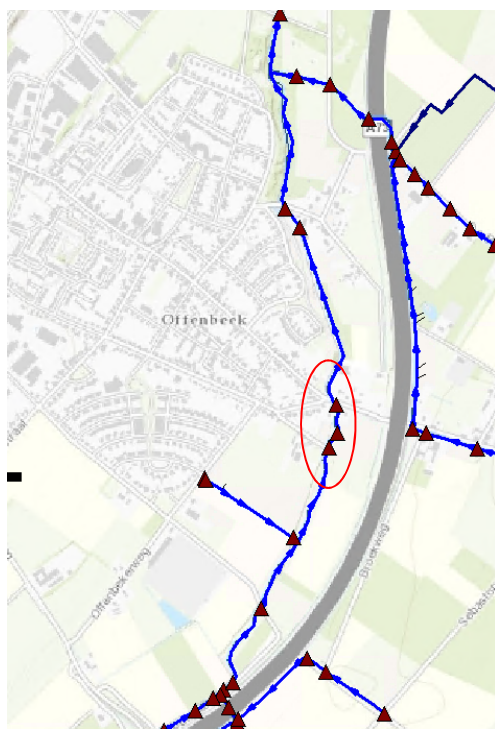
In de Schelkensbeek is in de huidige situatie sprake van een flinke opstuwing bij piekafvoeren rond de Keulseweg, zie figuur 11-8. Deze opstuwing wordt veroorzaakt door een aantal achtereenvolgende duikers en een hoog debiet. In fase I zijn duikers verwijderd die geen functie meer hadden. In fase II zijn op deze locatie geen maatregelen voorzien, omdat de overige maatregelen leiden tot een verminderde afvoer in de Schelkensbeek. Er is wel middels de modelberekening gecontroleerd of de gehandhaafde duikers voldoende groot zijn.

In figuur 11-7 is het lengteprofiel van de watergang tijdens de T25-scenario's op het moment dan de hoogste piek weergegeven met het huidige waterpeil in rood en het toekomstige waterpeil in blauw. Hierin is te zien dat ondanks de toevoeging van de klimaattoeslag, het waterpeil in de toekomstige situatie lager is. Voornamelijk aan de bovenstroomse zijde is de opstuwing significant gedaald. Meer benedenstrooms wordt dit verschil kleiner vanwege het grotere verhang.

Er hoeven geen extra maatregelen genomen te worden voor de duikers in de Schelkensbeek.



Figuur 11-7: Lengteprofiel van de T25-winterscenario's met in het rood de T25 huidige situatie, exclusief klimaattoeslag. In het blauw de T25 definitief ontwerpsituatie, inclusief klimaattoeslag.



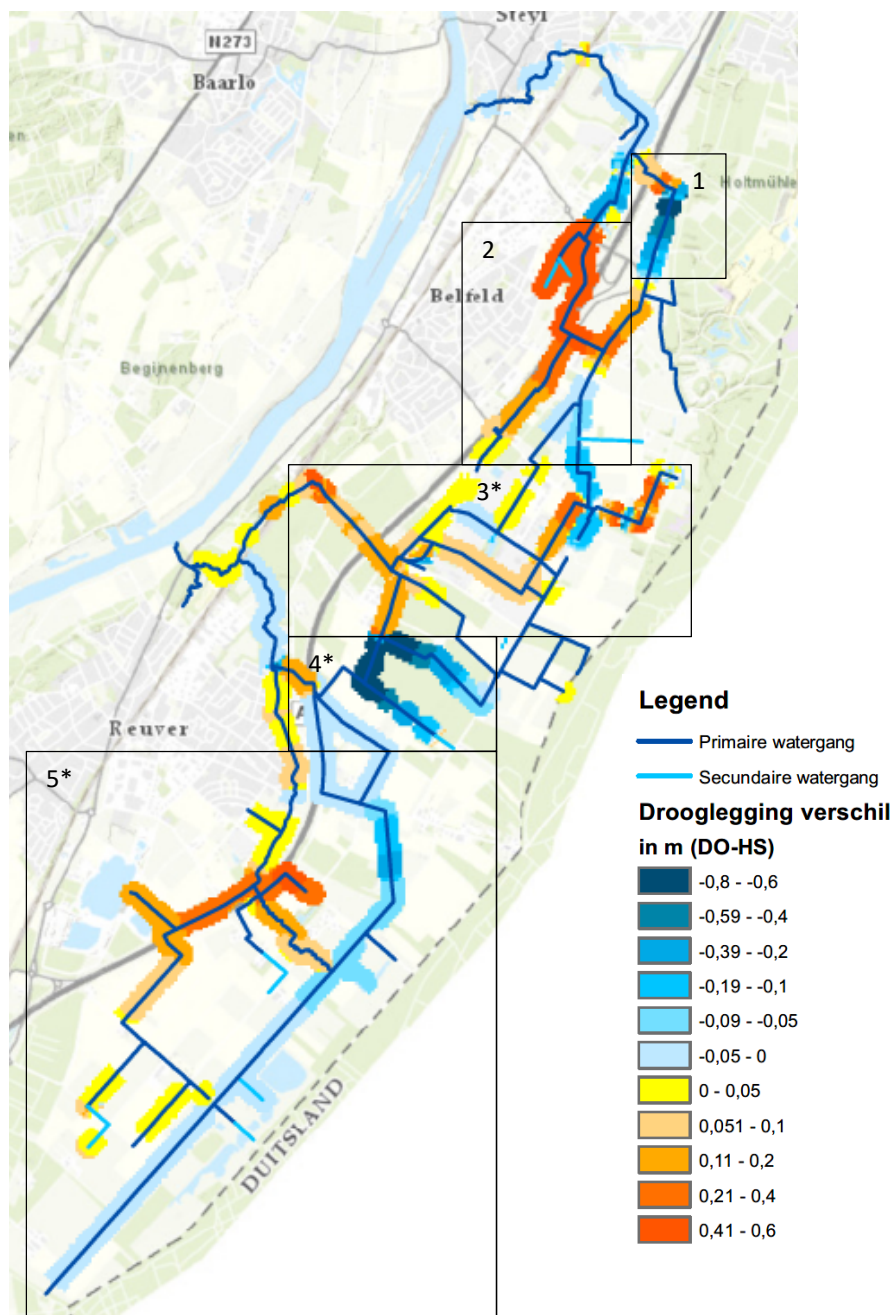
Figuur 11-8: Het beekdeel Schelkensbeek, met in de rode cirkel de desbetreffende duikers.

12 Droogte

12.1 Drooglegging zomersituatie

In figuur 12-1 is het verschil in drooglegging tussen de huidige situatie en het definitief ontwerp weergegeven. In deze figuur zijn van noord naar zuid locaties aangeduid, waarvoor hier de toelichting volgt:

1. In de Aalsbeek is in de modellering een stuw geplaatst die in de huidige situatie nog niet bestaat en geen onderdeel is van dit projectplan, maar wel binnen afzienbare tijd gerealiseerd gaat worden op verzoek van de natuurorganisatie en aanliggende agrariër. Hierdoor is de drooglegging lokaal toegenomen, wat positief is voor het aanliggende natuurgebied en agrarische percelen. Net benedenstrooms van de stuw is de drooglegging toegenomen door deze stuw.
2. De afname in de drooglegging in dit gebied wordt veroorzaakt door aanpassingen aan het model. In het model van de toekomstige situatie is de nieuwe buffer Belfeld opgenomen, zoals deze is gerealiseerd en dat was in het model van de huidige situatie nog niet het geval. De berekende drooglegging in de huidige situatie was niet reëel en bovendien niet gewenst. De drooglegging in de definitieve situatie voldoet aan de eisen van het waterschap en komt overeen met de situatie buiten.
3. De drooglegging in de Gansbeek neemt af door de nieuwe watergang naar de Vuilbeek, die de afvoer richting de Gansbeek vermindert. De drooglegging in dit deel van de Gansbeek was al meer dan 1 m beneden maaiveld, een geringe toename in drooglegging leidt daardoor niet tot verslechtering van de situatie. Het vergroten van de drooglegging in het bovenstroomse deel wordt veroorzaakt door het vergroten van een duiker. Hierdoor voldoen de omliggende percelen niet meer aan de droogleggingsnorm. In paragraaf 12.3 is hier een mitigerende maatregel voor voorgesteld.
4. De drooglegging neemt af vanwege de nieuwe waterverbinding, ondanks dat de stuw in de Vuilbeek na de A73 al lager ingesteld staat dan de voormalige stuwput op deze locatie. De zomerstuwstand (NAP +23,70 m) is te hoog ingesteld, waardoor de drooglegging onaanvaardbaar klein wordt. In paragraaf 12.3 is hier een mitigerende maatregel voor voorgesteld.
5. Door het verdeelwerk stroomt er minder water door de 1^e zijtak Schelkensbeek en meer water door de Vuilbeek, zowel bij hoge afvoeren als bij de standaardafvoer (0,5 MA). Hierdoor neemt de drooglegging in de 1^e zijtak Schelkensbeek en de Schelkensbeek toe en de drooglegging in de Vuilbeek af.
 - Door de envelopstuw neemt de drooglegging in de 1^e zijtak Schelkensbeek toe, wat betekent dat de waterdiepte en stroomsnelheid afnemen. Dit is onaanvaardbaar aangezien dit een KRW lichaam betreft. In paragraaf 12.3 is hier een mitigerende maatregel voor voorgesteld.
 - Bovenstrooms in de Schelkensbeek is een stuw geplaatst (fase I) die water vasthoudt, waardoor de drooglegging hier weinig wijzigt;
 - Bovenstrooms in de Vuilbeek zijn duikers verwijderd en heeft Staatsbosbeheer aangegeven dat om de drooglegging te waarborgen hiervoor in de plaats een stuw geplaatst dient te worden. Echter blijkt dit niet nodig door de aanwezigheid van het verdeelwerk en neemt de drooglegging zelfs al af en is er geen sprake van een toename door het verwijderen van de duikers.



Figuur 12-1: Drooglegging verschilkaart 0,5 MA zomersituatie, met de locaties per toelichting aangeduid, blauw is kleinere drooglegging en rood is grotere drooglegging.

*Voor deze locaties zijn de verschillen in drooglegging te groot tussen de huidige en toekomstige situatie en daarom zijn er mitigerende maatregelen voorgesteld. Deze mitigerende maatregelen zijn in paragraaf 12.3 toegelicht.

12.2 Drooglegging wintersituatie

De drooglegging van de 0,5 MA winterscenario is weergegeven in figuur 12-2. Het winterscenario toont hetzelfde beeld als het zomerscenario behalve op locaties 1 en 4. Bij beide locaties is sprake van lager ingestelde winterstuwstanden. Bij locatie 1 zorgt dit voor een toename in drooglegging, omdat de wijziging van locatie 2 nu doorwerkt tot locatie 1.

Bij locatie 4 zijn de verschillen in de drooglegging kleiner, omdat de stuwstanden in de huidige en definitieve situatie voor de winter weinig verschillen.

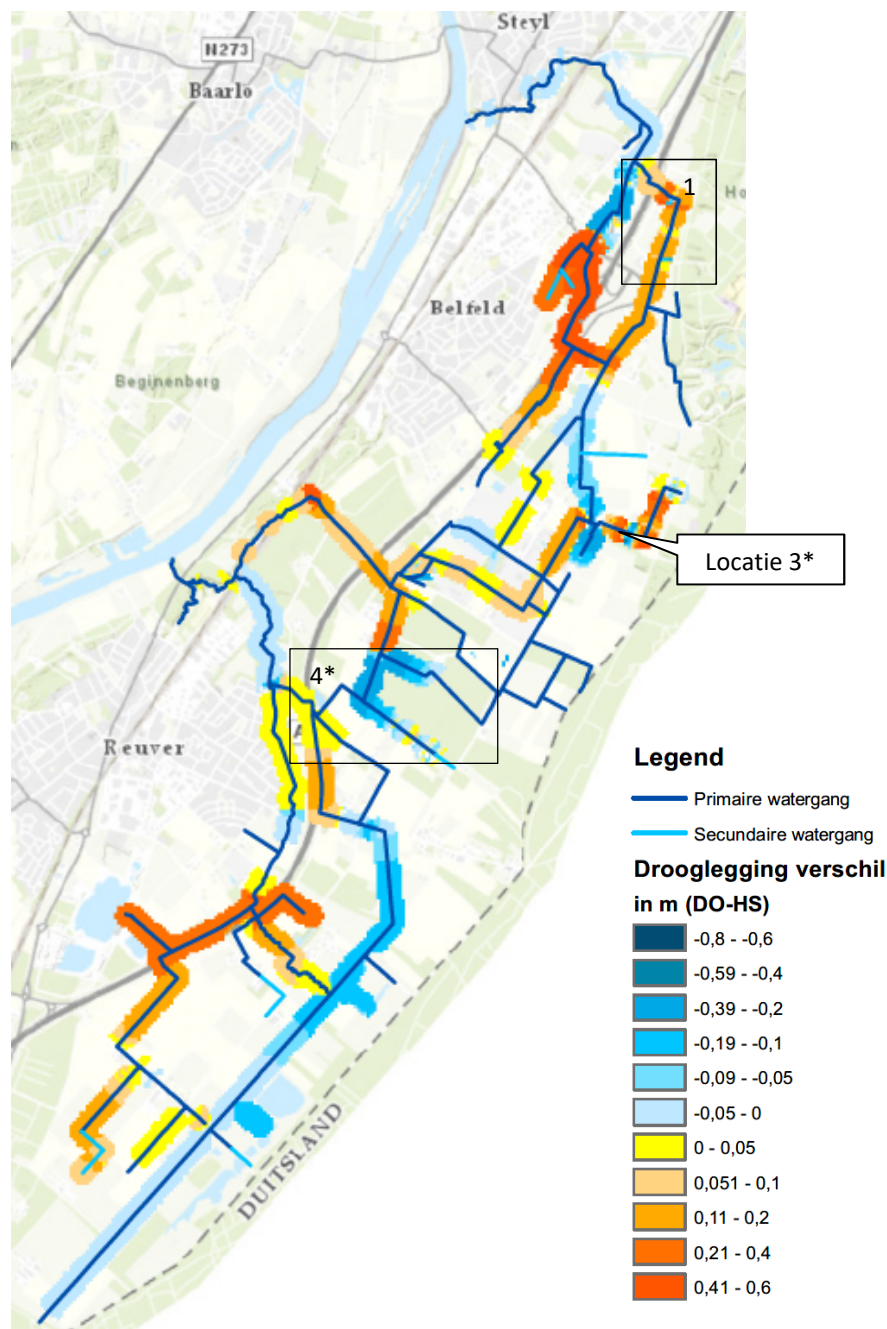
12.3 Tussenconclusie drooglegging en mitigerende maatregelen

Over het algemeen leiden de voorgenomen maatregelen niet tot wijzigingen in de drooglegging in het systeem.

Echter, zijn er op drie locaties in het systeem ongewenste veranderingen in de drooglegging. Voor deze locaties zijn mitigerende maatregelen voorgesteld:

1. De 1^e zijtak Schelkensbeek (locatie 5): De envelop in de envelopstuw dient vergroot te worden om de 0,5 MA volledig te kunnen verwerken. Hierdoor wijzigt de envelopstuw van de afmetingen: 0,17 m bij 0,50 m naar 0,20 m bij 0,75 m. Deze vergroting zal ervoor zorgen dat bij lage afvoeren de afvoerverdeling door de 1^e zijtak niet wijzigt, een vereiste voor de KRW-doelen op dit deel van de beek.
Door deze vergroting dient ook de overstortdrempel verhoogd te worden, zodat bij piekbuien er nog steeds voldoende water door de Vuilbeek wordt omgeleid. De overstortdrempel wordt verhoogd van NAP+ 25,10 m naar NAP+ 25,15. Deze wijziging is gecontroleerd met het modelberekening en leidt niet tot verhoogde opstuwing.
2. De nieuwe verbinding bij de Gansbeek/Vuilbeek (locatie 4): Mitigerende maatregel is het naar beneden bijstellen van de stuw in de zomer, dit betreft de stuw benedenstrooms van de A73 in de Vuilbeek voor uitmonding in de Schelkensbeek. De zomerstuwstand wordt NAP +23,40 m in plaats van NAP +23,70 m. Hierdoor neemt de drooglegging toe naar meer dan 50 cm zowel de zomer als de wintersituatie. De situatie voldoet dan aan de ontwateringsnormen.
3. Bovenstrooms Venbeek (locatie 3): De mitigerende maatregel hier is om bij nader inzien de duiker niet te vergroten. Het verbeteren van de doorstroming leidt tot namelijk tot verdroging bij standaardafvoeren. Op deze locatie is geen sprake van inundaties of te hoge waterstanden bij piekbuien, alleen opstuwing bij de duiker. Verruiming van de duiker is niet cruciaal, dus is op deze locatie gekozen voor behoud van de drooglegging. Duiker SCB-2819D wordt niet vervangen, de drooglegging blijft gelijk aan de huidige situatie.

Deze maatregelen zijn doorgerekend met het model en leiden niet tot wijzigingen bij de extreme afvoeren. Dit blijft gelijk aan de situatie zoals beschreven is in hoofdstuk 11.



Figuur 12-2: Drooglegging verschilkaart 0,5 MA wintersituatie, met de locaties per toelichting aangeduid, blauw is kleinere drooglegging en rood is grotere drooglegging.

*Voor deze locaties zijn de verschillen in drooglegging te groot en daarom zijn er mitigerende maatregelen voorgesteld. Deze mitigerende maatregelen zijn in paragraaf 12.3 toegelicht.

13 Conclusie

De Schelkensbeek is opgenomen als pilot in het project 'Water in balans', vanwege de wateroverlast van juni 2016 en andere ervaringen van wateroverlast uit de streek. Vanuit de systeemanalyse van 2018 is een schetsontwerp opgesteld met maatregelen. Deze zijn in twee fases verder gedetailleerd. Daarna is de toekomstige situatie voor verschillende scenario's middels een model doorgerekend en geanalyseerd.

De maatregelen bestaan uit:

- Herverdeling Vuilbeek en Schelkensbeek
- Herverdeling van de waterafvoer Gansbeek en Vuilbeek
- Scheiding watersystemen Gansbeek en Aalsbeek
- Lokale maatregelen om de afvoer te verbeteren:
 - o Vergroten watergangen
 - o Vervangen te krappe duikers
- Aanpak overlastlocaties bij piekafvoeren:
 - o Plaatsen terugslagkleppen
 - o Maaiveldophoging
 - o Verbeteren werking berging

Door klimaatverandering, verwacht het waterschap hogere afvoeren en intensere buien in de toekomst. Deze klimaattoeslag is meegenomen in de berekeningen en naast dat de huidige inundaties afnemen, wordt ook het effect van deze verhoogde afvoer door de voorgestelde maatregelen beperkt. Op een enkele locatie is een mitigerende maatregel voorgesteld, zoals het ophogen van een perceel om inundaties te voorkomen. Daarnaast blijft op een aantal locaties inundaties bij extreme buien bestaan, zoals in het dal bij Ronckenstein en bovenstrooms van de Vuilbeek. In de hydrologische onderbouwing voor deze locaties een toelichting opgenomen, waaruit blijkt dat de inundaties op deze locaties niet tot schade leidt.

In het project Schelkensbeek 'Water in balans' is het gehele watersysteem herzien om het watersysteem bestand te maken tegen grote afvoeren. Onderdeel van de pilot 'water in balans' is om het watersysteem niet alleen te toetsen op neerslagextremen, maar ook ervoor zorg te dragen dat bij droogte het watersysteem robuust is. Hiervoor is het nodig om teveel water te kunnen bergen en af te voeren en bij lage afvoeren het water vast te houden. In de Schelkensbeek en de andere beken is dit gerealiseerd door tijdens het gehele project aandacht te hebben voor de droogte en mogelijk verdrogende effecten van maatregelen. Daarnaast zijn na de droogteanalyses extra mitigerende maatregelen voorgesteld om verdroging in de Schelkensbeek tegen te gaan door bijvoorbeeld plaatsen van regelbare stuwen.

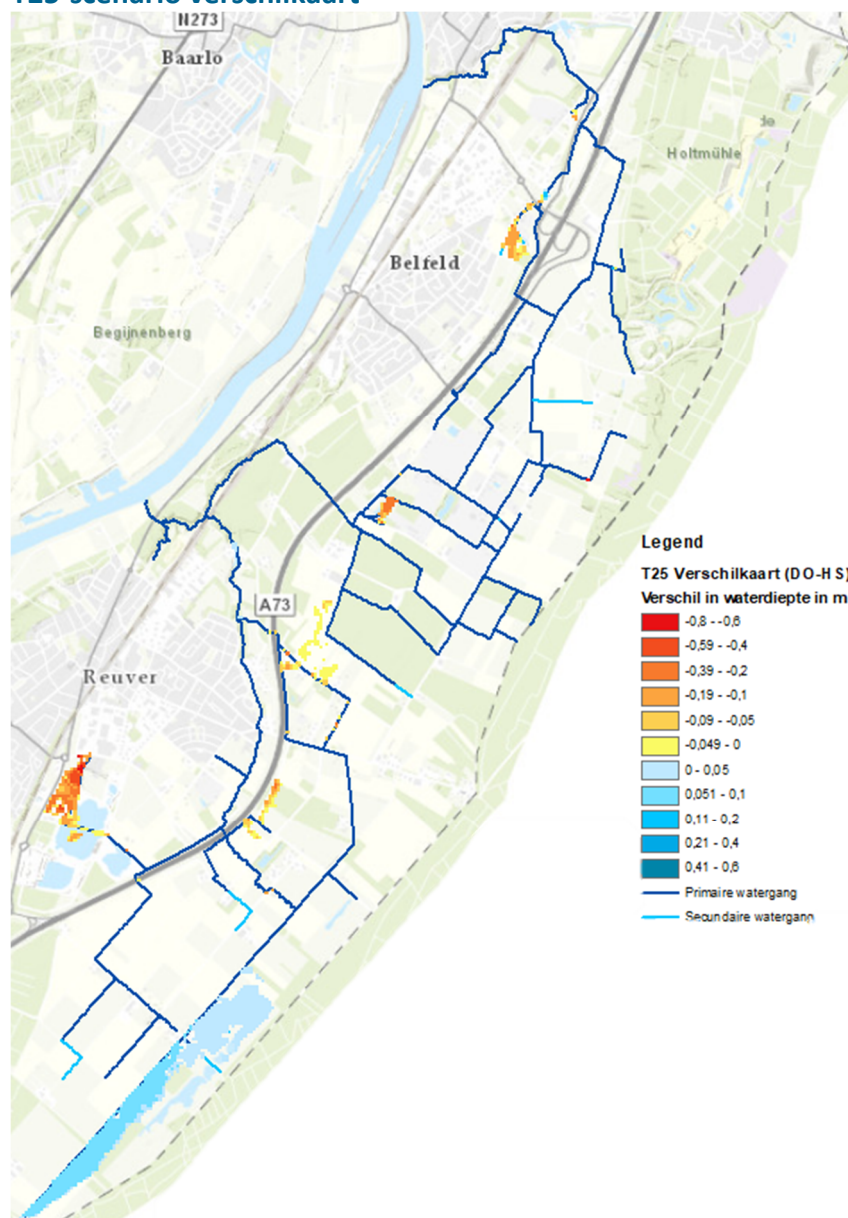
Door dit pilotproject is bereikt dat de Schelkensbeek en het omliggende beekstelsel klimaatrobuust is.

Bijlage 1 Modelkaarten

Bijlage 1 Modelkaarten

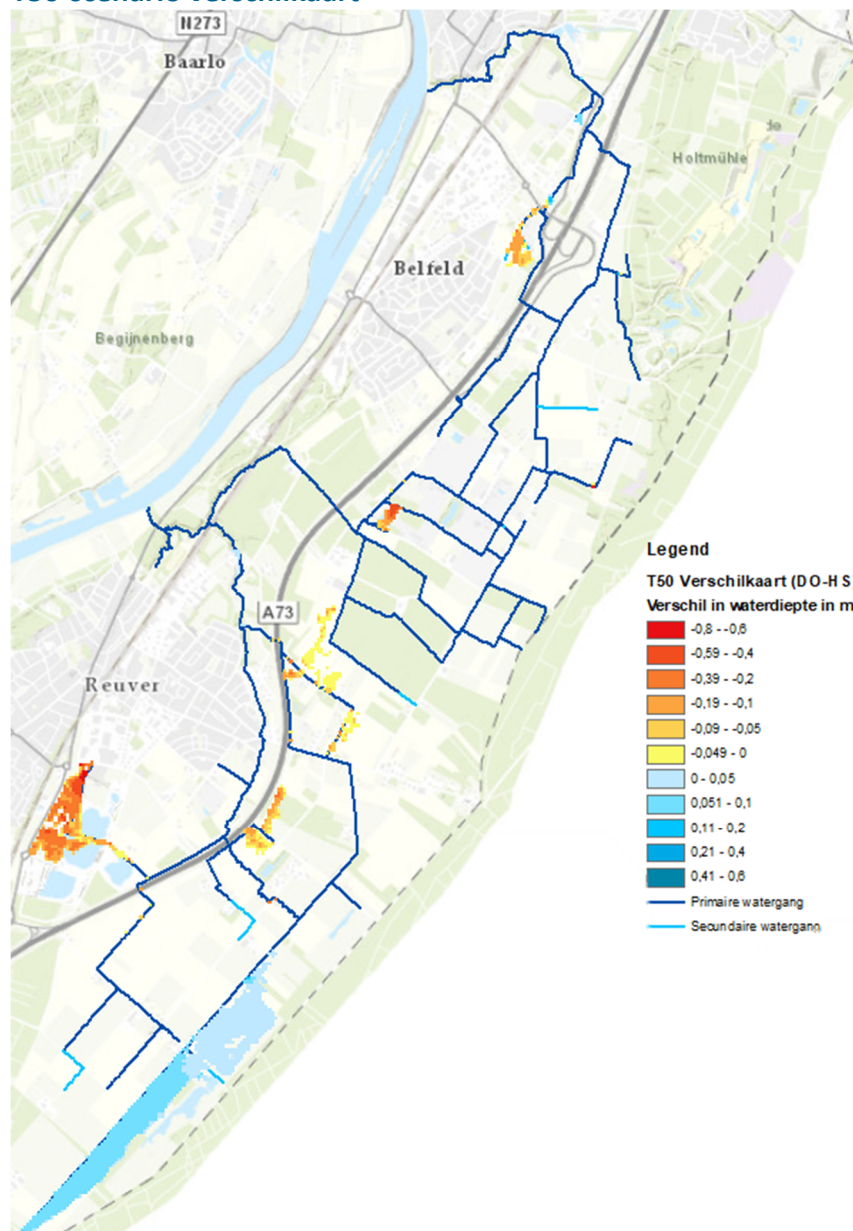
In deze bijlage zijn de inundatiekaarten en de droogleggingskaarten per scenario weergegeven. Dit zijn de onderliggende kaarten voor de verschilkaarten die in het rapport zijn gepresenteerd.

T25-scenario verschilkaart



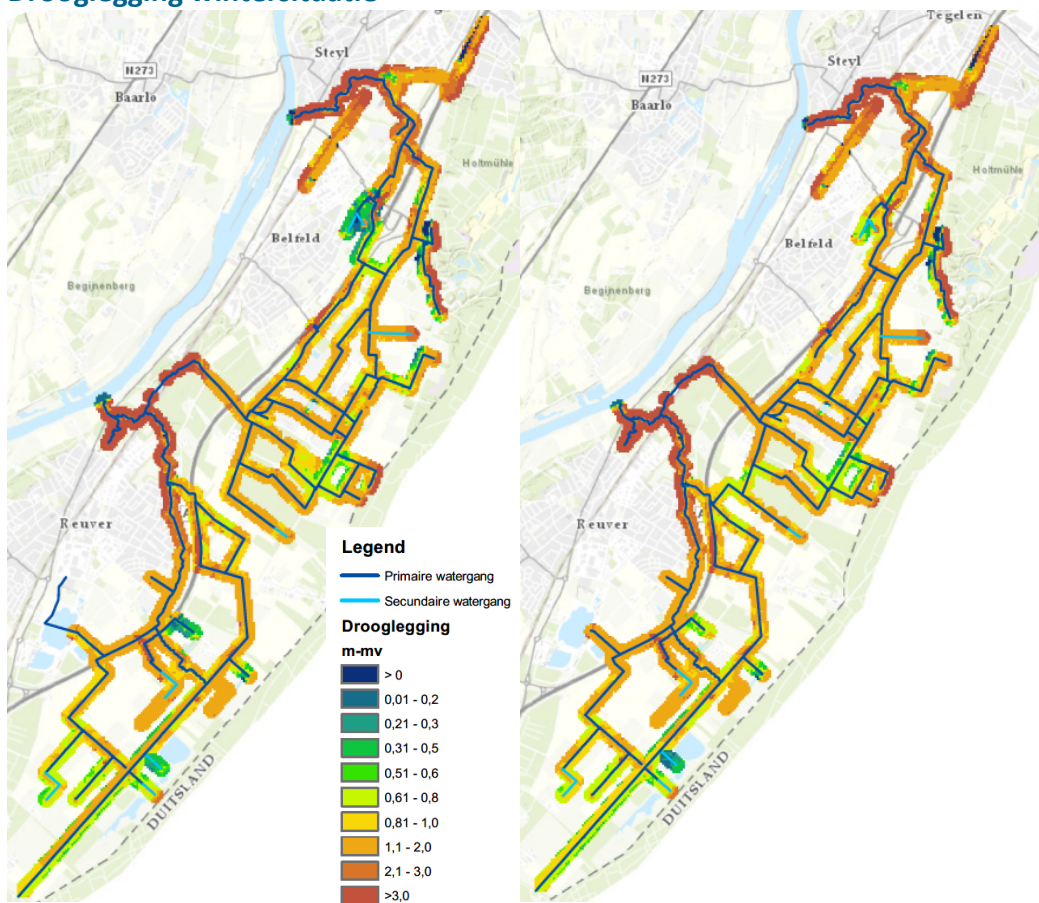
Figuur- A: T25 verschilkaart inundaties, verschil tussen DO en huidige situatie.

T50-scenario verschilkaart



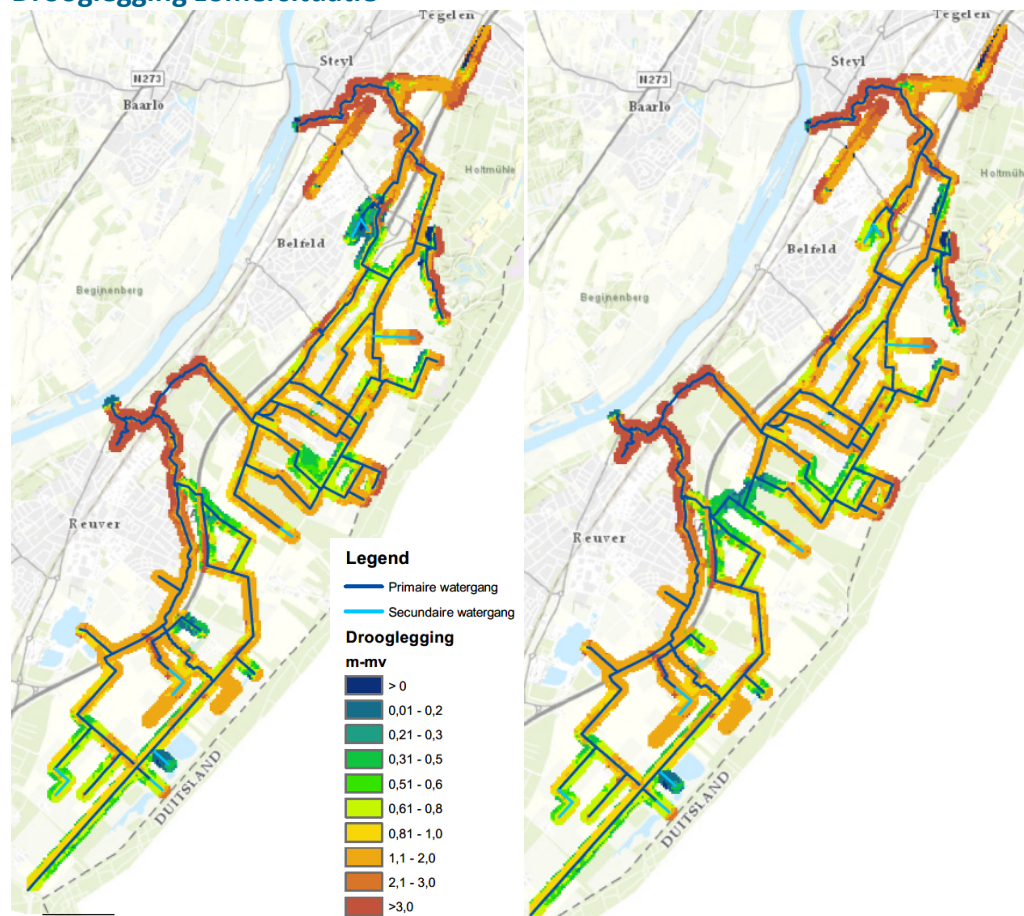
Figuur- B: T25 verschilkaart inundaties, verschil tussen DO en huidige situatie.

Drooglegging wintersituatie



Figuur- C: Drooglegging wintersituatie 0,5 MA; links: huidige situatie; rechts: Definitieve situatie.

Drooglegging zomersituatie



Figuur- D: Drooglegging zomersituatie 0,5 MA; links: zomer 0,5 MA huidige situatie; rechts: zomer 0,5 MA Definitieve situatie.

Over Antea Group

Van stad tot land, van water tot lucht; de adviseurs en ingenieurs van Antea Group dragen in Nederland sinds jaar en dag bij aan onze leefomgeving. We ontwerpen bruggen en wegen, realiseren woonwijken en waterwerken. Maar we zijn ook betrokken bij thema's zoals milieu, veiligheid, assetmanagement en energie. Onder de naam Oranjewoud groeiden we uit tot een allround en onafhankelijk partner voor bedrijfsleven en overheden. Als Antea Group zetten we deze expertise ook mondiaal in. Door hoogwaardige kennis te combineren met een pragmatische aanpak maken we oplossingen haalbaar én uitvoerbaar. Doelgericht, met oog voor duurzaamheid. Op deze manier anticiperen we op de vragen van vandaag en de oplossingen van de toekomst. Al meer dan 60 jaar.

Contactgegevens

Beneluxweg 125
4904 SJ OOSTERHOUT
Postbus 40
4900 AA OOSTERHOUT

E. arjan.vanbeek@anteagroup.com

www.anteagroup.nl

Copyright © 2019

Niets uit deze uitgave mag worden
verveelvoudigd en/of openbaar worden
gemaakt door middel van druk, fotokopie,
elektronisch of op welke wijze dan ook,
zonder schriftelijke toestemming van de
auteurs.