



HYDROLOGISCH ONDERZOEK HUILBEEK

ONDERZOEK NAAR VOORGENOMEN WIJZIGINGEN VAN HET OPPERVLAKTE WATER

Opdrachtgever:	Waterschap Limburg
Projectnr:	WSL026
Datum:	15 juli 2021

HYDROLOGISCH ONDERZOEK HUILBEEK

ONDERZOEK NAAR VOORGENOMEN WIJZIGINGEN VAN HET OPPERVLAKE WATER

Opdrachtgever: Waterschap Limburg
Projectnr: WSL026
Rapportnr: 1
Status: Definitief
Datum: 15 juli 2021

Opsteller:
C.Cluitmans

Verificatie:
B.Deuss

Validatie:
G. van Hulzen

T 088 - 33 66 333
F 088 - 33 66 099
E info@kragten.nl



© 2019 Kragten
Niets uit dit rapport mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van Kragten. Het is tevens verboden informatie en kennis verwerkt in dit rapport ter beschikking te stellen aan derden of op andere wijze toe te passen dan waaraan in de overeenkomst toestemming wordt verleend.



INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	7
2	GEVOELIGHEIDSANALYSE EN KALIBRATIE	9
2.1	Aanpassingen aan het model	9
2.2	Gevoeligheidsanalyse	9
2.2.1	Zomersituatie	10
2.2.2	Wintersituatie	10
2.2.3	Maatgevende afvoer (T1), T25 en T100 zonder stedelijke afvoer	10
2.3	Kalibratie	12
2.3.1	De meetreeks	12
2.3.2	Winter- en zomerafvoer	12
2.3.3	De piekafvoeren	14
2.3.3.1	Implementatie van de overstorten	15
2.3.3.2	Te hanteren buien	15
2.3.3.3	Resultaten kalibratie piekafvoeren	16
3	REFERENTIESITUATIE	17
3.1	Waterstanden & afvoeren	17
3.2	Drooglegging	18
4	DEFINITIEF ONTWERP	21
4.1	Belangrijkste wijzigingen DO in implementatie binnen SOBEK	21
4.1.1	Deelgebied I: Beesels Broek – optimalisatie hydrologische randvoorwaarden	21
4.1.2	Deelgebied II: Schansweg t/m overkluizing	23
4.1.3	Deelgebied III: Overkluizing t/m verlegde dijk	23
4.1.4	Deelgebied IV: verlegde dijk t/m monding	24
4.1.5	Cases in SOBEK	25
4.2	Resultaten	25
4.2.1	Jaarlijkse waterpeilen	25
4.2.2	Piekafvoeren (2D inundatie)	25
4.2.3	Drooglegging	28
5	CONCLUSIE	29
5.1	Waterpeilen	29
5.2	Piekafvoeren	29
5.3	Drooglegging	29

BIJLAGEN

B1	DROOGLEGGINGSKAARTEN REFERENTIESITUATIE
B2	DEFINITIEF ONTWERP
B3	WATERPEILEN REFERENTIE
B4	WATERPEILEN DO
B5	2D INUNDATIE BEELDEN
B5.1	T1 Referentiesituatie
B5.2	T25 Referentiesituatie
B5.3	T100 Referentiesituatie
B5.4	T1 DO situatie
B5.5	T25 DO situatie

TABELLEN

Tabel 1. Afvoer en waterstanden op vier locaties in de Huilbeek voor zomer (Zo), winter (Wi) en T1.....	18
Tabel 2. Stroomsnelheden op vier locaties in de Huilbeek.	18

AFBEELDINGEN

Afbeelding 1. Locatie van instabiliteit in het ZOMO1a00.lit model (blauwe ovaal).....	9
Afbeelding 2. Locaties van de driemeetpunten langs de Huilbeek.....	10
Afbeelding 3. Gemeten waterstanden (in meter t.o.v. NAP) bij Beekherstel 5, afgezet tegen berekende waterstanden (in meter t.o.v. NAP).....	11
Afbeelding 4. Gemeten waterstanden (in meter t.o.v. NAP) bij Beekherstel 3, afgezet tegen berekende waterstanden (in meter t.o.v. NAP).....	11
Afbeelding 5. Gemeten waterstanden (in meter t.o.v. NAP) bij Beekherstel 4, afgezet tegen berekende waterstanden (in meter t.o.v. NAP).....	12
Afbeelding 6. Gemeten waterstanden (in meter t.o.v. NAP) bij Beekherstel 5, afgezet tegen berekende waterstanden (in meter t.o.v. NAP) voor de zomerafvoer en de winterafvoer. 13	
Afbeelding 7. Gemeten waterstanden (in meter t.o.v. NAP) bij Beekherstel 3, afgezet tegen berekende waterstanden (in meter t.o.v. NAP) voor de zomerafvoer en de winterafvoer. 13	
Afbeelding 8. Gemeten waterstanden (in meter t.o.v. NAP) bij Beekherstel 4, afgezet tegen berekende waterstanden (in meter t.o.v. NAP) voor de zomerafvoer en de winterafvoer. 14	
Afbeelding 9. Locaties van de riooloverstorten die lozen op de Huilbeek.	15
Afbeelding 10. De gehanteerde buien voor de modellering van de stedelijke afvoer op de Huilbeek.....	16
Afbeelding 11. Locaties afvoer en waterstanden in huidige situatie.....	17
Afbeelding 12. Droogleggingskaarten voor de referentie zomer- en wintersituatie.....	19
Afbeelding 13. Toelichting over peilbeheer, grondwater en grondgebruik uit het Waterbeheerplan 2016-2021 van Waterschap Limburg.....	19
Afbeelding 14. Opdeling van projectgebied in deelgebieden ten behoeve van de beschrijving van de wijzigingen in de Huilbeek.	21
Afbeelding 15. Wijzigingen voorzien in Deelgebied I - Beesels Broek (bron afbeelding: Projectplan Waterwet Huilbeek).....	22
Afbeelding 16. Principeprofiel van nieuwe hoofdgeul aan westzijde Beesels Broek.....	22
Afbeelding 17. Omlegging van de Huilbeek ter plaatse van de voorziene groene buffer. Links de referentiesituatie en rechts de DO-situatie in SOBEK.....	23
Afbeelding 18. Principeprofiel van de verlegde Huilbeek.	24
Afbeelding 19. Verschil in 2D grid in referentiesituatie (links) en in DO-situatie (rechts).	24
Afbeelding 20. NBW-normering zoals vastgelegd in de Provinciale Omgevingsverordening Limburg (bron: polviewer.nl).	26
Afbeelding 21. Inundatiebeelden van T1 stedelijk-landelijk: referentiesituatie (links) en DO-situatie (rechts).....	27
Afbeelding 22. Inundatiebeelden van T25 stedelijk-landelijk: referentiesituatie (links) en DO-situatie (rechts).....	27
Afbeelding 23. Inundatiebeelden van T100 stedelijk-landelijk: referentiesituatie (links) en DO-situatie (rechts).....	28

1 INLEIDING

De Huilbeek bij Beesel voldoet op dit moment niet aan het beeld dat het waterschap voor ogen heeft, namelijk dat van 'robuust watersysteem'. De ecologie moet hiervoor verbeterd worden. Daarbij komt dat er meerdere ontwikkelingen in en rondom Beesel spelen die invloed hebben op de Huilbeek. Dit creëert de noodzaak om de Huilbeek herin te richten. In deze rapportage wordt het hydrologisch onderzoek toegelicht dat uitgevoerd is in het kader van deze herinrichting.

Diverse aspecten hebben geleid tot noodzaak van herinrichting. Vanuit de provincie staat de beek aangemerkt als 'Natuurbeek' (1). Het streven is om de beek zoveel mogelijk te laten voldoen aan het bijbehorende KRW streefbeeld (type R4). Daarnaast ligt de bovenloop van de beek in de natte natuurschap 'Beesels Broek' (2). De bovenloop van de Huilbeek moet echter aangepast worden om het herstel van deze natte natuurschap te bevorderen. Zo gaat het waterschap bijvoorbeeld een kwelgeul realiseren. Deze wordt gerealiseerd in het kader van 'convenant herstel beekmondingen' dat als doel heeft dat Rijkswaterstaat en waterschap samen werken aan de verbetering van het winterbed van KRW-lichaam Maas, door de beken daar aan te pakken. Benedenstrooms van Beesel wordt ter verbetering van het stedelijke watersysteem (riolering) een groene berging aangelegd (3). Deze berging zorgt ervoor dat het stedelijk watersysteem beter kan functioneren en dat het landelijke watersysteem (zijnde de beek) minder belast wordt. De groene berging moet ingepast worden in het landelijke watersysteem. Dit houdt ook in dat de Huilbeek ter plaatse van deze geplande berging verlegd moet worden. Aanvullend op al deze ontwikkelingen vindt rondom Beesel dijkverbetering plaats (4). Het bestaande dijktraject wordt opgehoogd en deels verlegd. Tussen Beesels Broek en Beesel wordt een nieuwe dijk aangelegd die overstroming van Beesel via de 'achterdeur' moet voorkomen. De Huilbeek zal zowel deze nieuwe dijk, als de te verleggen dijk kruisen.

Doelstelling is te komen tot een aanpak van het gehele stroomgebied van de Huilbeek waarin alle opgaven met betrekking tot natuur, klimaat, veiligheid, waterkwaliteit en ruimtelijke kwaliteit door middel van een integrale aanpak worden opgelost. Een beekdal dat:

- ecologisch hoogwaardig is ingericht conform de doelstellingen uit het Provinciaal Waterplan;
- die zowel klimaat- als onderhoudsproof is;
- voldoet aan het KRW streefbeeld;
- voldoet aan de (hydrologische) eisen die de landbouw stelt, maar;
- ook een aantrekkelijke omgeving biedt voor andere bewoners en recreanten.

Kortom, een robuust watersysteem.

In Hoofdstuk 2 wordt het door het waterschap aangeleverde model besproken. Hierin wordt toegelicht hoe deze gekalibreerd is en hoe gekomen is tot de verschillende referentiesituaties die gebruikt zijn om het definitief ontwerp aan te toetsen. In Hoofdstuk 3 worden de resultaten van de referentiesituatie toegelicht. In Hoofdstuk 4 komt vervolgens het hydrologisch onderzoek naar het definitief ontwerp aan bod.

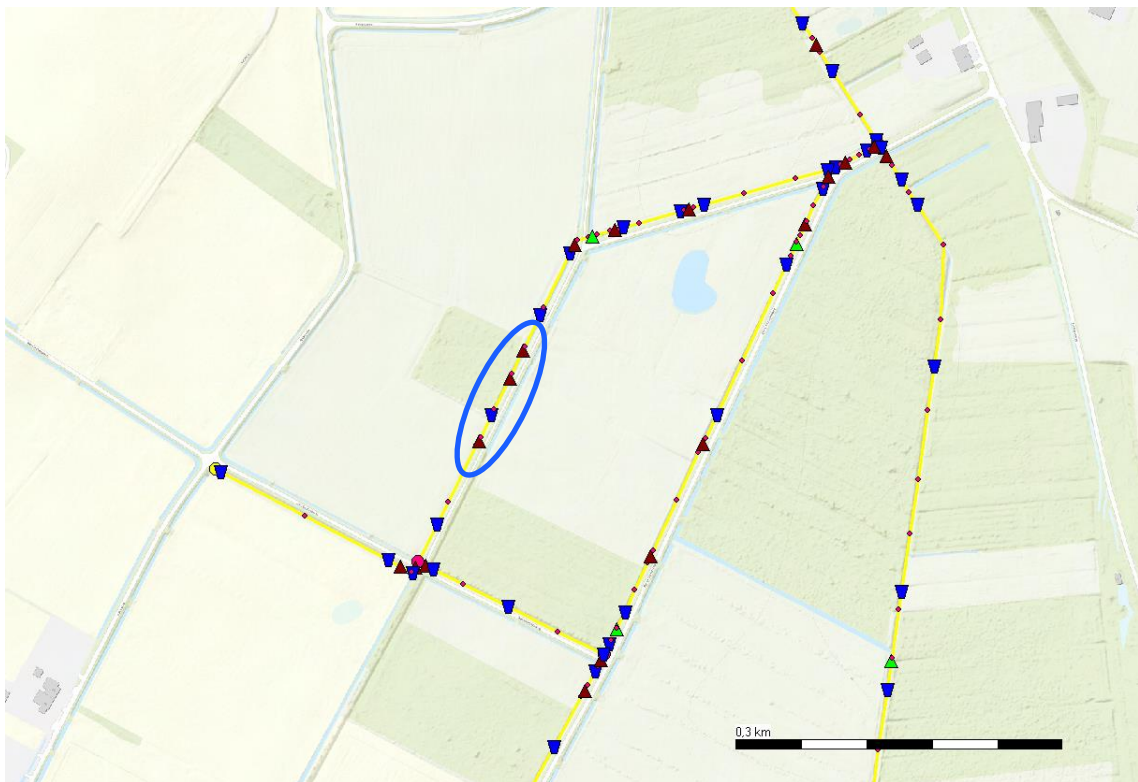
2 GEVOELIGHEIDSANALYSE EN KALIBRATIE

In dit hoofdstuk worden aanpassingen aan het model, de gevoeligheidsanalyse en het kalibratieproces voor het hydrologisch model beschreven.

2.1 Aanpassingen aan het model

Door het waterschap is het ZOM01a00.lit model aangeleverd. Het model is voor het onderzoek aangepast. Om de rekentijd te verkorten is de Teutenbeek verwijderd. Daarnaast is in het kader van de gevoeligheidsanalyse de weerstand aangepast (zie paragraaf 2.2).

Bij testberekeningen is gebleken dat het model een instabiliteit heeft. Deze instabiliteit bevindt zich ter plaatse van onderstaande duikers (zie Afbeelding 1). Rondom de duikers D_HUI-2369, D_HUI-2370, D_HUI-2371 en HUI-2373D heeft SOBEK moeite om tot een stabiele waterstand te komen, hierdoor kan het zijn dat het model crasht. De duikers liggen hier tegen het verhang in, met andere woorden, lopen van boven- naar benedenstrooms gezien iedere keer omhoog. Om deze instabiliteit op te lossen is het afschot gelijk gelegd aan de bodem (in SOBEK draagt deze als casenaam '210615-Kragten-winter_HS_val5_ks=15 (stabiell)').



Afbeelding 1. Locatie van instabiliteit in het ZOM01a00.lit model (blauwe ovaal).

2.2 Gevoeligheidsanalyse

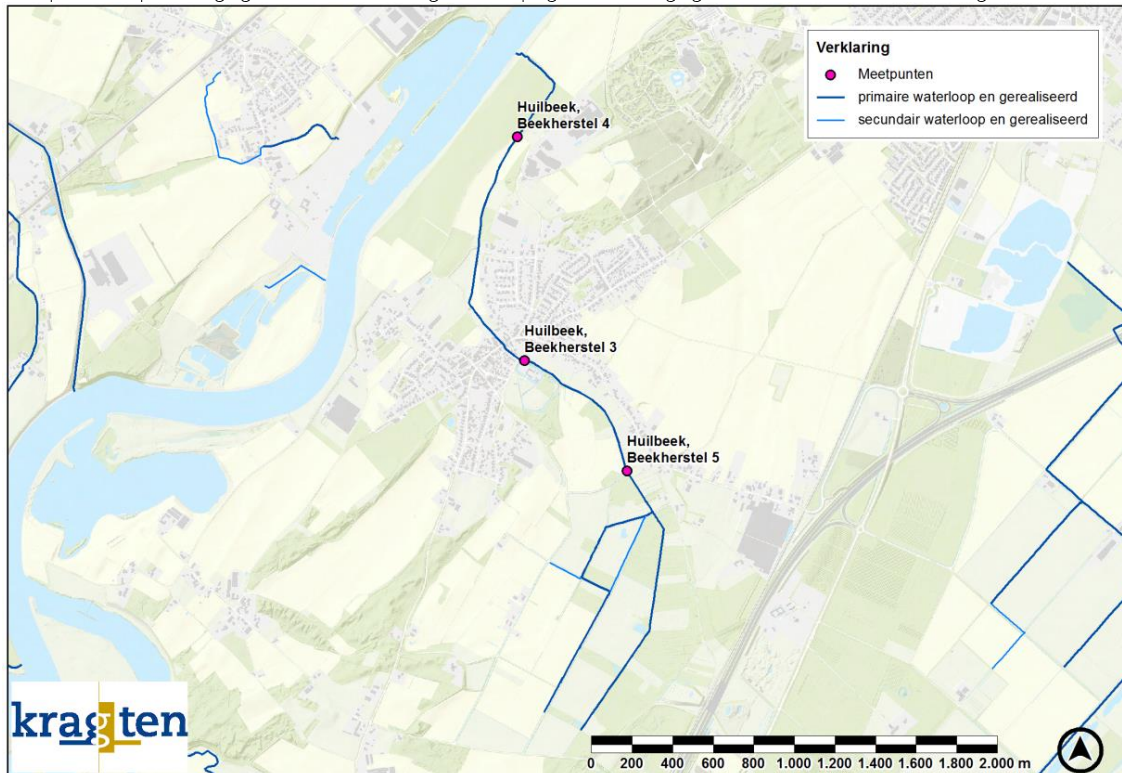
De gevoeligheidsanalyse is uitgevoerd op de weerstand. Hier zijn drie verschillende waarden voor gehanteerd in drie verschillende bijbehorende cases:

- 20191104-Kragten-winter_HS_val5_ks=25: een strickler waarde (k_s) van $25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$;
- 20191104-Kragten-winter_HS_val5_ks=20: een strickler waarde (k_s) van $20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$;
- 20191127-Kragten-winter_HS_val5_ks=15: een strickler waarde (k_s) van $15 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

Op basis van de maatgevende afvoer zijn de volgende afleidingen gemaakt voor de terugkeertijden:

- Zomersituatie: 30% van de maatgevende afvoer;
- Wintersituatie: 50% van de maatgevende afvoer;
- T1: maatgevende afvoer;
- T25: 200% van de maatgevende afvoer;
- T100: 250% van de maatgevende afvoer.

Voor de zomersituatie is bewust 30% maatgevende afvoer gekozen in plaats van 20%. Dit omdat 20% leidt tot een onderschatting van de waterstanden (gekeken naar de drie meetpunten zie Afbeelding 2). Van drie meetpunten zijn de waterstandsgegevens beschikbaar van de periode 2016-2019. De locaties van deze meetpunten zijn weergegeven in Afbeelding 2. Er zijn geen afvoergegevens beschikbaar van het gebied.



Afbeelding 2. Locaties van de driemeetpunten langs de Huilbeek.

De gemeten waterstanden zijn per meetpunt afgezet tegen de waterstanden berekend met de gevoeligheidsanalyse. Deze zijn weergegeven in respectievelijk Afbeelding 3, Afbeelding 4 en Afbeelding 5 (in volgorde van bovenstrooms naar benedenstrooms). Per afvoergroep zijn de zelfde kleuren gehanteerd. Dat wil zeggen dat bijvoorbeeld voor 30% van de maatgevende afvoer (30% MA) voor de verschillende weerstanden donker rood naar licht rood is gehanteerd.

2.2.1 Zomersituatie

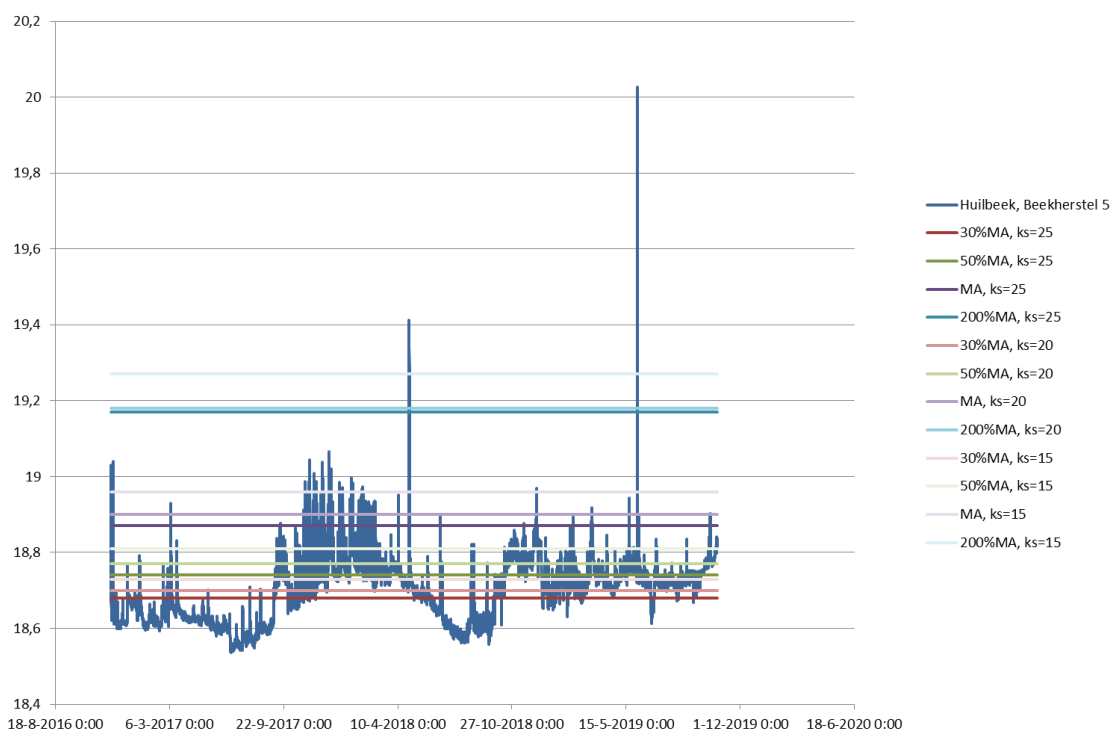
30% MA met een k_s van $15 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ lijkt een goede aanname te zijn voor alle drie de meetpunten.

2.2.2 Wintersituatie

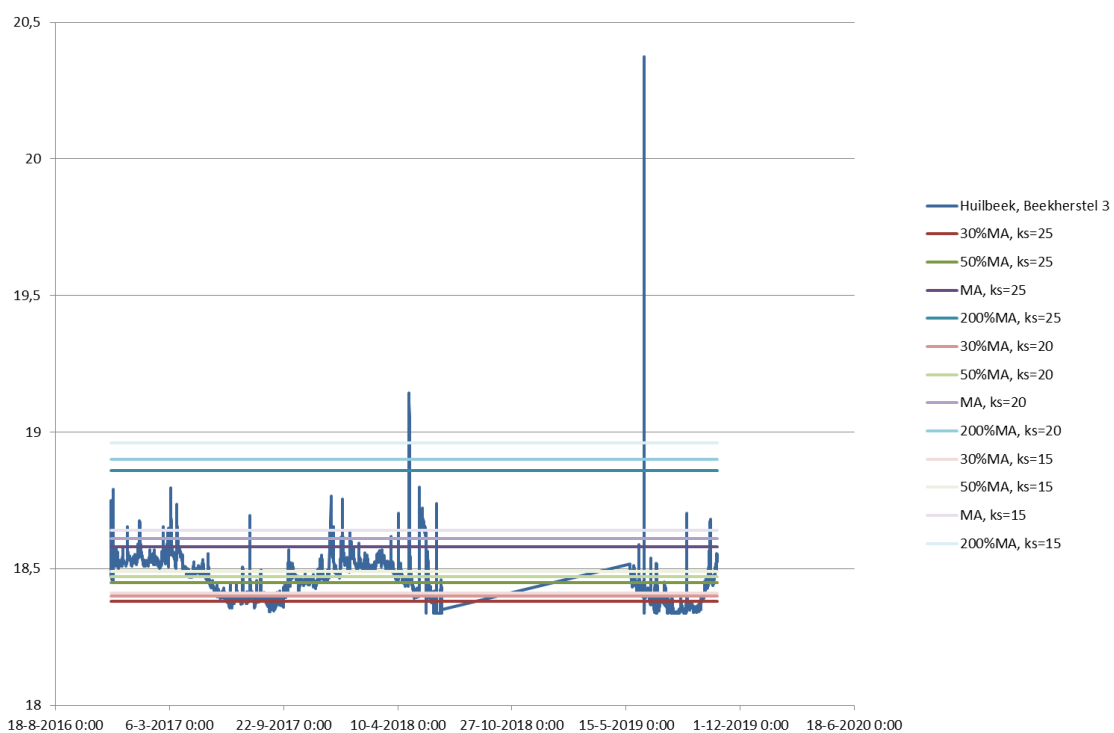
Voor 50% MA lijkt er geen weerstand te zijn die representatief is voor alle drie de meetpunten. Zo lijkt voor Beekherstel 5 $k_s=20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ een goede weerstand te zijn. Voor Beekherstel 3 is een $k_s = 15 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ een net te lage schatting en voor Beekherstel 4 lijken alle drie de weerstanden een onderschatting te zijn.

2.2.3 Maatgevende afvoer (T1), T25 en T100 zonder stedelijke afvoer

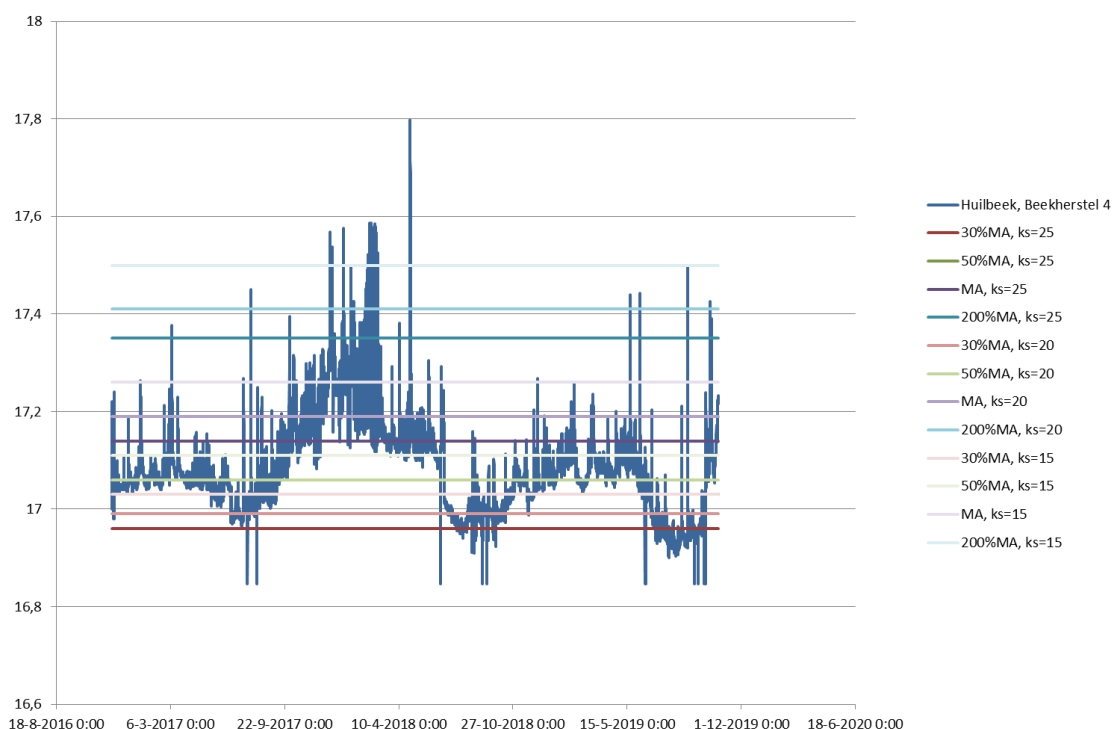
Qua maatgevende afvoer lijkt bij de laagste weerstand bij Beekherstel 5 nog een onderschatting te zijn. Bij Beekherstel 3 is de laagste weerstand nog steeds een onderschatting. Het zelfde geldt voor Beekherstel 4. Voor de maatgevende afvoer is echter nog geen rekening gehouden met riooloverstorten. Zie onderdeel kalibratie hieronder voor een voorstel hoe met de T1, T25 en T100 om te gaan.



Afbeelding 3. Gemeten waterstanden (in meter t.o.v. NAP) bij Beekherstel 5, afgezet tegen berekende waterstanden (in meter t.o.v. NAP).



Afbeelding 4. Gemeten waterstanden (in meter t.o.v. NAP) bij Beekherstel 3, afgezet tegen berekende waterstanden (in meter t.o.v. NAP).



Afbeelding 5. Gemeten waterstanden (in meter t.o.v. NAP) bij Beekherstel 4, afgezet tegen berekende waterstanden (in meter t.o.v. NAP).

2.3 Kalibratie

Voor de kalibratie geldt dat het model maar met beperkte middelen gekalibreerd kan worden. Van de beek zijn op drie locaties waterstandmetingen beschikbaar. Idealiter gebruikt men afvoergegevens (m^3/s) voor het kalibreren van een model. Bij dergelijke gegevens maakt het minder uit wat de geometrie van de beek is, aangezien het watervolume per tijdseenheid al bekend is. Bij het gebruik van waterstandsgegevens heeft men dus zowel de complicatie dat er onzekerheden zijn omtrent de volume, als de complicatie dat niet bekend is hoe dit volume zich verhoudt tot de tijd.

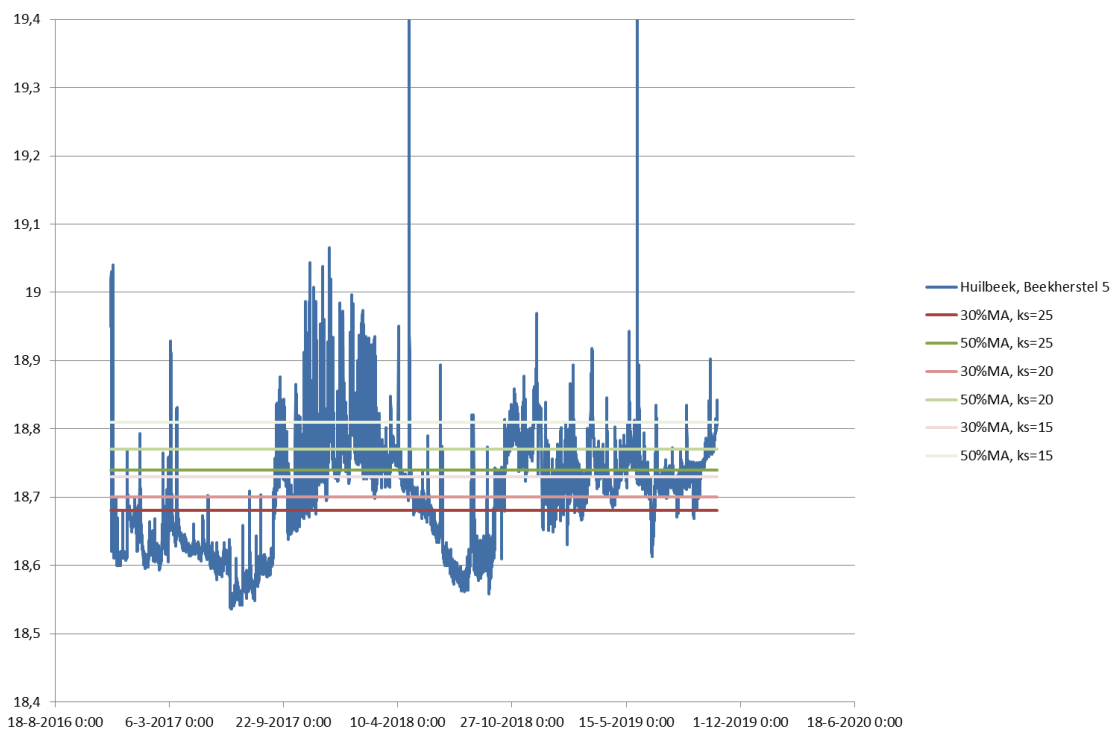
Het door het waterschap aangeleverde model betreft een semistationair model dat de landelijke afvoer representeert. Voor één representatieve situatie (bijvoorbeeld zomerafvoer of een T25 winter piekafvoer), wordt één vaste afvoer aangehouden en geen afvoergolf. Dit betekent dus ook dat een vaste waterstand berekend wordt per locatie en per afvoersituatie (en dus ook bij de waterstandsmeeptpunten) in het model. De waterstandsmetingen die in de Huilbeek verricht zijn, zijn daarentegen dynamisch. Ze variëren over de tijd. Vanwege deze discrepantie in de aard van de gegevens (model versus metingen) is er voor gekozen om de kalibratie visueel te doen. De waterstanden worden per situatie afgezet tegen de gehele meetreeks, om zo mede op basis van expert judgement te kijken of de berekende waterstanden representatief geacht kunnen worden.

2.3.1 De meetreeks

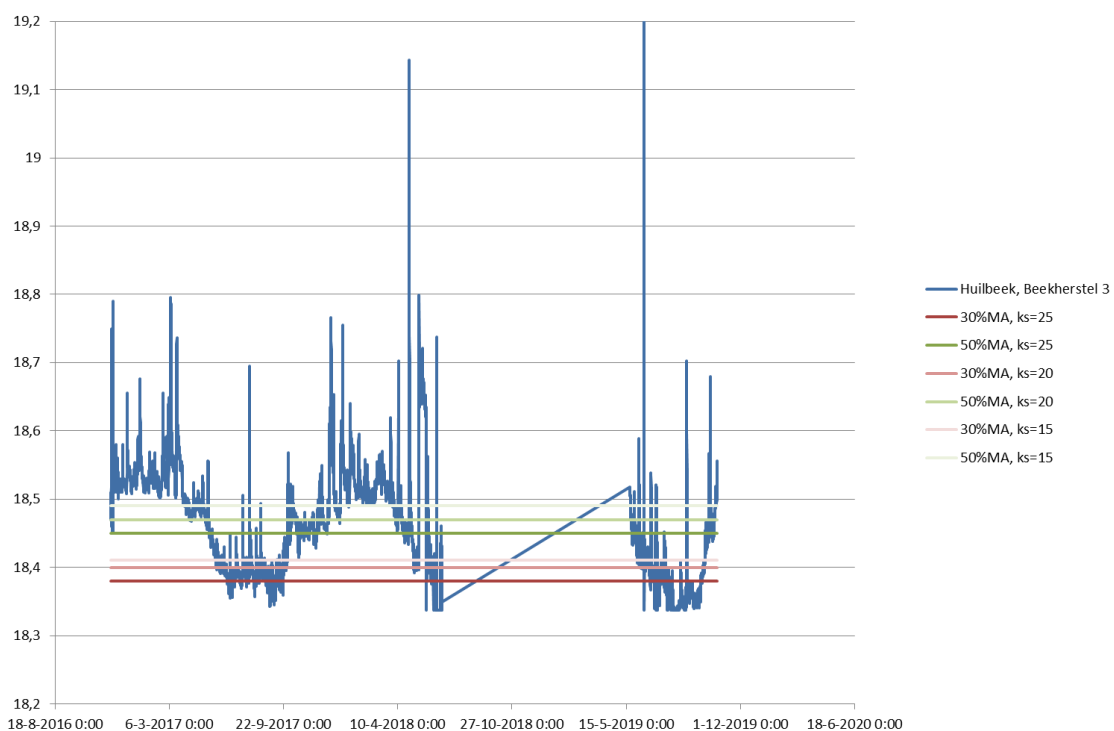
De meetreeks loopt van de periode eind 2016/ begin 2017 tot en met 2019. Dit betekent dat de twee (uitzonderlijk) droge jaren van 2018 en 2019 een belangrijk onderdeel uitmaken van de metingen (twee van de drie beschikbare jaren). Bij de visuele beoordeling van de berekende waarden is hier rekening mee gehouden.

2.3.2 Winter- en zomerafvoer

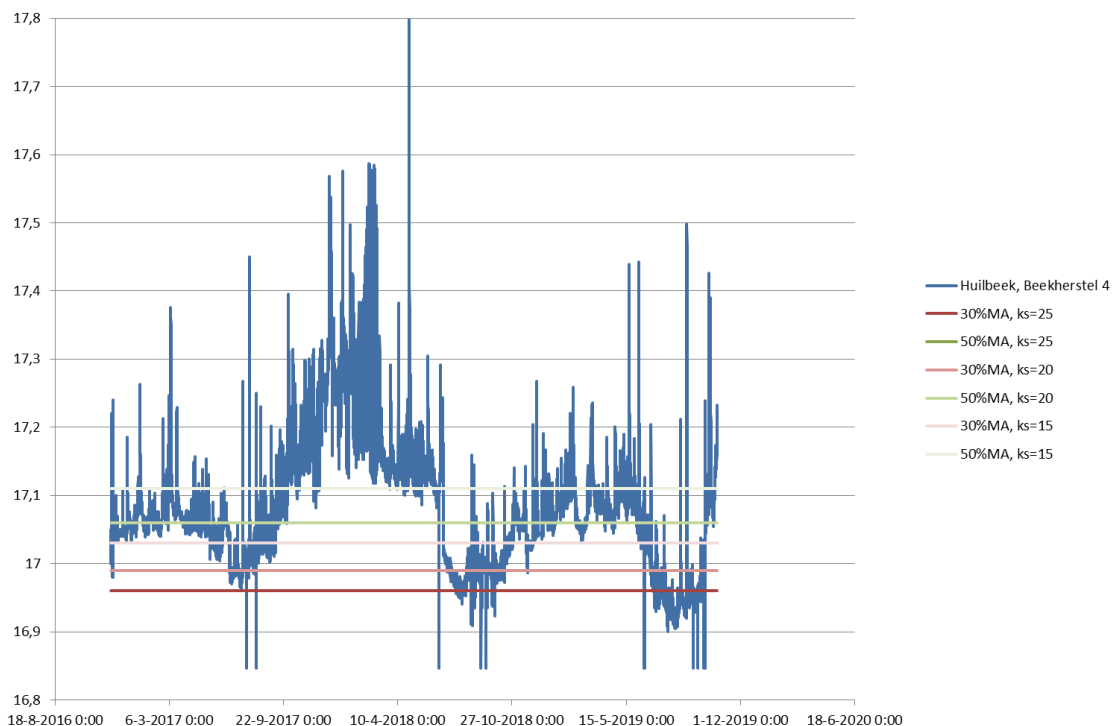
Voor de zomer- en winterafvoer is de gevoeligheidsanalyse gebruikt om een weerstand te kiezen die de waterstanden het beste laat overeenkomen met de zomer- en de winterafvoer. Visuele beoordeling leidt tot de keuze voor een weerstand van $k_s = 15 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. Deze keuze voor de weerstand is met het waterschap afgestemd (A.Soetens, 07-01-2020).



Afbeelding 6. Gemeten waterstanden (in meter t.o.v. NAP) bij Beekherstel 5, afgezet tegen berekende waterstanden (in meter t.o.v. NAP) voor de zomerafvoer en de winterafvoer.



Afbeelding 7. Gemeten waterstanden (in meter t.o.v. NAP) bij Beekherstel 3, afgezet tegen berekende waterstanden (in meter t.o.v. NAP) voor de zomerafvoer en de winterafvoer.

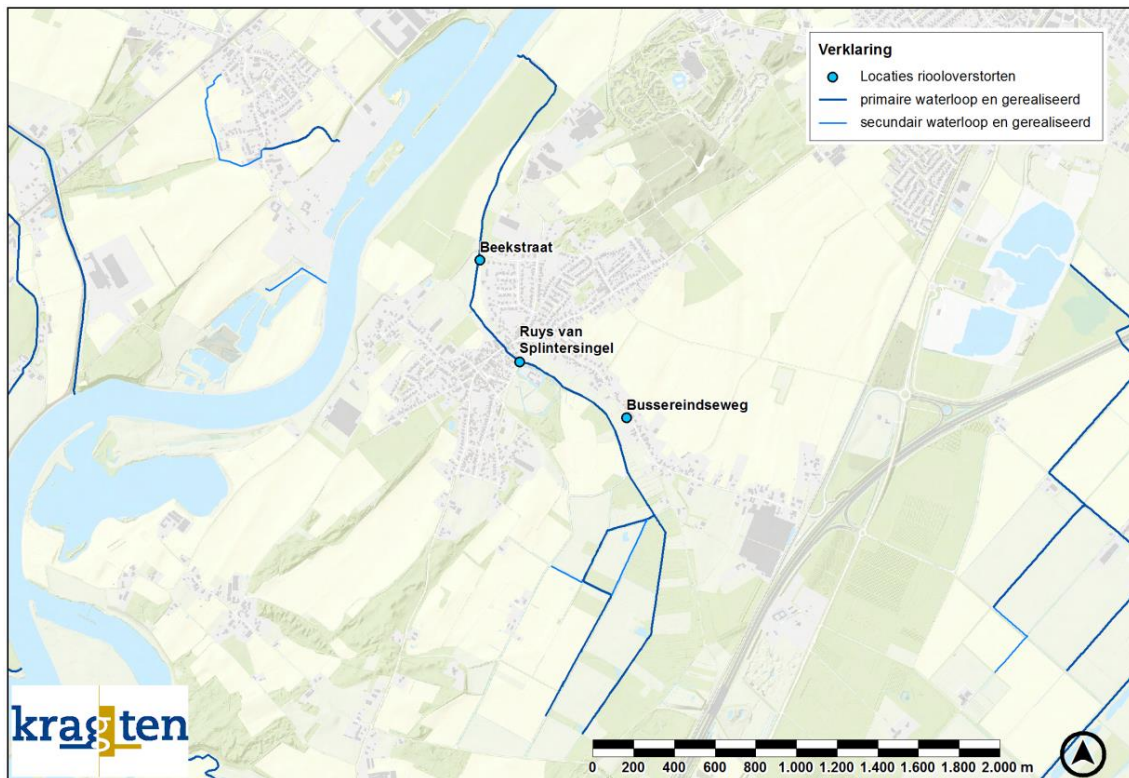


Afbeelding 8. Gemeten waterstanden (in meter t.o.v. NAP) bij Beekherstel 4, afgezet tegen berekende waterstanden (in meter t.o.v. NAP) voor de zomerafvoer en de winterafvoer.

2.3.3 De piekafvoeren

De piekafvoeren die nader beschouwd worden voor het onderzoek betreffen de situaties T1, T25 en T100. Volgens het document 'Werkwijzen hydrologie binnen projecten' dat opgesteld is door Waterschap Limburg, moet voor de NBW-toetsing de zomersituatie getoetst worden op basis van een dynamische golf. Zo kan rekening gehouden worden met de stedelijke afvoer (overstorten). Hierbij is de aanpak van het waterschap dat bovenop een stationaire landelijke afvoer van 50% van de maatgevende afvoer een dynamische golf komt die een T1, T25 of T100 situatie representeert.

Het bestaande model is nog niet geschikt voor het doorrekenen van deze piekafvoeren. Dit komt doordat de stedelijke afvoer in de vorm van drie overstorten nog niet aanwezig is in het model. De semi-stationaire afvoer van het model representeert de landelijke afvoer. Het drietal overstorten is weergegeven in Afbeelding 9. Van deze overstorten zijn gegevens zoals afvoerend oppervlak, drempelhoogten, stelselberging en randvoorzieningen bekend. Ook is bekend dat ze meerdere keren per jaar kunnen overstorten.



Afbeelding 9. Locaties van de riooloverstorten die lozen op de Huilbeek.

2.3.3.1 Implementatie van de overstorten

In samenspraak met het waterschap (A. Soetens) is ervoor gekozen om voor de piekafvoeren aparte cases op te stellen waarin de overstorten als RR-paved rekenknopen zijn ingevoegd. Aan deze rekenknopen is vervolgens het verhard oppervlak gekoppeld afkomstig uit het Basisrioleringsplan (BRP) van Beesel. Daarnaast hebben deze RR-paved knopen een bepaalde mate aan berging gekregen. Deze berging wordt uitgedrukt in millimeters en is een optelsom van de stelselberging en eventuele randvoorzieningen. In het geval van Beesel heeft alleen het rioolstelsel bij de Beekstraat een randvoorziening die 4 millimeter berging heeft. De berging per overstort is hieronder weergegeven. De gegevens zijn afkomstig uit het BRP voor Beesel:

- Bussereindseweg: 4 millimeter (stelselberging);
- Ruys van Splintersingel: 5,1 millimeter (stelselberging);
- Beekstraat: 12,8 millimeter (stelselberging plus randvoorziening).

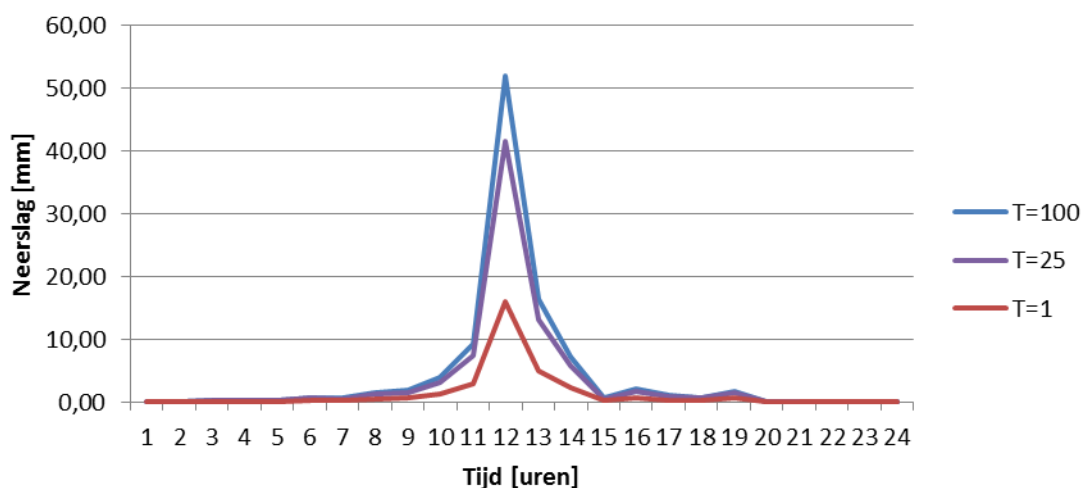
Naast deze berging is ook rekening gehouden in de RR-paved knopen met een pompovercapaciteit (POC) van 0,7 millimeter per uur.

De RR-paved knopen lozen in het model ter hoogte van de overstorten op de Huilbeek.

2.3.3.2 Te hanteren buien

Om tot een dynamische afvoer vanuit stedelijk gebied te komen moeten buien op de RR-paved knopen gezet worden die een T1, T25 of T100 situatie representeren.

Voor de T25 en T100 heeft het waterschap buien aangeleverd. De T25 bui heeft bij een verwacht 2050 klimaat een cumulatieve neerslag van 80 millimeter. De T100 heeft in een dergelijke situatie een cumulatieve neerslaghoeveelheid van 100 millimeter. Deze cumulatieve hoeveelheden zijn vervolgens op basis van een verdeelsleutel verdeeld over 24 uur. In Afbeelding 10 zijn deze buien weergegeven. In deze grafiek is ook een T1 bui weergegeven. Hieronder wordt toegelicht hoe deze tot stand is gekomen.



Afbeelding 10. De gehanteerde buien voor de modellering van de stedelijke afvoer op de Huilbeek.

Voor de T1 is de cumulatieve neerslag gehanteerd voor een T1 die valt binnen 12 uur uit tabel 2 van het STOWA rapport Neerslagstatistieken Voor Korte Duren (actualisatie 2018; pagina 23). Deze heeft een cumulatieve hoeveelheid van 30,5 millimeter. Deze hoeveelheid is vervolgens met dezelfde verdeelsleutel die gehanteerd is voor de T25 en T100 verdeeld over 24 uur.

2.3.3.3 Resultaten kalibratie piekafvoeren

Voor de Huilbeek zijn berekeningen gemaakt voor de drie herhalingstijden met een landelijke afvoer van 50% MA. Hiervoor zijn de volgende cases opgesteld binnen het SOBEK model:

- 210615-Kragten-wi_HS_val5_ks=15_overstort_T1 (50%MA) 2D: een T1 situatie met een basis landelijke afvoer van 50% van de maatgevende afvoer;
- 210615-Kragten-wi_HS_val5_ks=15_overstort_T25 (50%MA) 2D: een T25 situatie met een basis landelijke afvoer van 50% van de maatgevende afvoer;
- 210611-Kragten-wi_HS_val5_ks=15_overstort_T100 (50%MA) 2D: een T100 situatie met een basis landelijke afvoer van 50% van de maatgevende afvoer;

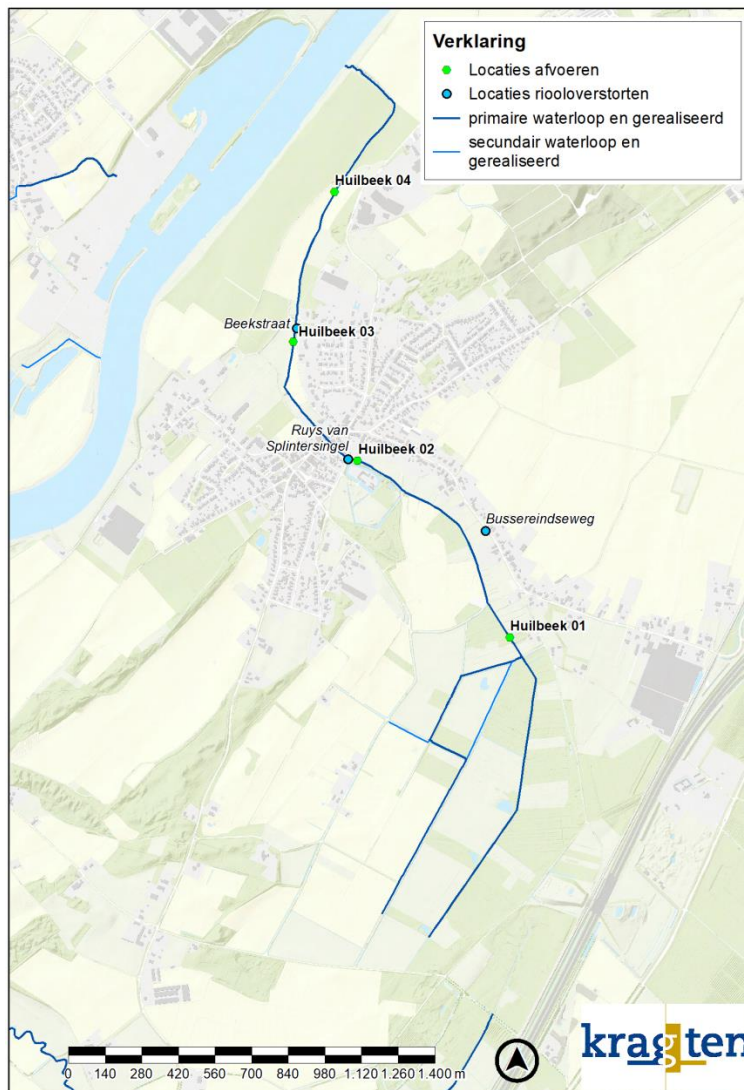
Om inundatie als gevolg van de piekafvoeren in kaart te kunnen brengen, is een 2D maaiveldhoogte-grid toegevoegd aan het model. Dit grid maakt gebruik van 5 bij 5 meter cellen.

3 REFERENTIESITUATIE

In dit hoofdstuk wordt een korte beschrijving gegeven van de gekalibreerde referentiesituatie.

3.1 Waterstanden & afvoeren

In Afbeelding 11 zijn de locaties weergegeven van de in Tabel 1 genoemde afvoeren.



Afbeelding 11. Locaties afvoer en waterstanden in huidige situatie.

In Tabel 1 zijn de afvoeren, waterstanden, waterdiepten en nat oppervlak op een vier tal locaties weergegeven. Voor deze locaties zijn de volgende dwarsprofielen uit het SOBEK model gehanteerd:

- Huilbeek 01: HUIL_003;
- Huilbeek 02: HUIL_005;
- Huilbeek 03: P01_cd_P_DWP_0867;
- Huilbeek 04: P01_cd_P_DWP_0869.

Tabel 1. Afvoer en waterstanden op vier locaties in de Huilbeek voor zomer (Zo), winter (Wi) en T1.

Locatie	Afvoer Zo/Wi/T1 *	Waterstand Zo/Wi/T1 *	Waterdiepte Zo/Wi/T1 *
	[m ³ /s]	[NAP +... meter]	[m]
Huilbeek 01	0,045/0,07/0,08	18,62/18,68/18,78	0,14/0,18/0,28
Huilbeek 02	0,055/0,09/0,185	18,4/18,44/18,75	0,19/0,24/0,55
Huilbeek 03	0,06/0,095/0,35	17,9/17,98/18,35	0,34/0,43/0,8
Huilbeek 04	0,06/0,1/0,4	17,16/17,24/17,6	0,32/0,4/0,74

* Nota bene, in tegenstelling tot de winter- en zomersituatie weergeeft de T1 de maxima, dus de piek van de afvoergolf die ontstaat als gevolg van de inwerkingtreding van de overstorten.

Op basis van de gegevens in Tabel 1 kunnen ook de stroomsnelheden op de in de tabel genoemde locaties bepaald worden. Deze zijn weergegeven in Tabel 2.

Tabel 2. Stroomsnelheden op vier locaties in de Huilbeek.

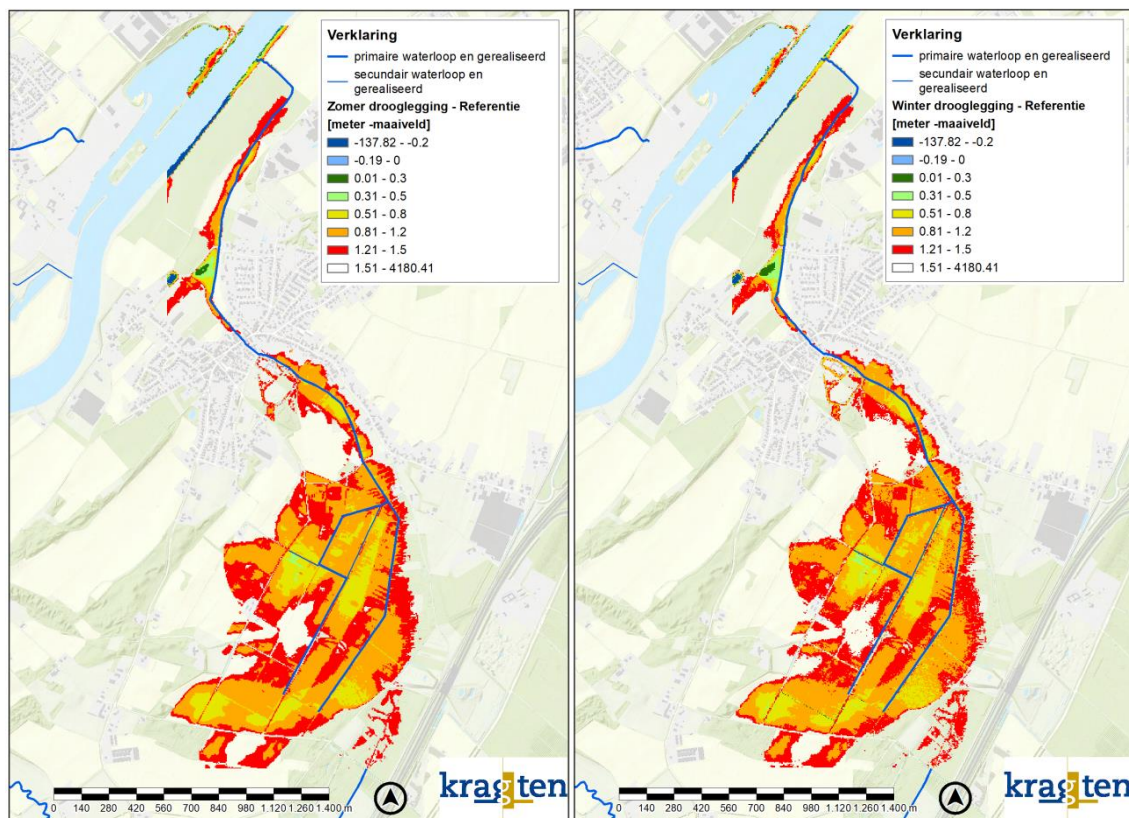
Locatie	Zomersituatie	Wintersituatie	T1
	[m/s]		
Huilbeek 01	0,42	0,44	0,22* / 0,45
Huilbeek 02	0,14	0,165	0,01* / 0,17
Huilbeek 03	0,18	0,21	0,28
Huilbeek 04	0,21	0,24	0,35

* Nota bene, tijdens de piek wordt benedenstrooms van dit punt geloosd (riooloverstort), dit heeft opstuwung op het meetpunt als gevolg en daarmee een verlaging in de snelheid. Het tweede getal weergeeft de snelheid direct na de piek.

De zeer kleine daling van stroomsnelheid bij T1 voor 'Huilbeek 01' is te verklaren omdat deze zich bovenstrooms van de overstorten bevindt. De afvoer wordt op deze locatie niet hoger (blijft "hangen" op maatgevende afvoer), maar de waterstand wordt wel wat hoger omdat water wordt opgestuwd als gevolg van de benedenstroomse overstorting.

3.2 Drooglegging

Op basis van de zomer- en wintersituatie zijn droogleggingskaarten geproduceerd voor de referentiesituatie. Deze zijn gemaakt met behulp van de doorleggingstool afkomstig van Waterschap Limburg (indertijd ontwikkelt bij Waterschap Peel en Maasvallei). In Bijlage B1 zijn op A3 formaat de droogleggingskaarten te vinden. De verkleinde versie is hieronder te zien in Afbeelding 12.



Afbeelding 12. Droogleggingskaarten voor de referentie zomer- en wintersituatie.

Op de droogleggingskaart is te zien dat zowel in de zomer als in de winter de drooglegging langs de beek met name in de categorie geel en oranje vallen. Dit zijn respectievelijk de categorieën 0,5 tot 0,8 meter onder maaiveld en 0,8 tot 1,2 meter onder maaiveld. Her en der is sprake van rood gebied langs de beek. Deze vallen in de categorie 1,2 tot 1,5 meter onder maaiveld. Ter plaatse van de geplande buffer is de drooglegging lokaal tussen de 0 en 0,3 en 0,3 en 0,5 meter onder maaiveld.

Het waterschap hanteert qua landgebruik richtlijnen die gehanteerd worden in Afbeelding 13. Dit is een uitsnede uit het Waterbeheerplan 2016-2021 van Waterschap Limburg.

Peilbeheer, grondwater en grondgebruik

In de vlakke gebieden hebben we met het regionale oppervlaktewatersysteem grote invloed op het grondwater-systeem en daarmee op de watervoorziening voor landbouw- en natuurgebieden. Als waterschap kunnen we hierin sturen door de aanwezige beken en stuwen. De afmetingen en onderhoudstoestand van de beken zijn mede bepalend en deels ook stuurbaar.

Gewas / locatie	Grondwaterniveau t.o.v. maaiveld	
	gemiddeld hoog	gemiddeld laag
Grasland	-0,30 m	-0,60 m
Bouwland	-0,50 m	-0,80 m
Tuinbouw	-0,50 m	-0,80 m
Diep wortelende gewassen	-0,80 m	-1,00 m
Glastuinbouw	-0,80 m	-1,00 m
Bebouwingskernen (vloer- of bouwpeil)	-0,70 m	-1,00 m
Bebouwing in buitengebied	gelijk aan omgeving	gelijk aan omgeving

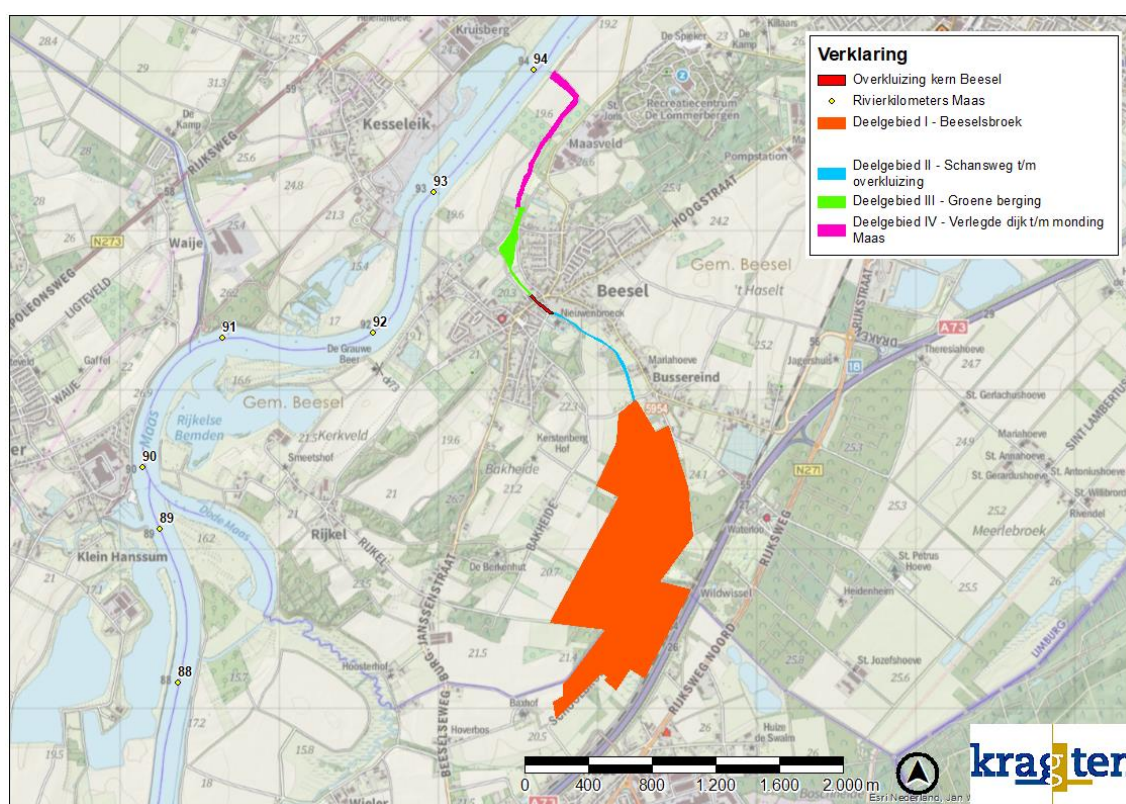
Afbeelding 13. Toelichting over peilbeheer, grondwater en grondgebruik uit het Waterbeheerplan 2016-2021 van Waterschap Limburg.

4 DEFINITIEF ONTWERP

Op basis van het voorlopige ontwerp is uiteindelijk het definitieve ontwerp opgesteld. De hydrologische resultaten voor het VO zijn in een aparte notitie beschreven¹. Het definitieve ontwerp is op tekening weergegeven in Bijlage B2.

4.1 Belangrijkste wijzigingen DO in implementatie binnen SOBEK

In deze paragraaf worden de voor hydrologie belangrijkste voorziene wijzigingen van de Huilbeek besproken. Hierbij wordt de indeling van het projectgebied gebruikt die ook in het projectplan waterwet wordt gehanteerd, zie Afbeelding 14. Voor een uitgebreidere beschrijving en motivatie van het DO wordt verwezen naar dit projectplan.



Afbeelding 14. Opdeling van projectgebied in deelgebieden ten behoeve van de beschrijving van de wijzigingen in de Huilbeek.

4.1.1 Deelgebied I: Beesels Broek — optimalisatie hydrologische randvoorwaarden:

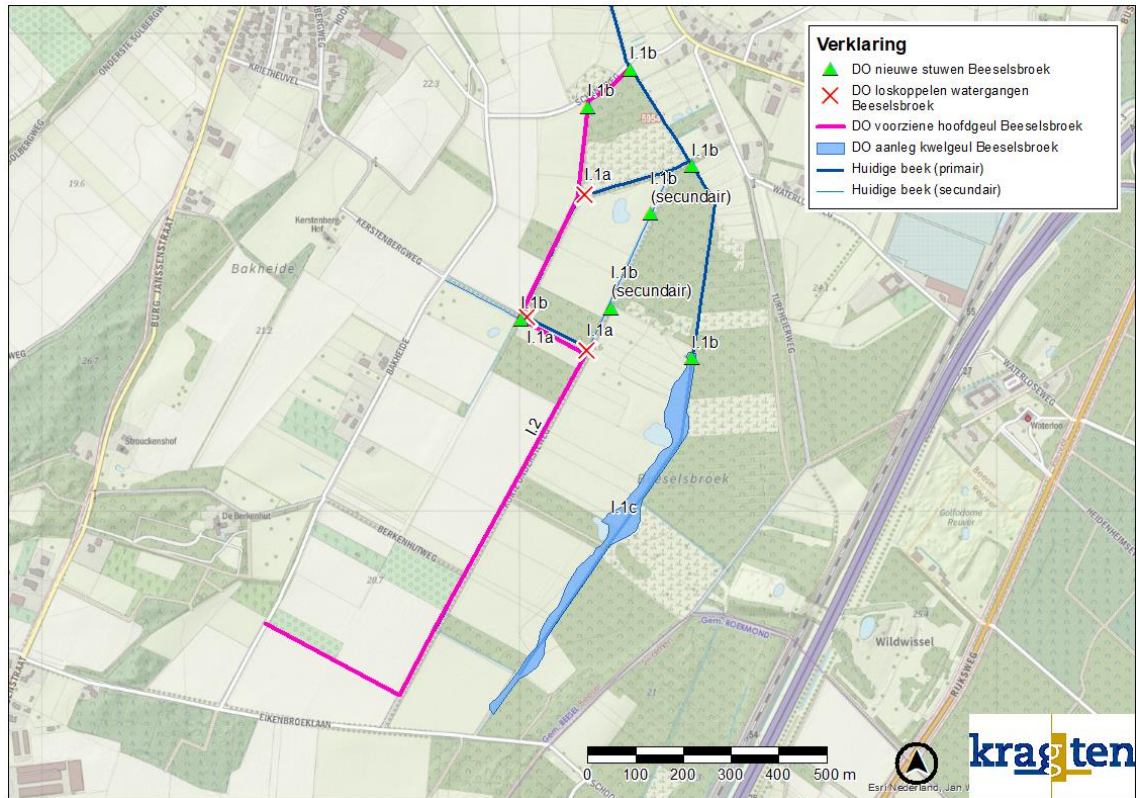
Voor Beesels Broek staat de optimalisatie van de hydrologische randvoorwaarden voor herstel van de natte natuurparel centraal. In Afbeelding 15 is een overzicht hiervan weergegeven, dit overzicht is afkomstig uit het projectplan waterwet van de Huilbeek. De maatregelen zijn kort samengevat:

- Het aanbrengen van een vijftal stuwen om de stuurbaarheid van de peilen in het gebied te vergroten (I.1 b in Afbeelding 15). Uitgangspunt is echter dat de peilen gelijk blijven.
- De realisatie van een kwelgeul om beter gebiedseigen kwelwater vasthouden (I.1 c in Afbeelding 15).
- Verlegging van de hoofdgeul (Huilbeek) van het oosten van Beesels Broek naar het westen (I.2 in Afbeelding 15). Het profiel van deze hoofdgeul wordt verruimd. Deze hoofdgeul reguleert (deels) de

¹ '200422-WSL026-WHHNOTHydrologische resultaten VOD1', Kragten, 2020

peilen van de westelijk gelegen landbouwgebieden en houdt het gebiedsvreemd (landbouw)water uit het Beesels Broek.

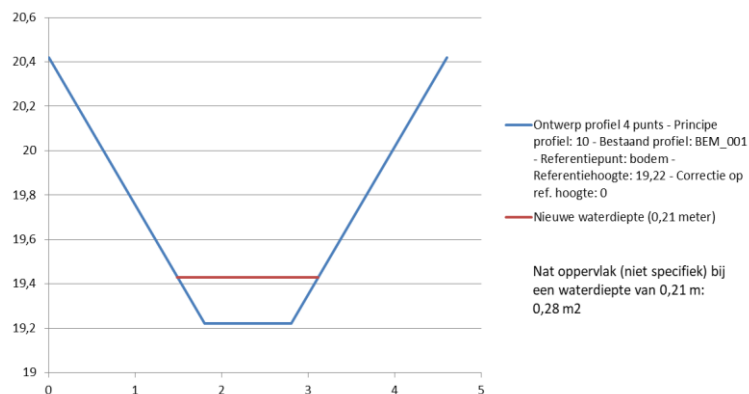
- De ontkoppeling van een aantal secundaire geulen van de nieuwe voorziene hoofdgeul, om zo gebiedsvreemd water uit het Beesels Broek te houden (I.1a in Afbeelding 15). Daarnaast zorgt deze ontkoppeling ervoor dat de drainerende werking van deze hoofdgeul op de secundaire watergangen beperkt wordt.



Afbeelding 15. Wijzigingen voorzien in Deelgebied I - Beesels Broek (bron afbeelding: Projectplan Waterwet Huilbeek).

De stuwen zijn gemodelleerd middels 'stuw' knopen. De hoogte van de stuwen is gebaseerd op de in het referentiesituatie aanwezige waterpeil.

Voor de hoofdgeul is een nieuw profiel geïmplementeerd. In Afbeelding 16 is hiervan een principeprofiel weergegeven. Dit profiel heeft een bodembreedte van 1 meter en taluds van 1:1,5.



Afbeelding 16. Principeprofiel van nieuwe hoofdgeul aan westzijde Beesels Broek.

4.1.2 Deelgebied II: Schansweg t/m overkluizing

In deelgebied II zijn nagenoeg geen wijzigingen voorzien die implicaties hebben voor het hydrologisch functioneren van de Huilbeek:

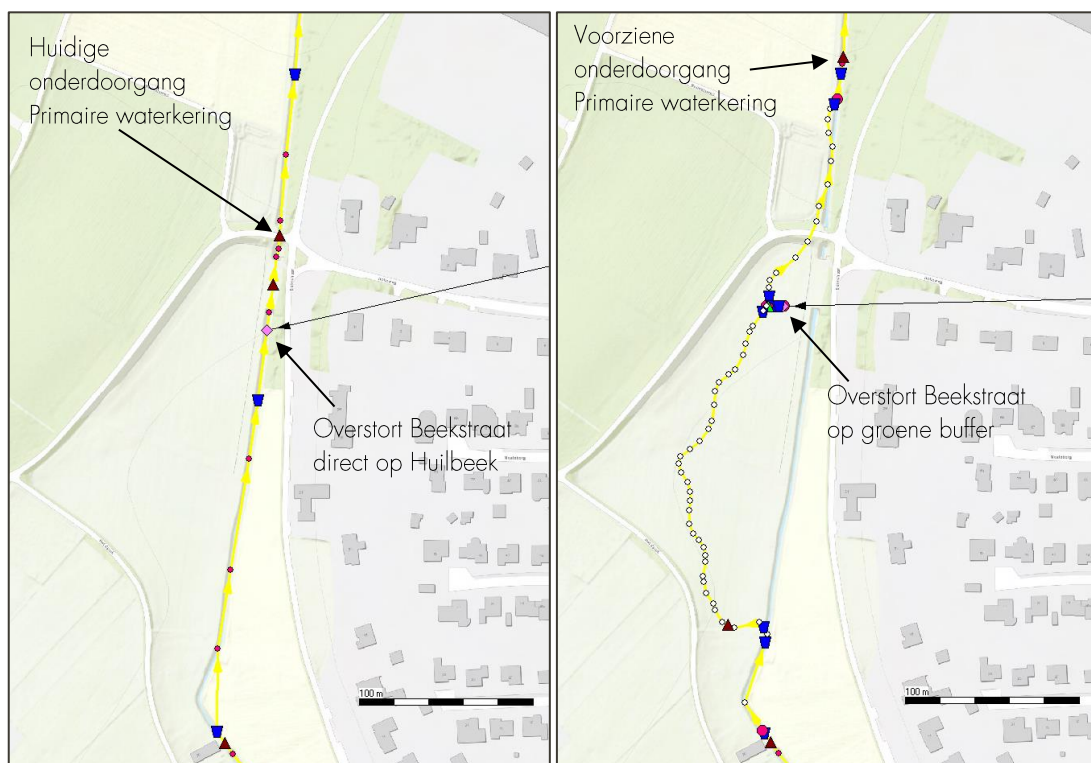
- Net bovenstreams van de overkluizing komt een stuw. Deze zal normaliter volledig gestreken zijn en wordt alleen ingezet voor waterconservering tijdens (aankomende) droogte. In het model wordt deze gepresenteerd met een stuwknoop met een stuwhoogte die niet boven de bodem ligt. De breedte van deze stuw bedraagt 1,66 meter.
- De overkluizing blijft ongewijzigd.

4.1.3 Deelgebied III: Overkluizing t/m verlegde dijk

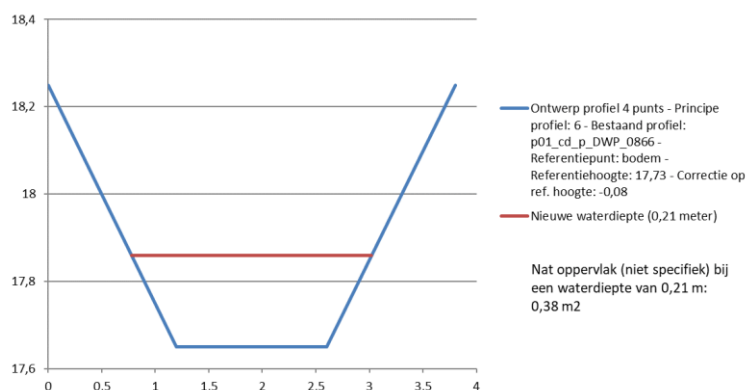
In deelgebied III zijn diverse wijzigingen voorzien in het DO die ook consequenties hebben voor de beek.

- Voor de realisatie van de groene buffer wordt de watergang verlegd. Deze zal met een slinger om de westzijde van de buffer komen te liggen;
- De realisatie van een groene buffer. Deze vangt 1.900 m³ overstortwater af, voordat deze gaat overstorten op de Huilbeek;
- Verlegging dijk en dus de daarmee samenhangende onderdoorgang (duiker) van de Huilbeek onder de dijk.

De omlegging van de Huilbeek binnen SOBEK is weergegeven in Afbeelding 17. Hierin is te zien hoe de Huilbeek met een slinger richting de westzijde wordt verplaatst. Daarnaast is ook de onderdoorgang onder de primaire waterkering verplaatst als gevolg van de verlegging van de dijk in het kader van het HWBP. Dit heeft als gevolg dat de duikerknoop ('culvert'; bruine driehoek) naar het noorden is verplaatst. Profiel van de slinger is conform DO opgenomen in SOBEK (zie Afbeelding 18). Ter plaatse van het nieuwe traject ligt het maaiveld lager dan bij het huidige. Dit verschil bedraagt ongeveer 0,8 meter. Dit betekent dus ook dat de insteekhoogte van het nieuwe profiel lager komt te liggen dan nu het geval is.



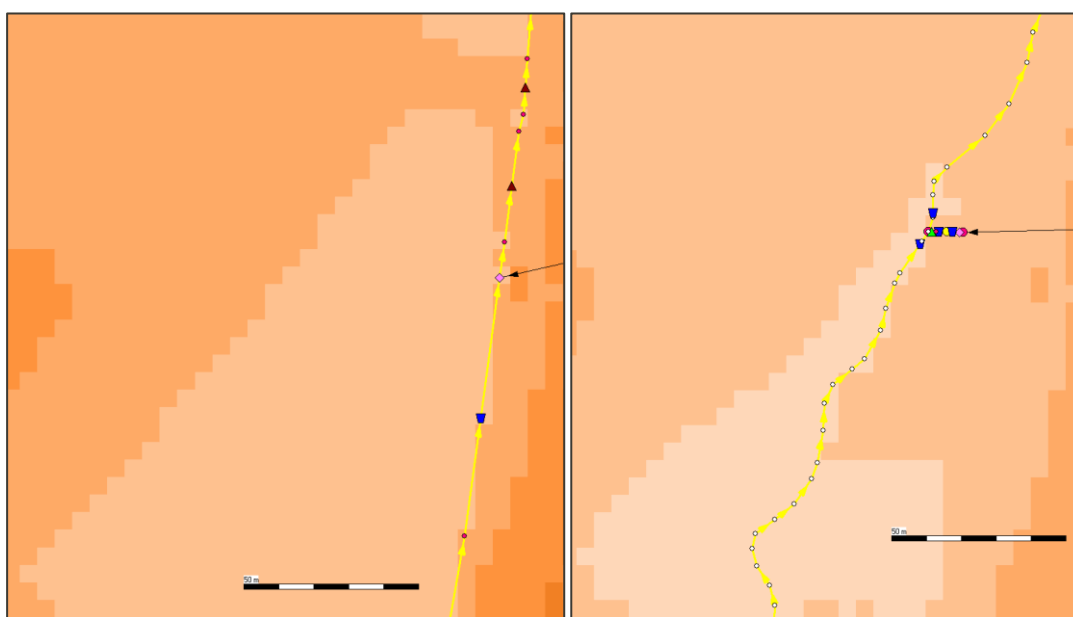
Afbeelding 17. Omlegging van de Huilbeek ter plaatse van de voorziene groene buffer. Links de referentiesituatie en rechts de DO-situatie in SOBEK.



Afbeelding 18. Principeprofiel van de verlegde Huilbeek.

De groene buffer is gemodelleerd als een kleine 'dummy' reach waarop de RR-knoop (die overstort Beekstraat representeert) loost. In deze 'dummy' reach ligt een 'connection node with storage and lateral flow'. Deze rekenknoop representeert de berging en heeft daarom een inhoud van 1.900 m³. Aan het einde van de dummy reach ligt een stuw. Deze representeert de overstort van de groene berging op de Huilbeek en heeft een hoogte van NAP +18,99.

Voor de piekafvoeren wordt gewerkt met een 2D-grid. Om te zorgen dat inundatie rondom de berging realistisch wordt gemodelleerd, is het 2D-grid ter plaatse van de voorziene buffer verhoogd. Wanneer de storage node vol zit en de buffer begint over te storten kan op deze manier de inundatie niet direct rondom de storage node plaats vinden. Immers, dit gebied is dan in theorie al ondergelopen omdat hier eigenlijk de buffer ligt. Inundatie kan daarmee alleen plaats vinden buiten de buffer. De verhoging is in Afbeelding 19 getoond. Deze actie is dus nodig omdat berging door de groen buffer in 1D berekend wordt, maar de inundatie vanuit de watergang in 2D.



Afbeelding 19. Verschil in 2D grid in referentiesituatie (links) en in DO-situatie (rechts).

4.1.4 Deelgebied IV: verlegde dijk t/m monding

De wijzigingen die in het DO voorzien voor deelgebied IV hebben geen consequenties voor de hydrologische modellering van de Huilbeek. Langs dit traject worden bijvoorbeeld graszoden verwijderd. Hierdoor zal echter het doorstroomprofiel van de beek nagenoeg niet veranderen. Daarnaast wordt hout aangebracht in de beek. Deze wordt ingegraven in het talud. Dergelijke maatregelen hebben weliswaar een (kleine) opstuwende werking. Echter, deze zijn veranderlijk in de tijd (vergankelijk) en is het afhankelijk van het beheer en onderhoud hoe deze in stand blijven. Er is daarom bewust gekozen om alleen te kijken naar de modellering van vergravingen en kunstwerken. Deze zijn meer permanent van aard.

4.1.5 Cases in SOBEK

Bovenstaande wijzingen zijn in een viertal casus verwerkt. Het betreft de volgende cases:

- Stationaire afvoeren voor jaarlijkse voorkomende landelijke afstroom:
'210615-Kragten-winter_HS_val5_ks=15 (stabiel) - DO'
- T1 piekafvoer (stedelijk) met met een 50% MA landelijke afvoer:
'210615-Kragten-wi_HS_val5_ks=15 overstort_T1 (50%MA) - DO 2D'
- T25 piekafvoer (stedelijk) met met een 50% MA landelijke afvoer:
'210615-Kragten-wi_HS_val5_ks=15 overstort_T25 (50%MA) - DO 2D'
- T100 piekafvoer (stedelijk) met met een 50% MA landelijke afvoer:
'210615-Kragten-wi_HS_val5_ks=15 overstort_T100 (50%MA) - DO 2D'

De 50%MA landelijke afvoer bij de piekafvoeren is afkomstig uit het stationaire afvoeren model.

4.2 Resultaten

4.2.1 Jaarlijkse waterpeilen

In Bijlage B4 zijn de waterpeilen per rekenknoop voor de landelijke zomer-, winter- en MA-situatie weergegeven. Deze zijn bepaald met het stationaire model. Bij iedere kaart is ook de corresponderende referentiewaterstand aangegeven (in een andere kleur). Zowel de zomer- als de winterwaterstandenkaart laat zien dat de oppervlaktewaterpeilen ten opzichte van de referentie nagenoeg niet verschillen. In het Beesels Broek worden door de nieuwe stuwen alle waterpeilen op de huidige stand gehouden. Door de wijziging in profielen en door de wijziging in stuwen (extra stuwen) zijn er kleine verschillen te zien (paar centimeter). Deze zijn echter niet significant of vinden maar over een kort traject plaats². Een van de locaties waar een kleine verlaging optreedt is ter hoogte van de verlegging om de groene buffer. Hier zal in het nieuwe traject de waterstanden in de zomer bijvoorbeeld tot 10 à 15 centimeter lager liggen. Het betreft hier echter geen landbouw gebied en de grondwatermodellering heeft laten zien dat deze verlaging geen significant effect heeft op de grondwaterstanden. Beneden- en bovenstrooms de verlegging is geen sprake van verlaging.

Bij de maatgevende afvoersituatie zijn de waterstandsverschillen enigszins groter (richting tien centimeter). De lokale verhogingen leiden echter niet tot inundaties. Daarnaast treedt MA in principe maar één keer per jaar op en zal het daardoor geen uitgesproken effect hebben op de grondwaterstanden.

4.2.2 Piekafvoeren (2D inundatie)

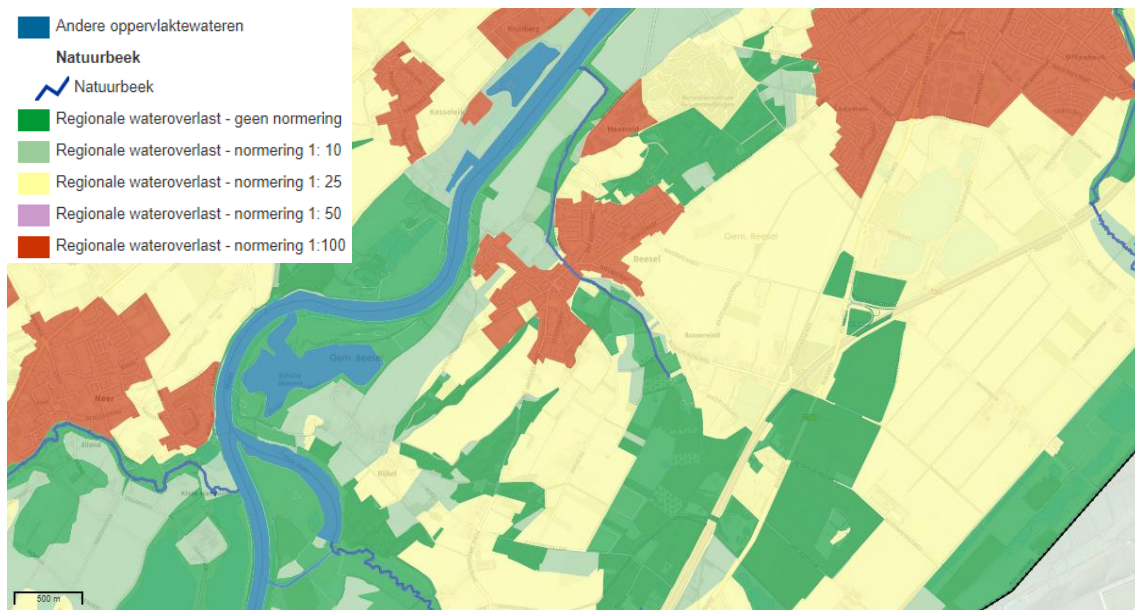
In Bijlage B5 zijn de inundatie beelden per afvoerpiek getoond (T1, T25 en T100) voor zowel de referentiesituatie als de DO-situatie. In Afbeelding 21, Afbeelding 22 en Afbeelding 23 zijn de inundatiebeelden verkleind weergegeven en zijn de referentie- en DO-situatie naast elkaar gezet.

Gekeken naar de inundatie van de piekafvoeren zijn twee wijzigingen van het DO van belang. Enerzijds wordt er een groene buffer aangelegd, die het overstortvolume op de Huilbeek beperkt. Anderzijds wordt de beek verlegd om ruimte te maken voor de buffer. Deze verlegging van de beek heeft op zijn beurt hydraulisch gezien twee consequenties. Enerzijds worden de insteekhoogten van het beekprofiel lager omdat het maaiveld op de nieuwe locatie zo'n 0,8 meter lager ligt. Anderzijds wordt het beektraject vijftig meter langer vanwege de slinger die deze gaat maken om de buffer. Verlaging van insteekhoogte leidt tot eerdere inundatie van het gebied rondom de buffer en verlenging van de beek tot beperkt meer opstuwing door de grotere afstand die het water moet afleggen.

In de T1 situatie zal ondanks de reductie in overstortvolume mogelijk toch nog enige inundatie kunnen ontstaan rondom de buffer. In de referentiesituatie vindt sowieso geen inundatie plaats op deze locatie bij een T1 piekafvoer. De inundatie is hoofdzakelijk het gevolg van de verlaging van insteekhoogte. Het gebied waar de inundatie plaats vindt is van het waterschap. In principe wordt inundatie hier geaccepteerd. Volgens de NBW

² In de geohydrologische rapportage is ook te zien dat deze kleine verschillen geen effect hebben op de grondwaterstanden.

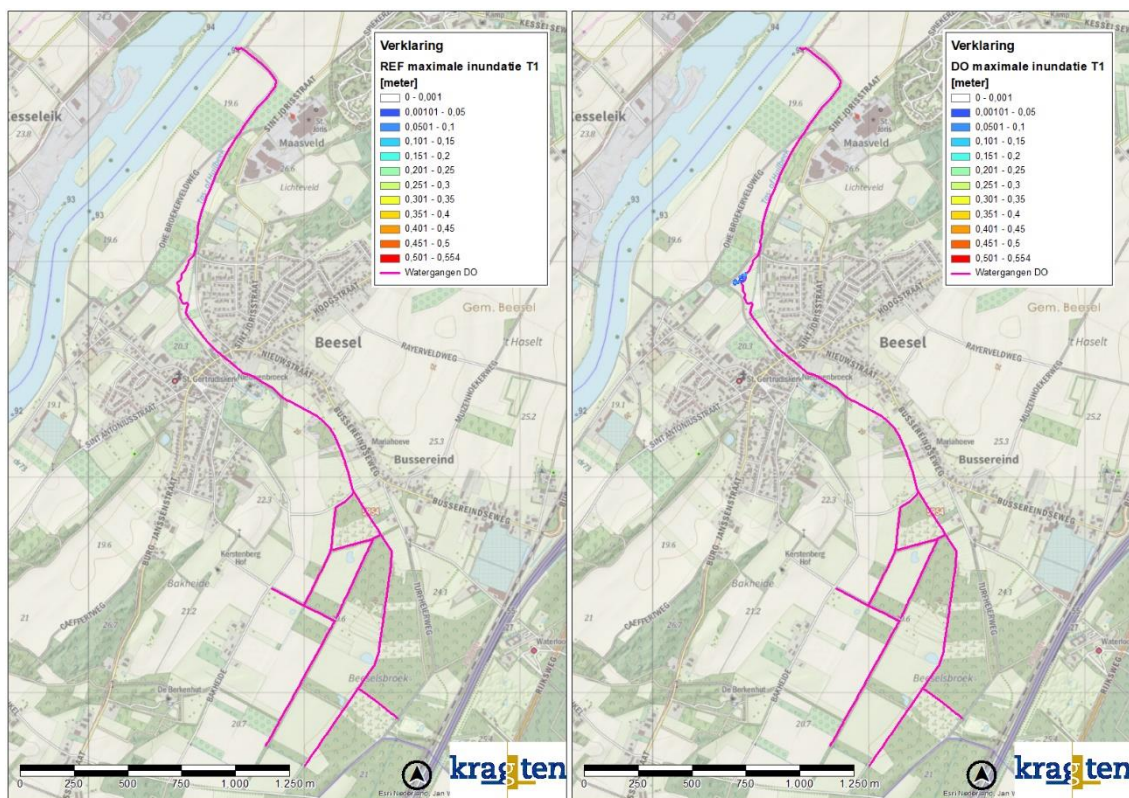
(Nationaal Bestuursakkoord Water) normering – vastgelegd in de provinciale omgevingsverordening – heeft dit gebied geen normering, zie Afbeelding 20. Verder is er geen sprake van inundatie bij de T1 situatie.



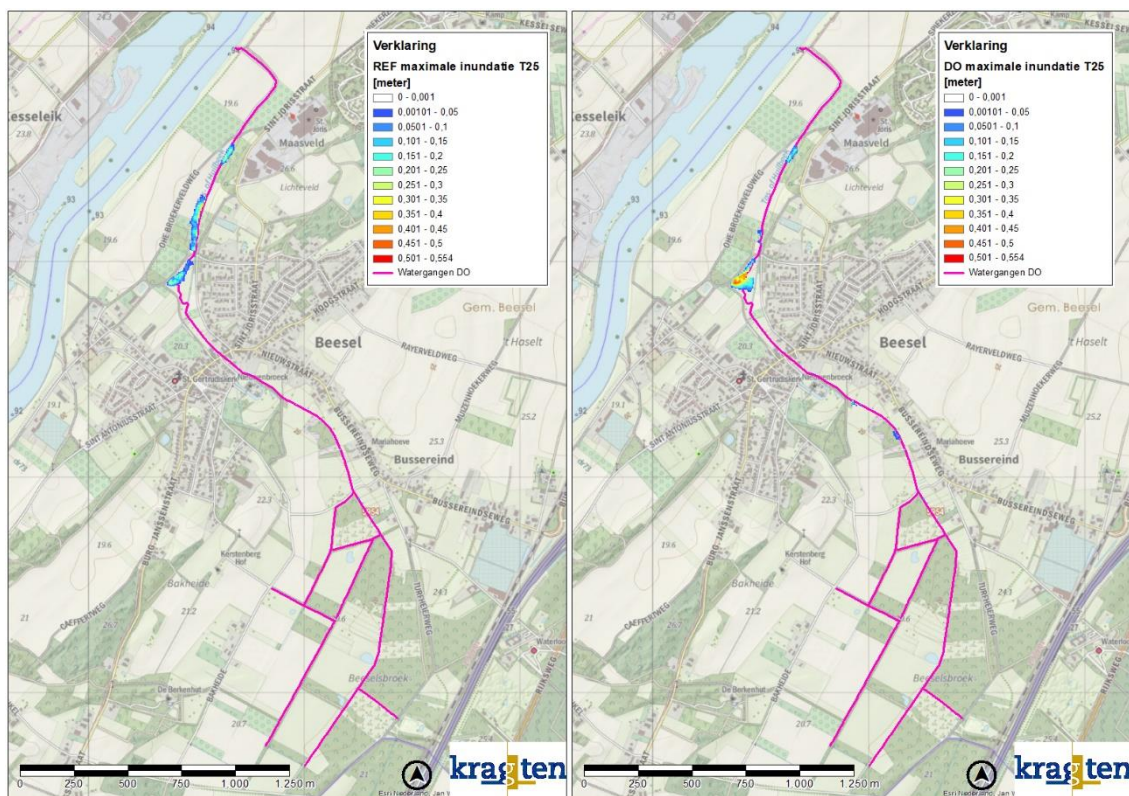
Afbeelding 20. NBW-normering zoals vastgelegd in de Provinciale Omgevingsverordening Limburg (bron: polviewer.nl).

Bij de T25-situatie is zowel in de referentiesituatie als in de DO-situatie sprake van inundatie. Bovenstrooms van de overkluizing komt er beperkt inundatie bij. Dit gebeurt langs de beek ter hoogte van Bussereindseweg 15 en Nieuwstraat 40. Het betreft inundatie tussen de 5 en 10 centimeter. Dit is waarschijnlijk het gevolg van de toegenomen weerstand als gevolg van de verlegde Huilbeek (langer traject betekent ook meer weerstand). De inundatie vindt plaats in gebied waar volgens de provinciale omgevingsverordening geen normering geldt, zie Afbeelding 20. Benedenstrooms van de overkluizing zal bij de buffer de inundatie toenemen. Dit zal het gevolg zijn van de verlaagde insteek. Omdat hier nu meer inundeert zal verder benedenstrooms juist minder inunderen. Dit is gunstig, aangezien inundatie nu meer plaats vindt waar het geaccepteerd wordt.

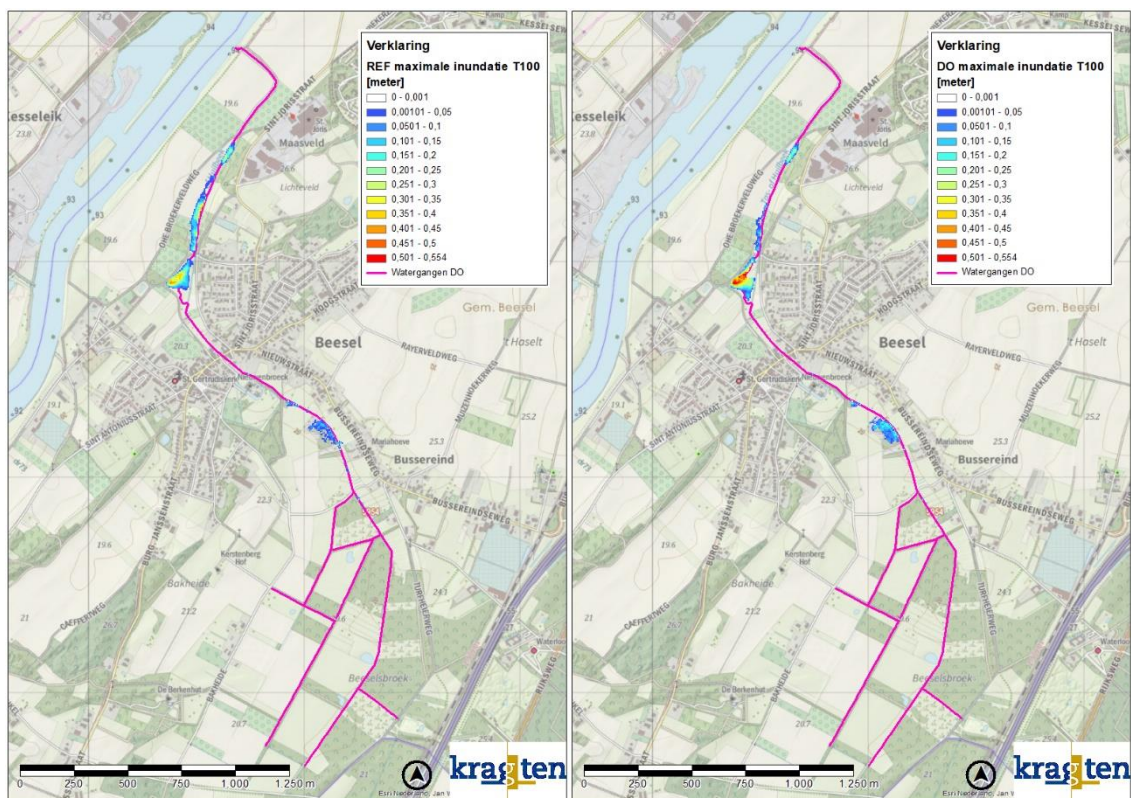
De T100 sluit qua inundatiebeeld aan op de T25. Bovenstrooms van de overkluizing vindt in de referentiesituatie ook inundatie plaats ter hoogte van de Bussereindseweg 15 en Nieuwstraat 40. Deze zal als gevolg van het DO wat intensiveren. Qua omvang zal het gebied daarentegen niet veel toenemen. Bij de groene buffer neemt de inundatie toe, met als gevolg dat benedenstrooms de inundatie verder afneemt. Ook hier geldt dus dat als gevolg van het DO de inundatie nu meer geconcentreerd wordt op een locatie waar inundatie geaccepteerd wordt. Alle inundatie vindt plaats in gebieden die volgens de provinciale omgevingsverordening geen normering hebben voor regionale overlast.



Afbeelding 21. Inundatiebeelden van T1 stedelijk-landelijk: referentiesituatie (links) en DO-situatie (rechts).



Afbeelding 22. Inundatiebeelden van T25 stedelijk-landelijk: referentiesituatie (links) en DO-situatie (rechts).



Afbeelding 23. Inundatiebeelden van T100 stedelijk-landelijk: referentiesituatie (links) en DO-situatie (rechts).

4.2.3 Drooglegging

De waterpeilen in Bijlage B4 laten zien dat het DO nagenoeg niet afwijkt van de referentie. Het streven van het ontwerp was dan ook dat de waterpeilen niet veranderen. De drooglegging van het DO blijft daarmee dan ook gelijk aan de referentiesituatie. De resultaten van de referentiesituatie zijn weergegeven in Bijlage B1.

De geohydrologische berekeningen zijn uitgevoerd op basis van de resultaten getoond in Bijlage B4. Deze berekeningen houden rekening met het (regionale) grondwatersysteem en laten zien dat de grondwaterstanden als gevolg van dit project niet veranderen. Drooglegging zal dus als gevolg van dit DO niet veranderen³.

³ Geohydrologisch onderzoek staat beschreven in 'Modellogboek Huilbeek', Kragten, juli 2021.

5 CONCLUSIE

Hieronder volgt een korte conclusie wat betreft de hydrologische effecten van het DO voor de Huilbeek.

5.1 Waterpeilen

De waterpeilen veranderen dusdanig weinig dat verwacht wordt dat de ingreep in de Huilbeek geen effect heeft op de omgeving wat betreft jaarlijks terugkerende landelijke afvoeren. Uiteraard zullen kleine waterstandsverschillen ontstaan als gevolg van de verlegging van de beek om de groene buffer, maar ook als gevolg van wijzigingen als profielaanpassingen en plaatsen van nieuwe stuwen (vooral in het Beesels Broek). Deze waterstandsverschillen zijn echter van dusdanig kleine aard dat de grondwaterstanden niet beïnvloed worden. Zie daarvoor ook de geohydrologische modellering die plaats heeft gevonden in het kader van dit onderzoek. De zomer en winterwaterstanden van zowel de referentie als het DO getoond in onder andere Bijlagen B3 en B4, vormden de invoer voor het geohydrologisch model.

5.2 Piekafvoeren

Voor de piekafvoeren kan gesteld worden dat deze zich in belangrijke mate verbeteren. Enerzijds wordt het overstortvolume beperkt als gevolg van de voorziene groene buffer. Daarnaast zal het water uit de beek vooral rondom deze buffer uittreden. Dit is in een gebied waar volgens de provinciale omgevingsverordening geen norm is vastgesteld voor regionale wateroverlast en dat in bezit is van het waterschap. Het waterschap accepteert de inundatie op deze locatie. Bovenstrooms van de overkluizing zal op twee locaties beperkt de inundatie toenemen. Dit zijn echter locaties waar momenteel al sprake is van inundatie, en waar volgens de provinciale omgevingsverordening geen norm geldt voor regionale wateroverlast.

5.3 Drooglegging

De drooglegging zal nagenoeg niet veranderen. Zoals gesteld in paragraaf 5.1 vinden er weinig tot geen waterstandsverschillen plaats. Daar waar bijvoorbeeld als gevolg van de verlegging van de beek toch grotere waterstandsverschillen ontstaan, wordt door het geohydrologisch model echter geen grondwaterstandswijzigingen berekend. Het geohydrologisch model onderstreept dus dat de kleine waterstandswijzigingen niet significant zijn.

BIJLAGEN

B1 DROOGLEGGINGSKAARTEN

REFERENTIESITUATIE

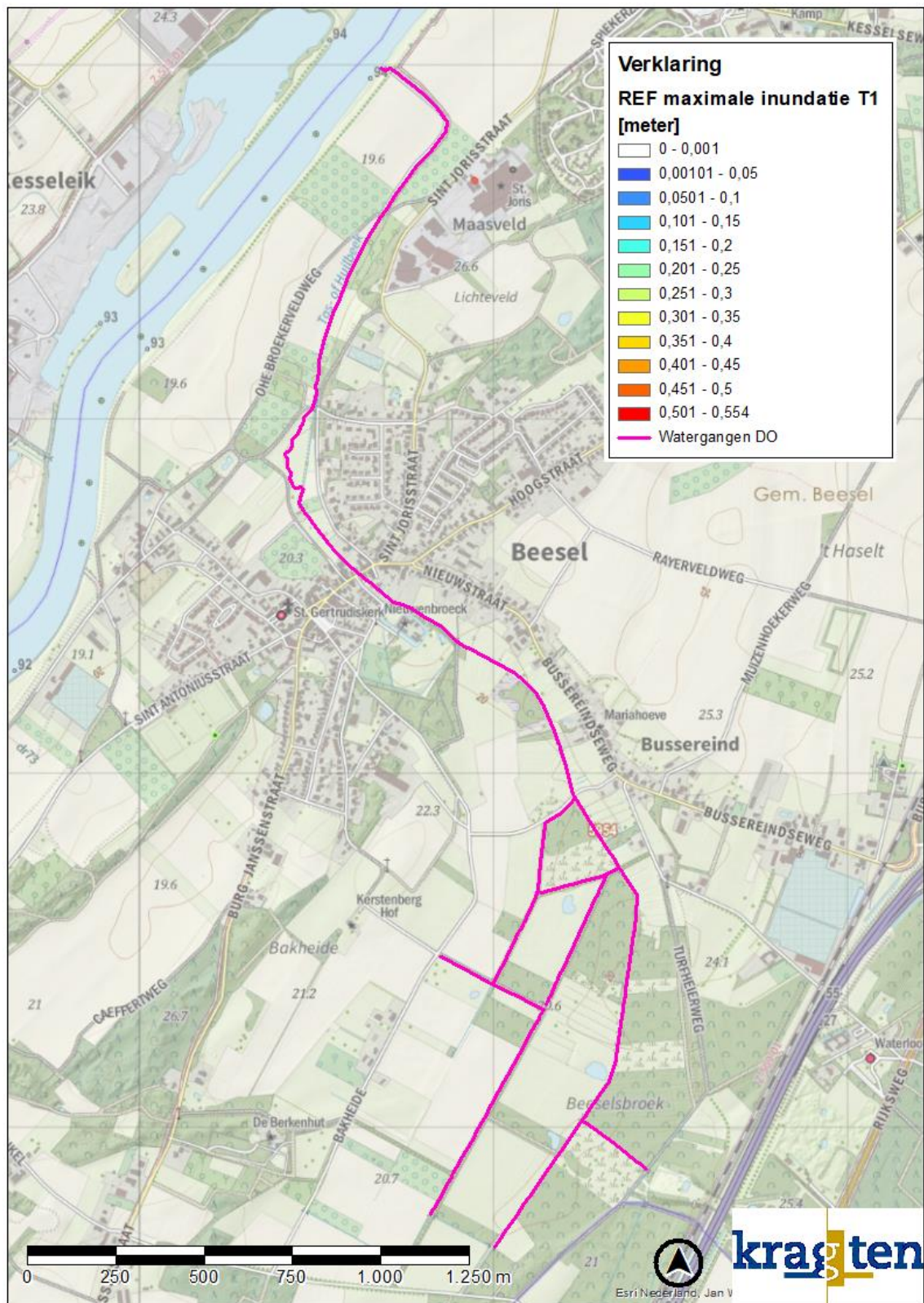
B2 DEFINITIEF ONTWERP

B3 WATERPEILEN REFERENTIE

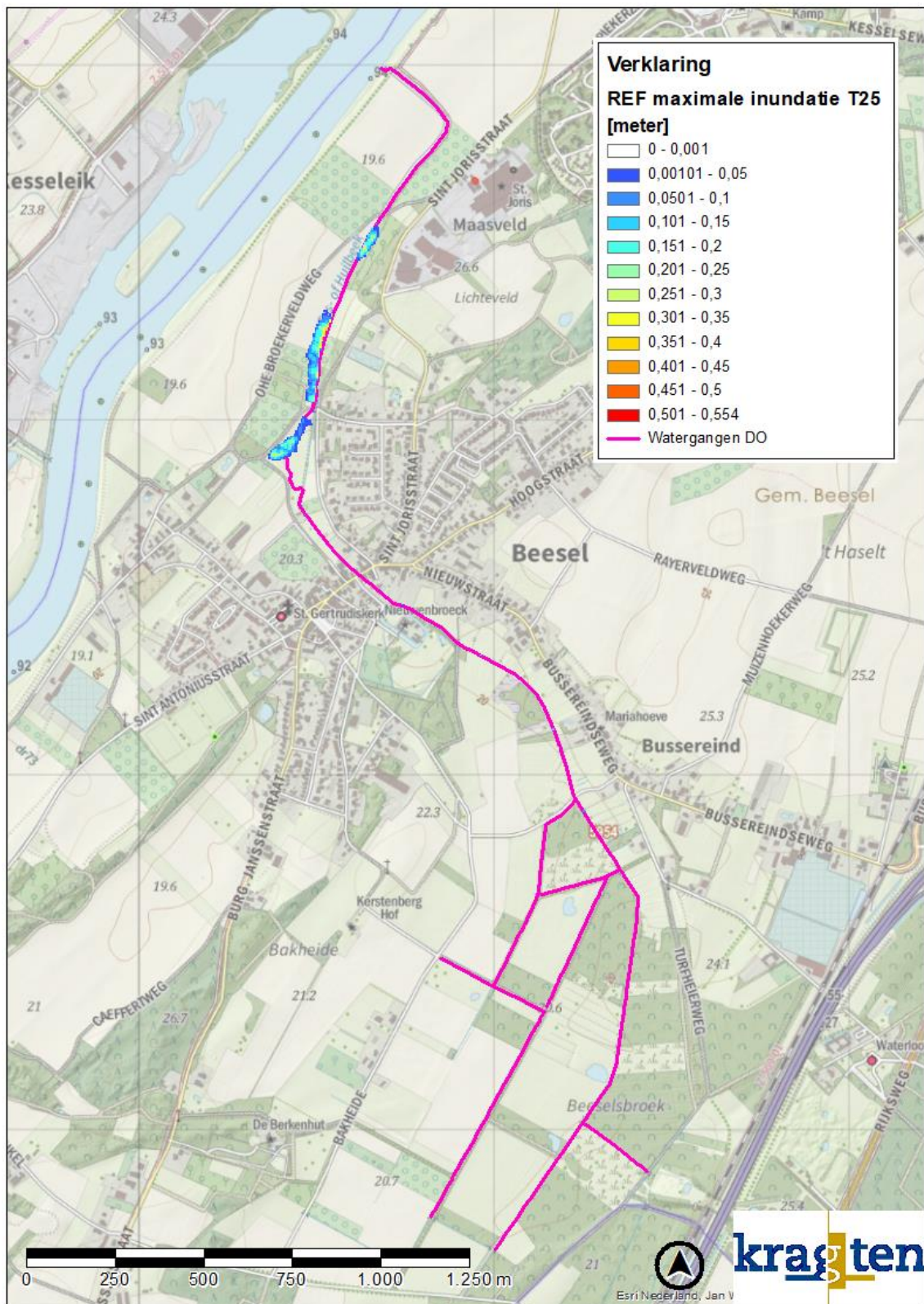
B4 WATERPEILEN DO

B5 2D INUNDATIE BEELDEN

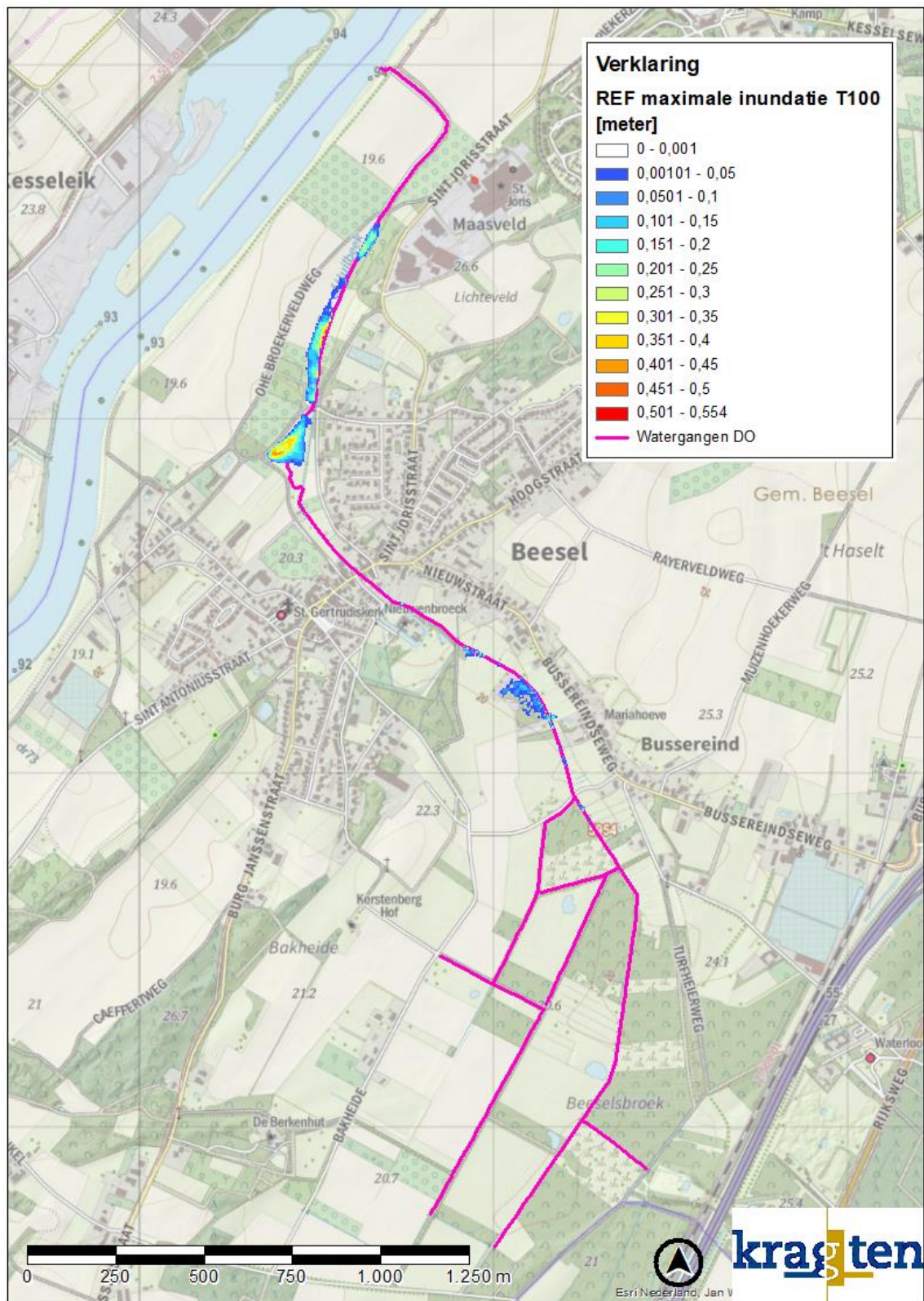
B5.1 T1 Referentiesituatie



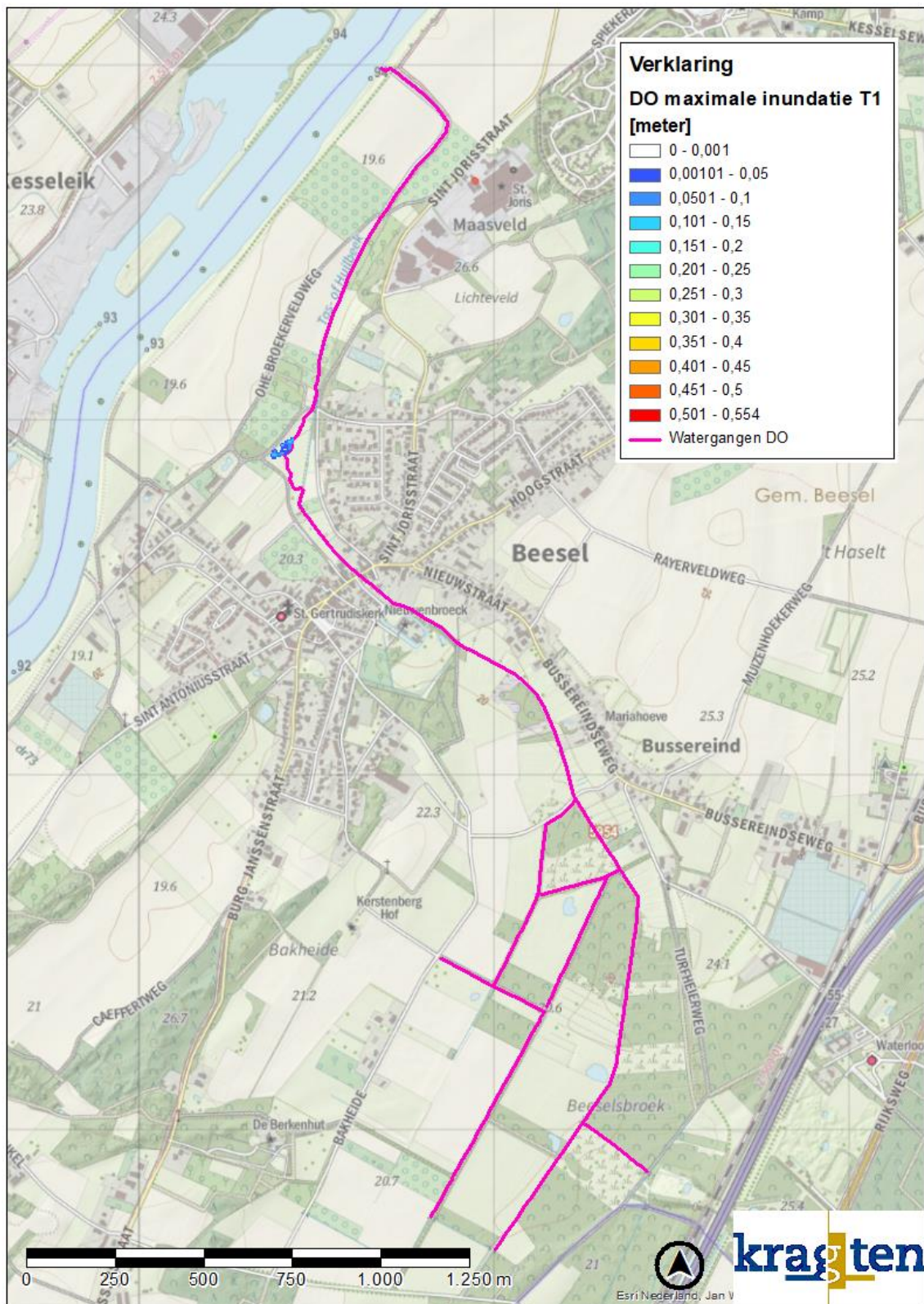
B5.2 T25 Referentiesituatie



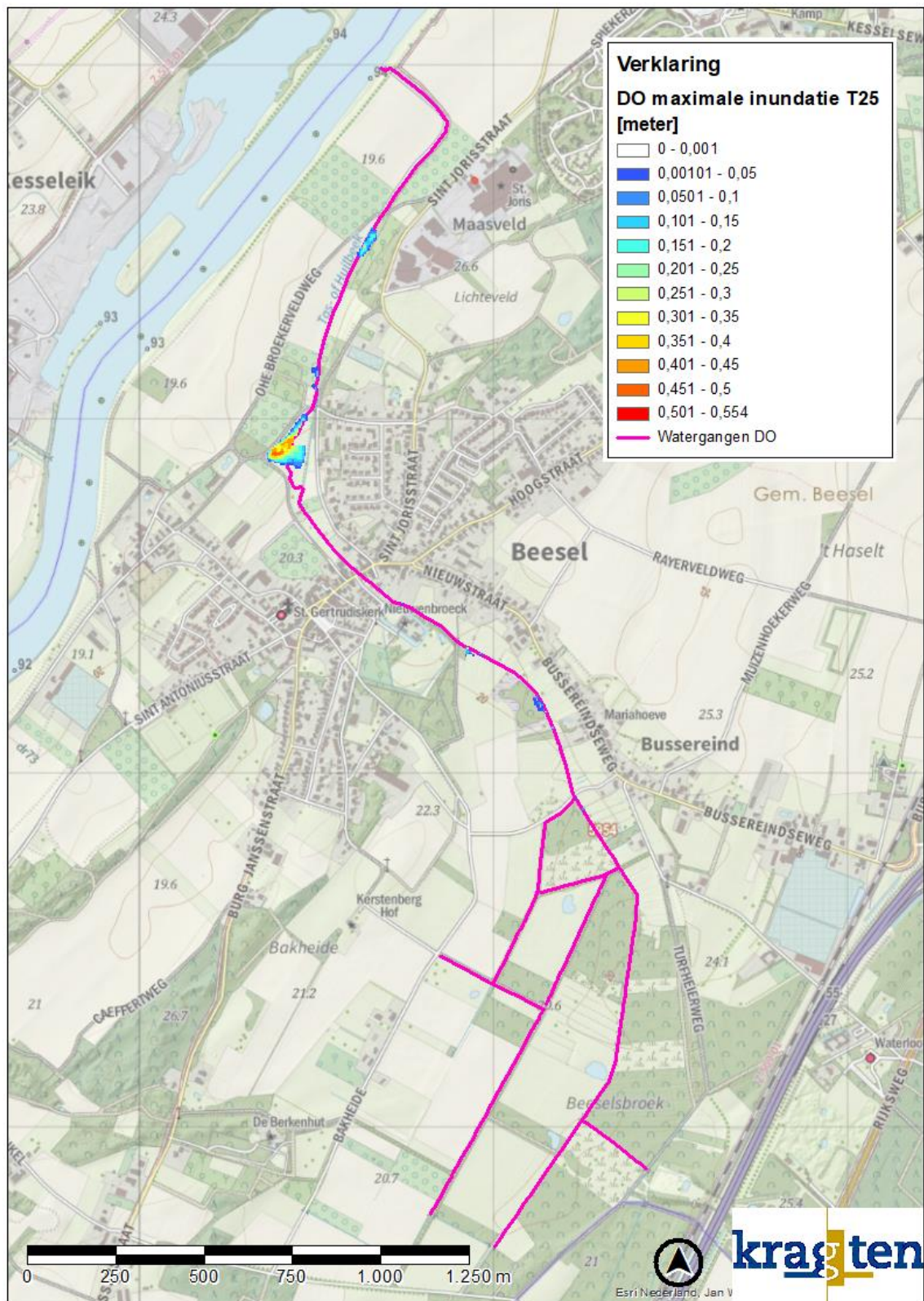
B5.3 T100 Referentiesituatie



B5.4 T1 DO situatie



B5.5 T25 D0 situatie



B5.6 T100 DO situatie

