

Rioolmodelleringsstudie Bilzen

Een analyse van de huidige knelpunten in het
rioleringsstelsel van het zuiveringsgebied Bilzen

Marthe Oldenhof
09-07-2018

**UNIVERSITY
OF TWENTE.**



Colofon

Titel	Rioolmodelleerinstudie Bilzen
Ondertitel	Een analyse van de huidige knelpunten in het rioleringsstelsel van het zuiveringsgebied Bilzen
Datum	24-06-2018
Periode	15-04-2018 tot 29-06-2018
In opdracht van	Antea Group, Gent
Ten behoeve van	Bacheloropdracht Civiele Techniek

Contactgegevens

Student

Naam	Marthe Oldenhof
Studentnummer	S1558641
Telefoonnummer	+31 615225836
Mailadres	m.oldenhof@student.utwente.nl

Begeleider Antea Group

Naam	Dirk Vandenbussche
Telefoonnummer	+32 92616341
Mailadres	dirk.vandenbussche@anteagroup.com

Begeleider Universiteit Twente

Naam	Martijn Booi
Telefoonnummer	+31 534892564
Mailadres	m.j.booi@utwente.nl

Tweede beoordelaar Universiteit Twente

Naam	Wilco Tijhuis
Telefoonnummer	+3 1534894601
Mailadres	w.tijhuis@utwente.nl

Voorwoord

Voor u ligt het eindverslag van de bacheloreindopdracht getiteld rioolmodelleringsstudie Bilzen, Een analyse van de huidige knelpunten in het rioleringsstelsel van het zuiveringsgebied Bilzen die ik in de periode van april tot en met juni 2018 uitgevoerd heb bij Antea Group Gent. Tijdens mijn bacheloreindopdracht ben ik veel te weten gekomen over de riolering van Bilzen, maar dit had ik niet gekund zonder mijn collega's die altijd bereid waren om mijn vragen te beantwoorden en uitleg te geven over de werking van het rioleringsstelsel. Ik wil dan ook graag alle collega's van de businessunit hydronaut bedanken die mij keer op keer met veel geduld de verschillende functies van het modelleerprogramma uitgelegd hebben.

In het bijzonder wil ik Dirk Vandenbussche bedanken die namens Antea Group mijn dagelijkse begeleider was en mij de basisprincipes van het rioolmodeleren geleerd heeft. Ook mijn begeleider vanuit de Universiteit Twente, Martijn Booij, wil ik graag bedanken. Hij heeft me tijdens het schrijfproces veel feedback gegeven, wat me heeft geholpen om mijn eigen werk te perfectioneren. Tot slot wil ik mijn medestudent Amarins Kroes bedanken die met veel geduld mijn verslag kritisch doorgelezen heeft en foutjes eruit heeft weten te filteren.

Ik wens u veel leesplezier.

Marthe Oldenhof,

Gent, 9 juli 2018

Samenvatting

Door de klimaatverandering en snelle urbanisatie is de capaciteit van de rioleringen niet meer voldoende om al het water af te kunnen voeren. Veel rioleringsstelsels bestaan nog uit gemengde leidingen waarbij hemelwater en afvalwater samen afgevoerd worden. Als de leidingen tijdens hevige regenbuien onder druk komen te staan, betekent dit dat er een kans is dat de overstorten te frequent gaan werken en zo de waterlopen vervuilen. Daarnaast kan door de druk in de leidingen het water vanuit de riolering terugstromen op straat. Bij grote hoeveelheden regen kan dit schade aan huizen aan brengen.

Het rioleringsstelsel in het zuiveringsgebied van Bilzen bestaat grotendeels uit oude, gemengde rioolleidingen. De capaciteit van de leidingen is niet voldoende om tijdens hevige regenbuien al het hemelwater af te kunnen voeren. Hierdoor treedt er wateroverlast op. De stad Bilzen heeft samen met Aquafin, de eigenaar van de bovengemeentelijke rioolleidingen, Antea Group de opdracht gegeven om het huidige rioleringsstelsel in Bilzen te optimaliseren. Voordat de bestaande situatie geoptimaliseerd kan worden, dient de huidige toestand in kaart gebracht te worden. Dit onderzoek heeft als doel om inzicht te krijgen in het functioneren van het huidige rioleringsstelsel in Bilzen. De doelstelling van dit onderzoek is als volgt:

Het opbouwen van een model van de bestaande toestand van Bilzen dat het hydraulische gedrag van het rioleringsstelsel kan simuleren en gebruikt kan worden om knelpunten en hun oorzaken vast te stellen. En het aandragen van mogelijke oplossingen om het rioleringsstelsel te optimaliseren.

Dit onderzoek bestaat uit het verzamelen en verwerken van data om een model van de bestaande toestand op te kunnen zetten. Voorafgaand aan dit onderzoek is er een databank van het rioleringsstelsel in Bilzen opgebouwd. Aan de hand van de beschikbare data is de databank omgezet naar een model in InfoWorks-ICM waarin de hydraulische structuren die aanwezig zijn in het studiegebied geïmplementeerd zijn. Het model simuleert bij verschillende ontwerpgebieden de debieten die in de rioolleidingen gegenereerd worden en de waterhoogtes ten opzichte van het maaiveld in de rioolputten. Het model is kwalitatief gevalideerd op basis van een rondvraag bij omwonenden die rond de locaties wonen waar het model water boven het maaiveld simuleert bij een ontwerpbui die eens in de twee jaar voorkomt.

Uit modelresultaten van de dit onderzoek kan geconcludeerd worden dat er op meerde plaatsen in het stelsel knelpunten zijn. In enkele straten in het centrum van de stad, dichtbij het station, staat ieder jaar water op straat omdat de rioolleidingen de grote debieten niet aankunnen. Daarnaast zijn er meerdere overstorten die te vaak in werking treden. Hierdoor wordt afvalwater in het oppervlaktewater geloosd dat niet voldoende verdund is met regenwater.

Enkele mogelijke oplossingen voor de knelpunten zijn het hergebruik en de infiltratie van regenwater. Daarnaast zorgt het creëren van extra bufferruimte ervoor dat de piek van het doorvoerdebiet in de rioolleidingen afvlakt. Bovenstroomse buffering draagt ook bij aan het verlagen van de frequentie van de overstortwerking. Naast deze algemene oplossingen worden er enkele specifieke oplossingen aangedragen. De druk op het rioleringsstelsel kan verlaagd worden door de rioolleidingen waar in het huidige stelsel opstuwung ontstaat te vergroten. Tot slot zijn er enkele overstorten waarbij de drempel verhoogd of verlaagd moet worden om de frequentie van het inwerking treden van de overstort in overeenstemming te laten komen met de opgestelde richtlijnen.

In dit onderzoek wordt geconcludeerd dat het model van de bestaande toestand een goede benadering geeft van de huidige knelpunten in het rioleringsstelsel. Er dient echter nog een actuele datavalidatie uitgevoerd te worden om ook op kwantitatief niveau betrouwbare resultaten te verkrijgen. Het model kan in een vervolgonderzoek gebruikt worden om uitgebouwd te worden tot een model van de geplande toestand waarin gewerkt kan worden naar een situatie waarin het rioleringsstelsel van Bilzen optimaal functioneert.

Inhoudsopgave

Verklarende woordenlijst	6
1 Inleiding	7
1.1 Aanleiding.....	7
1.2 Probleemstelling.....	8
1.3 Doelstelling.....	8
1.4 Onderzoeksvragen.....	9
1.5 Studiegebied	9
1.6 Leeswijzer.....	10
2 Methode	11
2.1 Schematische weergave.....	11
2.1.1 Afstroming regenwater	11
2.1.2 Stroming door het stelsel	11
2.1.3 Modelvalidatie.....	12
2.2 Analyse knelpunten	12
2.3 Oplossingen.....	13
3 Modelimplementatie.....	14
3.1 Algemene informatie InfoWorks-ICM.....	14
3.2 Netwerkopbouw.....	15
3.3 Oppervlaktebestanden.....	15
3.4 Catchments	16
3.5 Hydraulische structuren	16
3.6 Inwonersequivalent (IE).....	18
3.7 Randvoorwaarden	19
3.8 Overstromingsgedrag.....	19
4 Resultaten: Modelvalidatie	20
5 Resultaten: Knelpunten	23
5.1 Wateroverlast	24
5.2 Overstortwerking.....	25
6 Resultaten: Oplossingen	27
6.1 Algemene oplossingen	27
6.2 Specifieke oplossingen	28
7 Discussie	29
8 Conclusie & Aanbevelingen	30
8.1 Conclusie	30
8.2 Aanbevelingen	30
Referenties	32
Bijlagen	35

Verklarende woordenlijst

BOK: Binnen onderkant van de leiding gemeten in de Belgische hoogtemeting mTAW (Tweede Algemene Waterpas). De BOK is gelijk aan het instroompeil of invert level zoals aangeduid in het model.

Grachten: Alle bovengrondse afwateringskanalen voor de lokale afvoer van regen- en/of grondwater.

Inlaat: Aansluitingspunt van een bovengronds afwateringskanaal op een riolering.

Kamer: Een ondergronds compartiment van de rioleringsinfrastructuur dat van de andere compartimenten is afgesloten door middel van leidingen, drempels, afsluiters, roosters, terugslagkleppen of pompen. In de kamer is vrije circulatie van het water mogelijk.

Knijpconstructie: Een constructie die ervoor zorgt dat de afvoersnelheid benedenstrooms vertraagd wordt. De knijpleidingen zijn te herkennen aan een relatief kleine diameter. Wervelventielen en pompen functioneren ook als knijpconstructie.

Knoop: Een modelvereenvoudiging waaronder de volgende situaties worden verstaan:

- Elke inspectieput waar zich minstens een van volgende fysische wijzigingen voordoen:
 - Samenkomen van verschillende inkomende leidingen;
 - Afsplitsing van verschillende uitgaande leidingen;
 - Inkomende en uitgaande leidingen hebben verschillende afmetingen of vormen;
 - Significant plaatselijk bodemverval tussen inkomende en uitgaande leidingen;
- Elke inspectieput waar tijdens de studie ten behoeve van de modelvalidatie een meetinstrument is geplaatst;
- Elke hydraulische structuur, inlaat of uitlaat op het rioleringsstelsel;
- Elke inspectieput gelegen in een lokale terreindepressie die significant is voor het hydraulisch gedrag van onder druk stromende leidingen.

Kolk: Een voorziening (in de volksmond meestal 'putje' genoemd) om regenwater vanaf de straat af te voeren. Een kolk is aangesloten op een riool of soms op een directe afvoerleiding naar het oppervlaktewater.

Overstort: Een opening in een gemengd rioleringsstelsel waarlangs, bij hevige en langdurige regen, het overtollige afval- en regenwater wordt afgevoerd om wateroverlast te voorkomen. Dit met regenwater verdunde afvalwater komt terecht in een waterloop.

Riolering: Het geheel van openbare ondergrondse leidingen die aangelegd voor het opvangen en het transporteren van afvalwater, regenwater of een mengsel ervan, met uitzondering van ingebuisde waterlopen en grachten. Het rioolsysteem bestaat uit drie type leidingen:

- **DWA-riolering:** Alle delen van het rioleringsstelsel die exclusief dienen voor het opvangen en/of het transporteren van afvalwater.
- **RWA-riolering:** Alle delen van het rioleringsstelsel die exclusief dienen voor het opvangen en/of het transporteren van regenwater.
- **Gemengde riolering:** Alle delen van het rioleringsstelsel die dienen voor het opvangen en/of het transporteren van zowel afvalwater als regenwater.

RWZI: De afkorting voor een rioolwaterzuiveringsinstallatie. Ieder zuiveringsgebied is gekenmerkt door één RWZI waar al het afvalwater via een collector naartoe getransporteerd wordt om gezuiverd te worden.

Sifon: Een stuk leiding die ook wel onderleider genoemd wordt. Een sifon wordt aangelegd om rioolleidingen onder waterlopen te leiden of onder een kruisende rioolleiding door te komen.

Uitlaat: Aansluitingspunt van een riolering op een bovengronds afwateringskanaal.

Waterlopen: Alle boven- of ondergrondse afwateringskanalen voor oppervlaktewater die zijn opgenomen in de Vlaamse Hydrologische Atlas (VHA).

1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt in paragraaf 1.1 de aanleiding beschreven voor het uitvoeren van de Rioolmodelleringsstudie Bilzen. In paragraaf 1.2 staat de probleemstelling beschreven. Op basis van deze probleemstelling wordt in paragraaf 1.3 de doelstelling van dit onderzoek benoemd. In paragraaf 1.4 staan de onderzoeksvragen die in dit onderzoek centraal staan opgesomd. Een uitleg van het studiegebied staat beschreven in paragraaf 1.6. Tot slot wordt in paragraaf 1.7 de leeswijzer voor dit verslag gegeven.

1.1 Aanleiding

Door de verandering van het klimaat en de snelle verstedelijking is de frequentie van wateroverlast in stedelijk gebied toegenomen (Miller & Hutchins, 2017). Enkele recente voorbeelden zijn de overstromingen in het zuiden van China in juni 2016, ondergelopen straten bij de Eiffeltoren in diezelfde periode (Trouw, 2016) en de wateroverlast in Quebec, Canada, van mei 2017 (Dixon, 2017). Uit onderzoek is gebleken dat in de periode van 2011 tot en met 2014 62 procent van de Chinese steden te maken heeft gehad met wateroverlast. De oorzaak hiervan is in de meeste gevallen te wijten aan de snelle verstedelijking (Zhou et al., 2018). De oorzaak van de overstromingen in Parijs in 2016 waren de snel op elkaar volgende buien in combinatie met volstaande bufferbekkens waardoor het regenwater niet opgeslagen kon worden (Trouw, 2016). In Canada speelde de combinatie van de opwarming van de aarde, de bevolkingsgroei en de toename van verhard oppervlak een belangrijke rol voor het ontstaan van de overstromingen (Dixon, 2017).

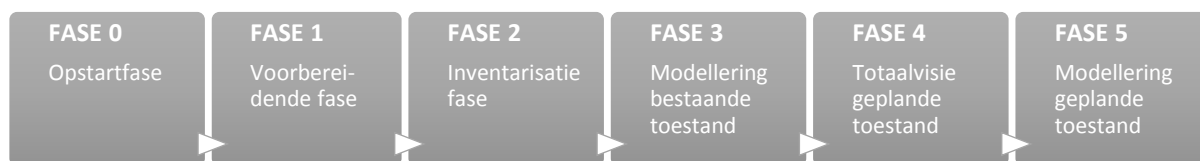
Er wordt verwacht dat zonder menselijk ingrijpen de frequentie van wateroverlast de komende jaren verder toenemen. Meerdere studies (Ashley et al. & Larsen et al. in Zhou et al., 2018; Willems, 2014) tonen aan dat de intensiteit en frequentie van regenbuien in de toekomst verder zal toenemen. Daarnaast laat een onderzoek van Poelmans (2010) zien dat de stijging in bebouwde oppervlakte in steden parallel loopt aan de bevolkingsgroei en economische groei. Hoewel de prognose van de bevolkingsgroei in de 21^e eeuw een stagnatie schetst, wordt verwacht dat de verstedelijking in de 21^e eeuw doorzet (Lutz et al., 2001). De oude, gemengde rioleringsstelsels zijn niet berekend op de grote hoeveelheden water die ze nu en in de toekomst zullen moeten afvoeren. Dit heeft tot gevolg dat water via de putten terug de straat op stroomt waardoor omwonenden wateroverlast ondervinden.

Naast het veroorzaken van de hierboven genoemde wateroverlast, hebben gemengde rioleringen nog enkele andere negatieve effecten. Afvalwater dat verdund is met regenwater kan minder effectief gezuiverd worden. Het rendement van de rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI) is hierdoor suboptimaal. Ook de energiekosten voor het transport naar de RWZI toe, hebben zowel een economisch als een ecologisch hoog prijskaartje. Daarnaast krijgt het hemelwater in stedelijke gebieden niet de kans om in de bodem te infiltreren waardoor er een verlaging van de grondwaterspiegel optreedt. Tot slot wordt door het frequent in werking treden van overstorten vervuild water vermengd met het (zuivere) oppervlaktewater. (Vlario, 2016)

Aan de hand van computermodellen wordt het gedrag van het rioleringsstelsel in kaart gebracht en geanalyseerd. Daarnaast worden deze modellen gebruikt om toekomstscenario's te voorspellen, rekening houdende met de verandering in frequentie van het optreden van hevige regenbuien (Schmidt et al., 2004). De afgelopen jaren is geïnvesteerd in geïntegreerde hydrologische modellen waarbij het hydraulische gedrag van het rioleringsstelsel gecombineerd wordt met de karakteristieken van de oppervlaktewateren (Rauch et al., 2002).

In België werkt onder andere Antea Group, in opdracht van Aquafin die de bovengemeentelijke rioolsystemen beheert, aan het in kaart brengen van verschillende rioleringsstelsels. In de afgelopen jaren zijn onder andere van de zuiveringsgebieden Bevere-Leie, Kontich, Lokeren, en Rillaar modellen gemaakt die het hydraulische gedrag van het rioleringsstelsel voorspellen (Venema, 2013; Boom, 2014; Veerkamp, 2015; Voetdijk, 2017). De modellen laten zien dat de huidige capaciteit van de rioolleidingen te klein is om al het water bij piekdebieten af te kunnen voeren. Om de piekdebieten in de rioolleidingen te verlagen is het gewest Vlaanderen in samenwerking met Aquafin, begonnen met het afkoppelen van het regenwater van het gemengde stelsel om tot een efficiënt en duurzaam waterbeleid te komen (Aquafin, 2017). In de ultieme toestand wordt er naar maximale afkoppeling gestreefd. De uitbouw van het huidige rioleringsstelsel naar deze ultieme toestand wordt in een hydronautstudie stapsgewijs uitgevoerd. Om de voortgang van het

proces te waarborgen is een Hydronautprocedure opgesteld die het procesverloop van een hydronautstudie in zes fasen opdeelt (AquaFin, 2017). Daarnaast draagt de procedure bij aan het creëren van gelijkwaardige databanken en hydraulische modellen die door iedereen op een eenvoudige en uniforme wijze geïnterpreteerd kunnen worden. Het overzicht van de verschillende fasen is in Figuur 1-1 weergegeven.



Figuur 1-1: Fases voor een hydronautstudie overeenkomend met de Hydronautprocedure 7.0 (AquaFin, 2017)

Antea Group heeft in 2017 de opdracht van AquaFin en de stad Bilzen gekregen om een hydronautstudie in het zuiveringsgebied Bilzen uit te voeren. In 2016 heeft de stad door een zware, langdurende regenbui veel schade geleden. De rioolleidingen waren niet berekend op een dergelijk hevige regenbui waardoor de straten blank stonden (Vlaamse milieumaatschappij, 2016). Met de uitvoering van de hydronautstudie dient het rioleringsstelsel geoptimaliseerd te worden waarbij de gekende knelpunten geminimaliseerd worden. Om het rioleringsstelsel te optimaliseren en tot een ultieme toestand te komen, is allereerst een grondige inventarisatie van het huidige stelsel nodig (fase 2). Bij aanvang van dit onderzoek was Antea Group bijna klaar met deze inventarisatie en de opbouw van de databank. Om het hydraulische gedrag in kaart te brengen dient een model van de bestaande toestand opgemaakt te worden (fase 3). Na het creëren van een totaalvisie in samenwerking met de stad Bilzen en andere betrokken actoren (fase 4) wordt de visie vertaald naar een model voor de geplande toestand waarbij het rioleringsstelsel optimaal functioneert (fase 5).

1.2 Probleemstelling

Het rioleringsstelsel in het zuiveringsgebied Bilzen bestaat voor het grootste gedeelte uit oude gemengde rioolleidingen. Om te voldoen aan een efficiënt en duurzaam waterbeleid zal er een gescheiden riolering moeten worden ontworpen. Daarnaast heeft Bilzen te kampen met de volgende rioleringsproblemen (AquaFin, 2017):

- Wateroverlast bij zware regenval;
- Verdunning van het afvalwater;
- Doorvoer- en pompdebieten die niet op elkaar afgestemd zijn;
- Suboptimale benutting van de aanwezige berging in het stelsel;
- De impact van overstortwerking moet worden gereduceerd.

Voordat het rioleringsstelsel geoptimaliseerd kan worden dient men de volledige werking van het stelsel te begrijpen (AquaFin, 2017). Om een knelpunt op te kunnen lossen dient de oorzaak ervan gekend te zijn. Van de huidige situatie van het rioleringsstelsel bestaat een databank. Een model dat de huidige werking van het rioleringsstelsel van Bilzen simuleert, inclusief de knelpunten en de oorzaken daarvan, ontbreekt echter nog.

1.3 Doelstelling

Dit onderzoek heeft als doel om beter inzicht te krijgen in het hydraulische gedrag van het rioleringsstelsel in het zuiveringsgebied Bilzen. De huidige knelpunten dienen in kaart gebracht te worden en enkele mogelijke oplossingen worden aangedragen die in een vervolgstudie verder uitgewerkt kunnen worden. Voor dit onderzoek is de doelstelling als volgt geformuleerd:

Het opbouwen van een model van de bestaande toestand van Bilzen dat het hydraulische gedrag van het rioleringsstelsel kan simuleren en gebruikt kan worden om knelpunten en hun oorzaken vast te stellen. En het aandragen van mogelijke oplossingen om het rioleringsstelsel te optimaliseren.

1.6 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de aanpak voor het uitvoeren van dit onderzoek beschreven. Hoofdstuk 3 behandelt de opbouw van het model van de bestaande toestand dat gebruikt wordt om antwoord op de onderzoeksvragen te geven. De hoofdstukken 4, 5 en 6 geven antwoord op respectievelijk de onderzoeksvragen 1, 2 en 3. In hoofdstuk 4 wordt ingegaan op de correctheid van het model van de bestaande toestand. De knelpunten die aan de hand van de modelresultaten bepaald kunnen worden, komen in hoofdstuk 5 aan bod. In hoofdstuk 6 worden enkele oplossingen voor de knelpunten aangedragen. De betrouwbaarheid van de resultaten van dit verslag wordt beschreven in de discussie die in hoofdstuk 7 staat. Het verslag wordt afgesloten met hoofdstuk 8 waarin de conclusie van dit onderzoek geformuleerd is en enkele aanbevelingen worden gedaan voor vervolgonderzoeken.

2 Methode

In dit hoofdstuk wordt de methode die toegepast is in dit onderzoek per onderzoeksvraag beschreven. Zoals in de inleiding is beschreven, is in dit onderzoek gewerkt volgens de Hydronautprocedure 7.0 (AquaFin, 2017). Waar dit van toepassing is, zal ernaar verwezen worden. In paragraaf 2.1 wordt de methode voor de opbouw en de validatie van het model van de bestaande toestand beschreven. Paragraaf 2.2 bespreekt de analyse van de knelpunten in het rioleringsstelsel op basis van de modelresultaten. Tot slot geeft paragraaf 2.3 de aanpak voor het opstellen van mogelijke oplossingen voor de knelpunten.

2.1 Schematische weergave

De schematische weergave geeft een overzicht van de wijze waarop de verschillende delen van het stelsels met elkaar integreren. Hieronder staan de drie stappen beschreven die uitgevoerd zijn om de werking van het rioleringsstelsel beter te begrijpen.

2.1.1 Afstroming regenwater

Om te begrijpen hoe het hemelwater afstroomt naar het rioleringsstelsel is er op schematisch niveau een inventarisatie van alle bestaande, natuurlijke en niet-natuurlijke, afwateringskanalen uitgevoerd. Hiervoor is eerst een grachteninventarisatie in de GIS-software ArcMap gedaan, waarbij op basis van het Digitaal Hoogtemodel Vlaanderen (DTM) en Google Maps de grachten die aangeleverd zijn in de databank van AquaFin gecontroleerd zijn. Daar waar de grachten in de databank niet overeenkwamen met de gegevens uit het DTM en/of Google Maps zijn aanpassingen gedaan. Voor iedere gracht is gekeken of en waar interactie met het rioleringsstelsel is. Tijdens een bezoek aan het terrein zijn ook enkele grachten op locatie geïnventariseerd. Voor deze gevallen was de informatie van het DTM en Google Maps niet toereikend.

Naast de grachteninventarisatie zijn de verharde en onverharde vlakken op schematische wijze in kaart gebracht. Voor de verharde vlakken is gebruik gemaakt van het Grootchalig Referentie Bestand Vlaanderen (GRB) van 2017. In dit bestand staat geografische informatie over de gebouwen, percelen, waterlopen en wegen. Aan de hand van deze gegevens is een kaart in ArcMap gemaakt van het verharde oppervlak in het studiegebied. Aan de hand van orthofoto's (Agentschap Informatie Vlaanderen, 2015) en Google Streetview zijn nog enkele verharde oppervlakten toegevoegd aan de kaart. De onverharde oppervlakten zijn op basis van het landgebruik, bodemsoort en helling opgedeeld in polygonen die dezelfde karakteristieken vertonen. Voor het bepalen van het landgebruik is Google Maps gebruikt. De bodemsoort is terug te vinden in de bodemkaart van Vlaanderen (Databank Ondergrond Vlaanderen (DOV), 1973). En voor de helling zijn klassen gemaakt op basis van het DTM. Met deze informatie en de tabel van Smedt et al., (1999), waarin voor iedere combinatie van landgebruik, bodemsoort en helling een runoff coëfficiënt vastgesteld is, is per polygoon de runoff coëfficiënt bepaald die aangeeft hoeveel procent van de neerslag afstroomt naar het rioleringsstelsel. Meer informatie over het toekennen van runoff coëfficiënten aan de polygonen is te vinden in hoofdstuk 3.3.

2.1.2 Stroming door het stelsel

De stroming door het stelsel is gesimuleerd aan de hand van het model van de bestaande toestand. Hiervoor is de informatie vanuit de databank in InfoNet omgezet naar een InfoWorks-ICM-bestand zoals beschreven in de Hydronautprocedure (AquaFin, 2017). Vervolgens zijn de hydraulische structuren in het model geïmplementeerd. Een uitgebreide beschrijving van de implementatie van de structuren en de data die daarvoor gebruikt is, is te lezen in hoofdstuk 4 Modelimplementatie. In het model is op basis van het DTM voor iedere knoop bepaald welke oppervlakten naar de knoop afstromen. Dit is gedaan door middel van het intekenen van subcatchments. Indien een gescheiden stelsel in de straat ligt, worden voor de oppervlakten twee subcatchments aangemaakt: een voor het afvalwater van de woningen en een voor het regenwater.

Omdat het model slechts een deel van het gehele rioleringsstelsel in het zuiveringsgebied beslaat zijn aan de randen van het model randvoorwaarden opgelegd. Zoals benoemd in paragraaf 1.5 Studiegebied, wordt het studiegebied gevormd door een knijpconstructie die benedenstrooms van het studiegebied ligt. Er zijn geen stelsels bovenstrooms het stelsel van het studiegebied. De randvoorwaarden voor de uitlaten zijn bepaald aan de hand van metingen tijdens een terreinbezoek. Voor iedere uitlaat is het waterpeil van de waterloop ten opzichte van de binnen onderkant (BOK) van de uitlaat opgemeten. Op basis van de aanwezig vuilrand is ook een schatting gemaakt van het maximale waterpeil ten opzichte van de BOK.

2.1.3 Modelvalidatie

Aan de hand van de modelvalidatie is gekeken in hoeverre het model overeenkomt met de werkelijkheid. De Hydronautprocedure maakt onderscheid tussen de historische modelvalidatie en de actuele modelvalidatie. Omwille van tijd is enkel de historische modelvalidatie uitgevoerd. Voor de historische modelvalidatie is er gekeken of de knelpunten die het model simuleert ook door de omwonenden waargenomen worden. Aan de hand van een simulatie van het model met een composietbui die eens in de twee jaar voorkomt (T_2), is een selectielijst gemaakt van de locaties waar het model wateroverlast simuleert. Hierbij is gekeken naar de putten waar het model water boven het maaiveld simuleert. (Voor een uitgebreide uitleg over de werking van het model wordt naar hoofdstuk 4 verwezen.) Per locatie zijn de omwonenden ondervraagd. Hierbij is gepoogd om minimaal van vijf verschillende personen antwoord te krijgen. De vragen die gesteld zijn, zijn:

- Heeft u sinds dat u hier woont wel eens wateroverlast gehad?
 - Heeft u plassen water op straat zien staan na regenbuien?
 - Heeft wel eens moeite met het doorspoelen van het toilet waarbij water opborrelt tijdens of na regenbuien?
- Zo ja, hoe vaak treedt deze wateroverlast op? Een keer per jaar, meerdere keren per jaar of enkel als er piekbuien zijn die eens in de zoveel jaar voorkomen?
- Als er een plas water op straat staat, hoe groot is de omvang van de plas?

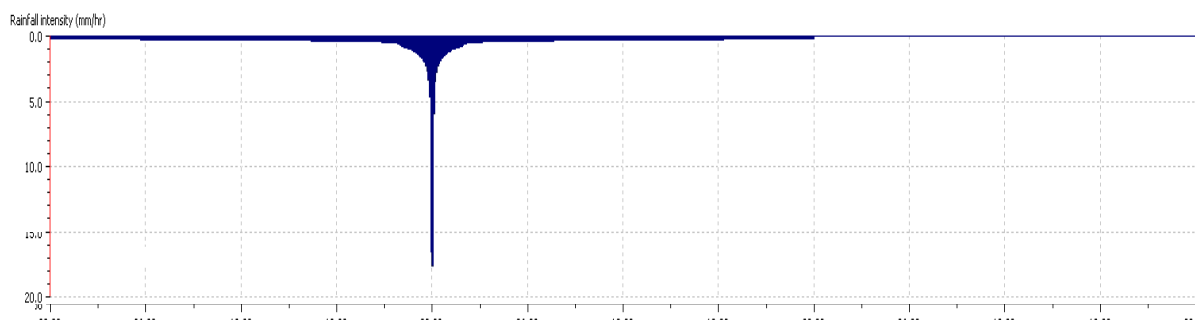
Op basis van de antwoorden op de vragen is per locatie gekeken of de gesimuleerde overlast overeenkomt. Daarnaast is een lijst met knelpunten opgesteld door de Vlaamse Milieu Maatschappij (VMM, 2017) gebruikt om het model te valideren. Op enkele plaatsten is het model op basis van de waarnemingen gekalibreerd zodat het model overeenkomt met de waarnemingen.

2.2 Analyse knelpunten

Om de huidige knelpunten in kaart te brengen, zijn simulaties met verschillende ontwerp buien uitgevoerd. In 1996 hebben Vaes en Berlamont composietbuien ontwikkeld die als neerslaginvoer voor rioleringsberekeningen in Vlaanderen gebruikt kunnen worden. Aan de hand van de intensiteit/duur/frequentie-relatie (IDF-relatie) is voor iedere herhalingsstijd één composietbui samengesteld die dekkend is voor buien van verschillende duur (Vaes & Berlamont, 1996). De intensiteit van de composietbuien is bepaald aan de hand van de meetreeksen gemeten tussen 1898 en 2007 in Ukkel (Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid, 2012). In 2011 zijn de IDF-relaties voor de composietbuien geactualiseerd waarbij rekening gehouden is met de trend van neerslagextremen zoals beschreven staat in het artikel van Willems (2009) (Willems, Evaluatie en actualisatie van de IDF-neerslagstatistieken te Ukkel, 2011).

De verschillende ontwerp buien die gebruikt worden voor de controleberekening van bestaande rioleringsstelsels en de dimensionering van nieuw aan te leggen stelsels staan beschreven in de Code van goede praktijk voor het ontwerp, de aanleg en het onderhoud van rioleringsystemen (Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid, 2014) en omvatten de volgende composietbuien:

- Een composietbui met een herhalingsstijd van $T = 2$ jaar. Hierop worden de rioleringen ontworpen;
- Composietbuien met een hogere herhalingsstijd, $T = 5$, $T = 10$ en $T = 20$ jaar;
- Composietbuien met een hogere frequentie $f = 7$ en $f = 10$. Dit is gelijk aan $T = 1/7$ en $T = 1/10$ jaar.



Figuur 2-1: Grafische weergave composietbui T2

In Figuur 2-1 is weergegeven hoe een T2-bui er uitziet. De buien hebben een duur van twee dagen waarbij de piek na 24 uur plaats vindt. De buien worden voor drie dagen gesimuleerd zodat ook de stroming door het stelsel na de bui in de modelsimulaties berekend kan worden.

Om vervolgens de knelpunten te bepalen zijn de richtlijnen van de Code van goede praktijk gevolgd. Hierin wordt beschreven dat bij een T2 bui geen water op straat waargenomen mag worden. Daarnaast mogen overstorten niet vaker dan zes keer in werking treden om te voorkomen dat het oppervlaktewater te erg vervuild wordt met afvalwater (Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid, 2014). Om de frequentie van de overstortwerking te bepalen is gekeken naar f7- en f10-buien. Hieronder staat een opsomming van modelresultaten die zijn geanalyseerd om de knelpunten vast te stellen:

- Wateroverlast bij simulatie van een T2-bui:
 - Het maximale gesimuleerde debiet in de leiding ten opzichte van de capaciteit van de leiding.
 - Het overstromingsvolume per knoop en de waterstand in de knoop ten opzichte van het maaiveld.
- Frequentie overstortwerking:
 - Het debiet dat de overstort passeert bij een simulatie van een f7-bui.
 - Als er een debiet waargenomen wordt bij een f7-bui wordt er gekeken naar het debiet dat de overstort passeert bij een simulatie met een f10-bui.

2.3 Oplossingen

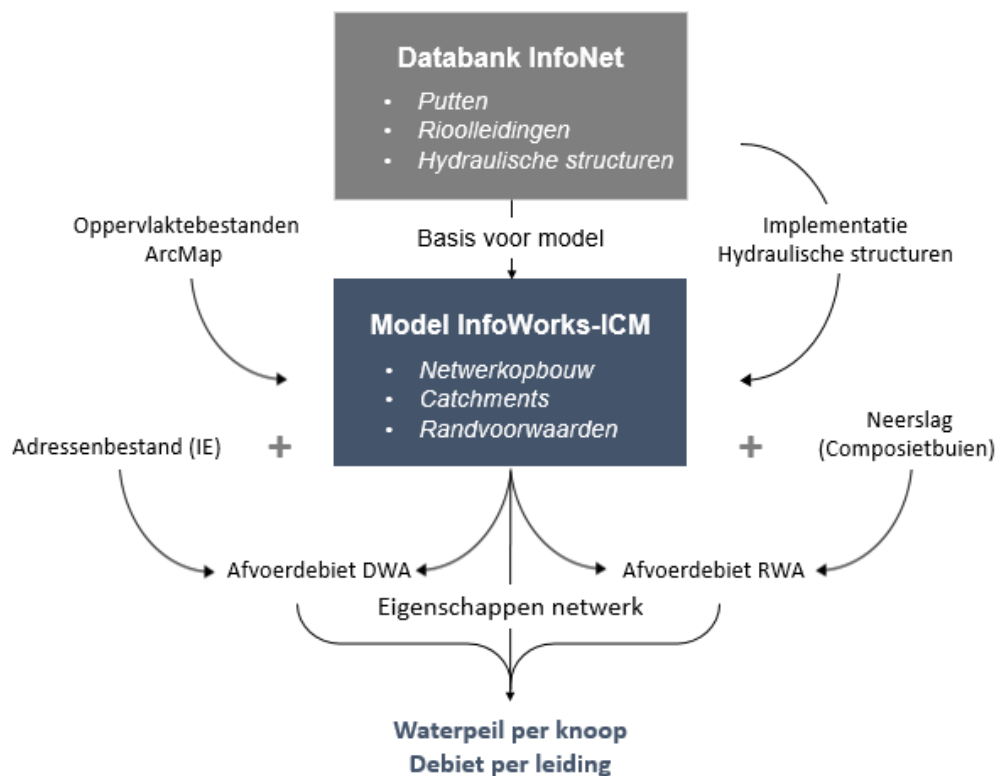
Voor de oplossingen is gekeken naar algemene, duurzame oplossingen, beschreven in de literatuur en die van toepassing zijn op de Vlaamse regelgeving. Hierbij is gebruik gemaakt van het Vlaams reglement betreffende de milieuvergunning (Vlarem).

Daarnaast is voor ieder knelpunt is gezocht naar de oorzaak ervan. Op basis van kennis en ervaringen van twee collega's die ook aan verschillende hydronautstudies werken zijn mogelijke oplossingen gevonden om de oorzaak van het ontstaan van het knelpunt te minimaliseren. De oplossingen zijn geen gegronde oplossingen, maar slechts aanbevelingen. In een volgend onderzoek dient door middel van het opmaken van het model van de geplande toestand te worden gekeken of de aangedragen oplossingen ook daadwerkelijk de wateroverlastproblemen verhelpen.

3 Modelimplementatie

In dit hoofdstuk wordt de implementatie van het model van de bestaande toestand van het studiegebied beschreven. Er wordt eerst kort ingegaan op het softwareprogramma InfoWorks-ICM (Innovyze Ltd) waarin het model gemaakt is. In de daaropvolgende paragrafen staat beschreven hoe het model opgebouwd is. Bij de opbouw van het model is gebruik gemaakt van de help-functie van InfoWorks-ICM (Innovyze, 2017) en een intern document dat Antea Group beschikbaar stelt en medewerkers kunnen gebruiken om informatie te delen.

Figuur 3-1 laat een schematische weergave van de modelopbouw zien en de samenhang tussen verschillende onderdelen daarvan. In paragraaf 3.1 komt de netwerkopbouw aan bod. De opbouw van de oppervlaktebestanden wordt in paragraaf 3.2 besproken. Vervolgens worden de catchments uitgelegd in paragraaf 3.3. Hierop volgend wordt de implementatie van de hydraulische structuren in paragraaf 3.3 uitgelegd en het inwonersequivalent (IE) in paragraaf 3.4. Een overzicht van de opgelegde randvoorwaarden is te vinden in paragraaf 4.5. Tot slot staat er in paragraaf 4.6 beschreven hoe het model het overstromingsgedrag bepaald.



Figuur 3-1: Schematische weergave modelopbouw

3.1 Algemene informatie InfoWorks-ICM

Het model van de bestaande toestand is gemodelleerd in het programma InfoWorks-ICM (Integrated Catchment Modeling). Deze software maakt het mogelijk om een geïntegreerd model te maken waarbij de hydrologie van natuurlijke afwatering en menselijke aangelegde afwateringsystemen gecombineerd kan worden (Innovyze Ltd, 2017). Het model bestaat uit zogenoemde links en nodes. De nodes worden in het model gebruikt voor inspectieputten, uitlaten of het weergeven van bufferbekkens. Twee nodes worden verbonden door een link, die in de meeste gevallen een rioolleiding weergeeft. Aan een link wordt informatie over de vorm, dimensies, diepteligging, helling en hoeveelheid sediment toegekend. Links kunnen echter ook hydraulische structuren weergeven zoals pompstations, wervelventielen, knijpopeningen en overstorten.

De hydraulische modellering van het rioleringsstelsel in InfoWorks-ICM is gebaseerd op de afwatering van huishoudens en bedrijven en de neerslag die op de afstromende oppervlakten valt en afstroomt naar het rioleringsstelsel. Aan iedere leiding wordt een subcatchment (meer informatie hierover in 4.4) toegekend die

aangeeft welk deel van het oppervlak afstroomt naar de riolering en welke huishoudens op deze riolering aangesloten zijn. De debieten in de leidingen worden berekend met partiële differentiaalvergelijkingen. Hierbij is de stroming in de leiding gelijk aan de som van de debieten die afkomstig zijn van het toestromende afvalwater, regenwater en het water in de bovenstroomse leiding. Zodra het water in het model een uitlaat passeert, verdwijnt het water uit het model. Aan de hand van benedenstroomse randvoorwaarden kunnen er waterpeilen aan deze uitlaten opgelegd worden.

Voor iedere waarde van een parameter kan een zogenoemde vlag toegekend worden. Deze vlaggen geven weer waar de informatie vandaan komt. In de meeste gevallen is de informatie verkregen via metingen van de landmeter (vlag OP). Voor sommige delen zijn As-Built plannen beschikbaar waarvan gegevens overgenomen zijn in het model (vlag AB). Echter, bestaan er ook leidingen waarvan geen waarden beschikbaar zijn, dan worden er aannames gemaakt (vlag AW). Het model kan ook zelf op basis van formules of verhoudingen waarden bepalen. Dit gebeurt in de default modus (vlag #D). Het toekennen van vlaggen aan de verschillende waarden is een verplichting die Aquafin in de Hydronautprocedure oplegt bij het uitvoeren van rioolmodelleringsstudies.

3.2 Netwerkopbouw

Het modelnetwerk is opgebouwd uit putten, leidingen en hydraulische structuren. Voor de leidingen maakt het model onderscheid tussen drie type; foul, storm en combined (respectievelijk DWA, RWA en gemengd). Alle leidingen en putten die in de databank staan, kunnen geëxporteerd worden naar het modelbestand. Echter, er ontbreken enkele rioolleidingen in de databank. Op zoneringsplannen van de gemeente, weergegeven in Figuur B-1 van Bijlage B, is te zien dat in deze straten de huizen aangesloten zijn op het rioleringsstelsel, maar de landmeter heeft bij terreinmetingen geen riolering kunnen vinden. In het model zijn in deze straten aannames voor de ligging van de riolering gemaakt. Dit is op basis van een oude versie van het TRP (totaal rioleringsplan) gedaan. De aannames die gemaakt zijn, zijn hieronder in Tabel 3-1 per straat beschreven.

Tabel 3-1: Straten waar riolering in databank ontbreekt

(Deel van) straat	Opmerking
Zagerijstraat	De huizen in de straat zouden aangesloten moeten zijn op het rioleringsstelsel maar alleen aan het begin en eind van de straat staan er knopen in de databank.
Ridderwal	De straat is nieuw aangelegd en er wordt verwacht dat er ook gekeken is naar de afwatering van de straat.
Tabaartstraat	Het riool stopt halverwege de straat. Er wordt aangenomen dat de leidingen doorlopen.

3.3 Oppervlaktebestanden

Het regenwater kan op twee verschillende manieren afwateren. Het kan in de bodem infiltreren of afstromen naar het rioleringsstelsel en via de riolen afgevoerd worden naar een RWZI of een grote waterloop. Aan de hand van de runoff coëfficiënt wordt bepaald welk percentage van het regenwater afstroomt naar de riolering.

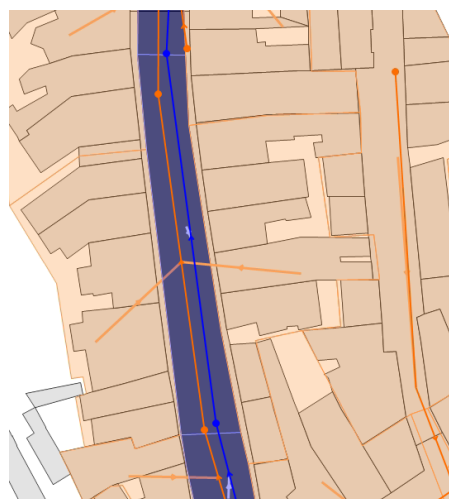
In InfoWorks-ICM worden de oppervlakten op basis van de eigenschappen verdeeld in klassen. Klasse 1 tot en met 3 zijn door InfoWorks gedefinieerd voor respectievelijk staat-, dakoppervlak en open bekkens die in het stelsel stromen. De overige klassen zijn bestemd voor onverharde oppervlakten. De klassen dienen zelf te worden gedefinieerd op basis van de runoff coëfficiënten (c) van de oppervlakten. In het studiegebied liggen de runoff coëfficiënten tussen 0,1 en 0,5. In Tabel 3-2 is te zien hoe deze runoff coëfficiënten verdeeld zijn over de klassen. De runoff coëfficiënt voor het straat- en dakoppervlak is vastgesteld op 0,9 (Aquafin, 2017). Hierbij wordt aangenomen dat een klein gedeelte, 10 procent, van het regenwater voor hergebruik gebruikt wordt of via regentonnen gebufferd wordt. Ook verdamping en bevochtiging van het oppervlak zijn in deze coëfficiënt meegerekend. In Figuur B-2 van Bijlage B is te zien hoe het studiegebied is opgedeeld in de hierboven genoemde zeven klassen.

Tabel 3-2: Klasseverdeling oppervlakten

Klasse	Eigenschappen oppervlak
1	Straat, $c = 0,9$
2	Dak, $c = 0,9$
3	Open bekkens, $c = 1$
4	Onverhard, $c \leq 0,2$
5	Onverhard, $0,2 \leq c < 0,3$
6	Onverhard, $0,3 \leq c < 0,4$
7	Onverhard, $c > 0,4$

3.4 Catchments

Naast de leidingen en putten is het model opgebouwd uit catchments, de stroomgebieden. Deze stroomgebieden zijn opgedeeld in deelstroomgebieden, subcatchments, die afwateren naar een bepaalde rioolleiding. De eigenschappen van een subcatchment zijn gekoppeld aan de eigenschappen van de leiding. Hiermee zijn dus ook de subcatchments onder te verdelen in foul, storm en combined. In Figuur 3-2 is een klein deel van het model te zien waarin de oppervlaktebestanden en subcatchments weergegeven zijn. De grijze vlakken geven de oppervlaktebestanden weer, zoals besproken in paragraaf 3.3. De subcatchments liggen bovenop de oppervlaktebestanden. In Figuur 3-2 geven de oranje vlakken de subcatchments aan die afwateren naar het gemengde stelsel en het blauwe/paarse vlak het subcatchment dat naar de RWA-leiding afwatert. Het model bepaalt voor ieder subcatchment hoeveel procent van het hemelwater afstroomt naar de riolering. Hiervoor bekijkt het model welke oppervlaktebestanden in het subcatchment liggen en welke runoff coëfficiënten daaraan gekoppeld zijn.



Figuur 3-2: Weergave subcatchments en oppervlaktebestanden in het model

Bij het toekennen van de subcatchments aan de leidingen dient er onderscheid gemaakt te worden tussen gescheiden –en gemengde stelsels. Bij gescheiden stelsels moet er gekeken worden in welke mate het hemelwater afgekoppeld is van het afvalwater. Huizen die vanaf 2004 gebouwd zijn dienen volledig afgekoppeld te worden als er een gescheiden stelsel aanwezig is. Sinds 2008 is het ook bij herbouw verplicht om het regenwater volledig af te koppelen (Vlaamse overheid, 2012). Aan de hand van deze gegevens is voor iedere straat met een gescheiden stelsel de mate van afkoppeling bepaald. Dit overzicht is terug te vinden in Bijlage B, tabel B-1. In het model is dit met drie verschillende waarden geïmplementeerd (Vlaamse overheid, 2012):

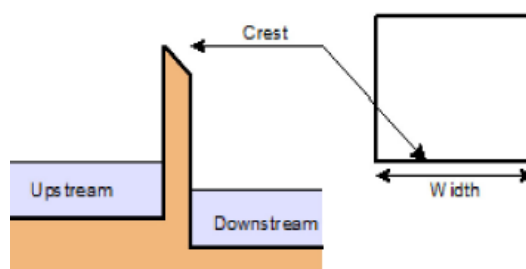
- 100; semi-optimale afkoppeling, enkel de straat is afgekoppeld.
- 150; optimale afkoppeling, van rijtjeswoningen is alleen de voorste dak helft afgekoppeld. De straat is volledig afgekoppeld.
- 200; volledige afkoppeling; zowel de straat als de huizen zijn volledig afgekoppeld.

3.5 Hydraulische structuren

In het studiegebied zitten verschillende hydraulische structuren. Sommige structuren kunnen gemakkelijk vanuit de databank geëxporteerd worden naar het model, zoals knijpconstructies of sifons. Voor andere structuren dient er informatie opgevraagd te worden bij de producent, bijvoorbeeld de Q-h relatie van wervelventielen of pompen. Voor structuren waarvan gegevens ontbreken, worden aannames gemaakt. In deze paragraaf worden de hydraulische structuren die manueel in het model geïmplementeerd zijn besproken. Hierbij wordt verwezen naar enkele functies in InfoWorks-ICM. De technische achtergrond van deze functies en de formules waarmee het model rekent zijn te vinden in Bijlage B.

Overstort

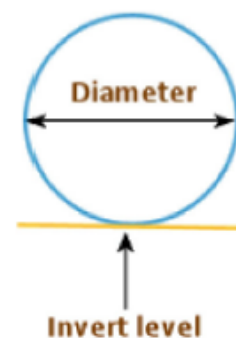
Overstorten worden gemodelleerd met de functie WEIR waarmee in het model een link zonder lengte getekend wordt. Hierbij gebruikt het model de drempelhoogte (crest) als punt waarop de overstort in werking treedt. Met de lengte die loodrecht op de dwarsdoorsnede van de uitlaat staat (width) berekent het model de grootte van het debiet dat de overstort passeert. Zie hiervoor ook de schematische weergave in Figuur 3-3.



Figuur 3-3: Weergave overstort

Knijpopeningen

Knijpopeningen zijn vaak te beschouwen als een opening in een muur. Een alternatief zijn knijpleidingen. Deze laatste zijn langer dan een meter en worden daarom als een gewone leiding gemodelleerd. Zowel knijpopeningen als knijpleidingen hebben als doel het doorstroomdebiet te beperken. Knijpopeningen worden met het linktype ORIFICE gemodelleerd. De parameters die voor een ORIFICE ingevuld moeten worden zijn de diameter van de opening en de BOK (invert level). Door de diameter in te vullen neemt het model aan dat de opening cirkelvormig is (zie Figuur 3-4). Voor vierkante openingen wordt gebruik gemaakt van de functie SLUICE die normaal gesproken gebruikt wordt voor afsluiters, om het knijpeffect te simuleren.



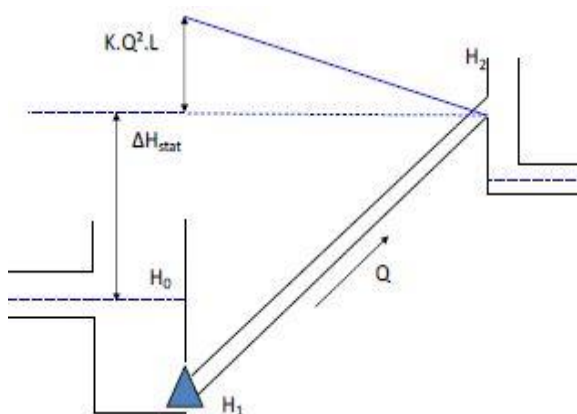
Figuur 3-4: Weergave knijpopening

Terugslagkleppen

Terugslagkleppen zorgen voor het voorkomen van het terugstromen van het water in het stelsel. In het model worden deze kleppen gemodelleerd met het linktype FLAP VALVE. Hierbij geeft de BOK van de terugslagklep aan wanneer de terugslagklep in werking treedt. Het model gaat uit van cirkelvormige terugslagkleppen door de parameterwaarde voor de diameter in te vullen. Voor rechthoekige terugslagkleppen wordt eerst een equivalente diameter berekend zodat het model bij de simulaties de juiste oppervlakte van de dwarsdoorsnede van de terugslagklep berekent.

Pompen

De meest voorkomende pompstations zijn pompstations waar dompelpompen in de pompkelder onder water staan. Door de draaiende beweging van de pomp wordt het water aangezogen en door de stijgleiding en persleiding geperst (zie Figuur 3-5).



Figuur 3-5: Schematische weergave dompelpomp

In het studiegebied bevinden zich drie rotodynamische dompelpompen. Deze zijn op twee verschillende manieren in het model geïmplementeerd. Voor de pompen waar gegevens van de Q-h curve van beschikbaar waren, is gebruik gemaakt van de functie ROTPUMP. Het model bepaalt op basis van de ingevoerde Q-h curve het debiet dat de pomp in de persleiding pomp. Aan de persleiding is ook de Q-h curve gekoppeld aangezien de pomp en de persleiding samen als pompstation functioneren. Bij het ontbreken van informatie worden de pomp en persleiding samen gemodelleerd als een FIXPUMP waarbij het model rekent met een vast debiet dat de pomp verpompt. Voor dit vast debiet wordt een aanname gedaan. In Tabel 3-3 is te zien op welke wijze de pompen in het model geïmplementeerd zijn.

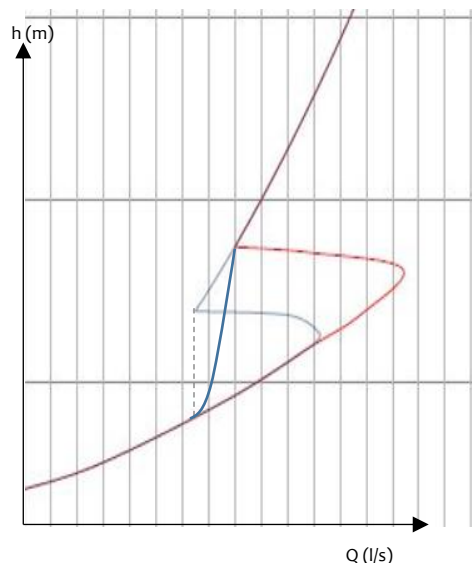
Tabel 3-3: Pompen in het studiegebied

Straat	Aantal (eff+res)	Pomp type	Pomp debiet
Demerlaan	2 + 0	ROTPUMP	Q-h relatie
Jazz Bilzenplein	1 + 1	ROTPUMP	Q-h relatie
Kapittelstraat		FIXPUMP	3 l/s

Daarnaast wordt voor iedere pomp een aan- en afslagpeil bepaald. Dit is het waterpeil waarbij de pomp in of uit werking treedt. Tot slot kan een pompstation meerdere pompen hebben. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen twee pompen die samenwerken en pompen die een wisselwerking hebben om zo de levensduur van de pompen te verlengen. Dit wordt aangegeven met het aantal effectieve pompen (eff) en het aantal reserve pompen (res). In het geval van wisselwerking tussen twee pompen wordt in het model enkel één pomp geïmplementeerd aangezien er ook maar één pomp tegelijkertijd werkt. Dit staat ook weergegeven in Tabel 3-3.

Wervelventielen

Wervelventielen worden met de functie VORTEX gemodelleerd. Voor de VORTEX dient de Q-h curve en het instroompeil ingevoerd te worden. De Q-h curve van een wervelventiel neemt de grafiek zoals weergegeven in Figuur 3-6 aan. Bij oplopende waterhoogtes laat het wervelventiel een bepaald debiet door. Als eenmaal de opening volledig gevuld is, wordt de doorstroming door de wervelingen en de luchtinsluitels afgeremd en daalt het debiet tijdelijk. Als eenmaal een bepaalde drukhoogte overschreden wordt, fungeert het wervelventiel weer als knijpopening. Bij het dalen van het waterpeil zal ook het debiet dalen tot een bepaald moment waar lucht ingesloten kan worden. Dit zorgt voor extra druk waardoor een extra debiet genereerd wordt. Het punt waarop dit gebeurt is niet gelijk aan het punt bij stijgende waterpeilen hierdoor treedt hysteresis op. Er kan echter geen hysteresis in het model geïmplementeerd worden. Voor het model wordt daarom een versimpeling van de Q-h curve gebruikt. Deze is in Figuur 3-6 aangegeven in het blauw.



Figuur 3-6: Grafiek wervelventiel met versimpeling

De curve wordt in het model uitgebreid met negatieve waarden, waarbij de wervel zal fungeren als een opening. Indien deze negatieve debieten niet zouden opgenomen worden in het Q-h-verband, kan er geen negatieve stroming gesimuleerd worden, wat niet overeenkomt met de werkelijkheid.

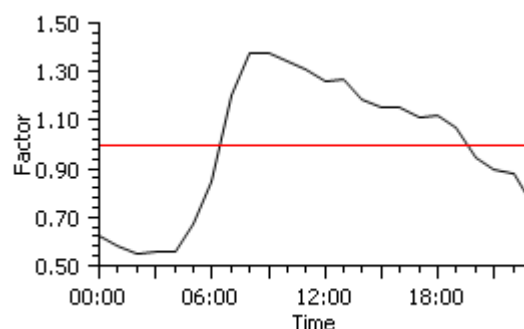
In Tabel 3-4 zijn de gegevens van de wervelventielen in het studiegebied weergegeven. Het wervelventiel in de Eikenlaan is gemodelleerd als knijpconstructie. Het gaat hierbij om een wervelventiel op privéterrein waarvan het serienummer onbekend is. Van dit wervelventiel is wel de maximale capaciteit bekend. Dit debiet is als limited discharge in het model gebruikt.

Tabel 3-4: Wervelventielen in het studiegebied

Straat	Type wervelventiel	Debiet
Brugstraat/Demerlaan	CY870-315J/310-390TR EWBB100	Q-h relatie
Eikenlaan	V95 S90	2.88 l/s
Demerwal	CY545-200J/200-295TUL EWBB1282	Q-h relatie
Pasweg	EWBB993	Q-h relatie

3.6 Inwonersequivalent (IE)

De hoeveelheid afvalwater in het stelsel wordt bepaald aan de hand van het inwonersequivalent. Dit is de hoeveelheid afvalwater in liter die één persoon op een dag produceert. De Europese norm EN-752 beschrijft voor ieder land welk dagverbruik per inwoner gehanteerd wordt (Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid, 2002). In België is vastgesteld dat 1 IE gelijk staat aan 150 liter per persoon per dag. Hierbij wordt aangenomen dat dit grotendeels over een tijdspanne van 14 uur wordt geproduceerd. Dit komt overeen met een gemiddelde piekwaarde van 1,7 IE (24/14). Het afvalwaterdebiet wordt daarom ook wel Q_{14} genoemd. De maximale afvoer ligt echter hoger dan de gemiddelde piekafvoer van 1,7 IE. Uit een studie van Bouteligier et al. (in Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid, 2002) is gebleken dat de piek op 3,4 IE ligt, wat overeenkomt met $2Q_{14}$. In Figuur 3-7 is weergegeven hoe de productie van het afvalwater zich over de dag verdeelt. Deze verdeling is vastgesteld in de Hydronautprocedure (AquaFin, 2017).



Figuur 3-7: Basisprofiel afvalwater op doordeweekse dag (AquaFin, 2004)

Huishoudelijk afvalwater

Om de juiste hoeveelheid huishoudelijk afvalwater te simuleren, zijn bij de stad Bilzen de gegevens van het aantal inwoners per woning opgevraagd. Hiermee is per subcatchment het aantal IE's berekend. Het afvalwater is gesimuleerd op een debiet van $2Q_{14}$ omdat volgens de Code van goede praktijk (Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid, 2014), DWA-leidingen op dit debiet ontworpen zouden moeten worden.

Niet-huishoudelijk afvalwater

Naast huishoudelijk afvalwater is er een groot gedeelte niet-huishoudelijk afvalwater afkomstig van bedrijven, kantoren, scholen etc. Voor industriële bedrijven is de hoeveelheid afvalwater gebaseerd op de maximale te produceren hoeveelheid afvalwater die vastgesteld staat in de milieuvergunning. Voor bedrijven waarvan geen milieuvergunning beschikbaar gesteld is, is de richtlijn van de Code van goede praktijk overgenomen, die een debiet $2Q_{14}$ van 85 IE per hectare geeft. Voor de overige speciale gebouwen zijn de IE's vastgelegd volgens de Waalse reglementering. Voor scholen is gerekend met een inwonerequivalent van $1/5$ IE per leerling en $1/2$ IE per personeelslid (Demotte & Lutgen, 2008).

3.7 Randvoorwaarden

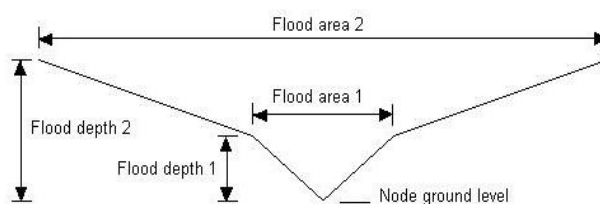
Het gehele stelsel ligt bovenstrooms van een knijpconstructie. Er zijn geen andere stelsels die invloed hebben op de afwatering van het stelsel in het doelgebied. Voor bovenstroomse instroomdebieten zijn dus geen randvoorwaarden opgelegd. Benedenstrooms van het stelsel zijn randvoorwaarden voor de uitlaten opgelegd. In Figuur B-3 van bijlage B zijn alle uitlaten van het studiegebied in kaart gebracht.

Tijdens een terreinbezoek zijn de waterpeilen van de uitlaten opgemeten. Enkele uitlaten waren slecht bereikbaar. Voor deze uitlaten zijn aannames gemaakt op basis van het digitaal hoogtemodel, dwarsdoorsneden van de uitlaat en interpolaties tussen twee uitlaten die wel opgemeten zijn. In tabel B-3 zijn de randvoorwaarden weergegeven. De in grijs weergegeven schuingedrukte waterpeilen zijn aannames. In het model worden deze randvoorwaarden gebruikt om de interactie tussen het rioleringsstelsel en het oppervlaktewater weer te geven.

3.8 Overstromingsgedrag

Het overstromingsgedrag van de knopen wordt 1-dimensionaal gemodelleerd. Als het water in de rioleringen boven het maaiveld uitkomt slaat het model het overstromingsvolume op in een overstromingskegel. Zodra de druk in de leidingen weer gedaald is, stroomt het water van de overstromingskegels weer in het rioleringsstelsel. In praktijk kan het water dat via de riooldeksels boven maaiveld wordt gesimuleerd, afstromen naar lageregelegen gebieden en stroomt het hier weer in het rioleringsstelsel. De 1D modelsimulatie is dus een versimpeling van de realiteit.

Om ervoor te zorgen het water dat uit de rioolputten stroomt niet uit het model verdwijnt, wordt het overstromingstype stored toegekend aan de knopen. Hiermee slaat het model het water dat boven het maaiveld komt op in een kegel die de vorm aanneemt van de figuur hiernaast (Figuur 3-8). Met parameters is bepaald welke dimensies de overstromingskegel heeft.



Figuur 3-8: Overstromingskegel

De vorm van de kegel heeft invloed op de waterhoogte van de plassen op straat. In het model van de bestaande toestand worden de parameters zoals beschreven in Tabel 3-1 gebruikt om de overstromingskegel te definiëren (Innovyze, 2017).

Tabel 3-5: Parameters overstromingskegel

Naam	Peil	Oppervlakte
Node Ground level	Maaiveldniveau	Schachtoppervlakte
Flood depth 1	10cm boven maaiveldniveau	10% van de floodable area
Flood depth 2	50cm boven maaiveldniveau	100% van de floodable area

4 Resultaten: Modelvalidatie

Om ervoor te zorgen dat het model een correcte weerspiegeling van de werkelijkheid geeft, wordt het model gevalideerd. De Hydronautprocedure schrijft twee types van validatie voor: de historische dataverificatie en de actuele dataverificatie. Bij de historische dataverificatie worden de simulatieresultaten kwalitatief vergeleken met waarnemingen van gemeente, rioolbeheerders en buurtbewoners. De actuele dataverificatie is een kwantitatieve evaluatie van het model waarbij de simulatieresultaten getoetst worden aan werkelijk gemeten debieten en waterhoogtes in het stelsel (Aquafin, 2017).

In dit hoofdstuk staat een samenvatting van de historische dataverificatie beschreven. Een uitgebreid verslag van de resultaten van de modelvalidatie is te vinden in Bijlage C. In Figuur 4-1 en Figuur 4-2 zijn respectievelijk het noordelijke en zuidelijke deel van het studiegebied weergegeven, inclusief de gesimuleerde en waargenomen wateroverlast. Voor gedetailleerde informatie per locatie wordt naar Bijlage C verwezen.



Figuur 4-1: Gemodelleerde en waargenomen wateroverlast in noordelijk deel van het studiegebied

1. Nieuwstraat: Omwonenden nemen ongeveer eens per jaar een stroom water van ongeveer een halve meter breed waar die langs de berm richting de Sint Lambertuslaan stroomt. Het model simuleert bij een T2 bui een plas water op punt 1. Hiermee kan geconcludeerd worden dat het model overeenkomt met de waarnemingen.

2. Sint Lambertuslaan: Halverwege de straat, tegenover de school, wordt meerdere malen per jaar een grote plas water op straat waargenomen. De omwonende ziet het water vanuit de rioolput de straat op stromen. In het model staat de leiding op het aangewezen punt onder druk, maar wordt geen water op straat gesimuleerd. Op de plaatsen waar het model wateroverlast simuleert herkennen de omwonenden geen problemen. Door middel van actuele dataverificatie dienen de debieten die in de riolen gegenereerd worden te worden gevalideerd. Waarschijnlijk komen deze niet overeen met de realiteit waardoor het model op andere plekken wateroverlast simuleert.

Richting het centrum geven bewoners aan dat er ongeveer een keer per jaar een grote plas water voor de winkel, aangegeven met het rode kruisje, staat. Het model simuleert water ter hoogte van de winkel op straat. De ingang van de winkel ligt lager dan het straatniveau waardoor al het water zich daar verzamelt. Er kan geconcludeerd worden dat hier het model overeenkomt met de waarnemingen.

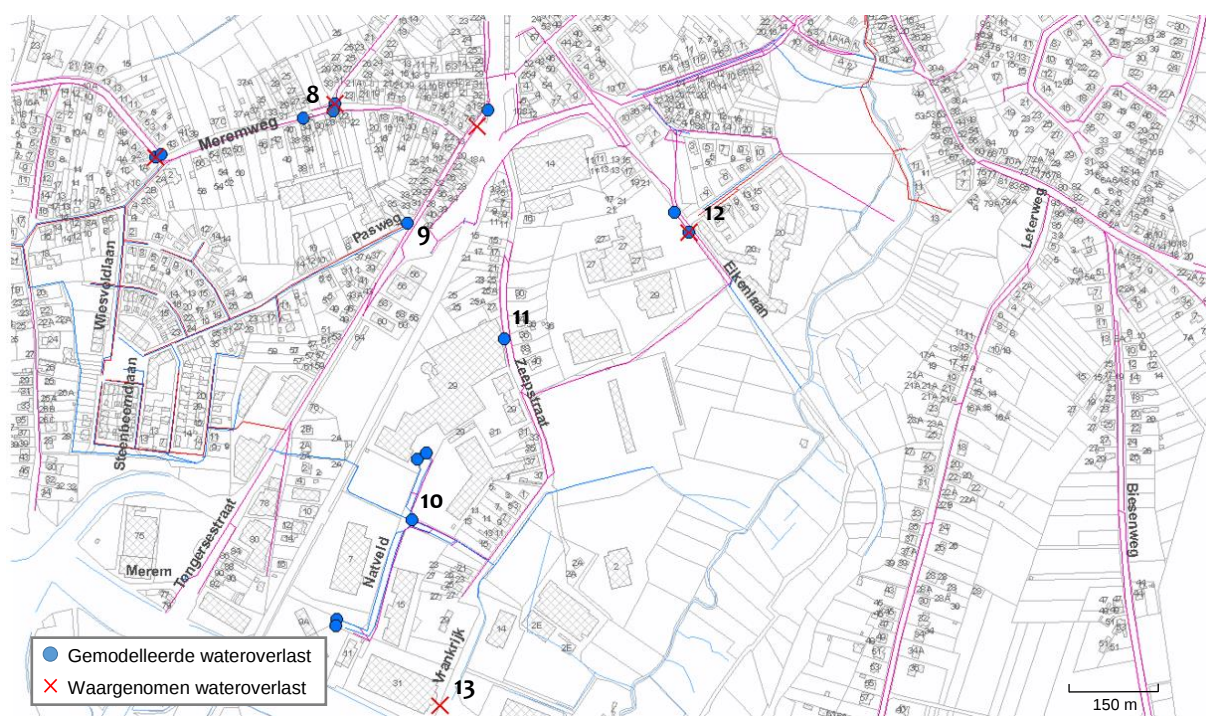
3. Hospitaalstraat: Door de omwonenden wordt hier geen wateroverlast ondervonden. Er is aangenomen dat in het model te veel verhard oppervlak toegekend is aan de leidingen waardoor er meer regenwater naar het stelsel afstroomt dan dat er in de werkelijkheid gebeurt. Het model is hier aangepast zodat er geen wateroverlast meer optreedt bij een simulatie met een T2 bui.

4. Wijerstraat: Er is navraag bij de school gedaan of er wateroverlast ondervonden wordt. Hierbij zijn de afwateringsplannen van de school opgevraagd waaruit bleek dat de school in het model verkeerd was aangesloten op het rioleringsstelsel. Het model is hier aangepast zodat het overeenkomt met de afwateringsplannen. Dit neemt niet weg dat het model nog steeds wateroverlast simuleert.

5. Kloosterwal: De put ligt in een privéparkje. Omdat er geen huizen direct om dit parkje heen staan zijn hier geen omwonenden gevraagd. Aan de hand van de actuele dataverificatie moet blijken of het model op deze locatie een juiste afspiegeling van de werkelijkheid is.

6. Bergweide: De omwonenden geven aan dat meerdere keren per jaar een grote plas water voor het bruggetje richting de Carrefour staat. Dit water kan niet via de straatkolken wegstromen. Het model simuleert achter het bruggetje water op straat. Een 2D-simulatie zou in deze situatie een beter beeld kunnen geven waar het water zich op straat verzamelt.

7. Meershoven: Drie à vier keer per jaar nemen de omwonenden een stroom water vanaf de Meershoven waar die richting de brug over de Demer stroomt. Eens in de paar jaar vormt zich voor de brug zo een grote plas water waardoor het passeren van de burg bemoeilijkt wordt. Het model simuleert op twee plaatsen op de heuvel van de Meershoven water op straat. Door de helling zal het water zich richting de brug verplaatsen. Hiermee kan geconcludeerd worden dat het model overeenkomt met de waarnemingen.



Figuur 4-2: Gemodelleerde en waargenomen wateroverlast in zuidelijk deel van het studiegebied

8. Meremweg: Door alle omwonenden wordt aangegeven dat er ieder jaar een grote plas water op straat staat die de gehele straat bij het knooppunt van de Meremweg en de Tongersestraat blank zet. Ook geven enkele omwonenden aan af en toe water via de rioolputten de straat op zien stromen. Rekening houdend met het heuvelachtige landschap waarbij het water afstroomt naar het laagstgelegen punt, kan geconcludeerd worden dat het model overeenkomt met de waarnemingen.

9. Natveld: Het is lastig contact te krijgen met de bedrijven die op dit industrieterrein zitten. Er is één bedrijf ondervraagd, de medewerkers gaven aan geen wateroverlast waar te hebben genomen. Voor deze locatie is verder onderzoek vereist omdat op basis van één waarneming geen conclusie kan worden getrokken. Er ontbreken gegevens over de afwatering van bedrijven en enkele rioolputten zijn niet op het terrein gevonden. Naar allerwaarschijnlijkheid zijn de aannames die hier gemaakt zijn incorrect. Echter, is er te weinig informatie om andere aannames te doen.

10. Zeepstraat: Door de omwonenden wordt er geen wateroverlast waargenomen. Het model simuleert op de plaats waar het bedrijf Belizia Shoes op de riolering is aangesloten wateroverlast. Waarschijnlijk is het lozingsdebiet van dit bedrijf incorrect. Het debiet is gebaseerd op de milieuvergunning voor dit pand, maar ondertussen zit er een andere onderneming in. Voor verder onderzoek dient het afwateringsplan van dit bedrijf moeten worden opgevraagd. In het model is het bedrijf aangesloten op een andere leiding waardoor er geen overlast meer gesimuleerd wordt bij een T2 bui.

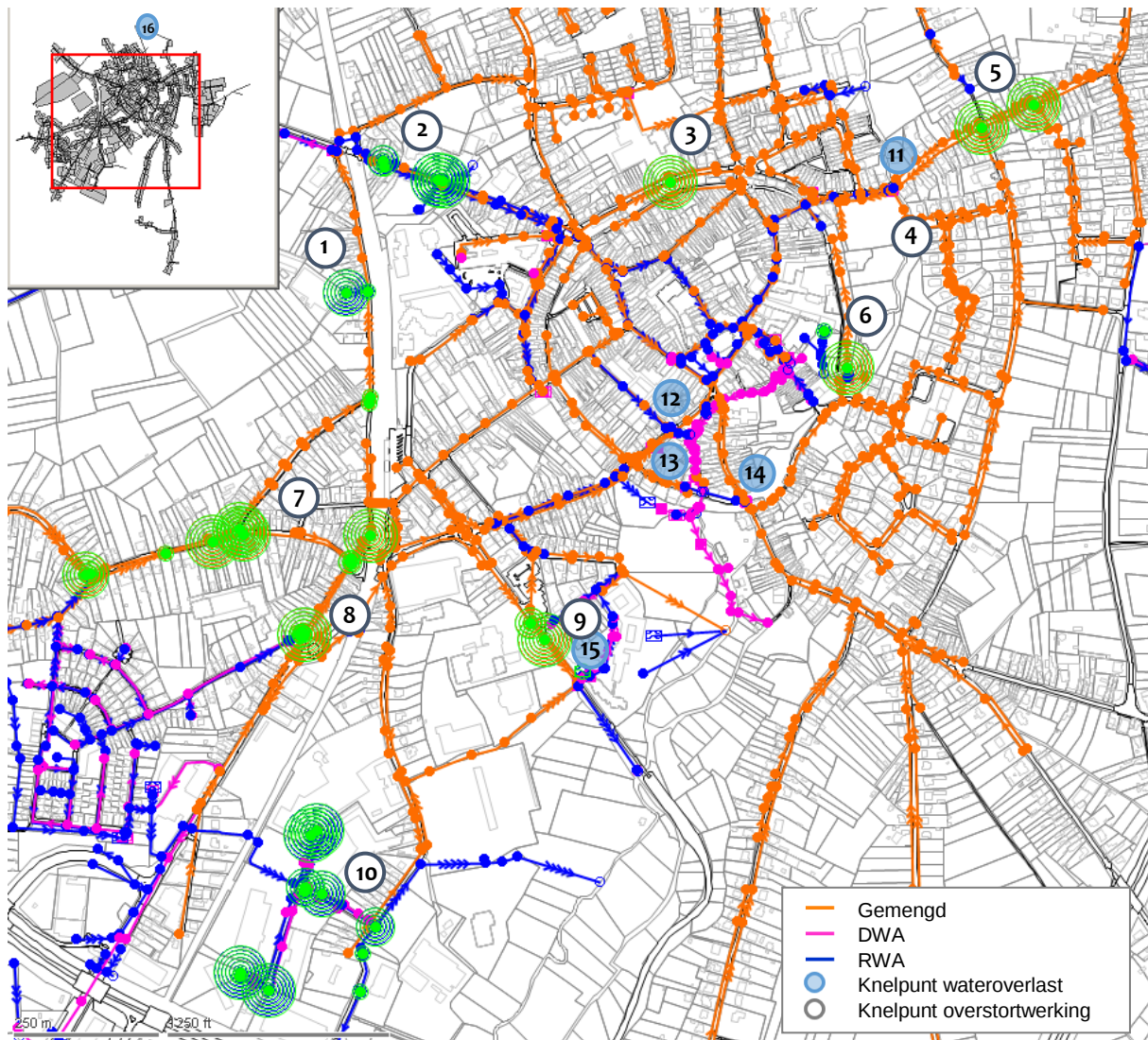
11. Pasweg: Door de omwonenden wordt er geen wateroverlast waargenomen. Het gaat hier om een groot bedrijf met veel verhard oppervlak. Er zijn al afwateringsplannen opgevraagd, maar het bedrijf dat nu in het gebouw zit heeft geen weet van de afwatering. Waarschijnlijk zijn er verkeerde aannames gedaan voor de afwatering en wordt een deel van het hemelwater op privéterrein gebufferd en eventueel hergebruikt. Zonder afwateringsplan is het lastig om andere inschattingen te maken over de afwatering van dit bedrijf. Voor verder onderzoek dient dus nog eens moeten worden nagevraagd naar het afwateringsplan van dit bedrijf.

12. Eikenlaan: Door de medewerkers van het cultuurcentrum De Kimpel wordt er meerdere keren per jaar een plas water waargenomen. Het water vormt zich rond de rioolput die voor de oprit van de parkeerplaats ligt. Het model simuleert ook op deze locatie water op straat. Er kan dus geconcludeerd worden dat het model hier overeenkomt met de waarnemingen.

Tot slot is bij een rondvraag voor afwateringsplannen van verschillende bedrijven, door een bedrijf een knelpunt aangewezen dat het model niet simuleert. Bij Karting Bilzen, aangegeven met nummer 13 in Figuur 4-2, staat meerdere keren per jaar water op straat. Het model simuleert deze wateroverlast niet omdat er geen rioleringen liggen. Dit is ook de oorzaak van de wateroverlast. Om het model wel deze wateroverlast te laten simuleren is een klein stuk van de Vrankrijk als gracht in het model geïmplementeerd. Er wordt hierbij verondersteld dat het water via de straat afstroomt.

5 Resultaten: Knelpunten

In dit hoofdstuk worden de modelresultaten van de simulaties van verschillende composietbuizen beschreven. In Figuur 5-1 is het modelresultaat van een T2 simulatie te zien. In groen zijn de knopen aangegeven die overstromen. De cijfers verwijzen naar de uitleg, beschreven in paragraaf 5.1 voor de wateroverlast en 5.2. De witte In Bijlage D staan ook de modelresultaten van simulaties van een T5 en T20 composietbui. Ook staan in Bijlage de modelresultaten per knelpunt weergegeven. Op de langsneten is informatie gegeven over de vorm, diameter, BOK en capaciteit van de leiding. Daarnaast staat het maximale gesimuleerde debiet in de leiding beschreven. Voor de knopen wordt de hoogteligging en de maximale overstromingsdiepte gegeven. Hierbij geeft een positieve waarde van de overstromingsdiepte aan dat er water op straat stroomt.



Figuur 5-1: Knelpunten rioleringsstelsel volgens modelsimulaties bij een T2 bui

Het algemene probleem van het rioleringsstelsel in Bilzen is dat er te weinig bovenstroomse buffering is om het water gecontroleerd te kunnen laten afvoeren. Bij een simulatie van een T2 bui is de hoeveelheid knelpunten nog te overzien, maar bij simulaties met buizen met een hogere terugkeerperiode loopt bijna het gehele stelsel vol met water. In de loop der jaren zijn er steeds meer woonwijken aangesloten op de riolering van het centrum, maar de leidingen zijn niet berekend om zulke grote debieten af te kunnen voeren.

5.1 Wateroverlast

De Code van goede praktijk schrijft voor dat bij een bui die eens in de twintig jaar voorkomt geen water op straat mag staan (Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid, 2014). In de onderstaande gevallen simuleert het model bij een T2 bui echter al water op straat.

1. Nieuwstraat: De rioolleiding in de Solveldstraat kan de waterdruk bij een T2 bui niet aan waardoor het water terug richting de huisaansluitingen en richting de inlaat van de gracht ter hoogte van Nieuwstraat 15 stroomt. Daarnaast stroomt water via de putdeksels de straat op en ontstaat er een kleine waterstroom die over de Solveldstraat naar de Nieuwstraat en richting de Sint Lambertuslaan loopt. De wateroverlast is het gevolg van twee knelpunten in het rioleringsstelsel. Ten eerste zijn de rioolleidingen die aan het begin van de Nieuwstraat liggen te klein. De link K000298208.1 heeft een maximale capaciteit van 65 l/s. Echter is de piekafvoer bijna twee keer zo groot en bedraagt 112 l/s (zie ook langsnede in Bijlage D). Ten tweede stroomt er vanaf het einde van de Solveldstraat water in tegengestelde richting. Het water dat vanaf de Solveldstraat naar de Meremweg zou moeten stromen ondervindt een zodanige druk vanaf de leiding in de Meremweg (zie hiervoor wateroverlast 7. Meremweg) dat het tegen de helling op gestuwd wordt en richting de Nieuwstraat stroomt. Hierdoor is het debiet dat door de leidingen stroomt groter dan het berekende debiet waarop de riolering ontworpen is.

2. Sint Lambertuslaan: In de straat liggen twee RWA-leidingen (in de bijlage weergegeven met even en oneven straatzijde), maar de capaciteit van beide leidingen is kleiner dan het piekdebiet dat bij een T2 bui gegenereerd wordt. Hierdoor staan de leidingen in de straat volledig onder druk. Echter, is de overlast op straat gering. De overlast wordt groter naarmate de terugkeerperiode groter wordt. De oorzaak voor de druk op de rioolleiding zijn te kleine rioolleidingen. Vanaf het punt waar de leiding een diameter van 600 mm heeft neemt de druk in de leiding af. De afmetingen van de rioolleiding aan de even zijde van de straat lopen van 400 mm naar 250 mm en weer terug naar 400 mm. Tussen het gedeelte van de leiding die een diameter van 250 mm heeft, is er uitwisseling met de andere RWA-leiding mogelijk. Echter kan het water niet naar de andere leiding afstromen omdat die onder druk staat.

3. Wijerstraat: Ter hoogte van de Sint Jozef school stroomt water via de rioolputten de straat op omdat het piekdebiet groter is dan de capaciteit van de rioolleiding. Vanaf het einde van de Wijerstraat stroomt het water in een grotere leiding waardoor de druk in de leiding afneemt. De oorzaak van de wateroverlast is dus de te kleine dimensies van de rioolleiding.

4. Bergweide: Bij simulaties van regenbuien die meerdere malen per jaar voorkomen, een frequentie van 7, staan de rioolleiding volledig vol met water. Het water komt tot net iets onder het maaiveld, maar de Surcharge coëfficiënt van 1 geeft aan dat er weinig buffer ruimte in de leiding is. Bij een T5 bui wordt de druk voor de sifon zo hoog dat er water op straat stroomt. Zoals op de figuren in de bijlage te zien is werkt de overstort voldoende. Na de overstort is de druk op de leidingen verdwenen. De oorzaak van de wateroverlast ligt dus voor de overstort. De leidingen vanaf de sifon naar de overstort toe hebben een te kleine diameter om al het water te kunnen bufferen en vervolgens via de overstort af te kunnen voeren.

5. Meershoven: De rioolleidingen staan bij een T2 bui onder druk waardoor het water een uitweg via de rioolputten zoekt. Door het heuvelige landschap stroomt het water af naar de lageregelegen brug over de Demer. Over de gehele lengte van de Meershoven is de diameter van de rioolleidingen 400 mm. Aan het begin van de straat is dit voldoende om het afval- en regenwater van de huizen af te kunnen voeren. Echter monden de gemengde rioolleidingen van de Tabaartstraat en Spelverstraat uit op de leiding in de Meershoven. Hierdoor nemen de debieten in de leiding fors toe en is een diameter van 400 mm te klein om al het regenwater af te voeren.

6. Kloosterwal: Bij een hevige bui zoals een T2 bui staat er een plas water met een diepte van ongeveer 25 cm na de sifon. Voor de sifon heeft de rioolleiding een diameter van 400 mm. Na de sifon is de diameter 300 mm. Naast de sifon is een overstort naar de Demer. In de figuur in de bijlage is te zien dat bij een T2 bui een minimaal debiet via de overstort geloosd wordt. Hierdoor neemt de druk in de leidingen verder toe. De oorzaak van de wateroverlast is dus een te hoge drempel voor de overstort en te kleine rioolleidingen.

7. Meremweg: Bij een regenbui die eens in de twee jaar voorkomt, stromen er grote debieten in de rioolleiding die onder de Meremweg ligt. De riolering in de Meremweg functioneert als een verzamelleiding voor het water van de wijken bovenstrooms de Meremweg. Dit is ook te zien in de figuur in de bijlage. In de loop der jaren zijn nieuwe woonwijken aangesloten op de bestaande riolering (Studiebureau GeoTec, 2002). Hierdoor stroomt er een extra debiet van circa 300 liter per seconde in het stelsel van de Meremweg, wat neer komt op ongeveer een derde van het totale debiet. De leidingen zijn niet berekend op deze piekdebieten. Hierdoor komt de riolering onder druk te staan en stroomt water op straat. Door de helling stroomt het water af richting de kruising van de Meremweg en de Nieuwstraat.

8. Pasweg: Het knelpunt in de Pasweg wordt veroorzaakt door het knelpunt van de Meremweg. De riolering van de Pasweg mondt uit in de leidingen van de Meremweg en omdat de riolering in de Meremweg onder druk staat kan ook het water van de Pasweg niet goed afwateren. Hierdoor komen de rioleringen onder druk te staan en stroomt water de straat op.

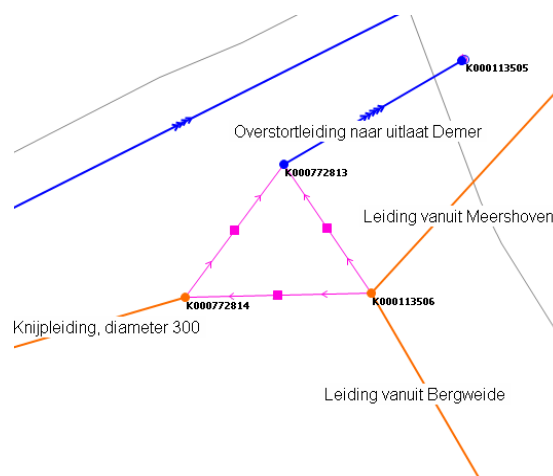
9. Eikenlaan: Bij een composietbui T2 kan niet al het water afstromen naar de Demer. Hierdoor ontstaat er een druk op de leiding naar de uitlaat. Voor de overstort stuwt het water op waardoor het water de straat op stroomt. Door de helling blijft het water op straat staan. Bij een T2 bui functioneert de overstort goed. De oorzaak van de wateroverlast is te wijten aan de te kleine overstortleiding die na de overstort ligt. Meer informatie over de overstort van de Eikenlaan is te vinden in de volgende paragraaf.

10. Natveld: In Natveld stroomt het water vanuit het stelsel in een gracht die vervolgens weer aansluit op het rioleringsstelsel. De diameter van de leidingen voor de gracht zijn 700 mm. Na de gracht stroomt het water in een riool met een diameter van 400 mm. De capaciteit van de leidingen is te klein om het piekdebet af te kunnen voeren. Hierdoor stroomt het water de straat op. Vanaf de leidingen met diameter 600 mm neemt de druk in de leidingen geleidelijk af. Door de druk in de leidingen van Natveld kan ook het water afkomstig van Vrankrijk niet goed afwateren. Hierdoor ontstaat er wateroverlast ter hoogte van Bilzen Karting.

5.2 Overstortwerking

De werking van een overstort berust op de aanname dat bij een hevige regenbui het gemengde afvalwater voldoende verdund is om in de natuur te worden geloosd. De Code van goede praktijk stelt dat bij het in werking treden van een overstort een minimaal debiet van $6Q_{14}$ afgevoerd moet worden (Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid, 2014). Dit komt overeen met een maximale inwerkingstreden van de overstort van zes keer per jaar. Indien de overstort een veelvuldige werking kent, een frequentie hoger van zeven, wordt dit als knelpunt gezien (Aquafin, 2017). Het afvalwater is dan niet voldoende verdund waardoor er vervuiling van de waterlopen optreden kan. Voor de onderstaande knelpunten treedt de overstort te vaak in werking of treedt de overstort bij een hevige regenbui juist niet in werking.

11. Pijpenpoort: In de Pijpenpoort is een driehoek constructie van overstorten (zie Figuur 5-2). Twee overstorten voeren het water af naar de Demer. De derde dient voor de afvoer van het water richting de knijpleidingen verderop in de Pijpenpoort. Het model laat zien dan bij regenevents die 10 maal per jaar voorkomen, afvalwater via de overstort in de Demer geloosd wordt. De oorzaak van het te frequent in werking treden van de overstorten kan niet toegeschreven worden aan de dimensies van de knijpleiding. De leiding laat namelijk meer dan het minimale debiet van $6Q_{14}$ door. De oorzaak van de overstortwerking is een combinatie van de grote hoeveelheid afvalwater die via de knijpleiding afgevoerd moet worden en een te kort aan buffering bovenstrooms van de overstorten en de knijpleiding.

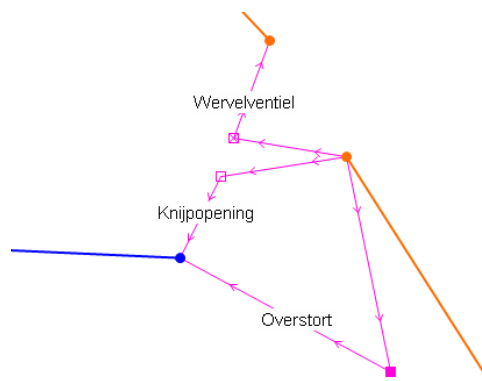


Figuur 5-2: Detailtekening riolering Pijpenpoort

12. Demerlaan: Bij de composietbui f10 simuleert het model een debiet van bijna 350 l/s dat de overstort richting de Demer passeert. De leiding voor de overstort staat volledig onder druk waardoor het water een uitweg zoekt via de overstort. De simulatie met een T2 bui laat zien dat druk in de rioolleiding voor de overstort er bij hevige buien voor zorgt dat het debiet dat geloosd wordt in de Demer zelfs toeneemt tot 1100 l/s.

13. Demerwal: De overstort bij de Demerwal treedt pas in werking bij simulaties met een composietbui die eens in de 20 jaar voorkomt. Deze inwerkingtreding is echter minimaal waarbij een maximaal debiet van 13 l/s over de overlaat stroomt. Bij een bui die eens in de 10 jaar voorkomt staat de leiding voor de overstort onder druk waardoor het water in negatieve richting in het stelsel stroomt. Om de druk op de leiding te verkleinen zou er dus water via de overstort uit het stelsel moeten stromen.

14. Brugstraat: In de Brugstraat is een wervelventiel geplaatst die als knijp functioneert om de doorvoer te beperken (zie Figuur 5-3). Bij grote piekdebieten treedt de overstort in werking om de druk in de leidingen voor het wervelventiel te verlagen. De overstort treedt echter al in werking bij lage debieten die bij een simulatie van een bui die tienmaal per jaar voorkomt gegenereerd worden. Er stroomt een debiet van 50 l/s over de overstort richting de Demer. Bij een iets zwaardere bui die eens in de zeven jaar voorkomt is dit debiet bijna verdubbeld en stroomt er 90 l/s de Demer in. De leidingen voor de overstort zijn bij deze buien nog niet volledig gevuld. Er dus nog ruimte om het water te bufferen voordat het de overstort passeert. Er kan gesteld worden dat de oorzaak van het te vaak in werking treden van de overstort een te lage drempel is.



Figuur 5-3: Detailtekening riolering Brugstraat

15. Eikenlaan: De overstort in de Eikenlaan treedt volgens het model vaker dan 10 maal per jaar in werking. Het model simuleert een debiet van 200 l/s dat de overstort passeert. Er kan dus aangenomen worden dat de overstort meer dan 10 maal per jaar rioolwater in de Demer loost. Bij een hevige regenbui die eens in de twee jaar voorkomt passeert een debiet van 510 l/s de overstort. De overstort is in 2014 door de gemeente met 60 cm verlaagd. Hierdoor is er minder vaak wateroverlast in de Eikenlaan, maar treedt de overstort vaker in werking (VMM, 2017).

16. Schureveld: In de Schureveld ligt een collector van Aquafin die het afvalwater van het zuiveringsgebied opvangt en naar het RWZI afvoert. De collectoren zijn grote rioolleidingen die grote debieten af moeten voeren. Bij een bui die 10 maal per jaar voorkomt worden er al zeer grote debieten in de collector gegenereerd. Door middel van een knijp aan het einde van de leiding wordt de hoeveelheid water dat doorgevoerd wordt beperkt zodat er niet te veel water in het stelsel benedenstrooms stroomt. Het stelsel bovenstrooms wordt als buffering gebruikt. Bij een f10 wordt al de volledige bufferruimte in de collectoren gebruikt. Zie hiervoor ook de figuur in de bijlage. Doordat er te weinig buffering in het stelsel is, treedt de overstort in werking. Het debiet dat over de overstort stroomt is aanzienlijk groot en bedraagt 1000 l/s.

6 Resultaten: Oplossingen

In dit hoofdstuk worden voor de knelpunten die in het voorgaande hoofdstuk benoemd zijn, mogelijke oplossingen aangedragen. De oplossingen zijn onder te verdelen in algemene oplossingen die in paragraaf 6.1 besproken worden en specifieke oplossingen die in paragraaf 6.2 besproken worden.

6.1 Algemene oplossingen

Voor de optimalisatie van het rioleringsstelsel in Bilzen kunnen enkele algemene oplossingen bijdragen aan het minimaliseren van de knelpunten. In Vlarem II artikel 6.2.2.1.2 §3 & § 4 staat beschreven dat voor de keuze van afvoersystemen van hemelwater de Ladder van Lansink gehanteerd dient te worden (Gewest Vlaanderen, 2018). Op basis van technische haalbaarheid wordt de rangorde hergebruik, infiltreren, bufferen en aansluiten op RWA toegepast. Hieronder staan enkele mogelijke oplossingen die toegepast kunnen worden in Bilzen om de druk op het rioleringsstelsel te verlagen en de wateroverlast te minimaliseren.

Door het regenwater op te vangen in regenwaterputten kan het hergebruikt worden in de tuin, om het toilet door te spoelen of om mee te poetsen. Op privéterrein kan een waterdichte tank aangelegd worden die het regenwater van het dak opvangt. Via een pomp wordt het regenwater naar het toilet of de wasmachine gepompt. Het voordeel van hergebruik van regenwater is dat het regenwater niet via het riool afgevoerd hoeft te worden. Daarnaast wordt met deze methode drinkwater bespaard. De tank heeft een noodoverloop die aangesloten is op de riolering zodat in periodes waarin meer regen valt dan gebruikt kan worden het water overlopen kan en via de riolering afgevoerd wordt (Vlaamse Milieumaatschappij, sd). Om huishoudens te bevorderen regenwaterputten op privéterrein aan te leggen, kan de stad ervoor kiezen om subsidies te geven.

Naast hergebruik kan er gekeken worden naar infiltratie. Het voordeel van infiltratie is dat dit een natuurlijk proces is waarbij het regenwater de grondwaterreserves aanvult (Vlaamse Milieumaatschappij, sd). De binnenstad van Bilzen bestaat uit veel verhard oppervlak. Door meer groen aan te leggen en gebruik te maken van waterdoorlatende verharding zal het water makkelijker in de bodem infiltreren. Enkele voorbeelden van waterdoorlatend verharding zijn straatklinkers met drainageopeningen, poreuze straatklinkers en grasbetontegels (Febestral, 2008). Ook groendaken kunnen worden gezien als doorlatend dakoppervlak (Vaes et al., 2004). Echter is het nadeel van het aanleggen van groendaken dat het regenwater dat op deze daken valt niet meer hergebruikt kan worden. Daarnaast is er in enkele wijken, zoals Merem, ruimte om wadi's aan te leggen. Deze wadi's kunnen een dubbele functie hebben waarbij in droge periodes de ruimte voor recreatie gebruikt kan worden en in natte periodes het water gebufferd kan worden en geleidelijk in de bodem kan infiltreren (Vlaamse Milieumaatschappij, sd). Een andere mogelijkheid is om op privéterrein infiltratieputten aan te leggen.

In enkele gebieden is het niet mogelijk om op maximale infiltratie in te spelen. In de binnenstad biedt de aanleg van waterdoorlatende klinkers voor een deel een oplossing voor de knelpunten, maar de oplossing is niet voldoende om de wateroverlast volledig weg te nemen. Er kan dan nog gekeken worden naar buffering en vertraagd afvoeren. Met deze oplossing wordt de piekafvoer afgevlakt omdat een deel van het regenwater vastgehouden wordt in de bufferbekkens (Vlaamse Milieumaatschappij, sd). Buffering van regenwater kan zowel bovengronds als ondergronds. In Bilzen is een groot park met een vijver die als bufferbekken dient. Het vergroten van deze vijver zorgt voor extra bufferruimte. Door overgedimensioneerde regenwaterleidingen aan te leggen kan het water ook in de leidingen gebufferd worden waar het na de piek van de bui afgevoerd wordt naar de benedenstrooms gelegen stelsel. Voor het vertraagd afvoeren kunnen knijpleidingen gerealiseerd worden (Vlaamse Milieumaatschappij, sd). In het rioleringsstelsel bevinden zich echter al knijpleidingen die tevens voor knelpunten zorgen. Dus deze oplossing wordt voor Bilzen afgeraden.

De hierboven genoemde oplossingen zullen bijdragen aan het minimaliseren van de wateroverlast die in hoofdstuk 5.1 benoemd is echter zal het niet voldoende zijn op de knelpunten volledig weg te werken. Een deel van het regenwater zal nog steeds afgevoerd moeten worden via de riolering.

6.2 Specifieke oplossingen

Voor de knelpunten die beschreven staan in hoofdstuk 5 kunnen enkele specifieke oplossingen bijdragen aan het minimaliseren van de knelpunten. Hiervoor kunnen een vijftal oplossingen aangedragen worden.

Ten eerste zal het vergroten van de rioolleidingen in enkele straten al veel problemen weghalen. In de Nieuwstraat, Sint Lambertuslaan, Wijerstraat, Eikenlaan en Natveld kan het vergroten van de rioolleidingen met 100 of 200 mm ervoor zorgen dat het water gemakkelijker door de leidingen stroomt en zich niet opstuwt voor een te kleine leiding. Hierdoor zal het water ook niet meer boven het maaiveld stromen.

Ten tweede kan de aanleg van nieuwe stukjes rioolleiding ervoor zorgen dat de druk in de leidingen daalt. Zowel in de Meershoven als de Meremweg liggen aan beide kanten van de straat rioolleidingen. Slechts een van de twee leidingen loopt over de volledige lengte van de straat en dient als doorvoerleiding. De andere leiding is opgedeeld in kleine delen die gezien kunnen worden als zijtakken van de doorvoerleiding. Door de kleinere delen van de rioolleiding met elkaar te verbinden ontstaat er een tweede leiding die over de volledige lengte van de straat loopt. Het debiet kan hierdoor verdeeld worden over de twee leidingen waardoor de oorspronkelijke doorvoerleiding ontlast wordt.

Ten derde wordt er gestreefd naar maximale afkoppeling van het hemelwater van het afvalwater. Het doel is om de gehele stad Bilzen af te koppelen, maar dit brengt hoge kosten met zich mee. De debieten in de Meremweg en Meershoven zijn zo hoog dat deze straten de prioriteit verdienen om afgekoppeld te worden. In deze straten wordt er over een langere afstand een hoge waterdruk in de leiding ondervonden. Het aanleggen van een gescheiden stelsel is wel ingrijpend maar zal in deze situaties direct de kern van het probleem aanpakken.

Ten vierde kan het aanpassen van de drempel van de overstort bijdragen aan het beter functioneren van overstorten. Voor de Kloosterwal en de Demerwal dienen de drempels verlaagd te worden zodat de overstorten bij een T2-bui inwerking treden en de druk in de leidingen bovenstrooms de overstorten verlaagd wordt. Voor de Brugstraat dient de drempel te worden verhoogd zodat er meer water in de leiding bovenstrooms de overstort gebufferd wordt waardoor de overstort bij hoogfrequente buien niet in werking.

Tot slot wordt de druk op het stelsel verlaagd door meer bufferruimte te creëren. Voor de Bergweide, Natveld, Brugstraat en Schureveld zal bovenstroomse buffering bijdragen aan het verlagen van de frequentie van het inwerking treden van de overstorten. Het regenwater zal na de bui geleidelijk afgevoerd worden waardoor de piek van de debieten tijdens de bui afvlakt.

7 Discussie

In dit onderzoek staat het opbouwen van het model van de bestaande toestand van Bilzen centraal. Bij de modelimplementatie is veel data gebruikt, maar zijn ook veel aannames gemaakt omdat er data ontbrak. In dit hoofdstuk wordt kritisch gekeken naar het model en de betrouwbaarheid van de resultaten.

Ten eerste is er bij de opmaak van de databank getracht een compleet beeld van het rioleringsstelsel te maken. De databank was nog niet volledig af toen er al begonnen werd met de opbouw van het model. Hierdoor is op het moment van schrijven nog een klein verschil tussen de databank en het model. Het verschil is echter zodanig klein dat dit geen invloed heeft op de gesimuleerde knelpunten. Daarnaast staan in de databank die overgenomen is in het model enkele niet te lokaliseren knopen. Dit zijn knopen die de landmeter niet gevonden heeft, maar er wel zouden moeten zitten. Voor deze knopen zijn aannames gedaan voor de dimensies en vorm. Daar waar mogelijk zijn de aannames gebaseerd op As-built plannen. Hoewel de kans klein is, kan het zijn dat enkele aannames verkeerd zijn. Dit zou als resultaat kunnen hebben dat twee leidingen die in het model met elkaar verbonden zijn, in werkelijkheid niet met elkaar verbonden zijn. Een voorbeeld hiervan is de leiding die vanaf de Tongersestraat naar Natveld gaat. Zowel de put als de gracht zijn niet gevonden omdat het terrein onbereikbaar was. Het model simuleert hier nu wateroverlast. Indien de leidingen anders lopen, zal het model geen wateroverlast simuleren.

Ten tweede ontbreken er van veel grote bedrijven afwateringsplannen. De bedrijven staan op percelen met een grote hoeveelheid verhard oppervlak. Hierdoor dragen de percelen bij aan een grote hoeveelheid afstromend hemelwater. Enkele bedrijven gebruiken het regenwater om het terrein schoon te maken of hebben op privéterrein een bufferbekken staan. Voor bedrijven waar geen informatie van beschikbaar was, is aangenomen dat al het water naar één knoop of leiding afstroomt. Voor het bedrijf Gymna aan de Pasweg 6 leidt dit ertoe dat er wateroverlast voor het gebouw ontstaat. Bewoners zeggen geen wateroverlast te ondervinden, dus waarschijnlijk is het gebouw anders aangesloten op het rioleringsstelsel. Door het ontbreken van een afwateringsplan is niet te achterhalen hoe het bedrijf aangesloten is.

Ten derde heeft het 1-dimensionaal simuleren van wateroverlast enkele beperkingen. Het model simuleert enkel de hoogte van het water boven de putdeksels bij wateroverlast. Het afstromen van het water bovengronds neemt het model niet mee. Bij het analyseren van de resultaten van het model is rekening gehouden met het bovenstrooms afwateren. Voor gebieden met weinig helling zal hierdoor de betrouwbaarheid van de resultaten niet in het geding komen. Bilzen ligt echter in een heuvelig landschap waardoor een 2D-simulatie een betere benadering van de wateroverlast kan geven. Bij de historische datavalidatie is gebleken dat veel gesimuleerde wateroverlast overeenkomt met waargenomen wateroverlast. Dus kan er wel gesteld worden dat de resultaten van de 1D-simulatie een goede benadering geven van de werkelijkheid.

Ten vierde is de modelvalidatie deels uitgevoerd. De Hydronautprocedure schrijft voor om een historische en actuele dataverificatie uit te voeren. Door tijdsgebrek is de actuele dataverificatie buiten beschouwing gelaten. Het model is gevalideerd op basis van waarnemingen van omwonenden. Tijdens het terreinbezoek waren op sommige plekken onvoldoende mensen thuis om een conclusie te kunnen trekken. Het valideren van een model op basis van één enkele waarneming is niet gegrond. Voor deze locaties zou nog eens een rondvraag gedaan moeten worden. Daarnaast biedt de actuele dataverificatie een kwantitatieve validatie van het model. Hierdoor zijn de resultaten van het model deels betrouwbaar. Voor de locaties waar het model wateroverlast simuleert kan gezegd worden dat dit betrouwbaar is omdat deze locaties gevalideerd zijn. De getalsmatige overlast, volume en diepte van het water, is niet volledig betrouwbaar door het ontbreken van de actuele dataverificatie.

Al met al is het resultaat van dit onderzoek een model dat een goede benadering geeft van de werking van het huidige rioleringsstelsel in Bilzen. De knelpunten die in dit onderzoek gegeven worden zijn ook bij andere studies herkenbaar. De hydronautstudies van Lokeren (Voetdijk, 2017) en Beveren-Leien (Boom, 2014) tonen net als bij Bilzen aan dat de capaciteit van de oude rioleringen niet voldoende is om de piekdebieten van T2 buien af te kunnen voeren. In de studies worden oplossingen zoals het aanleggen van extra bufferbekkens, vergroten van rioolleidingen en het afkoppelen van regenwater aangedragen.

8 Conclusie & Aanbevelingen

In dit hoofdstuk wordt in paragraaf 8.1 een conclusie voor het onderzoek rioolmodellering Bilzen gevormd. In paragraaf 8.2 worden aanbevelingen gedaan voor een vervolgonderzoek en aanbevelingen voor het optimaliseren van het rioleringsstelsel in Bilzen.

8.1 Conclusie

In dit onderzoek is een model van de bestaande toestand opgebouwd waarmee de huidige knelpunten in het zuiveringsgebied van Bilzen vastgesteld zijn. Daarnaast zijn er mogelijke oplossingen voor de knelpunten aangedragen. De doelstelling van dit onderzoek luidt als volgt:

Het opbouwen van een model van de bestaande toestand van Bilzen dat het hydraulische gedrag van het rioleringsstelsel kan simuleren en gebruikt kan worden om knelpunten en hun oorzaken vast te stellen. En het aandragen van mogelijke oplossingen om het rioleringsstelsel te optimaliseren.

De werking van het rioleringsstelsel is schematisch weer te geven met leidingen en knopen en oppervlaktes (catchments) die afstromen naar de riolering. Het stelsel bestaat voornamelijk uit gemengde leidingen. In de binnenstad zijn enkele straten waar optimale afkoppeling van het regenwater is. In de nieuwe woonwijken is volledige afkoppeling van het regenwater. Het overgrootste gedeelte van het centrum bestaat uit verhard oppervlak waardoor bijna al het regenwater dat in het centrum valt afstroomt naar het riool. Buiten het centrum liggen akkers en weilanden waar het water makkelijk kan infiltreren. Tijdens regenbuien stroomt het water dat niet infiltreren kan via grachten en straatoppervlak in het rioleringsstelsel.

Op basis van de hierboven genoemde eigenschappen is een model van de bestaande toestand opgebouwd. Dit model laat bij simulaties van verschillende composietbuien wateroverlast en knelpunten met betrekking tot overstortwerking zien. In de straten Sint Lambertuslaan, Kloosterstraat, Natveld en Wijerstraat zijn de leidingen te klein om al het water af te kunnen voeren. Hierdoor staan de leidingen volledig onderdruk en stroomt water vanuit de rioolputten de straat op. In de Meremweg en de Meershoven komen grote debieten van bovenstrooms gelegen woonwijken samen. De leidingen in deze straten zijn aangelegd vóór de bouw van de nieuwe woonwijken. Hierdoor zijn de leidingen niet berekend op de grote debieten en stroomt er bij hevige regenval een grote plassen water over de straten. In de Brugstraat en de Eikenlaan treedt de overstort te vaak in werking omdat de drempel te laag is. Tot slot is er te weinig buffering in het stelsel waardoor de overstorten in de Pijpenpoort en Schureveld te frequent in werking treden en het oppervlaktewater vervuilen.

De wateroverlast op straat kan verholpen worden door maximaal in te spelen op hergebruik en infiltratie. Op privéterrein kunnen watertanks en infiltratiekolommen aangelegd worden. Op openbaar terrein betekent dit voornamelijk het aanleggen van waterdoorlatende verharding. Daarnaast kan met het vergroten van bufferbekkens of de aanleg van nieuwe bufferruimte de afvoerpiek in de leidingen afgevlakt worden omdat het water vertraagd afgevoerd wordt en pas na de bui het stelsel instroomt. Voor de knelpunten die betrekking hebben op overstortwerking biedt de extra buffering ook een oplossing. Daarnaast zijn er enkele gevallen waarbij de drempel van de overstort verhoogd of verlaagd moet worden om de druk in het stelsel te verlagen of de overstortwerking te beperken.

Terugkomend op de doelstelling van dit onderzoek is er in dit onderzoek aan de hand van alle beschikbare informatie een model van de bestaande toestand opgebouwd dat kwalitatief gevalideerd is en een goede benadering geeft van de knelpunten in het rioleringsstelsel van Bilzen. Het model is gebruikt om de oorzaken van de knelpunten te onderzoeken en om mogelijke oplossingen aan te dragen.

8.2 Aanbevelingen

Op basis van de resultaten van dit onderzoek wordt aanbevolen om kritisch naar de optimalisatie van het rioleringsstelsel in Bilzen te kijken. Het model laat in de huidige situatie meerdere knelpunten zien en met oog op de klimaatverandering en de toename van hevige regenbuien dienen in een volgende fase grote aanpassingen aan het rioleringsstelsel gedaan te worden. Ten eerste wordt aanbevolen om het buffervolume in het zuiveringsgebied te vergroten zodat er tijdens hevige regenbui minder druk op het stelsel komt te

liggen. Ten tweede wordt aanbevolen om de beoogde afkoppeling van regenwater door te zetten. Hiermee worden de gemengde stelsels aanzienlijk ontlast en treden overstorten minder frequent in werking waardoor het oppervlaktewater minder vervuild wordt. Tot slot wordt aanbevolen in de binnenstad meer water te laten infiltreren door gebruik te maken van waterdoorlatende verharding of meer groen aan te leggen. Hierdoor zal minder regenwater afstromen naar het stelsel.

Om de betrouwbaarheid van de resultaten van het model te vergroten dient er nog een actuele dataverificatie uitgevoerd te worden. Daarnaast wordt aanbevolen om ook een 2-dimensionale simulatie van het model te doen om beter inzicht te krijgen in het overstromingsgedrag van het stelsel. Tot slot kan er nog eens gepoogd worden om extra informatie van bedrijven in te winnen zodat de afwatering op de juiste manier geïmplementeerd wordt. In een vervolgonderzoek kan het rioleringsstelsel van Bilzen geoptimaliseerd worden waarbij de knelpunten die in dit onderzoek benoemd zijn opgelost worden door implementatie van de voorgedragen oplossingen.

Tot slot wordt er aanbevolen om enkele parameters die al jaren gebruikt worden voor de opbouw van het model te onderzoeken. De tabel die voor de runoff coëfficiënten gebruikt is dateert uit 1999. Ondertussen zou de bodem andere karakteristieken kunnen vertonen. Daarnaast worden er standaard ruwheidswaarden voor de leidingen gebruikt. Ook voor de ruwheid van de rioolleidingen wordt al meerdere jaren dezelfde vaste waarde gebruikt. De waarde is gebaseerd op betonnen leidingen. In de tussentijd zijn technologieën verbeterd en zijn materialen veranderd. Kortom, de methode voor het opstellen van een model van een rioleringsstelsel moet up-to-date gehouden worden.

Referenties

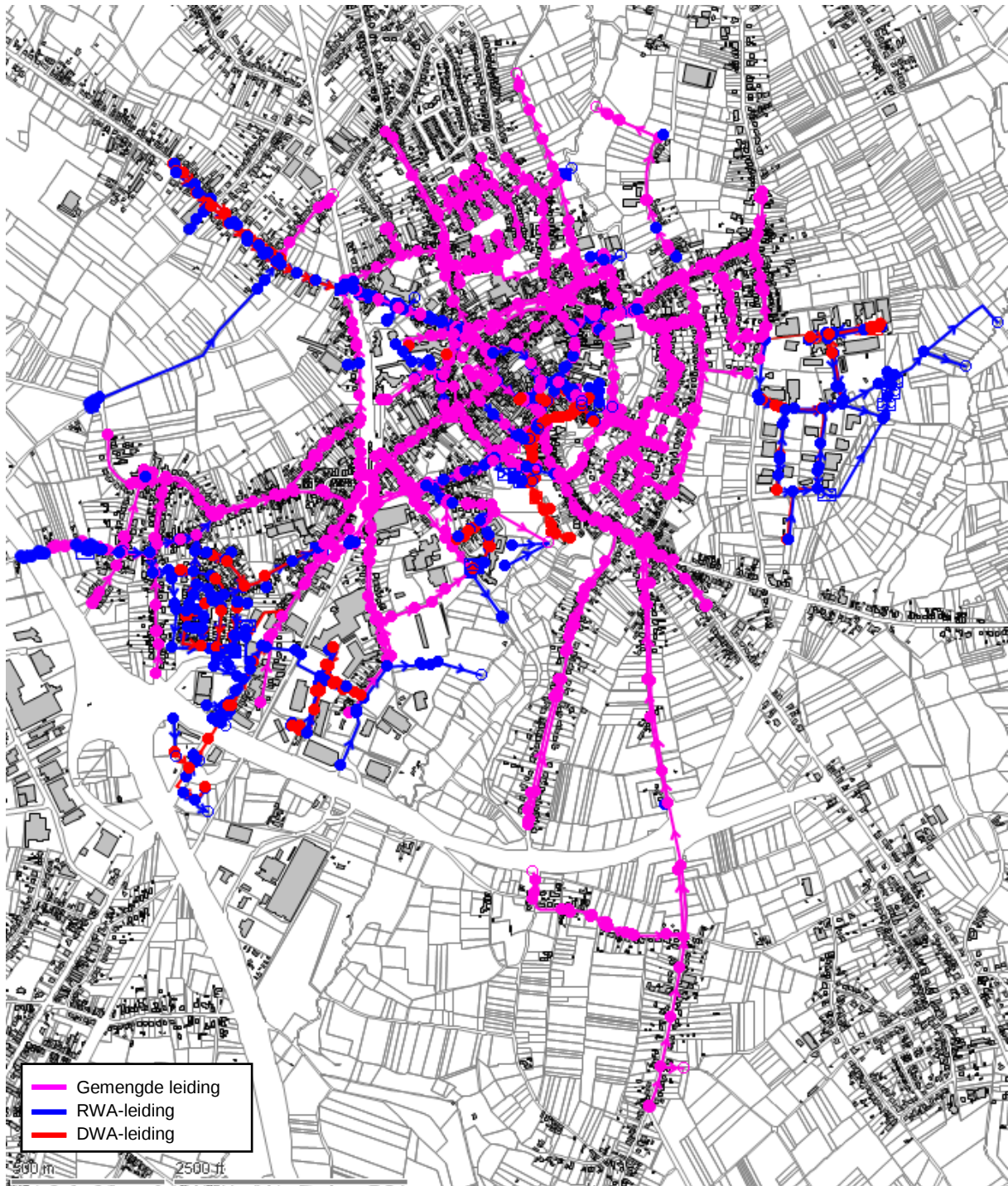
- Agentschap Informatie Vlaanderen. (2015). Orthofotomozaïek, grootschalig, winteropnamen, kleur, 2013-2015, Vlaanderen. Brussel. Opgeroepen op april 2018, van www.geopunt.be
- Aquafin. (2004). 1 DWA-basisprofiel, calibration weekday. *Hydronautprocedure 7.0*. InfoWorks-ICM.
- Aquafin. (2017). Eigenaarschapstudie zuiveringsgebied Bilzen. *Hydronautstudie 94BI*.
- Aquafin. (2017). *Hydronautprocedure 7.0*. Aquafin.
- Boom, R. (2014). *Inrichting rioolmodel zuiveringsgebied Bevere-Leie*. Gent.
- Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid. (2002). *Technische toelichting deel 3, DWA-systemen*. CIW. Opgehaald van <https://www.vlario.be/files/DWA.pdf>
- Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid. (2012). *Code van goede praktijk voor het ontwerp, de aanleg en het onderhoud van rioleringsystemen, Deel 5: Ontwerpneerslag*. CIW. Opgehaald van http://www.integraalwaterbeleid.be/nl/publicaties/code-goede-praktijk-rioleringsystemen/copy4_of_deel-1-juridisch-kader-technische-toelichting-bij-cv-gp-rioleringsystemen
- Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid. (2014). *Code van goede praktijk voor het ontwerp, de aanleg en het onderhoud van rioleringsystemen*. Vlaamse Milieu Maatschappij. Opgehaald van <http://www.integraalwaterbeleid.be/nl/publicaties/code-goede-praktijk-rioleringsystemen>
- Databank Ondergrond Vlaanderen (DOV). (1973). Digitale bodemkaart van het Vlaams Gewest. Zwijnaarde.
- Demotte, R., & Lutgen, B. (2008). *Bepaling van de sectorale voorwaarden voor de individuele zuiveringsstations en -systemen geïnstalleerd in afwijking van de verplichting tot aansluiting op riolering*. Belgisch Staatsblad.
- Dixon, T. (2017, juni 15). Are Recent Urban Floods Related to Global Warming? *Cambridgeblog*. Opgehaald van <http://www.cambridgeblog.org/2017/06/are-recent-urban-floods-related-to-global-warming/>
- Febestral. (2008). Waterdoorlatende verharding met betonstraatstenen. Brussel: Eddy Dano. Opgehaald van <https://www.stradusinfra.be/pdf/documentatie/febestral-waterdoorlatende-betonstraatstenen-nl.pdf>
- Gewest Vlaanderen. (2018). *VLAREM II*. Opgeroepen op mei 2018, van Navigator wetgeving leefmilieu, natuur en energie: <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=23951>
- Innovyze. (2017). InfoWorks ICM Helpfunctie. Opgeroepen op juni 2018
- Innovyze Ltd. (2017). *InfoWorks-ICM Product information*. Opgeroepen op juni 8, 2018, van Innovyze.
- Lutz, W., Sanderson, W., & Scherbov, S. (2001, augustus 2). The end of world population growth. *Nature*, pp. 543-545.
- Miller, J., & Hutchins, M. (2017). The impacts of urbanisation and climate change on urban flooding and urban water quality: A review of the evidence concerning the United Kingdom. *Journal of Hydrology*, 345-362.
- Poelmans, L. (2010, augustus 24). *Modelling urban expansion and its hydrological impacts (Doctoraatsonderzoek)*. Leuven: KU Leuven.
- Rauch, B.-K. K. (2002). Mathematical Modelling Of Integrated Urban Drainage Systems. *Water, Science & Technology*, 81-94.
- Schmitt, T., Thomas, M., & Ettrich, N. (2004). Analysis and modeling of flooding in urban drainage systems. *Journal of Hydrology*, pp. 300-311.

- Smedt, D., Yongbo, & Deng. (1999). *Hydrologische en hydraulische modellering van de Ijs*. Brussel: Vrije Universiteit Brussel.
- Studiebureau GeoTec. (2002). As-built verkaveling Meerheim. *Plan der werken riolering*. GeoTec.
- Trouw. (2016, juni 3). Grote wateroverlast in Europa. Trouw.
- Vaes, G., & Berlamont, J. (1996). Composietbuizen als neerslag invoer. *Water*, nr 88, 143-148.
- Vaes, G., Bouteligier, R., & Berlamont, J. (2004). Het ontwerp van infiltratievoorzieningen. *Water*, 1-14.
- Veerkamp, M. (2015). *Modellering rioolstelsel zuiveringsgebied Rillaar*. Gent.
- Venema, R. (2013). *Rioolmodelleringsstudie Kontich*. Gent.
- Vlaamse milieumaatschappij. (2016, June). 12 dagen wateroverlast en overstromingen in Vlaanderen. Opgehaald van Vlaamse milieumaatschappij: <https://www.vmm.be/nieuwsbrief/juni-2016/12-dagen-wateroverlast-en-overstromingen-in-vlaanderen>
- Vlaamse Milieumaatschappij. (sd). *Regenwater*. Opgeroepen op juli 2018, van Vlaamse Milieumaatschappij: <https://www.vmm.be/water/bouwen/regenwater/hergebruik>
- Vlaamse overheid. (2012). *Verplichte scheiding van afval en regenwater*. Opgehaald van Vlaanderen: <https://www.vlaanderen.be/nl/bouwen-wonen-en-energie/water/verplichte-scheiding-van-afvalwater-en-regenwater>
- Vlario. (2016). *Praktisch afkoppelen van hemelwater*. Wendy Francken. Opgehaald van <https://www.vlario.be/site/files/vademecum-update-2016.pdf>
- VMM. (2017). Knelpuntenkaart per zuiveringsgebied. *Intern document*. VMM.
- Voetdijk, D. (2017). *Rioolmodelleringsstudie Lokeren*. Gent.
- Willems, P. (2009). 'Invloed van klimaatverandering op ontwerpparameters voor rioleringen en buffervoorzieningen. *Rioolwetenschap*, 36, 189-205.
- Willems, P. (2011). Evaluatie en actualisatie van de IDF-neerslagstatistieken te Ukkel. *WT-afvalwater*, 11, 341-352.
- Willems, P. (2014). Klimaatverandering en riolering. *Vakantiecursus TU Delft*, 81-87.
- Zhou, Q., Leng, G., & Huang, M. (2018, januari 15). Impacts of future climate change on urban flood volumes in Hohhot. *Hydrology and Earth Systems Science*, pp. 305-316.

Bijlagen

A. Studiegebied	35
B. Modelopbouw.....	36
B.1 Zoneringsplan.....	36
B.2 Afstromende oppervlaktes	37
B.3 Gescheiden riolering.....	38
B.4 Hydraulische structuren	39
B.5 Randvoorwaarden	40
C. Historische dataverificatie	42
Eikenlaan.....	61
D. Modelresultaten	63
D.1 Resultaten simulaties.....	63
D.2 Water op straat.....	65
D.3 Overstortwerking.....	73

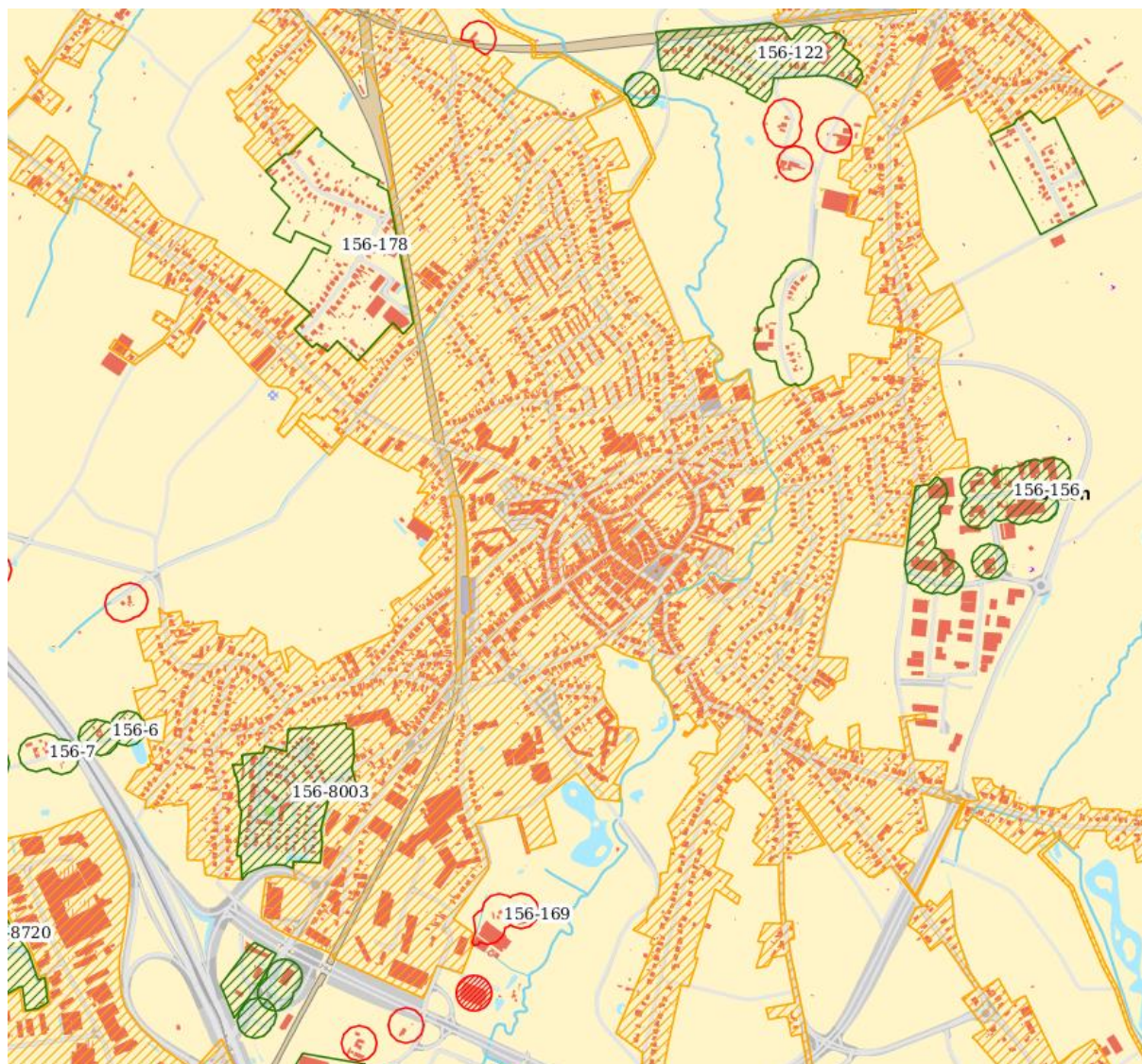
A. Studiegebied



Figuur A-1: Riolering in studiegebied

B. Modelopbouw

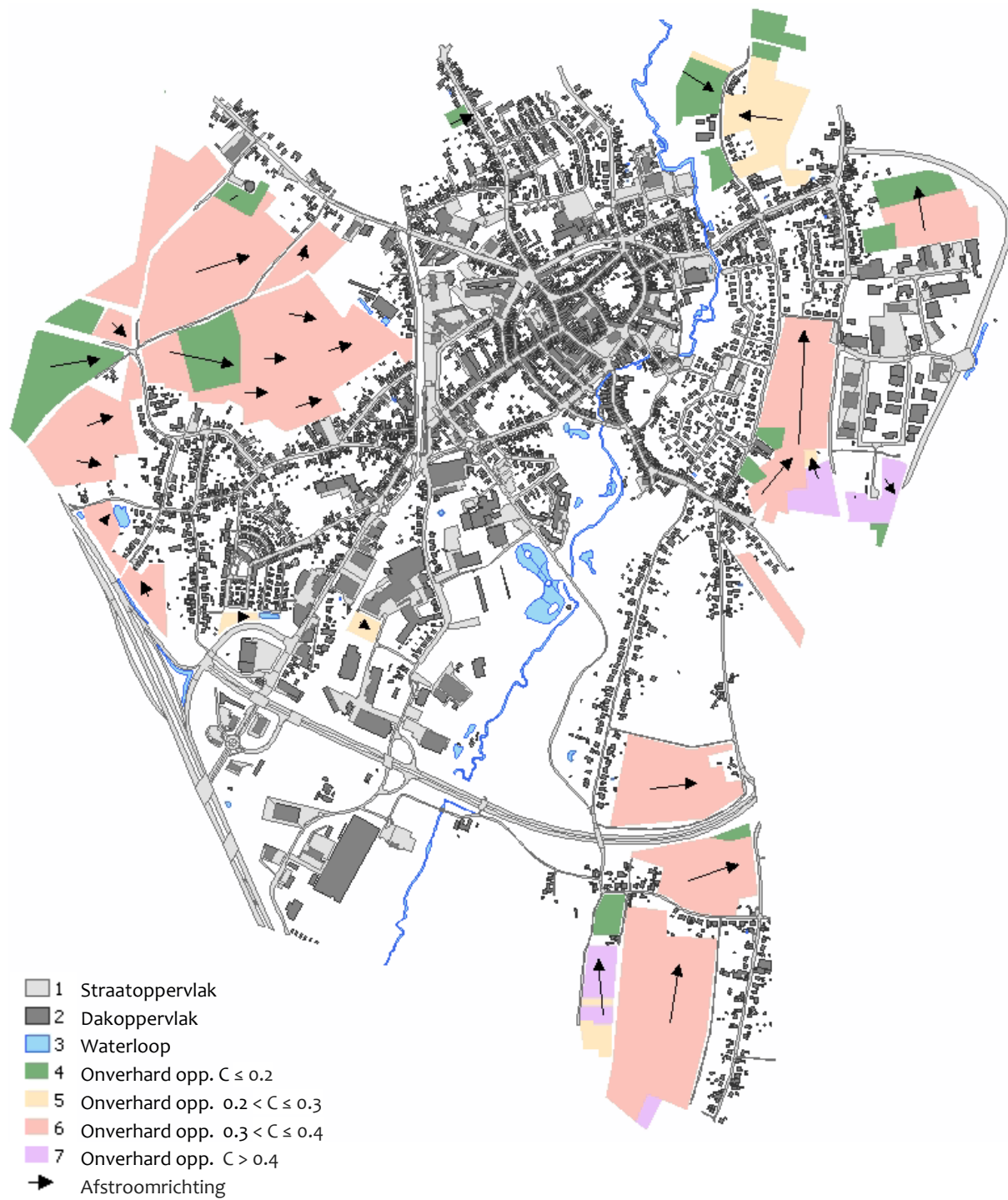
B.1 Zoneringsplan



- Aangesloten op gemeentelijke riolering
- Collectief te optimaliseren buitengebied
- Individueel te optimaliseren buitengebied

Figuur B-1: Zoneringsplan Bilzen

B.2 Afstromende oppervlaktes



Figuur B-2: Verdeling studiegebied in oppervlaktebestanden

B.3 Gescheiden riolering

Straatnaam	Leidingen	Afkoppeling	Opmerking
Begijnhof	DWA & RWA	semi	Herinrichting
Beukenstraat	DWA & RWA	volledig	
Bremakker	DWA & RWA	volledig	Nieuw industrieterrein
Burgermeester Hafmansplein	DWA & RWA	volledig	Nieuwe wijk
Camille Huysmansplein	Gemengd & RWA	optimaal	
Eikenlaan	DWA & RWA	volledig	Nieuw aangelegd gebouw
Genutstraat	Gemengd & RWA	optimaal	Herinrichting
Hasseltsestraat	DWA & RWA	volledig	
Hospitaalstraat	DWA & RWA	semi	
Kapittelstraat	DWA & RWA	volledig	Nieuw industrieterrein
Klokestraat	Gemengd & RWA	optimaal	
Kloosterstraat	Gemengd & RWA	optimaal	Nieuwe straat
Kloosterwal	Gemengd & RWA	optimaal	
Leeuwerinkstraat	Gemengd & RWA	optimaal	
Markt	Gemengd & RWA	optimaal	
Meerbeemdlaan	DWA & RWA	volledig	Nieuwe wijk
Merem	Gemengd & RWA	optimaal	
Natveld	DWA & RWA	volledig	
Omstraat	Gemengd & RWA	optimaal	Herinrichting
Onze lieve vrouwstraat	Gemengd & RWA	optimaal	Herinrichting
Parklaan	Gemengd & RWA	optimaal	Nieuwe straat
Pasweg	DWA & RWA	volledig	Nieuwe wijk
Pijpenpoort	Gemengd & RWA	Optimaal	
Romboutstraat	Gemengd & RWA	Optimaal	
Schutthaaglaan	DWA & RWA	volledig	Nieuwe wijk
Sint Lambertuslaan	Gemengd & RWA	optimaal	
Sint Martinusstraat	Gemengd & RWA	semi	
Steenbeemdlaan	DWA & RWA	volledig	Nieuwe wijk
Tongersestraat	DWA & RWA	volledig	Nieuwe straat
Vrankrijk	Gemengd & RWA	volledig	
Wiesveldlaan	DWA & RWA	volledig	Nieuwe wijk
Wijsstraat	Gemengd & RWA	optimaal	
Zuurbeemdlaan	DWA & RWA	volledig	Nieuwe wijk

Tabel B-1: Overzicht straten met gescheiden riolering

B.4 Hydraulische structuren

Overstort: WEIR

Het model berekent het debiet dat over de overstort stroomt aan de hand van de Kindsvater en Carter vergelijking (Innovyze Ltd, 2017). Hierbij kan de afstroomcoëfficiënt twee waarden aannemen. De eerste afstroomcoëfficiënt voor situaties waarin het stelsel normaal functioneren kan. De tweede afstroomcoëfficiënt is voor extreme gevallen waarbij het stelsel onder druk staat. Voor de overstorten staat is de eerste afstroomcoëfficiënt 0,66 wat gelijk staat aan 66 procent van het water dat de overstort passeert. De tweede afstroomcoëfficiënt heeft de waarde 1 waarmee aangegeven wordt dat al het water de overstort passeert. De formule staat hieronder weergegeven:

$$Q = C_d \sqrt{g} B D_u^{3/2}$$

Hierin is:

C_d	afstroomcoëfficiënt
g	gravitaire kracht
B	lengte van de overstort
D_u	Bovenstroomse waterdiepte ten opzichte van het drempelpeil

Knijpopening: ORIFICE

Het debiet dat door de knijpopening stroomt wordt bepaald door de oppervlakte van de dwarsdoorsnede van de opening en de afstand van de onderkant van de opening (BOK) tot het waterpeil in de kamer. De afstroomcoëfficiënten worden op de vaste waarde 1 gezet. De formule staat hieronder weergegeven:

$$Q = C_d A_o \sqrt{g} (D_{cl})^{1/2}$$

Hierin is:

C_d	afstroomcoëfficiënt
A_o	oppervlak dwarsdoorsnede (m ²)
g	gravitaire kracht
D_{cl}	waterpeil ten opzichte van de BOK van de opening

Terugslagklep: FLAP VALVE

Het debiet dat langs de terugslagklep stroomt wordt in het model berekend met de onderstaande formule:

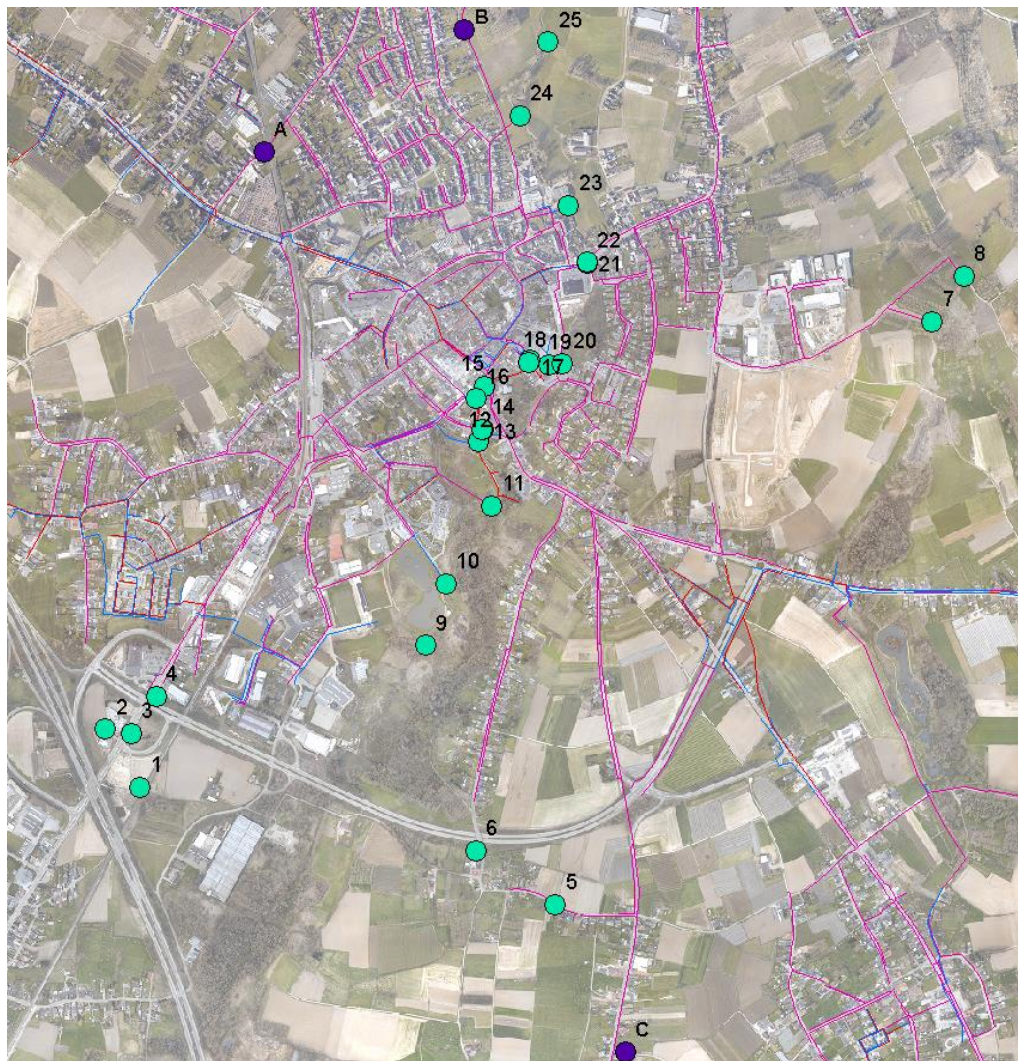
$$Q = \frac{1}{C_d} A_m V_m$$

Hierin is:

C_d	afstroomcoëfficiënt
A_m	gemiddeld oppervlak dwarsdoorsnede (m ²)
V_m	gemiddelde stroomsnelheid (m/s)

B.5 Randvoorwaarden

In het model is voor iedere uitlaat een randvoorwaarde opgelegd. Dit is het huidige waterpeil van de waterloop waarnaar de uitlaat stroomt. De meeste uitlaten zijn tijdens een terreinbezoek opgemeten. Enkele uitlaten waren echter onbereikbaar of zijn door tijdgebrek niet opgemeten. Voor deze uitlaten is een aanname van het waterpeil gemaakt. In de figuur hieronder staan alle uitlaten die zich in het studiegebied bevinden. In paars zijn twee uitlaten weergegeven die officieel in het model geen uitlaat zijn. De andere zones van het doelgebied worden aan deze uitlaten gekoppeld. Om het studiegebied als een los gebied te kunnen modelleren zijn deze twee punten als uitlaat gemodelleerd. De groene punten zijn de uitlaten waar randvoorwaarden aan toegekend zijn. In de twee tabellen staan de gegevens van de uitlaten beschreven. De tweede tabel omvat onder andere de terreinopmetingen van de uitlaten.



Figuur B-3: Overzicht locaties randvoorwaarden

Nr.	Knoopnr.	Straat	Opmerking
A	5200	Oude Tongersestraat 23	Een uitlaat in een gracht die vervolgens weer via een inlaat in het stelsel stroomt. Dit deel van het stelsel valt echter buiten het studiegebied
B	K000042273	t.h.v. Winterstraat 87	Knipconstructie die voor de afbakening van het studiegebied zorgt. Na de knip stroomt het water verder in het stelsel
C	7515	Rekerveldweg	Een uitlaat in een gracht die vervolgens weer via een inlaat in het stelsel stroomt. Dit deel van het stelsel valt echter buiten het studiegebied

Tabel B-4: Uitlaten zonder randvoorwaarden

Nr.	Knoopnr.	Straat	huidig waterpeil tov BOK (m)	max waterpeil tov BOK (m) (vuilrand)	Opmerking terreinverkenning	huidig peil (m TAW)	max peil (mTAW)	BOK fiche (m TAW) ¹
1	6445	Tongersestraat 100	-0.18	0.27		62.95	63.40	63.13
2	6438	Tongersestraat 91	-0.01	0.15		65.14	65.30	65.15
3	6452	Tongersestraat 79	0.10	0.60	Vol met modder, geen water in gracht	63.73	64.23	63.63
4	6456	Tongersestraat	-0.11	0.47	Veel troep/afval in gracht, geen water	63.34	63.92	63.45
5	7519	Leten 16	-0.16	0.44		87.84	88.44	88.00
6	K000605734	Leten 23			Niet opgemeten, valt buiten doelgebied	83.80		-
7	K000298416	Kapittlestraat 24			Niet gevonden/slecht bereikbaar	59.00		59.515
Uitlaten naar de Demer								
8	K000300284	Vrankrijk 2			Niet gevonden/slecht bereikbaar	52.00		52.07
9	K000276278	Eikenlaan 22	-0.59	0.13		51.84	52.56	52.43
10	K000300574	t.h.v. Eikenlaan 20			Niet gevonden, ook niet door landmeter	51.00		-
11	K000276274	t.h.v. Demerwal 2	-0.20	0.05	Onbereikbaar om op te meten, schatting	50.04		50.24
12	K000300535	Demerwal 2	-0.40	0.20	Onder een brug, getallen zijn schatting	49.99		50.39
13	K000113482	Demerwal 2	-0.90	-0.30	Onder een brug, getallen zijn schatting	50.02		50.92
14	K000300758	Romboutstraat 2	-0.46	0.32		49.42	50.20	49.88
15	K000113537	Demerlaan 2A	-0.11	0.18		49.57	49.86	49.68
16	K000300249	Begijnhof 6	-0.06	0.00		49.03	49.09	49.09
17	6267	Begijnhof 6	-0.15	-0.05	Onder een brug, getallen zijn schatting	49.25		49.40
18	6290	Camille Huysmansplein 18	-0.25	-0.15	Onbereikbaar om op te meten, schatting	49.19		49.44
19	K000113485	Tweevoetsweg 2			Niet gevonden/slecht bereikbaar	49.00		49.83
20	K000113505	Meershoven 1 -3	-0.81	-0.49		47.96	48.28	48.78
21	K000113431	Meershoven 1 -3	-0.59	-0.27		47.96	48.28	48.56
22	K000300137	Schureveld 19			Niet gevonden/slecht bereikbaar	46.5		46.35
23	K000042288	t.h.v. Winterstaat 45			Niet opgemeten	45.5		45.50
24	5225	t.h.v. Brabantsestraat 33			Niet opgemeten	45.2		45.66

Tabel B-5: Randvoorwaarden

¹ Getallen zijn op basis van beschikbare dwarsprofielen

C. Historische dataverificatie

Hieronder is een overzicht te vinden van de gemodelleerde wateroverlast. Het model is gevalideerd op basis van waarnemingen van omwonenden. Per locatie staat aangegeven waar volgens het model wateroverlast zou moeten optreden. Dit is ook weergegeven in twee verschillende figuren:

1. Een schematisch bovenaanzicht met daarin de rioolleidingen in de kleuren roze, blauw en oranje voor respectievelijk DWA, RWA en gemengde leidingen. De kringen op de knopen geven aan dat er water vanuit de riolering op straat stroomt. Door middel van de hoogtekaart is dan bepaald waar het water zich op straat zal ophopen. De plekken zijn aangegeven met een tekstlabel.
2. Een langsneede van de riolering die onder druk staat. In deze snede is informatie te vinden over de dimensie van de leidingen, de maximale capaciteit van de leidingen, het hoogst gemeten debiet bovenstrooms van de leiding tijdens de regenbui en het hoogst gemeten waterpeil in de knoop volgens het model. De kleur waarin de waarden gemarkeerd zijn geven de vlaggen weer, overeenstemmend met de databank. De plaatsen waar wateroverlast op straat verwacht wordt, zijn bovenaan in de leiding in het groen gemarkeerd. In het bovenaanzicht zijn de leidingen die in de langsdoorsnede weergegeven worden in groen gemarkeerd.

Daarnaast is er per locatie een opsomming gemaakt van de verkregen informatie tijdens de rondvraag bij de omwonenden. Aan de omwonenden is gevraagd of zij wel eens wateroverlast hebben gehad. Hierbij valt te denken aan een plas water op straat of het moeizaam doorspoelen van het toilet tijdens of na een zware regenbui. Indien er wateroverlast waargenomen is, is er gevraagd naar de frequentie van de overlast en de hoeveelheid water die op straat staat.

Tot slot is er per locatie een conclusie gegeven of het model overeenkomt met de waarnemingen of dat er foute aannames gemaakt zijn in het model. In het tweede geval is ook aangegeven hoe het model dan geoptimaliseerd is.

Legenda voor historische dataverificatie

Schematisch bovenaanzicht modelresultaat

	Gemengd
	DWA
	RWA
	Model simuleert water op straat

Langsnede modelresultaat

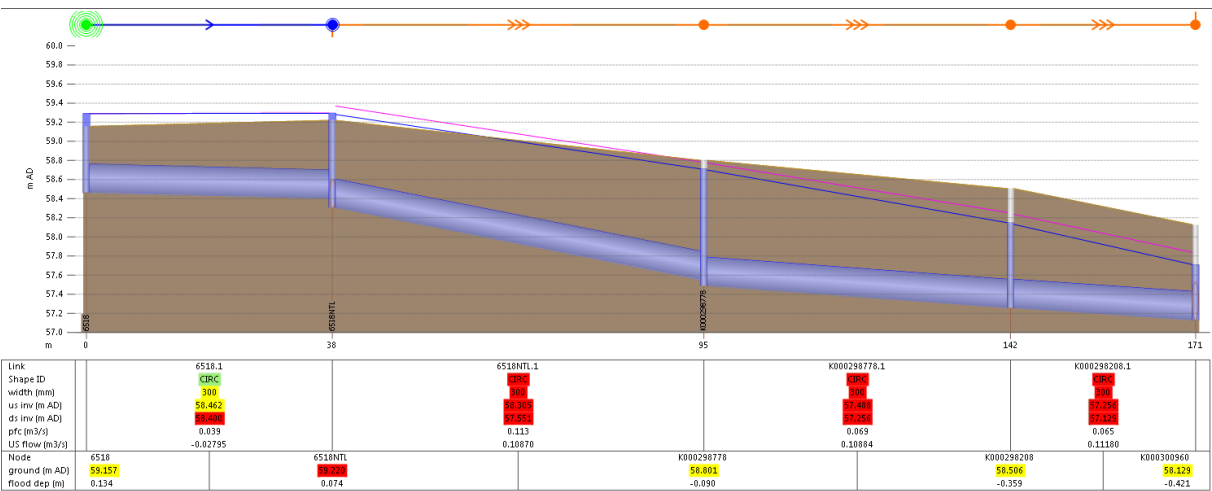
	OP	Gegevens bekomen door goedgekeurde opmeting
	AW	Eigen aannname (niet behorend tot een van de overige klassen)
	TW	Gegevens bekomen door terreinwaarneming
	AB	Gegevens overgenomen van as-built plan
	ID	Geïnterpoleerde gegevens
		Verhanglijn
		Druklijn

Nieuwstraat

Modelresultaat: Ter hoogte van Nieuwstraat 15 stroomt het water terug richting de inlaat van de gracht. Ter hoogte van deze inlaat zou op straat en in het weiland daarachter wateroverlast moeten optreden.



Figuur C-1: Modelresultaat riolering Nieuwstraat



Figuur C-2: Langsnede riolering Nieuwstraat

Waarnemingen:

- Voorbijganger die in de straat woont; Al 70 jaar is er geen wateroverlast. De gracht achter de woningen staat na een hevige regenbui wel vol, maar stroomt vervolgens goed af.
- Nieuwstraat 9; Er wordt geen water op straat of moeilijkheden met het doorspoelen van het toilet waargenomen. Bij de lagere nummers zijn wel problemen met het water wat van de velden komt en de tuinen in stroomt.
- Nieuwstraat 10; Op straat zijn geen plassen water te zien na een hevige regenbui. Vanaf de velden stroomt er wel water de tuin en de garage in.
- Nieuwstraat 11; Geen problemen met wateroverlast. Als de gracht achter de woningen goed schoongehouden wordt stroomt het water gemakkelijk van de velden in het rioleringsstelsel.
- Nieuwstraat 12; Er worden geen problemen met wateroverlast ondervonden. Aan het einde van de straat waar de Nieuwstraat over gaat in de Tongersestraat staat wel altijd een grote plas water na een regenbui. De omwonenden leggen bij hevige regen ook zandzakken voor hun kelderroosters neer om waterschade in de kelders te voorkomen.
- Nieuwstraat 17; Bij regen staat er een kleine plas water aan de rand van de straat. De watergoot langs de weg stroomt dan niet goed af. Daarnaast stroomt er wat water van de straat de tuin in, maar dit is enkel het geval bij hevige regen die niet ieder jaar plaatsvindt.
- Nieuwstraat 19; Bij hevige regen is er een stroom water op straat waar te nemen die van de Tongersestraat afkomstig is en richting de Hasseltsestraat stroomt. Op de Tongersestraat hebben ze wel grotere problemen met de afwatering en worden ook zandzakken geplaatst bij hevige regenval.
- Nieuwstraat 19a; Enkele keren per jaar is er op straat een waterstroming te zien van circa een halve meter in breedte.

Conclusie: Het model simuleert overlast ter hoogte van Nieuwstraat 15. Door de bewoners van de hoger gelegen nummers wordt aangegeven wel eens een stroom water op straat waar te hebben genomen. De lagergelegen nummers geven aan geen water op straat waar te nemen.

De leiding die vanuit de Solveldstraat komt staat erg onder druk. Het water zoekt bij de inlaat van de gracht een mogelijke weg naar een uitlaat. De inlaat zou bij hevige regenval dus ook als uitlaat kunnen dienen. Dit is echter niet in het model geïmplementeerd, waardoor er een ophoping van water gesimuleerd wordt.

Daarnaast heeft de landmeter enkele leidingen in de Nieuwstraat niet op kunnen meten (,in de langsnede is dit ook te zien door de vlaggen AW,) omdat de toegang tot de rioolleidingen onbereikbaar was. De aangenomen waarden zouden dus niet overeen kunnen komen met de daadwerkelijke afmetingen van de leidingen.

Er dient dus verder onderzoek gedaan te worden naar deze situatie om het model overeen te laten komen met de realiteit. Dit zal gedaan worden aan de hand van actuele dataverificatie.

Waarnemingen:

- Sint Lambertuslaan 4; Geen overlast waargenomen in de afgelopen jaren.
- Sint Lambertuslaan 11; Na een regenbui staat er een plas water voor de deur. Het gebouw staat circa een meter onder het straat niveau waardoor al het water zich daar verzameld. Bij hevige regenbuien is de grootte van de plas zodanig groot dat het niet meer mogelijk is om naar binnen te komen. De plas is in deze extreme situatie circa drie meter in omvang en is op zijn diepste punt 15 cm diep. In de afgelopen vijf jaar is twee keer de brandweer gebeld omdat het water het gebouw in stroomde.
- Sint Lambertuslaan 12; Woont hier sinds 2011, maar geen opvallende situaties meegemaakt. Geen plassen op straat en geen moeite met het doorspoelen van het toilet. Wel enkele keren water in de kelder gehad, maar dat ligt zoals hij aangaf, aan hen zelf.
- Sint Lambertuslaan 13; Circa twee à drie keer per jaar staat een plas water rond de put tegenover het huis. De plas heeft een grootte van ongeveer drie meter. De leidingen kun het vele regenwater van onweerbuien niet aan. Het water borrelt ook vanuit de put weer omhoog.
- Sint Lambertuslaan 16; Woont er pas net, maar tot nog toe geen water op straat zien staan.
- Sint Lambertuslaan 22; Sinds de weg vernieuwd is, rond 2000, staan er geen waterplassen meer op straat. Bij nummer 11 staat wel een grote plas water voor de deur als het hard geregend heeft.
- Sint Lambertuslaan 42; Bij zeer hevige regenbuien die slechts een maal in de vijf jaar voorkomen stroomt er water vanaf de Hasseltsestraat het spoor over de Sint Lambertuslaan in. Dit komt echter maar zeer zelden voor. Verder worden er geen plassen water op straat of moeilijkheden met het doorspoelen van het toilet waargenomen.
- Sint Lambertuslaan 50; Geen plassen water op straat of moeilijkheden met het doorspoelen van het toilet waargenomen.

Conclusie: Het model simuleert water ter hoogte van huisnummer 11 en 19 op straat. De overlast ter hoogte van nummer 11 wordt bevestigd. Echter ligt dit perceel lager dan het straatniveau waardoor het water zich hier verzamelt maar door het ontbreken van straatkolken op preiveterrein kan het water niet afgevoerd worden. Hierdoor kan de hoeveelheid regenwater een vertekend beeld geven.

Rond huisnummer 19 wordt geen water op straat waargenomen. Het kan zijn dat het water naar het lager gelegen perceel van nummer 11 stroomt, maar waarschijnlijk komt hier het modelresultaat niet overeen met de waarnemingen.

De wateroverlast aan de overzijde van nummer 13 is niet door het model te verklaren. De put waar wateroverlast waargenomen is, is aan het begin van de rioolleiding. De leiding heeft een diameter van 400 mm wat voldoende zou moeten zijn om het regenwater afkomstig van de aangesloten percelen af te kunnen voeren. Enkel in de situatie dat benedenstrooms van de leiding de druk in de riolering te hoog wordt, zou het water terug kunnen stromen en via de putdeksel de straat op stromen.

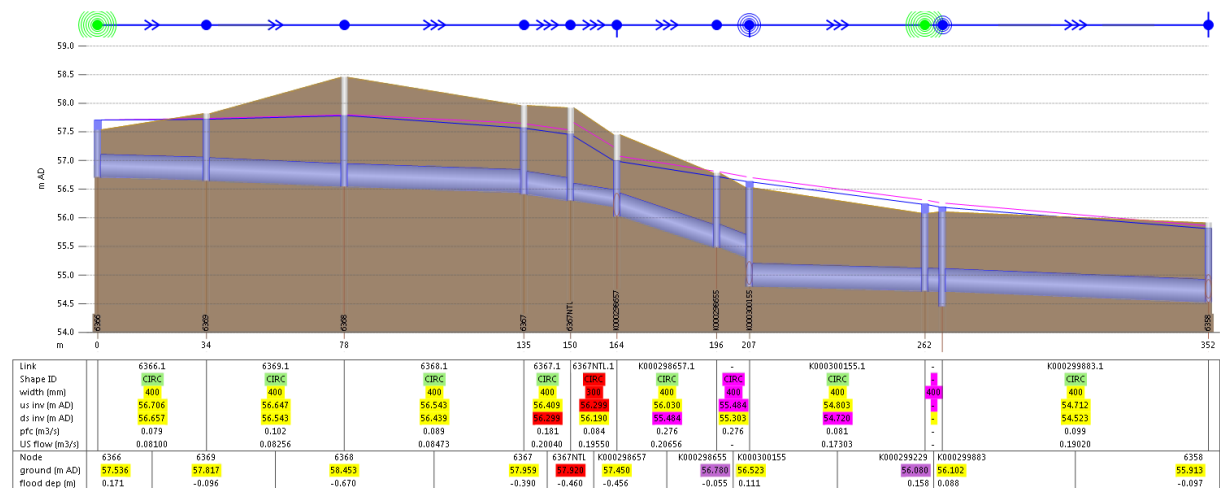
Om er zeker van te zijn dat het model voor de Sint Lambertuslaan overeenkomt met de realiteit dient er verder onderzoek naar deze straat gedaan te worden. Dit dient te gebeuren voor een actuele dataverificatie. Daarnaast dient informatie van het appartementencomplex gelegen tussen Sint Lambertuslaan 22 en 28 opgevraagd te worden om de aansluiting van het regenwater van dit gebouw aan de correcte leiding toe te kennen.

Hospitaalstraat

Modelresultaten: Achteraan de parking staat een plas water. Ter hoogte van nummer 12 staat er water op straat.



Figuur C-5: Modelresultaat riolering Hospitaalstraat



Figuur C-6: Langsneede riolering Hospitaalstraat

Waarnemingen:

- Hospitaalstraat 13; Er worden geen problemen waargenomen. Ook collega's nemen geen water op straat waar of hebben moeite ondervonden met het doorspoelen van het toilet.
- Hospitaalstraat 15; Er is geen wateroverlast in de afgelopen jaren geweest. De technische dienst meldt dat er ook geen problemen met opborrelen van water in toiletten waargenomen is.

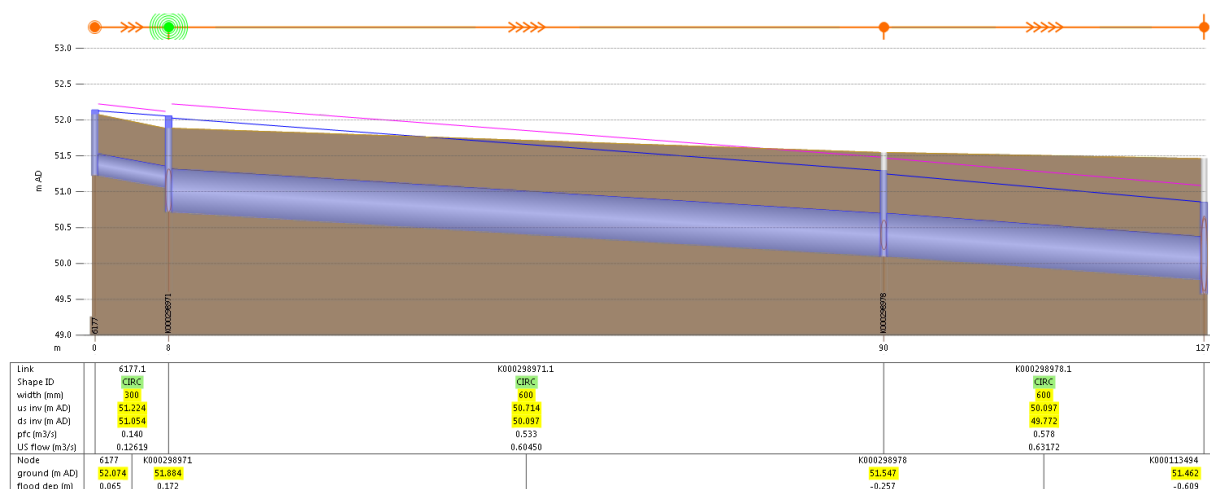
Conclusie: De modelresultaten komen niet overeen met de waarnemingen. Er wordt aangenomen dat de subcatchments verkeerd zijn ingetekend. Daarnaast blijkt de afwatering van het ziekenhuis aan de verkeerde leiding toegekend te zijn. Het model dient voor deze straat aangepast te worden.

Wijerstraat

Modelresultaten: Het debiet dat vanaf de school komt is hoger dan de capaciteit van de kleine leiding naar het stelsel. Ter hoogte van nummer 26 staat water op straat.



Figuur C-7: Modelresultaat riolering Wijerstraat



Figuur C-8: Langsnede riolering Wijerstraat

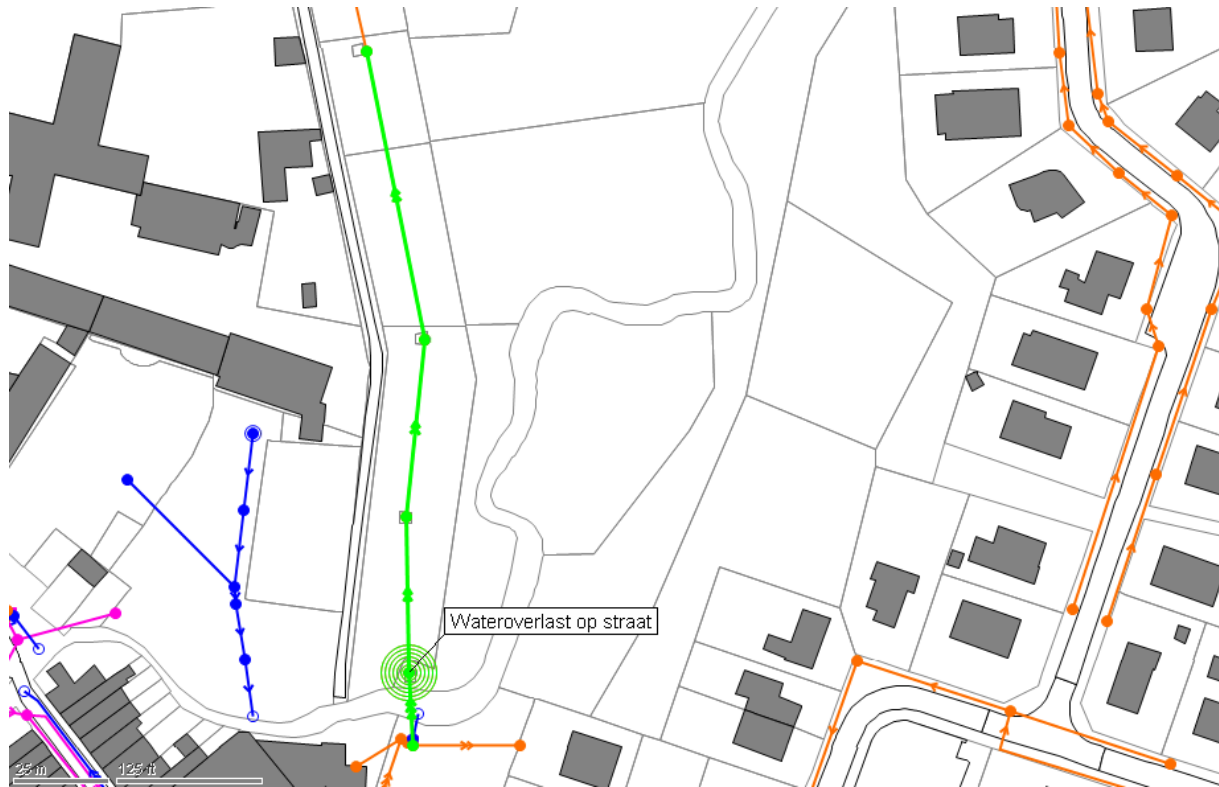
Waarnemingen:

- Wijerstraat 26; Op dit nummer is het Technisch Instituut Sint-Jozef gehuisvestigd. Er zijn voor de school geen waterplassen waargenomen. Oude afwateringsplannen van de school laten zien dat enkel regenwater dat op het voorste deel van het schoolgebouw valt, afgevoerd wordt naar de riolering in de Wijerstraat. Het overige afval en regenwater wordt via de rioolleiding achter de school naar de riolering in de Winterstraat geleid.

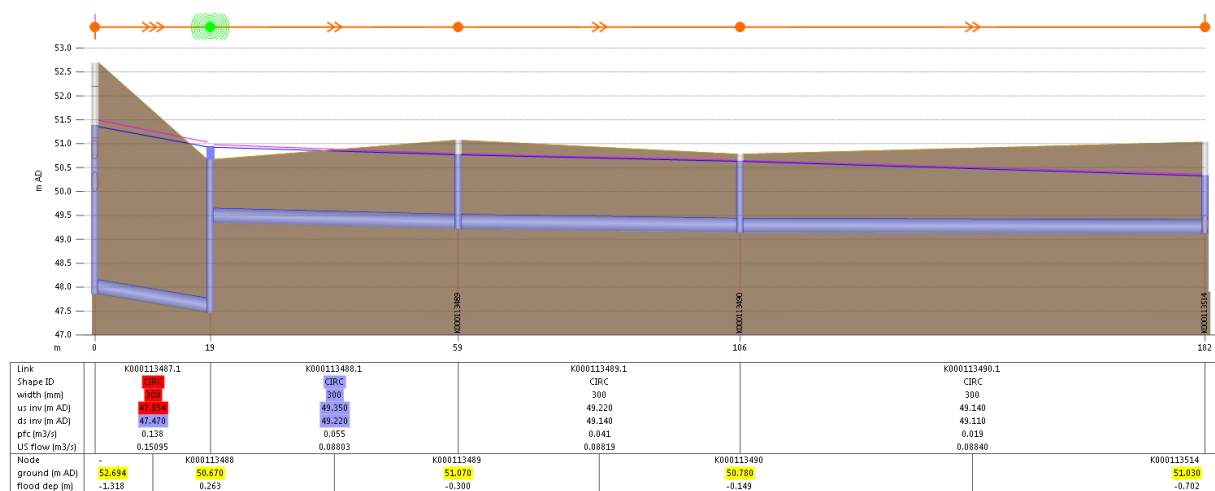
Conclusie: In het model is de gehele afwatering van de school toegekend aan de riolering in de Wijerstraat. Er blijkt echter slechts een klein deel van het regenwater op de Wijerstraat aangesloten te zijn. Voor deze straat zal het model aangepast moeten worden zodat het afvalwater en regenwater aan de juiste leiding toegekend wordt.

Kloosterwal

Modelresultaat: Direct na de sifon staat er water op straat. Dit is achteraan de parking van het Jazz Bilzenplein in een privéparkje van de middelbare school in de buurt.



Figuur C-9: Modelresultaat riolering Kloosterwal



Figuur C-10: Langsnede riolering Kloosterwal

Waarnemingen: De put ligt op privéterrein achteraan een parkje van een school, afgezonderd van huizen. Enkel de school is ondervraagd.

- Kloosterstraat 9; Het speelveldje tussen Kloosterstraat en Kloosterwal loop schuin af. Er staat regelmatig een plas water op het speelveldje.

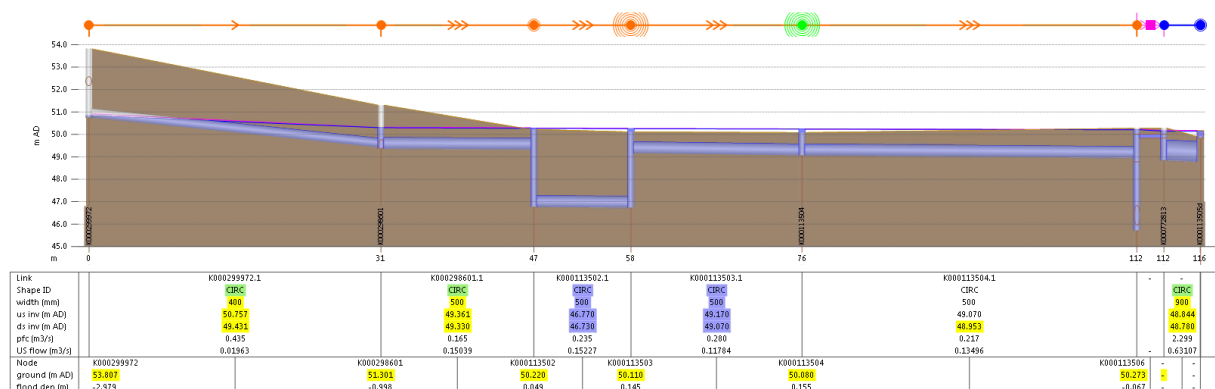
Conclusie: Het speelveldje bevindt zich aan de andere zijde van de Kloosterwal dan daar waar wateroverlast gesimuleerd wordt. Bij de actuele dataverificatie dient extra aandacht te worden besteed aan deze locatie omdat er vanuit de historische dataverificatie geen validatie van het model plaats kon vinden.

Bergweide

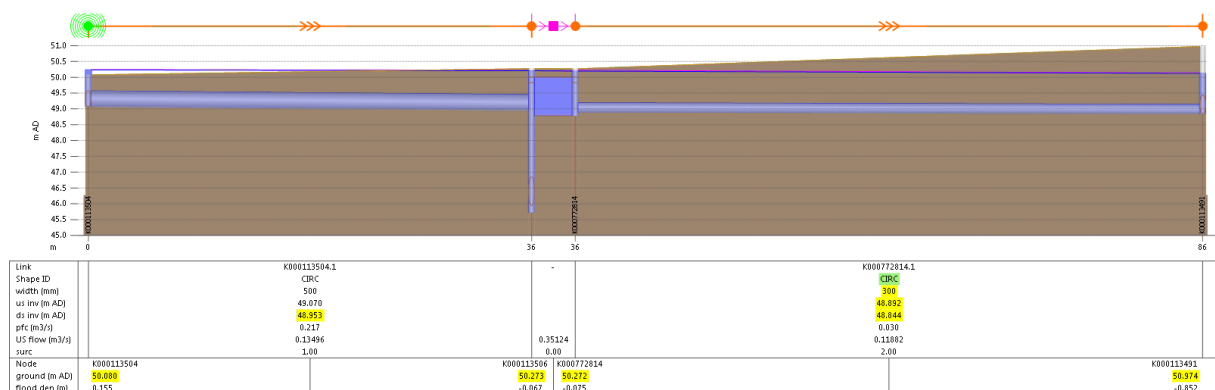
Modelresultaat: Na de sifon onder de Demer is de druk op de leiding zo groot dat het water achteraan de parking van de Carrefour op het fietspad langs de Demer stroomt. De overstort richting de leiding in de Pijpenpoort werkt goed. De overstort naar de nooduitlaat naar de Demer staat echter volledig vol met water.



Figuur C-11: Modelresultaat riolering vanuit de Bergweide



Figuur C-12: Langsnede riolering Bergweide, uitlaat naar Demer



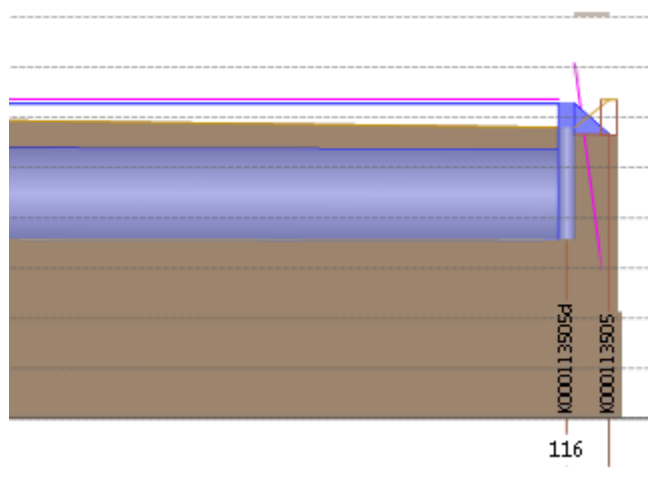
Figuur C-13: Langsnede riolering Bergweide, overstort naar Pijpenpoort

Waarnemingen:

- Pijpenpoort 5; Op de parking van de Carrefour zijn geen waterplassen waargenomen. Voor het bruggetje vanaf de Bergweidelaan staat wel altijd een plas water na een regenbui. De kinderen die vanaf de Bergweide richting school gaan ondervinden hier last vast.
- Bergweide 13; Er staat regelmatig na een regenbui een plas water voor het bruggetje. Het water verzamelt zich daar op het laagstgelegen punt waardoor het niet mogelijk is om het bruggetje over te komen. Het vele water kan niet afgevoerd worden door de straatkolken. De waterplas heeft een omvang van twee meter en is circa 10 centimeter diep.

Conclusie: Het model simuleert water op straat na het bruggetje (in het model is hier een sifon te zien die onder de Demer door gaat). De omwonenden geven echter aan dat de plas water vóór het bruggetje staat. Aangezien de wateroverlast zich in de buurt van de Demer bevindt, is het zeer aannemelijk dat het water via het voetpad de Demer in stroomt. Voor het bruggetjes kan het water niet afstromen naar de Demer omdat het verhoogde voetpad langs de Demer als drempel werkt waar het water overheen moet.

Opvallend is de grote hoeveelheid water die tussen de overstort en de nooduitlaat staat. In principe zou het water dat eenmaal over de overstort gaat, moeten afstromen naar de Demer. Om terugstroming vanuit de Demer te voorkomen is aan het einde van deze uitlaat een terugslagklep geplaatst. Het model veronderstelt echter dat alle terugslagkleppen cirkelvormig zijn. Deze terugslagklep is vierkant. Bij lagere waterhoogtes wordt bij een cirkelvormige terugslagklep minder oppervlakte benut dan in een rechthoekige. Daarom zal het doorgaand debiet beperkter zijn waardoor ook de stroming door de leiding beïnvloed kan worden. In de uitvergroting hiernaast is te zien dat het instroompeil van de terugslag klep te hoog ligt om vrije instroom in de Demer te hebben. Het instroompeil van de terugslagklep moet herrekend worden waarbij rekening gehouden wordt met de vorm van de terugslagklep.



Figuur C-0-14: Detailtekening terugslagklep Pijpenpoort

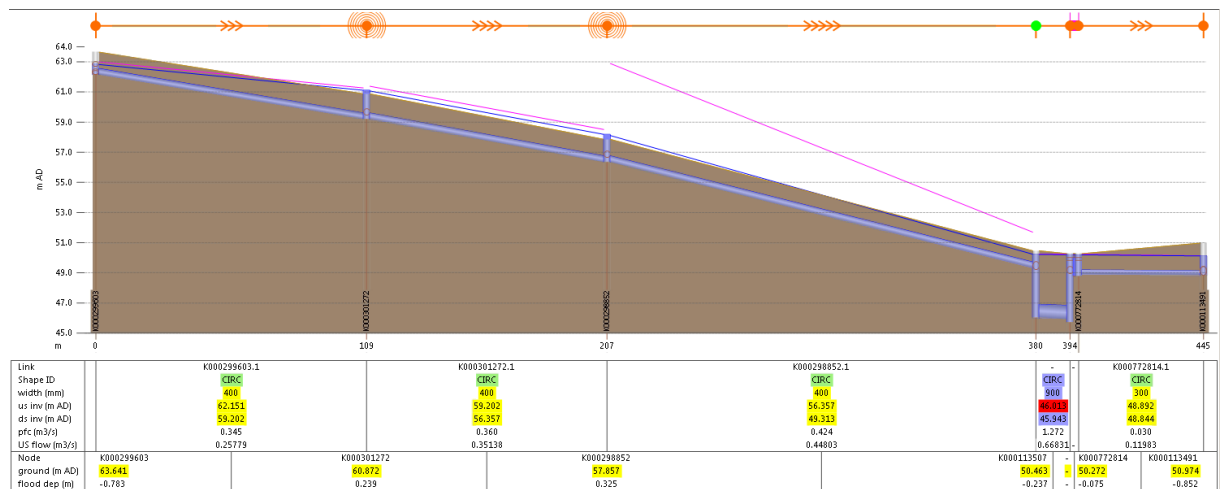
Om een goede conclusie te kunnen trekken dienen er nog meer omwonden ondervraagd te worden. Op het moment waren er weinig mensen thuis. Daarnaast zou met de actuele dataverificatie gevalideerd moeten worden of de overlast op de juiste locatie in het model gesimuleerd wordt.

Meershoven

Modelresultaat: Water stroomt ter hoogte van de kruising Meremshoven en Tabaartstraat en ter hoogte van Meremshoven 35 op straat. Door de helling stroomt het water richting de Demer. Het water hoopt zich op voor de Demer en stroomt dan de Demer is



Figuur C-15: Modelresultaat riolering Meershoven



Figuur C-16: Langsnede riolering Meershoven

Waarnemingen:

- Meershoven 3; Drie à vier keer per jaar stroomt er een grote waterstroom vanaf de Meershoven richting de Demer. Voor de brug, bij Meershoven 1, vormt zich een waterplas die tot aan Pijpenpoort 18, aan de andere kant van de brug komt. De plas is ongeveer 10 centimeter diep. Enkele malen, ongeveer eens in de vijf jaar, moet de brandweer er bij komen om het water weg te pompen en wordt de straat afgezet. De Demer staat bij deze situaties ook erg hoog waardoor het water niet gemakkelijk hierin stromen kan.
- Meershoven 9; Enkel als het heel hard regent, een à twee keer per jaar, is er op straat een waterstroom te zien die richting de brug stroomt. De stroom heeft een breedte van iets minder dan een halve meter.
- Meershoven 16; Er zijn geen plassen water op straat waargenomen. Ook bij het doorspoelen van het toilet zijn geen moeilijkheden. Op het perceel zit een put voor de huisaansluiting. Er is wel opgemerkt dat na hevige regen de put volledig vol staat. Na enkele dagen na de regen stroomt deze put dan weer volledig leeg.
- Meershoven 19; Meerdere keren per jaar staat er een plas water bij de brug over de Demer op straat. Daarnaast is waargenomen dat water via de rioolputten de straat op stroomt. Een jaar geleden is het water vanaf de straat in de kelder gestroomd. De straatkolken konden het water dat vanaf de Meershoven naar de burg over de Demer stroomde niet aan, waardoor het water naar de bermen van de straat afstroomde.
- Meershoven 21; Er zijn wel eens problemen met het toilet geweest waarbij het water opborrelde bij het doorspoelen. Op de deel van de straat voor huis zijn geen waterplassen opgemerkt. Bij de Demer staat wel altijd een grote plas water als het geregend heeft. Daarnaast is het waterpeil in de Demer dan erg hoog waardoor het regenwater daar moeizaam afwateren kan.

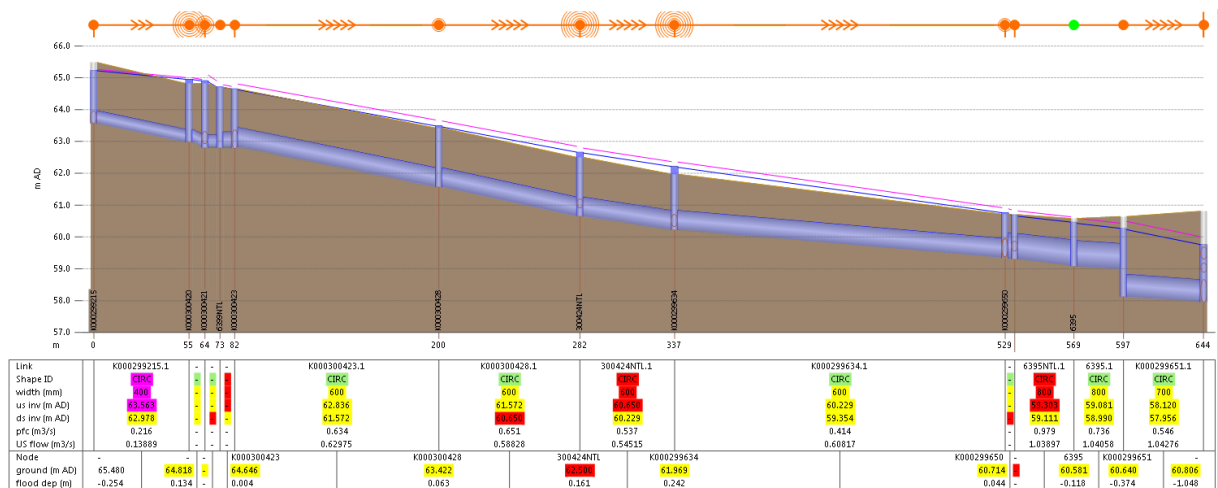
Conclusie: Het model simuleert water op straat ter hoogte van de brug over de Demer. De omwonenden geven aan inderdaad last te ondervinden door van een grote plas water op straat. Voor deze straat komen de modelresultaten dus overeen met de realiteit.

Meremweg

Modelresultaat: Op de kruisingen van de Pater Damiaanstraat, Merem en Meremweg en de kruising Meremweg en de Solveldstraat komen grote debieten samen. Deze debieten zijn groter dan de maximale capaciteit van de leidingen. Het water stroomt op deze plekken op straat. Door het heuvelige landschap stroomt het water via de straat richting de Tongersestraat. De overlast zal waarschijnlijk waarneembaar zijn ten hoogte van Tongersestraat 5.



Figuur C-17: Modelresultaat riolering Meremweg



Figuur C-18: Langsnede riolering Meremweg

Waarnemingen:

- Nieuwstraat 31; Ongeveer ieder jaar staat er een grote plas water op de kruising van de Meremweg en de Tongersestraat. De plas water komt ongeveer tot halverwege dit perceel. Op het diepste punt van de waterplas, bij de kruising van de Tongersestraat en de Meremweg sta je tot aan je knieën in het water. In het huis van de burens, Nieuwstraat 30, kan op de begaande vloer niet meer gewoond worden door de schade die het water aangericht heeft.
- Nieuwstraat 32; Ieder jaar staat de straat volledig blank. De straat wordt dan afgezet omdat de auto's zich eventueel vast kunnen rijden in de plas water. De plas water staat tot aan de deur en heeft daar een hoogte van ongeveer 20 centimeter (zie ook de afbeelding hiernaast). Het water stroomt via de deuringang en roosters de kelders in die dan volledig onder water staan waardoor deze onbruikbaar worden.
- Tongersestraat 7; Ieder jaar staat er voor de deur een grote waterplas. De straat staat dan over de volledige breedte blank en de plas heeft een diepte van circa 40 centimeter. Er komt vanaf de Meremweg een modderstroom die bij de kruising de hoek om gaat en dan naar het spoor stroomt. In een extreme situatie kon men zelfs met een bootje over straat varen.
- Meremweg 29; Eens per jaar of twee jaar is er een plas water te zien rond de put bij de kruising van de Solveldstraat. De waterput kan al het water niet aan en er borrelt water vanuit de put naar boven. Het water stroomt dan via de Meremweg naar beneden richting de kruising met de Tongersestraat.
- Merem 2; Bij hevige regenval borrelt er wel eens water in de toilet omhoog. Daarnaast komt er water vanuit de putten op de kruising van de Meremweg met de Pater Damiaanstraat en Merem omhoog. Er staat op de kruising een plas water die via de Meremweg naar beneden stroomt.
- Pater Damiaanstraat 3; Woont er pas net, maar heeft in dat jaar dat hij er woont geen wateroverlast ondervonden. Er stroomt weleens water vanaf de straat de kelder in, maar dit is een kleine hoeveelheid en binnen een halfuurtje weer opgeruimd.

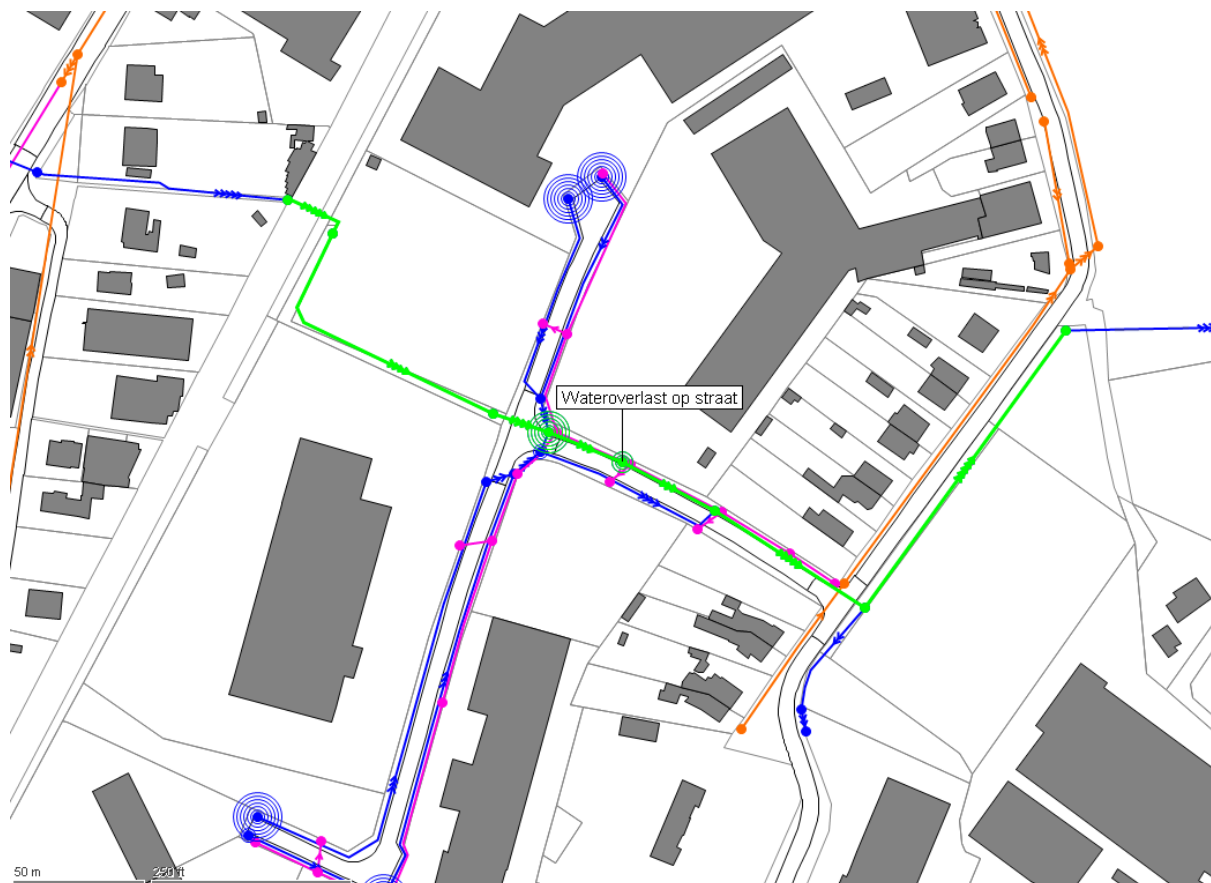


Figuur C-19: Waterlijn ingang Nieuwstraat 32

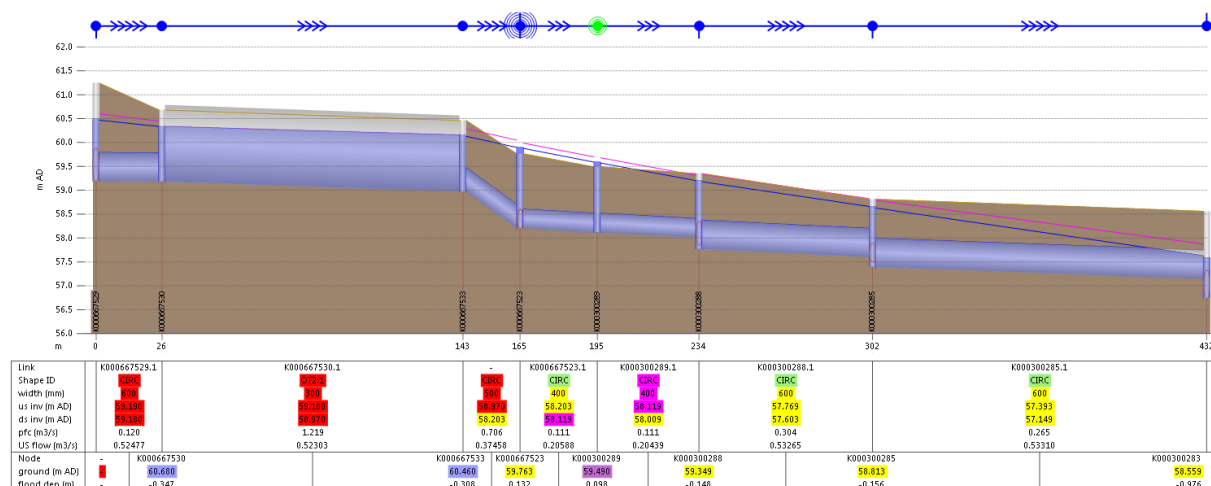
Conclusie: Het model simuleert water op de Meremweg dat afstroomt richting de kruising met de Tongersestraat. De omwonenden geven ongeveer eens per jaar een plas water op de kruising waar te nemen. Daarnaast komen de waarnemingen in de Meremweg overeen met de modelresultaten. Er kan geconcludeerd worden dat het model op deze locatie een correcte weerspiegeling van de realiteit geeft.

Natveld

Modelresultaat: Bij het spoor stroomt een DWA-leiding met een diameter van 700 mm in een gracht. Bij Natveld stroomt deze gracht weer terug in het rioleringsstelsel. De druk in het rioleringsstelsel is zo hoog dat het water terugstroomt naar de twee zijtakken die in Natveld liggen. Ter hoogte van de zijkant van Natveld 15 stroomt het water op straat. Dit water stroomt vervolgens af naar Vrankrijk.



Figuur C-20: Modelresultaat riolering Natveld



Figuur C-21: Langsnede riolering Natveld

Waarnemingen: Het gaat hier om een bedrijven terrein waardoor het lastig is om informatie in te winnen.

- Natveld 7; Er wordt geen wateroverlast ondervonden. Het regenwater van het bedrijf wordt opgeslagen in grote tanks waarna het voor het schoonmaken van de vloeren gebruikt kan worden.
- Vrankrijk 7; Er is zijn geen waterplassen waargenomen.
- Vrankrijk 23; Er is zijn geen waterplassen waargenomen.

Conclusie: Het model simuleert water op Natveld dat richting Vrankrijk stroomt. De omwonenden geven aan geen plassen water op straat te hebben waargenomen.

In deze situatie gaat het om een DWA-leiding die voor een deel overgaat in een gracht en dan doorgaat in een DWA-leiding. Het zou kunnen zijn dat er bovenstrooms te veel verhard is toegekend aan de DWA-leiding. Daarnaast zijn er van de gracht geen gegevens beschikbaar. In het model is deze gracht geïmplementeerd op basis van aannames en schattingen. Hier zouden dus ook nog foutieve aannames kunnen zitten. Tot slot zijn er voor enkele leidingen schattingen gemaakt voor de diameter van de leiding. Ook deze schattingen kunnen foutief zijn.

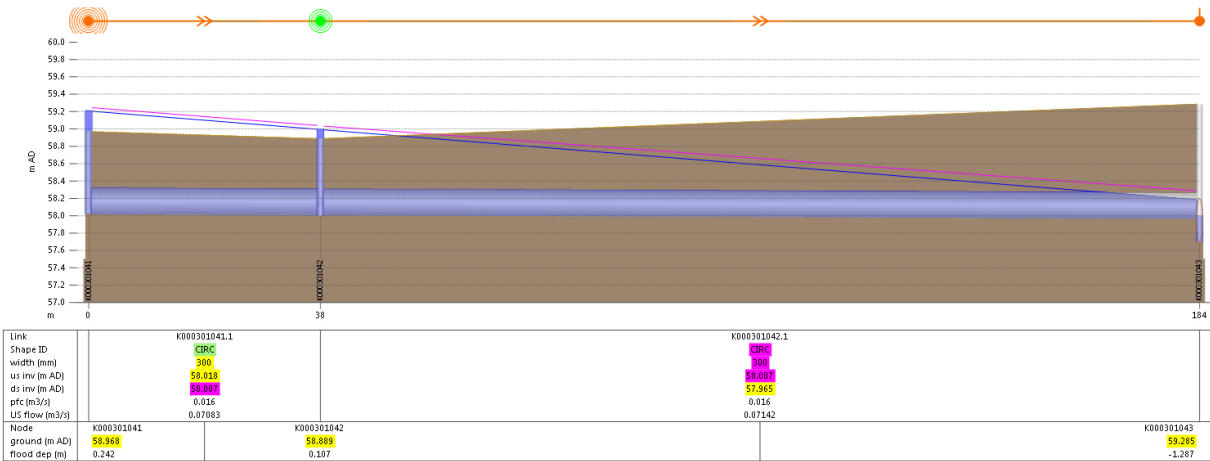
Natveld zal verder onderzocht moeten worden. De historische dataverificatie kan nog uitgebreid worden met extra waarnemingen, hoewel het lastig is om bedrijven te bereiken. Aan de hand van de actuele dataverificatie moet blijken of er een te grote hoeveelheid verharde oppervlakte is toegekend aan de leiding. Daarnaast zouden de gracht en de leidingen waarvan geen opmetingen beschikbaar zijn opgemeten kunnen worden.

Zeepstraat

Modelresultaat: Vanaf Zeepstraat 29 stroomt er een groot debiet in de riolering. De riolering kan dit niet aan waardoor er ter hoogte van Zeepstraat 29 water op straat.



Figuur C-22: Modelresultaat riolering Zeepstraat



Figuur C-23: Langsnede riolering Zeepstraat

Waarneming:

- Zeepstraat 27; Er is geen water op straat waargenomen of toiletten die moeizaam doorspoelen.
- Zeepstraat 33; Er is geen water op straat waargenomen of toiletten die moeizaam doorspoelen.
- Zeepstraat 38; In de acht jaar tijd is er één maal overlast geweest. Vanuit de put borrelde het water omhoog en stroomde de garage in. Dit was echter bij een zeer hevige regenbui al enkele jaren geleden.

Conclusie: Het model simuleert water op straat ter hoogte van nummer 29. Er waren helaas te weinig mensen thuis om een goed beeld te krijgen. Een van de omwonenden heeft wel op de plaats waar het model water op straat simuleert wateroverlast ondervonden, maar de andere omwonenden geven zeer duidelijk aan dat er geen water op straat staat na een hevige regenbui.

Daarnaast kan het zijn dat er een te groot debiet vanuit het bedrijf op 29 toegekend is aan de leiding. Het bedrijf is al meerdere keren benaderd zowel via de mail als telefonisch maar helaas is hier geen duidelijke reactie op gekomen.

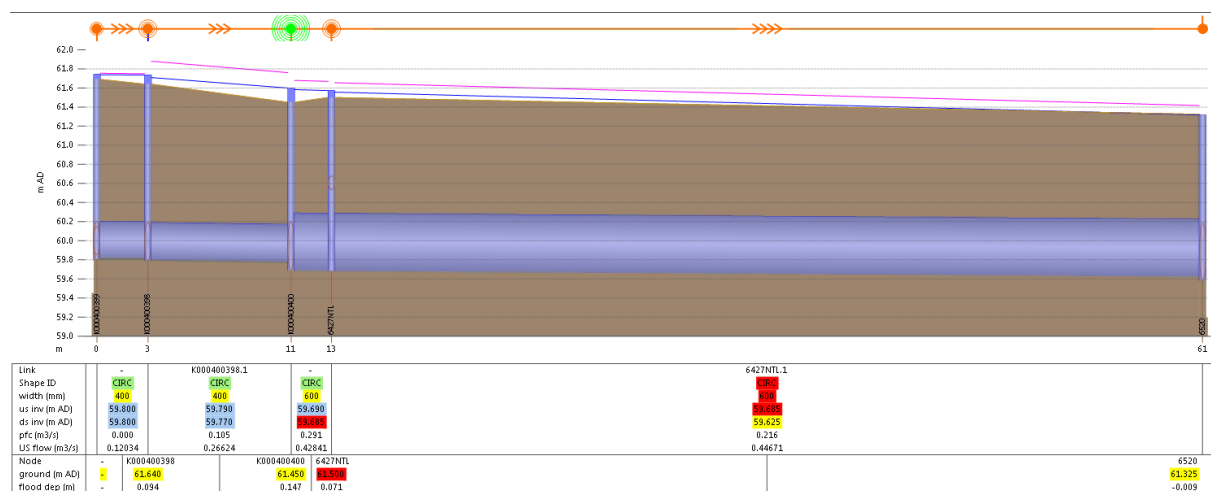
Er kan dus niet met zekerheid gezegd worden of het model hier overeenkomt met de werkelijkheid. Er dient verder onderzoek in deze straat gedaan te worden door bijvoorbeeld aan de hand van de actuele dataverificatie te verifiëren of de verharde oppervlakte die aan de leiding is toegekend niet te groot is. Daarnaast ontbreekt een afwateringsplan van het bedrijfspand. Er zou nog eens geprobeerd moeten worden om hier meer informatie van te krijgen. Voor deze dataverificatie wordt aangenomen dat het bedrijf verkeerd is ingetekend. In het model is de afwatering van het bedrijf aan een andere leiding toegekend zodat het model geen water simuleert.

Pasweg

Modelresultaten: Ter hoogte van Pasweg 6 is water op straat. De leiding loopt naar de kruising van de Meremweg en Tongersestraat, De gehele leiding staat tot aan de Tongersestraat onder druk.



Figuur C-24: Modelresultaat riolering Pasweg



Figuur C-25: Langsnede riolering Pasweg

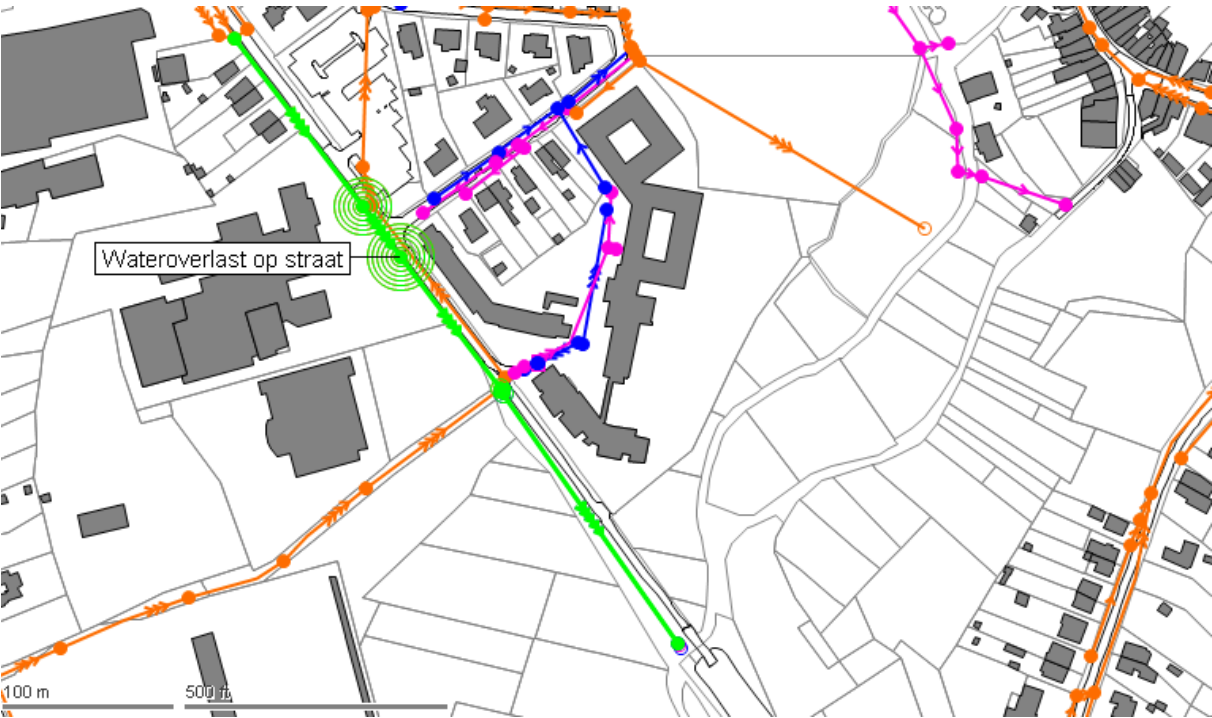
Waarnemingen:

- Voorbijganger die in de straat woont; Geen plassen water op straat waargenomen of moeilijkheden met het doorspoelen van het toilet.
- Pasweg 6; Geen plassen water op straat, ook niet op de parking voor het gebouw.
- Pasweg 37; Geen waterplassen op straat waargenomen.

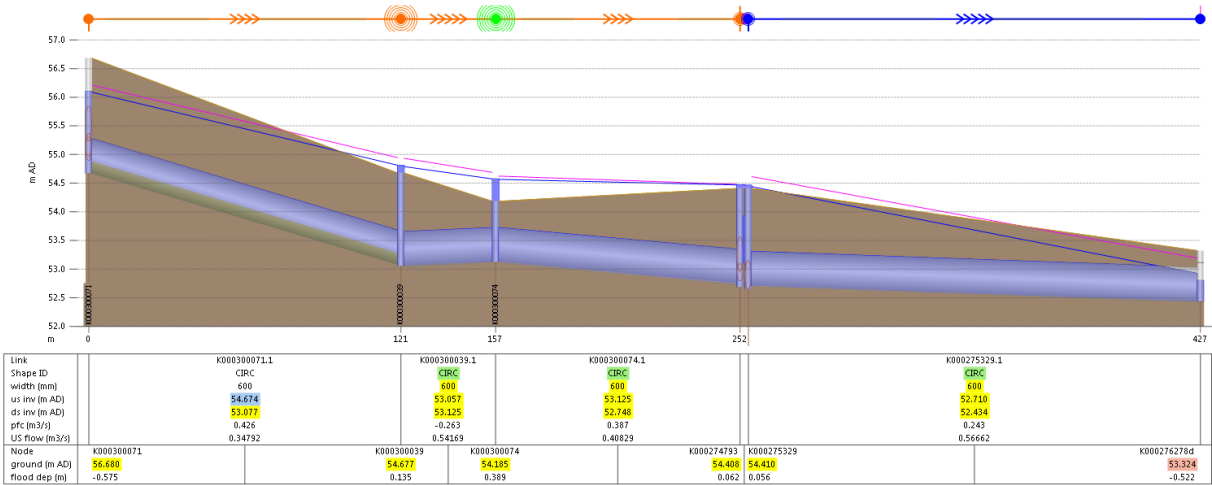
Conclusie: De waarnemingen van de omwonenden duiden erop dat er geen wateroverlast op straat is. Het model simuleert echter wel water op straat. Waarschijnlijk is de afwatering van het bedrijfspand verkeerd ingetekend. Er dient een afwateringsplan van het bedrijf Gymna opgevraagd te worden om betere inzichten te krijgen waar naartoe het regenwater afwatert. Echter bevindt zich het knelpunt in buurt van het knelpunt van de Meremweg. Vnadaar dat het wel aannemelijk is dat ook hier problemen met de riolering ondervonden worden. Een actuele dataverificatie zal hier meer informatie bieden.

Eikenlaan

Modelresultaat: Er is wateroverlast op straat ter hoogte van Eikenlaan 29.



Figuur C-26: Modelresultaat riolering Eikenlaan



Figuur C-27: Langsnede riolering Eikenlaan

Waarnemingen:

- Eikenlaan 10; Er zijn geen problemen met wateroverlast of moeizaam doortrekken van het toilet.
- Eikenlaan 20; Op de campus van de senioren werken wordt geen overlast door water ondervonden. Bij De Kimpel, Eikenlaan 25, stond altijd een plas water maar de laatste tijd vormt zich daar bij regenbuien geen plas water meer.
- Eikenlaan 23; Na een hevige regenbui staat er ter hoogte van de bibliotheek een water plas van 30 centimeter diep op straat.
- Eikenlaan 25; Direct bij de inrit van de parking staat een plas water na een hevige regenbui. Dit is eens per jaar. De plas loopt over de gehele breedte van de straat en heeft op zijn diepste punt een diepte van 10 centimeter.
- Eikenlaan 29; Rondom de rioolput bij de inrit van de parking van De Kimpel staat bij onweersbuien altijd een waterplas. Vroeger was de overlast nog groter dan dat het nu is. Ze hebben toen werken uitgevoerd waardoor de overlast sterk verminderd is, maar er is nog steeds een plas water na hevige regenbuien.

Conclusie: Het model simuleert water op straat ter hoogte van Eikenlaan 25. De omwonenden geven aan eens per jaar water op straat waar te nemen. In 2014 is door de gemeente de overstort met 60 centimeter verlaagd. Dit blijkt echter niet voldoende te zijn om de wateroverlast op te lossen. Het model komt voor deze straat overeen met de waarnemingen.

Vrankrijk

Mail van Bilzen Karting, Vrankrijk 31, 14-08-2018.

Beste,

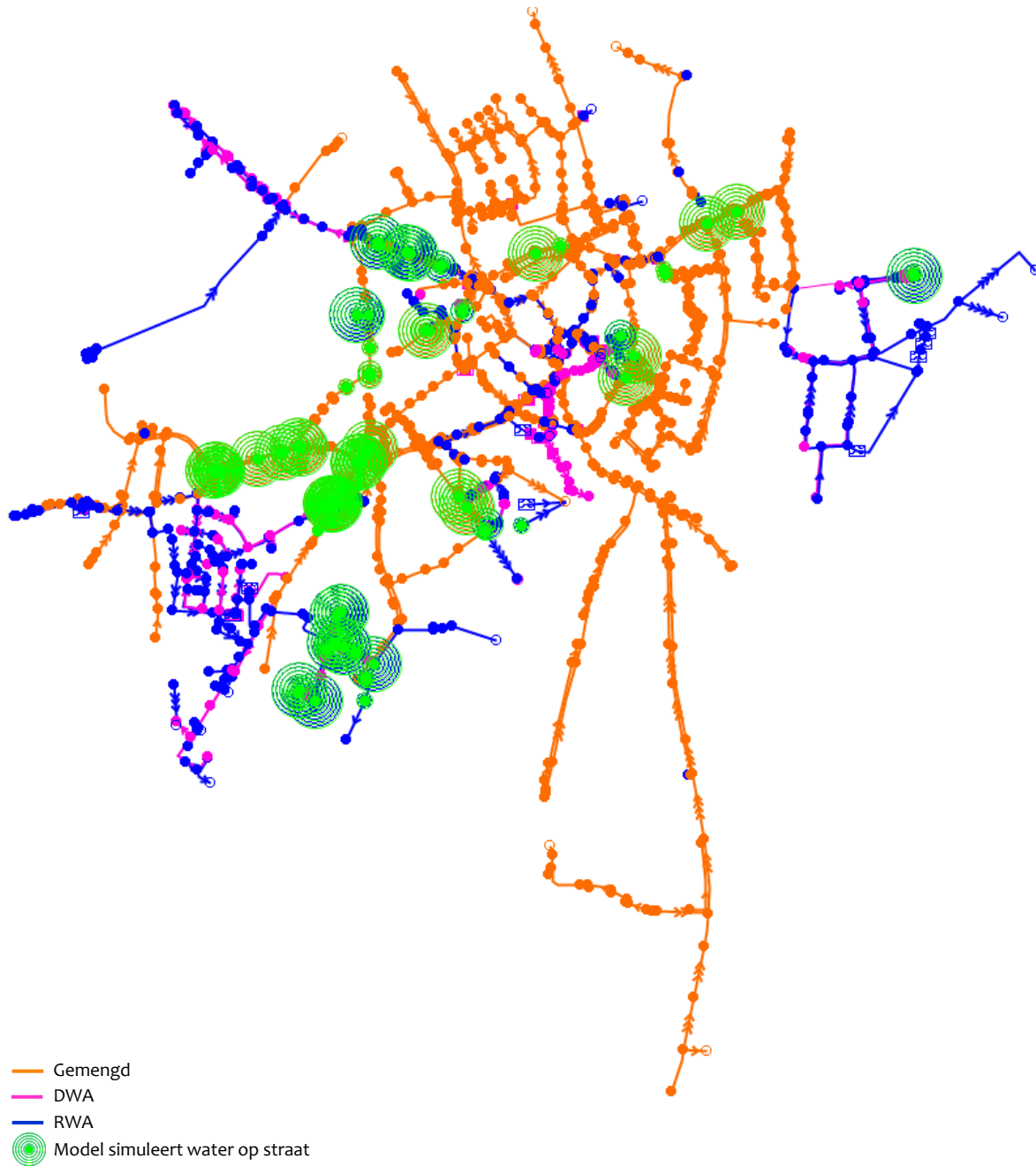
Betreft afwatering Bilzer Karting:

- Onze afvoer loopt van voor de karting naar achter, naar Natveld.
- Links van het gebouw is een open sloot waar regenwater invloeit, dit is een bufferzone.
- Voor aan de straat liggen 2 roosters van de stad. Deze zijn niet aangesloten op de riolering, of onder de straat door. Dit zijn nepputjes. Hierdoor heeft de karting dan ook wateroverlast bij hevige stortregen. Eveneens omdat het water dat van de Alden Biesen singel komt ook niet weg kan en dus naar de karting komt.

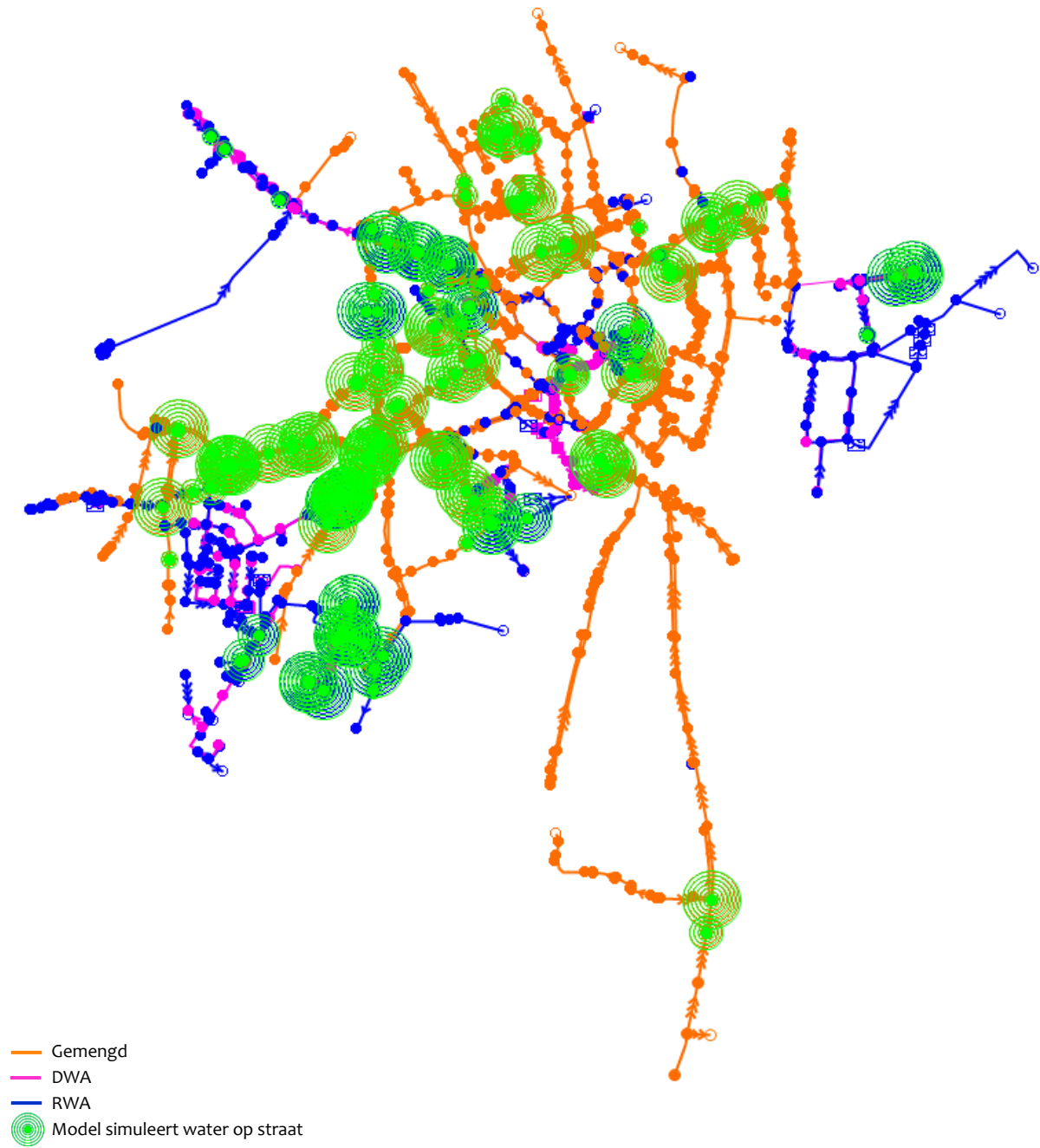
Met vriendelijke groeten
Bilzer Karting

D Modelresultaten

D.1 Resultaten simulaties



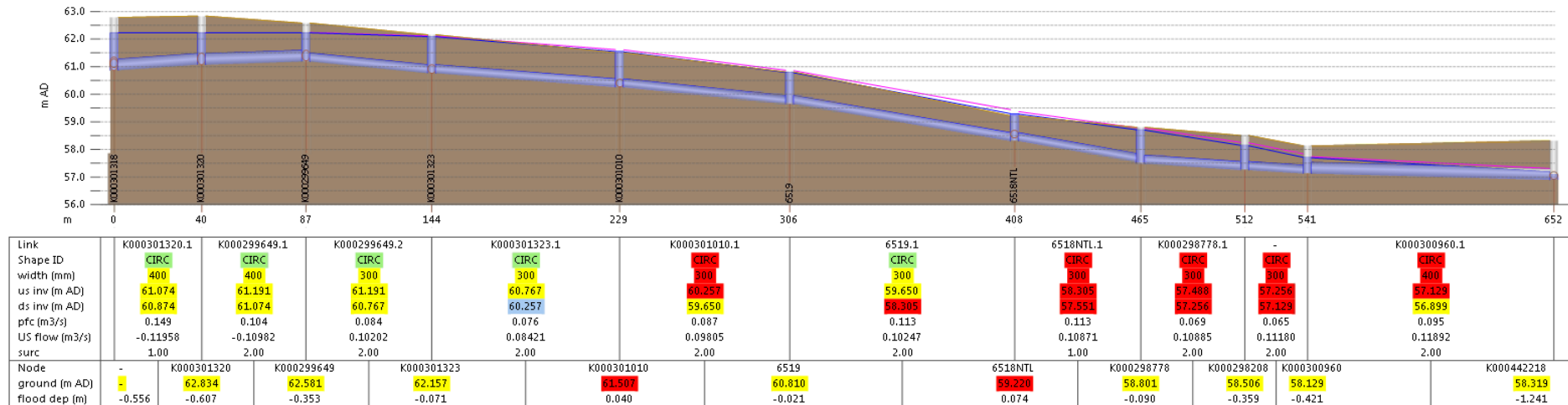
Figuur D-1: Modelresultaat simulatie T5



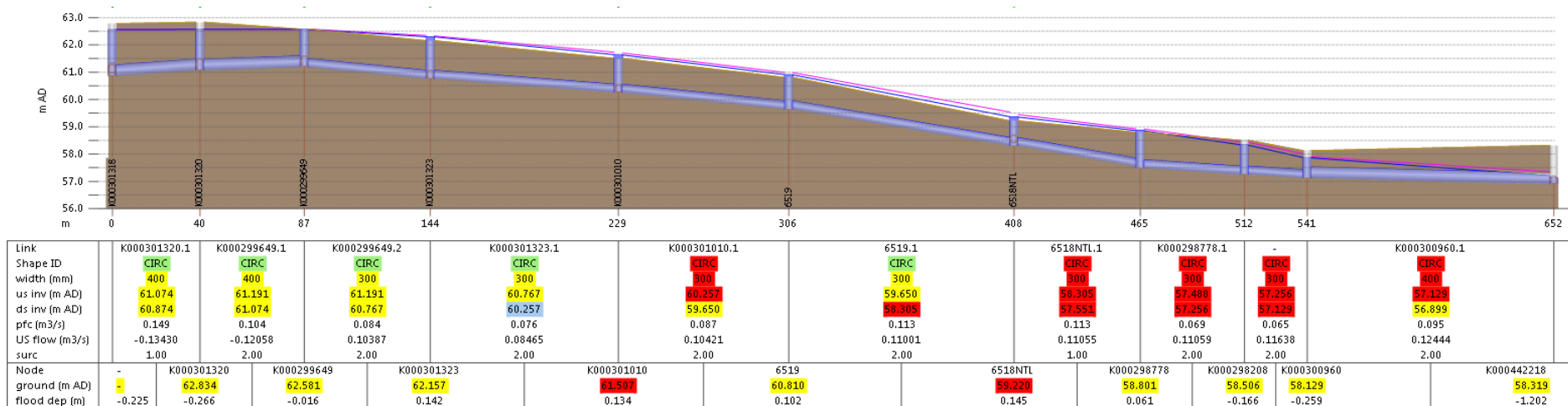
Figuur D-2: Modelresultaat simulatie T2o

D.2 Water op straat

Nieuwstraat

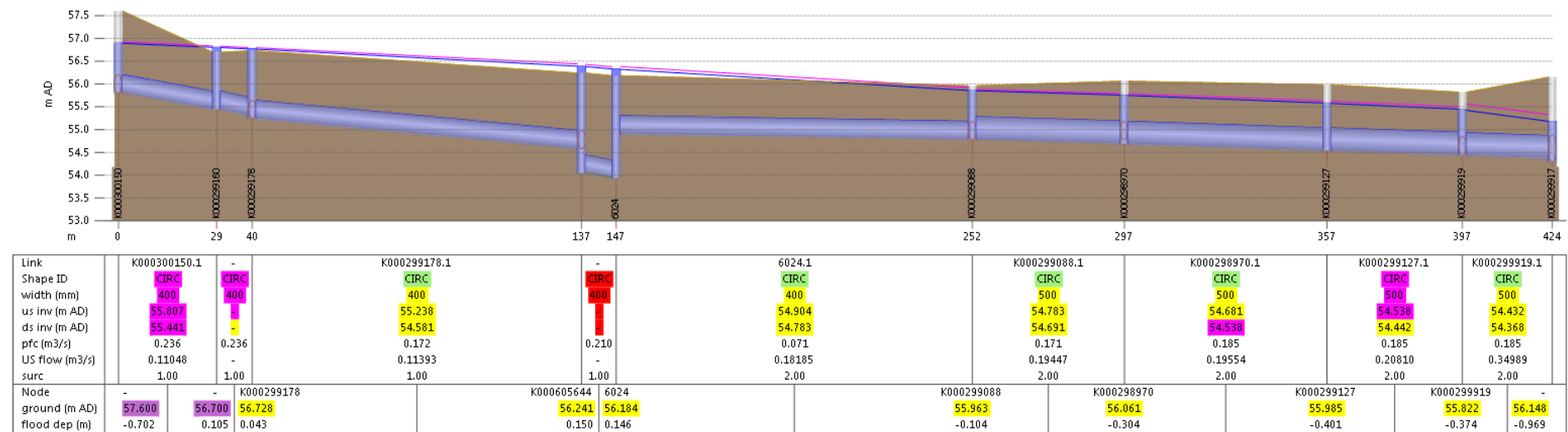


Figuur D-3: Modelresultaten composietbuis T2 Nieuwstraat

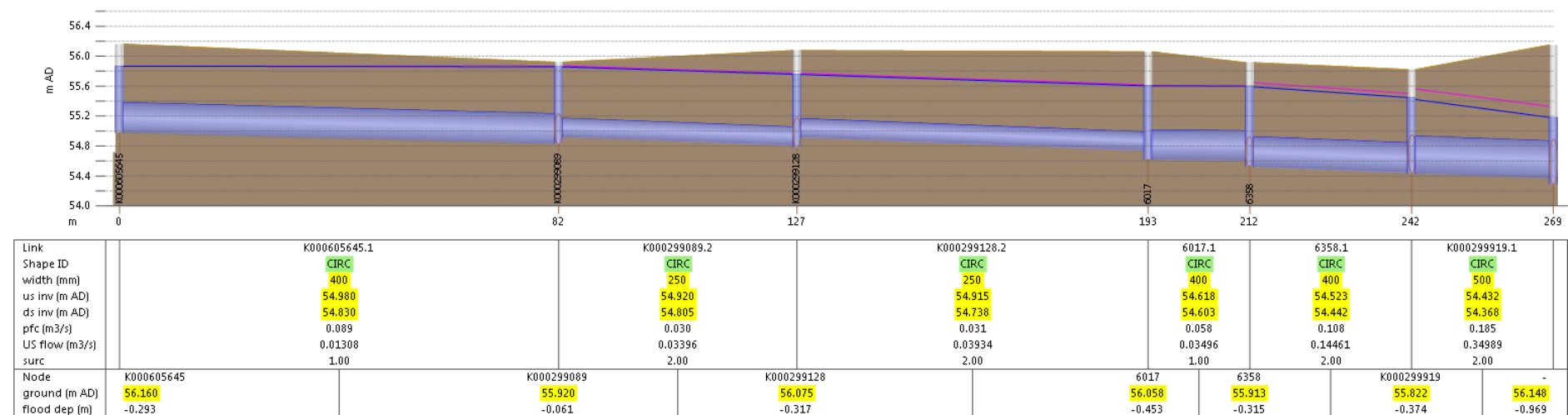


Figuur D-4: Modelsimulatie composietbuis T20 Nieuwstraat

Sint Lambertuslaan

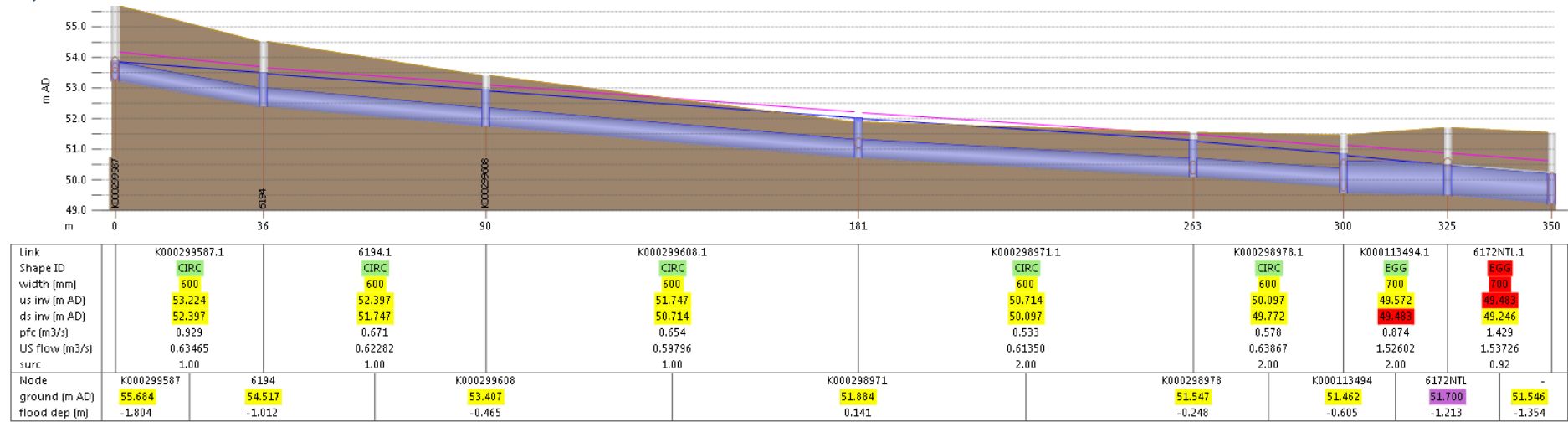


Figuur D-5: Modelresultaat composietbui T2 oneven straatzijde Sint Lambertuslaan



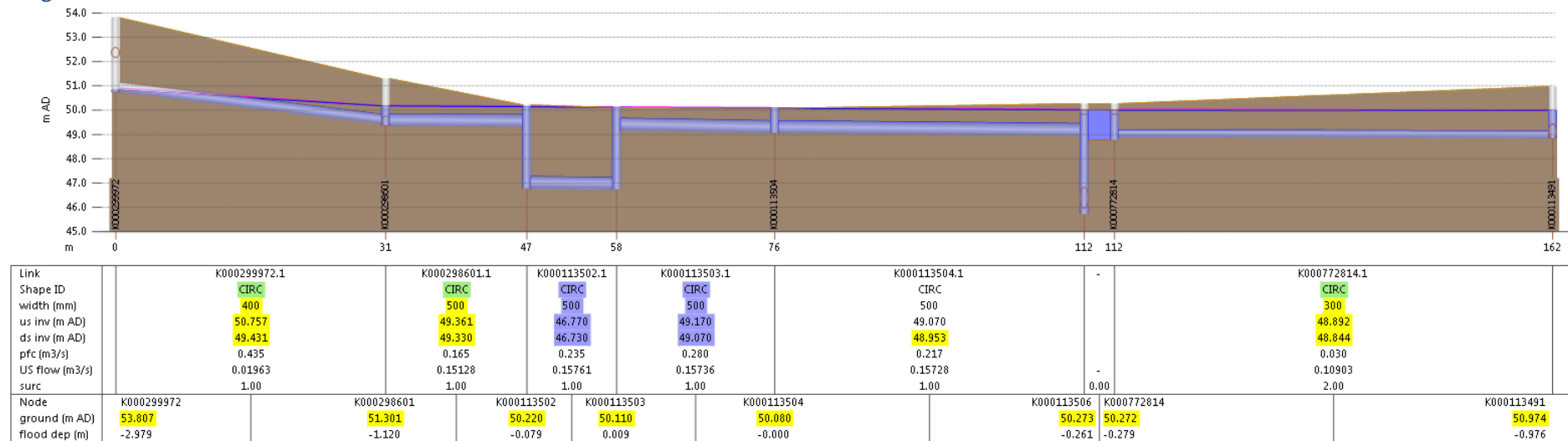
Figuur D-46 Modelresultaat composietbui T2 even straatzijde Sint Lambertuslaan

Wijerstraat



Figuur D-7: Modelresultaat composietbui T2 Wijerstraat

Bergweide

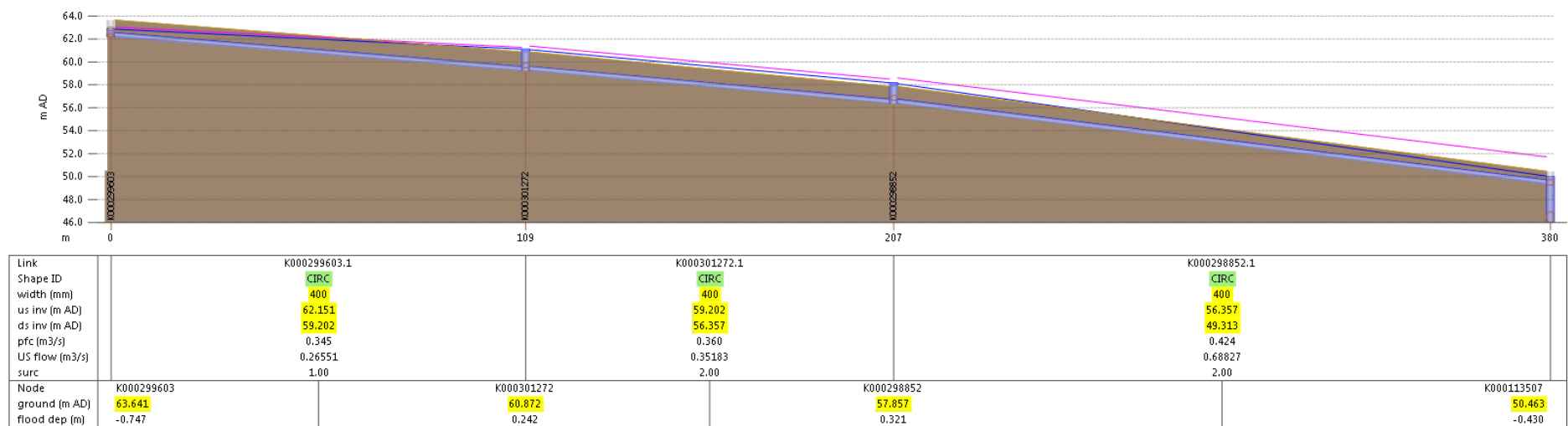


Figuur D-8: Modelresultaat composietbui T2 Bergweide

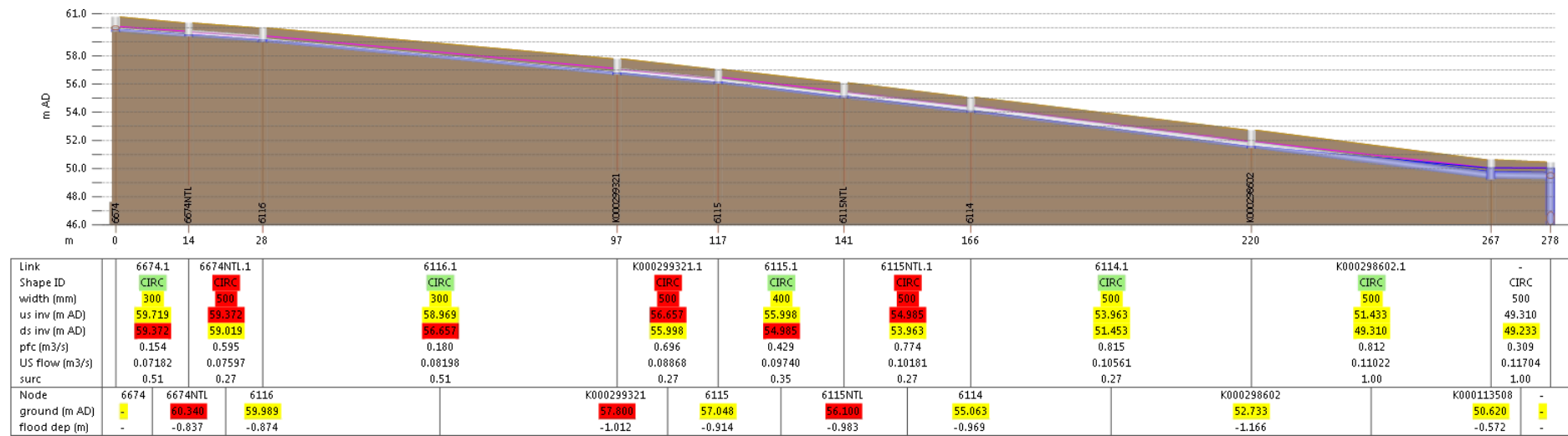
Meershoven



Figuur D-9: Overzicht knelpunten Meershoven bij modelsimulatie composietbui T2

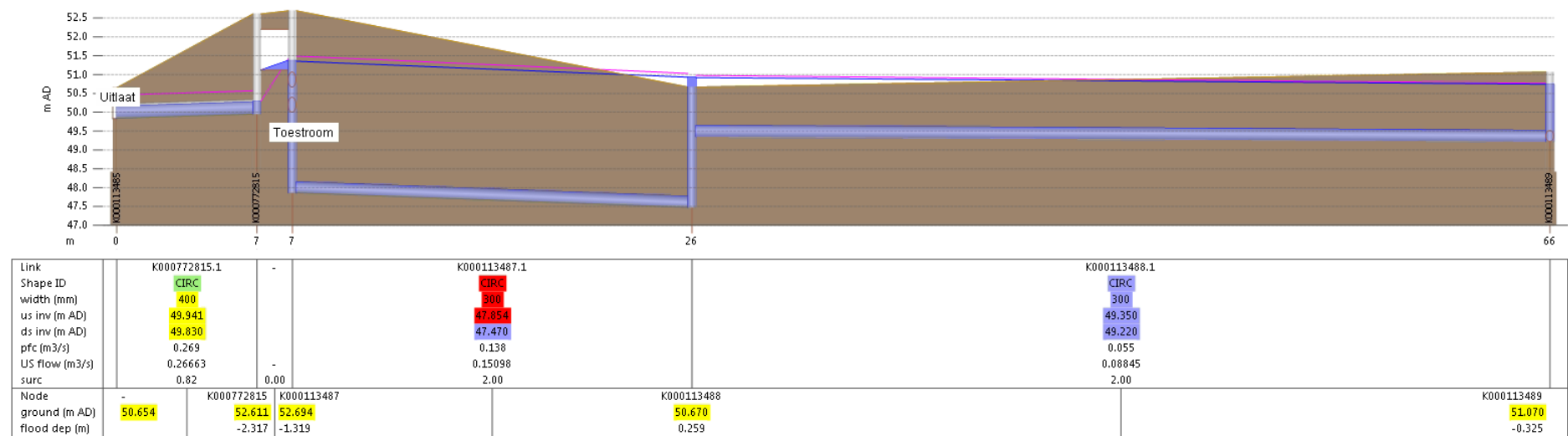


Figuur D-10: Modelresultaat composietbui T2 oneven straatzijde Meershoven



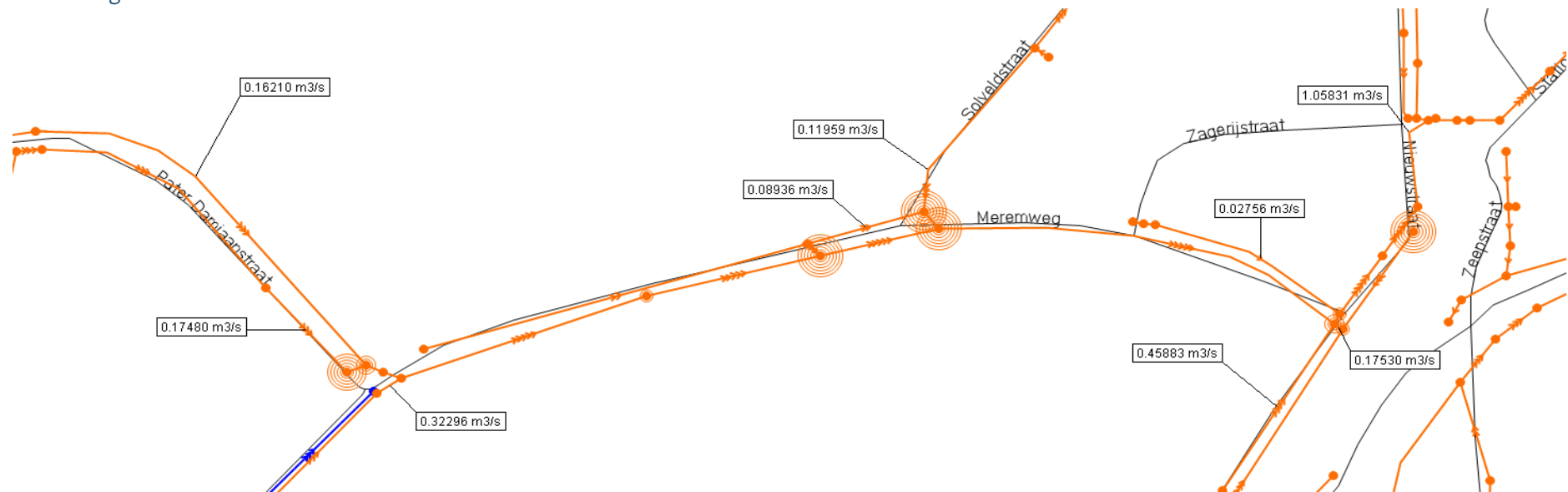
Figuur D-11: Modelresultaat composietbui T2 even straatzijde Meershoven

Kloosterwal

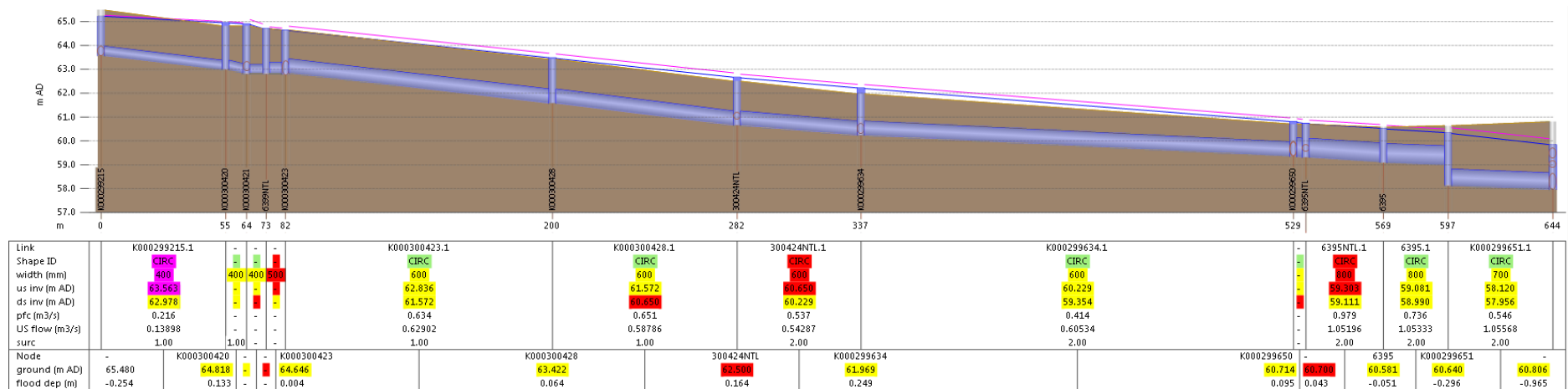


Figuur D-12: Modelresultaat composietbui T2 Kloosterwal

Meremweg

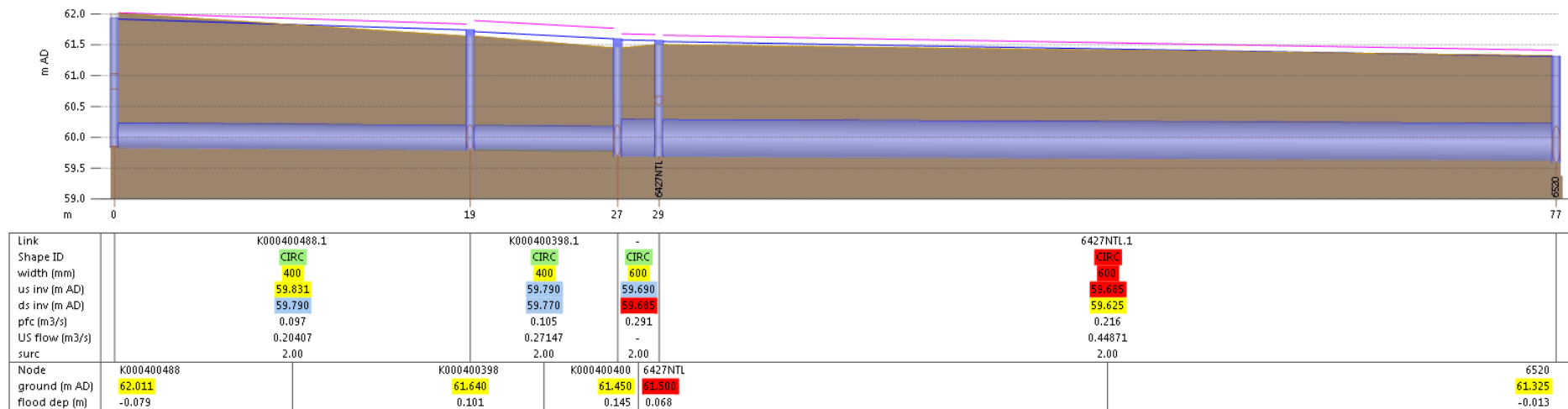


Figuur D-13: Overzicht knelpunten Meershoven bij modelsimulatie composietbui T2 inclusief debieten



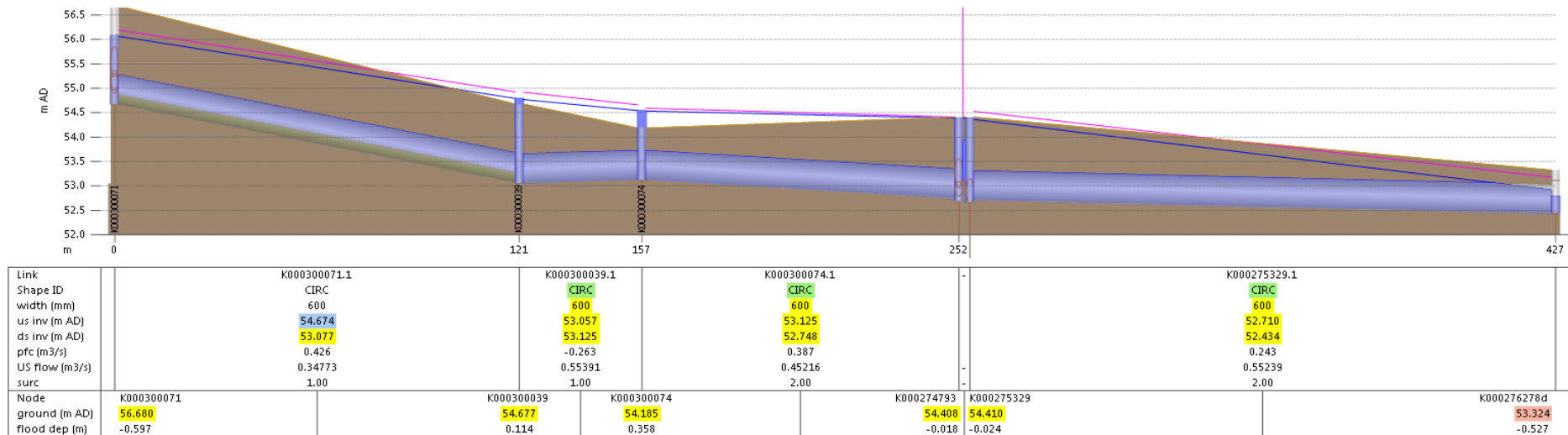
Figuur D-14: Modelresultaat composietbui T2 Meremweg

Pasweg



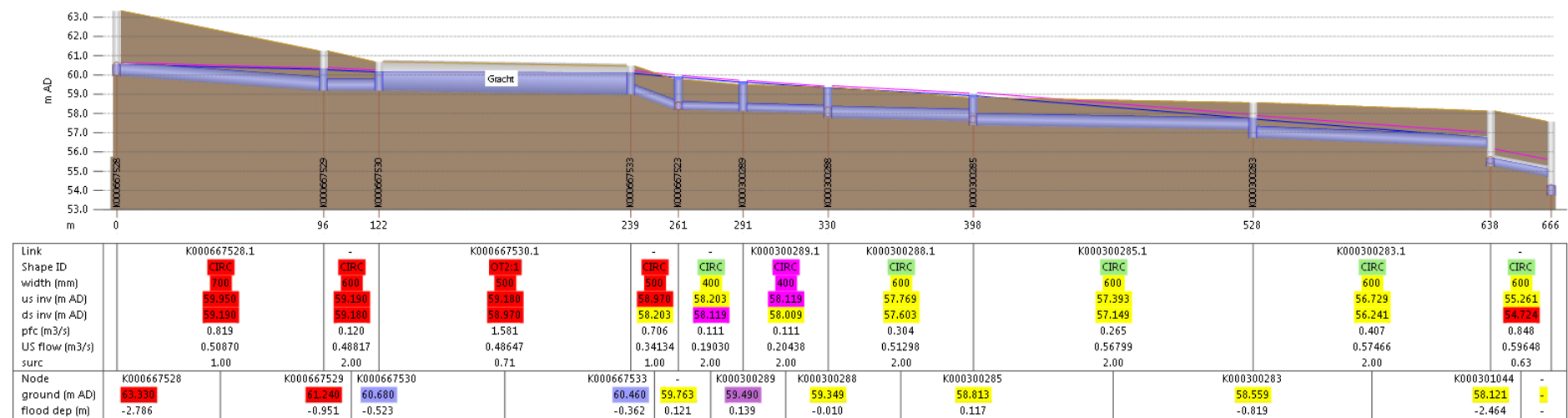
Figuur D-15: Modelresultaat composietbui T2 Pasweg

Eikenlaan

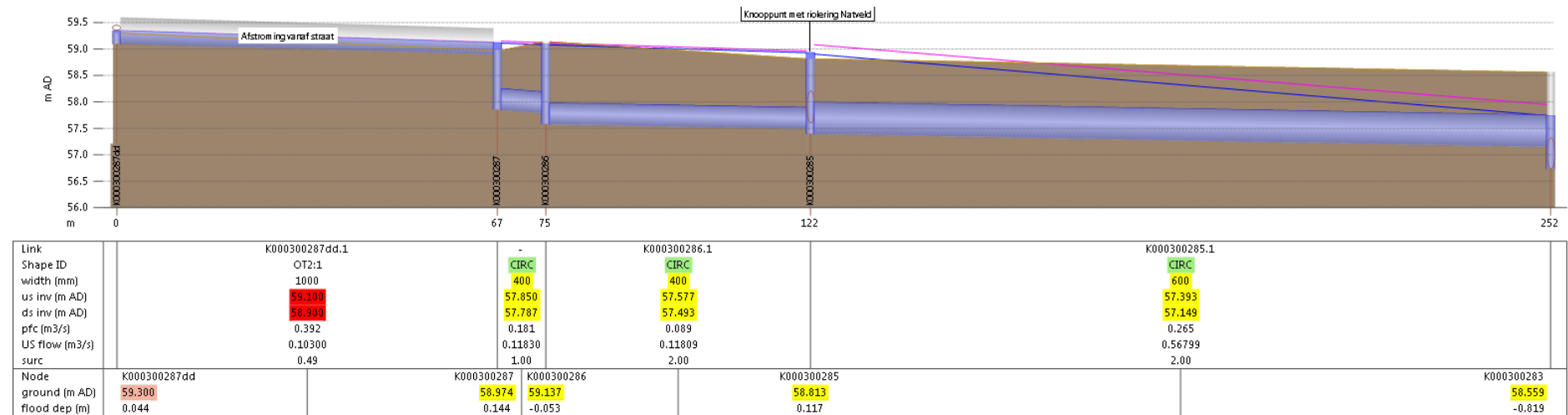


Figuur D-16: Modelresultaat composietbui T2 Eikenlaan

Natveld



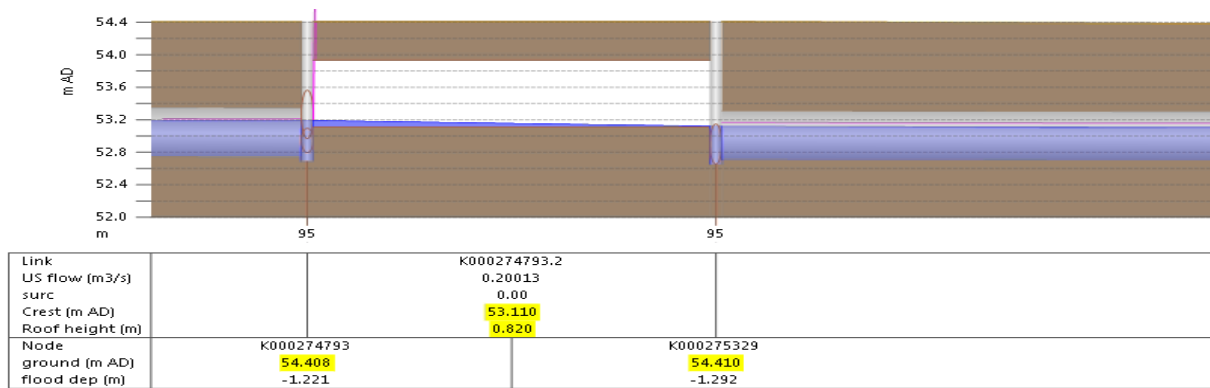
Figuur D-17: Modelresultaat composietbui T2 Eikenlaan



Figuur D-18: Modelresultaat composietbui T2 Eikenlaan

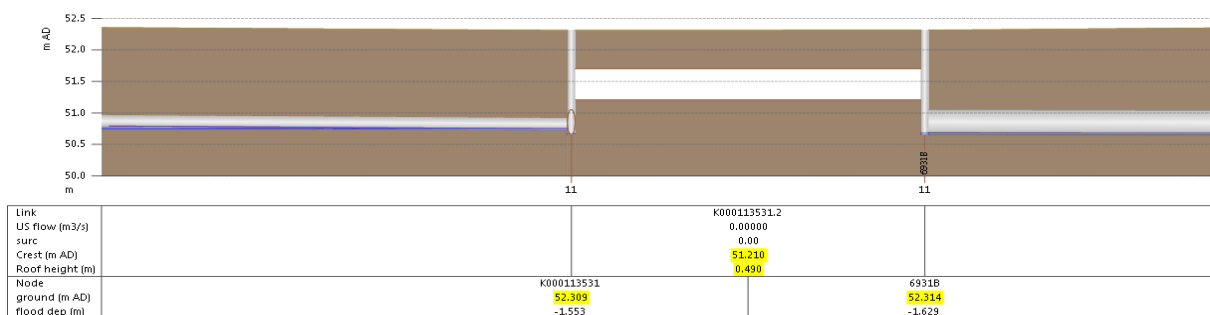
D.3 Overstortwerking

Eikenlaan

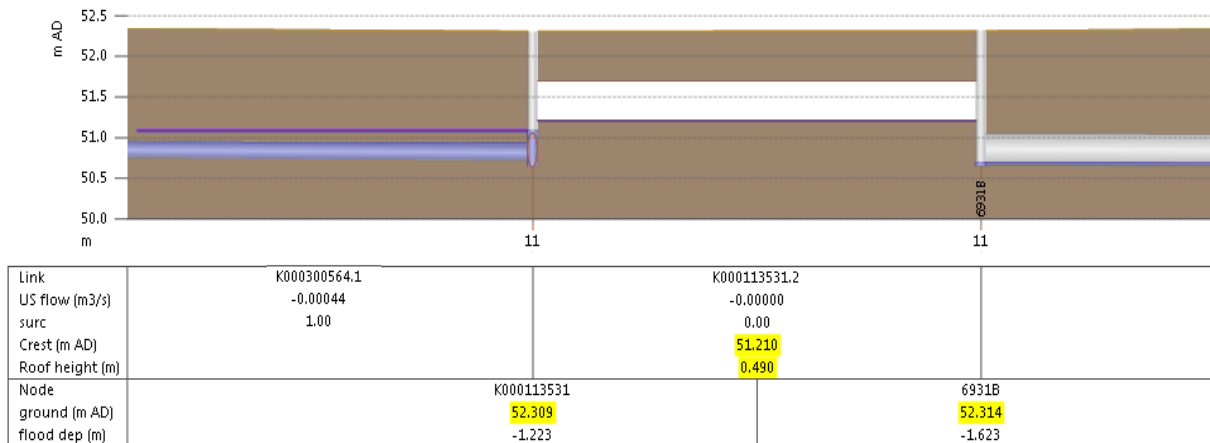


Figuur D-19: Modelresultaat composietbui f10 overstort Eikenlaan

Demerwal

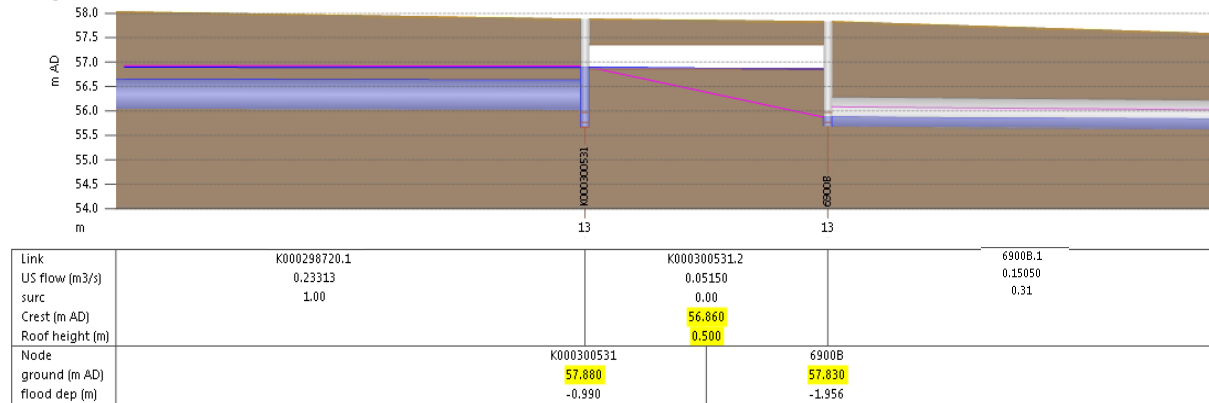


Figuur D-20: Modelresultaat composietbui f7 overstort Demerwal



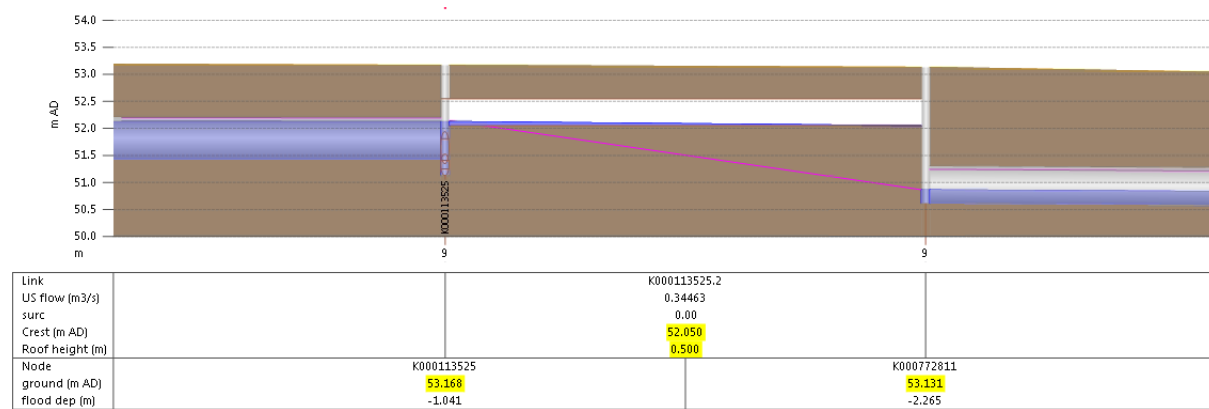
Figuur D-21: Modelresultaat composietbui T10 overstort Demerwal

Brugstraat



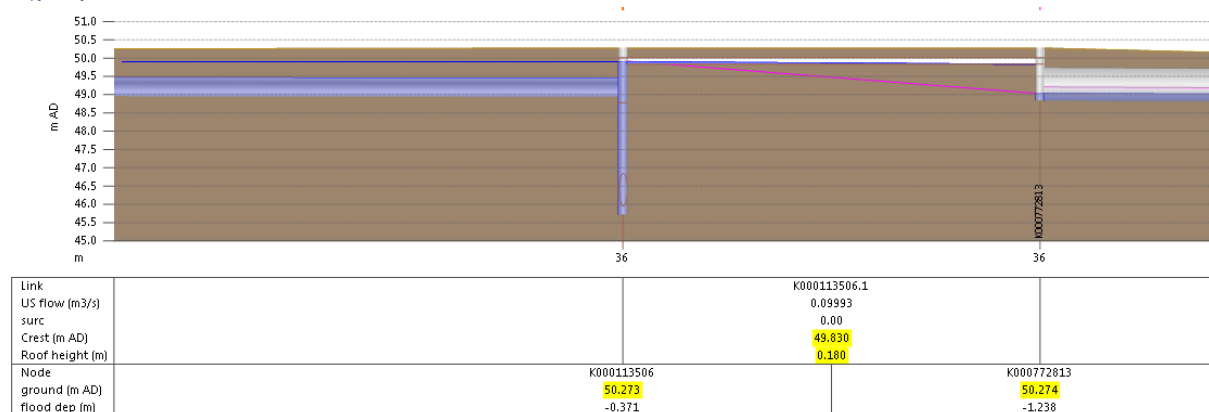
Figuur D-22: Modelresultaat composietbui f10 overstort Brugstraat

Demerlaan

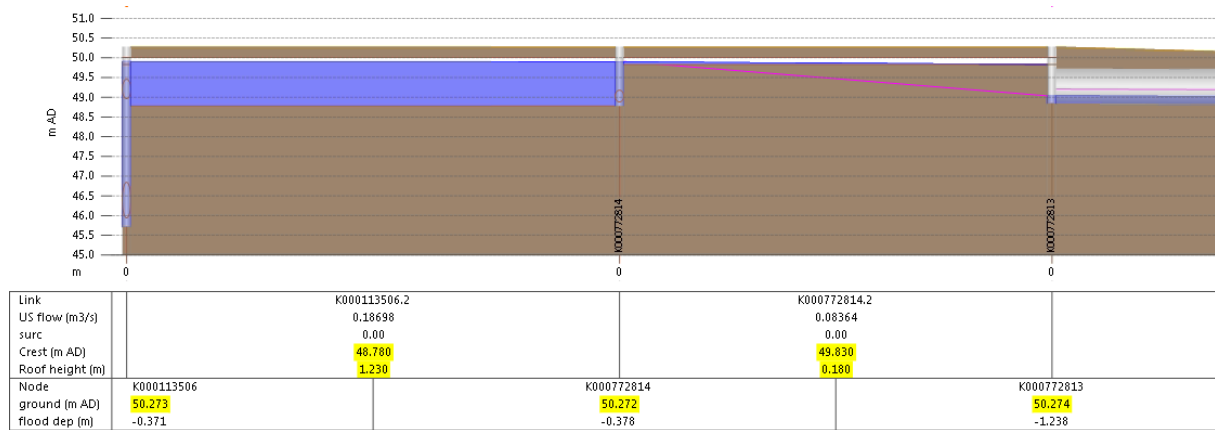


Figuur D-23: Modelresultaat composietbui f10 overstort Demerlaan

Pijpenpoort

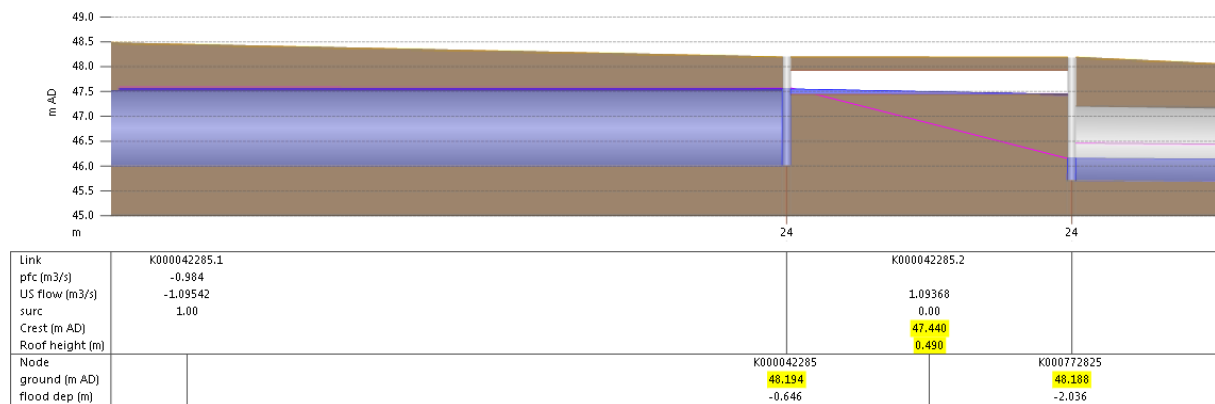


Figuur D-24: Modelresultaat composietbui f10 overstort Pijpenpoort deel 1

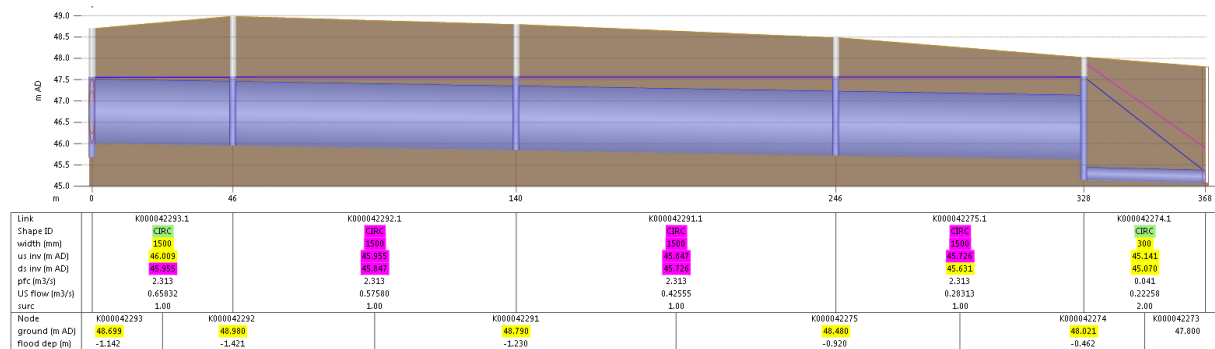


Figuur D-25: Modelresultaat composietbui f10 overstort Pijpenpoort deel 2

Schurenveld



Figuur D-26: Modelresultaat composietbui f10 overstort Schurenveld



Figuur D-27: Modelresultaat composietbui f10 riolering Schurenveld naar knijp