

IMPACT VAN KLIMAATVERANDERING OP RIOLERINGEN

Opdracht uitgevoerd in opdracht van

VLARIO
OVERLEGPLATFORM

dr. ir. Vincent Wolfs
Prof. dr. ir. Patrick Willems
dr. ir. Victor Ntegeka

november 2018



DOCUMENTIDENTIFICATIE

Titel	Impact van klimaatverandering op rioleringen
Opdrachtgever	VLARIO vzw
Wijze van refereren	Wolfs, V., Ntegeka, V., Willems, P., Francken, W., 2018. <i>Impact van klimaatverandering op rioleringen</i> . Studie uitgevoerd door Sumaqua in opdracht van VLARIO, 33 p.

CONTACT

Contactpersonen	WENDY FRANCKEN (wendy.francken@vlario.be) VINCENT WOLFS (vincent.wolfs@sumaqua.be)
Correspondentieadres	VLARIO De Schom 124 3600 Genk

INHOUD

SAMENVATTING	1
1 INLEIDING	3
2 KLIMAATVERANDERING	5
2.1 Inleiding	5
2.2 Representatieve tijdreeks voor het huidig klimaat	6
2.3 Representatieve tijdreeksen voor het toekomstig klimaat	7
3 HYDRAULISCHE MODELLERING	9
3.1 Bronmaatregelen	9
3.2 Rioleringsmodellen	12
3.3 Ruimtelijke scenario's	12
3.3.1 Voorstelling van de ruimtelijke scenario's	13
3.3.1.1 <i>Scenario 1: Business as usual (BAU)</i>	13
3.3.1.2 <i>Scenario 2: Beleidsplan Ruimte Vlaanderen (BRV)</i>	13
3.3.1.3 <i>Scenario 3: Verdichten zonder aangepast ontwerp</i>	13
3.3.2 Samenvattende cijfers	13
4 RESULTATEN	15
4.1 Impact van klimaatverandering op de overloop van hemelwaterputten en infiltratievoorzieningen	15
4.1.1 Hemelwaterput	15
4.1.2 Infiltratievoorziening	18

4.2	Impact van klimaatverandering op rioleringen	21
4.2.1	Huidige ruimtelijke situatie	21
4.2.2	Klimaatverandering versus de verandering in verharding t.g.v. de bevolkingstoename	24
4.2.3	Potentiële impact van bronmaatregelen op wateroverlast	25
5	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	27
5.1	Impact van klimaatverandering op rioleringsoverstromingen	27
5.2	Hoe omgaan met klimaatverandering in rioleringsbeleid en -ontwerp	29
	REFERENTIES	33

SAMENVATTING

Klimaatverandering brengt nattere winters en drogere zomers, maar met meer intense neerslag. Deze veranderende neerslagpatronen leiden tot bijkomende uitdagingen op vlak van water- en rioleringsbeheer. Intense en vaak kortdurende buien die tot rioleringsoverstromingen leiden, zullen nog intenser worden en bovendien frequenter voorkomen. De overstort- en overstromingsproblematiek van rioleringen zal daardoor toenemen.

Deze studie onderzoekt de impact van klimaatverandering op de overstromingsveiligheid van rioleringen in Vlaanderen aan de hand van conceptuele modelanalyses. De studie gebruikt een gedetrende neerslag- en verdampingsreeks van Ukkel als voorstelling van het huidig klimaat. Het toekomstig klimaat, representatief voor de jaren 2050 en 2100, werd afgeleid door de tijdreeksen van het huidig klimaat te perturberen op basis van klimaatmodelsimulaties. Belangrijk om op te merken is dat deze studie het “hoge impact”-klimaatscenario hanteert. Dit klimaatscenario toont de hoogst te verwachten impact op rioleringsoverstromingen. De werkelijke verandering ligt dus tussen deze van het huidig klimaat, en de geprojecteerde impacten. Verder gaat deze studie uit van een aantal veronderstellingen en (conceptuele) vereenvoudigingen, waardoor de impactcijfers niet precies geïnterpreteerd moeten worden maar in grootteorde. Zo beogen een globaal idee te vormen over de concrete gevolgen van de impact van klimaatverandering op rioleringen in Vlaanderen en de bijhorende noden inzake rioleringsbeleid.

De studie becijfert dat klimaatverandering zorgt voor een lichte stijging van de overloopfrequentie van hemelwaterputten en infiltratievoorzieningen: +15% tegen 2100. Bronmaatregelen die nu slechts zelden overstorten (zoals buffers met een vertraagde doorvoer), zullen in de toekomst wel veel vaker overstorten. Dit omdat klimaatverandering leidt tot frequentere extreme piekregens. De overloopvolumes stijgen voor alle bronmaatregelen bovendien zeer significant: het volume van een regenwaterput dat in het huidig klimaat eens in de 20 jaar overloopt, kan tot 34% toenemen tegen 2050, en zelfs 76% tegen 2100. Een situatie die zich nu eens per 20 jaar voordoet, kan in de toekomst daardoor eens per 4 jaar of zelfs 2.5 jaar gebeuren in respectievelijk 2050 en 2100. Deze sterke stijging in overloopvolumes is eveneens te verklaren doordat klimaatverandering een grote invloed heeft op de extreme piekregens.

Klimaatverandering zal ook een grote impact hebben op rioleringsoverstromingen. Simulaties tonen aan dat een situatie die zich nu eens in de 20 jaar voordoet (een van de huidige normen voor het ontwerp van rioleringen), in 2050 eens in de 4 jaar zal kunnen gebeuren, en in 2100 zelfs elke 2.5 jaar. Concreet betekent dit dat rioleringsoverstromingen zich tot 8 keer vaker kunnen voordoen dan vandaag. De impact op nog extremere overstromingen die nu eens per 100 jaar gebeuren is overigens nog groter: een mogelijke toename met factor 20 tegen 2100.

Om de huidige overstromingsveiligheid te behouden voor een terugkeerperiode van 20 jaar, is een **afkoppeling** (lieft ontharding, of anders afkoppeling van de riolering) van verharde oppervlakken nodig van 35% tegen 2050 en 53% tegen 2100. Deze afkoppeling moet zodanig gerealiseerd worden dat er zelfs bij extreme piekregens geen afstroming meer is naar de riolering. Zonder afkoppeling zou de nodige uitbreiding van extra buffering tot 53% bedragen tegen 2050, en zelfs 111% tegen 2100. Bij dergelijke afkoppelingspercentages of extra buffering dalen de overstromingsrisico's voor kleinere terugkeerperiodes significant. Inzetten op het volledig afkoppelen van verharding van rioleringen is effectiever dan het voorzien van extra buffering. Dit is te verwachten, aangezien door afkoppeling de beschikbare bergingscapaciteit per aangesloten hectare oppervlakte toeneemt én er voor de afgekoppelde oppervlakte geen bijkomende capaciteit nodig is om klimaatverandering op te vangen. Wel moeten afkoppelingsprojecten in het kader van een integraal hemelwaterplan gebeuren om te

verzekeren dat elders geen problemen ontstaan, en de investeringen zo optimaal mogelijk kunnen gebeuren.

Wanneer we de scenario's voor de **invulling van het bijkomende ruimtebeslag** volgens het huidige ruimtelijk beleid en het beleid vooropgesteld door het Beleidsplan Ruimte Vlaanderen vergelijken, blijkt onder meer dat de impact van de klimaatverandering onder het BRV-scenario kleiner is dan in het huidig ruimtelijk beleid. Ook is de nodige extra buffering in het BRV-scenario kleiner dan in het huidig ruimtelijk beleid (+60% versus +73% tegen 2050), net als de nodige afkoppeling van verharde oppervlaktes zonder bronmaatregelen (42% versus 48%).

De simulaties tonen ook aan dat voor het scenario waarbij alle bestaande verharding aangesloten wordt op **bronmaatregelen** (zoals regenwaterputten, buffers met vertraagde doorvoer en infiltratievoorzieningen) de overstromingsveiligheid verbetert voor overstromingen tot een terugkeerperiode van 10 jaar. Extremere overstromingen, met een terugkeerperiode van 10 jaar en meer, nemen in dit scenario echter nog steeds sterk toe in vergelijking met het huidig klimaat, zelfs met deze bronmaatregelen. Hoewel bronmaatregelen extreme overstromingen niet kunnen opvangen, neemt hun belang enkel toe door klimaatverandering: ze kunnen wateroverlast wel grotendeels beperken, en bovendien komen ze de grondwaterhuishouding sterk ten goede. Aangezien klimaatverandering ook langere periodes van intensere droogte met zich mee brengt, is het natuurlijk en grootschalig aanvullen van grondwaterreserves een belangrijk aandachtspunt voor waterbeheer.

Deze studie toont hiermee de noodzaak aan van een beleid dat tegelijk inzet op verschillende sporen: een doorgedreven afkoppeling, maximale inzet op bronmaatregelen, een vernieuwend ruimtelijk beleid zowel naar locatiekeuzes als naar ontwerpogave, en klimaatrobuust bouwen. Ook moet gereflecteerd worden of en hoe de huidige ontwerpnormen aangepast moeten worden aan klimaatverandering.

Bronmaatregelen spelen een cruciale rol in een duurzaam waterbeheer, maar zullen er niet in slagen om de effecten van klimaatverandering op te vangen. De auteurs pleiten dan ook voor het uitbouwen van creatieve en adaptieve maatregelen, zoals het gecontroleerd toelaten van water op straat bij extreme neerslag of het multifunctioneel gebruik van open ruimtes (bijvoorbeeld publieke pleinen en groene zones) als tijdelijke waterbuffering. Enkel door het inzetten op dergelijke creatieve en multifunctionele maatregelen is een kostenefficiënt en klimaatrobuust waterbeheer mogelijk. Om hierin te slagen is een nauwe afstemming nodig tussen het ruimtelijk beleid en waterbeheer. Ook moeten wettelijke kaders voorzien worden die dergelijke ontwerpen mogelijk maken, en tegelijk toezien op een effectief ontwerp en uitvoering. Een debat over de aanvaardbaarheid van water op straat is meer dan ooit relevant. Ook wordt onderzoek naar de effectiviteit en implementatie van veelbelovende technologieën, zoals slimme sturing, aanbevolen.

Naast het voorzien van dergelijke ingrepen, blijft het vermijden, terugdringen en afkoppelen van verharding een belangrijk streefdoel. Het Beleidsplan Ruimte Vlaanderen deelt alvast deze visie omtrent creatieve groenblauwe oplossingen, efficiënter ruimtegebruik en minder verharding. Naast het bepalen van de juiste locatiekeuze voor nieuwe ontwikkelingen, het vermijden van bijkomende verharding, en het terugdringen van bijkomend ruimtebeslag, is er ook een enorme uitdaging voor de ontwerpogave binnen de bestaande verharding, en de manier waarop het ruimtelijk beleid daarmee zal gaan omgaan. Wordt het een verderzetting van het huidig ruimtelijk beleid, of kan een verdere uitwerking van het Beleidsplan Ruimte Vlaanderen ook daar voor een kentering zorgen? Daarvoor zijn cijfermatige beleidsdoelstellingen omtrent cruciale elementen, zoals het afkoppelen van (bestaande) verharding aangesloten op rioleringen, en een concrete vertaling naar de praktijk nodig.

1 Inleiding

Klimaatverandering gaat gepaard met stijgende temperaturen. Maar hierdoor veranderen ook de neerslagpatronen grondig: klimaatverandering brengt nattere winters, drogere zomers en meer intense regenbuien. Het zijn net deze extreme regenbuien, vaak korte maar bijzonder intense zomeronweders, die zorgen voor wateroverlast en rioleringsoverstorten. Het is dan ook van belang om de impact van klimaatverandering op rioleringen te onderzoeken, en het beleid hier gericht op af te stemmen.

De centrale onderzoeksvraag van deze studie is het kwantificeren van de impact van klimaatverandering op overstromingen van bronmaatregelen en rioleringen. Op basis van de onderzoeksresultaten worden aanbevelingen geformuleerd over hoe om te gaan met klimaatverandering als ontwerper of beleidsmaker.

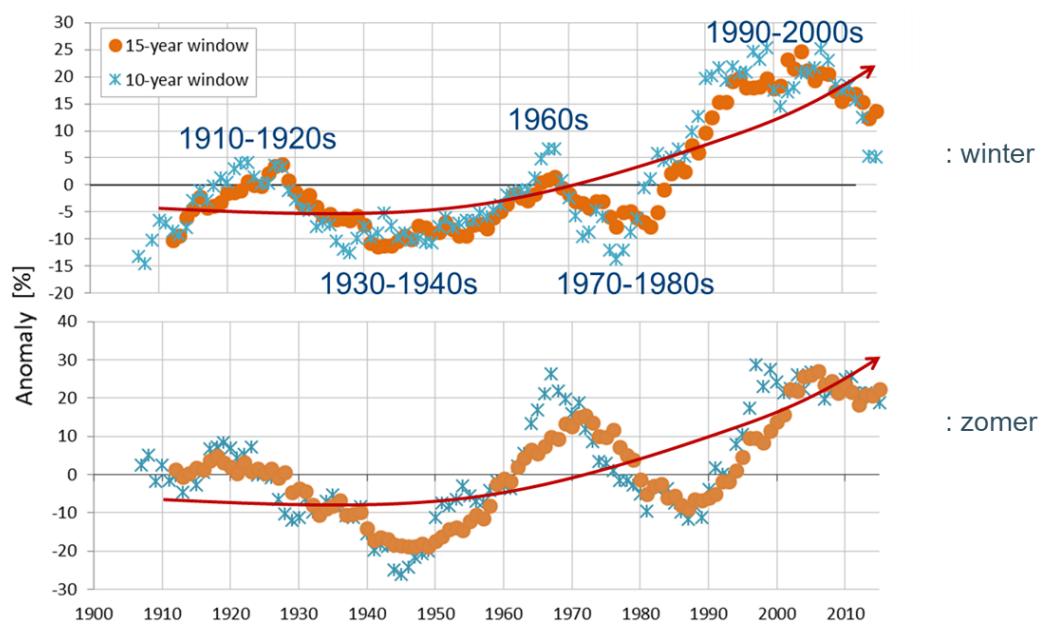
Deze studie is het vervolg op de studie *"Impact van het Beleidsplan Ruimte Vlaanderen op rioleringen"* (Wolfs et al., 2018) en bouwt verder op de resultaten van die studie.

2 Klimaatverandering

2.1 Inleiding

Klimaatverandering is reeds zichtbaar in Vlaanderen. Sinds 1850-1900 is de gemiddelde temperatuur in Ukkel met circa 2°C gestegen. Ook de neerslagextremen worden beïnvloed door klimaatverandering. De afgelopen jaren zijn opvallend veel zeer intense neerslagbuien geregistreerd boven Vlaanderen, zoals de bui in Aalter met meer dan 40 mm/u op 24 mei 2018, en een reeks buien verspreid over gans Vlaanderen in de periode 27 mei tot 1 juni 2018 met 1-uur intensiteiten van meer dan 50 mm/u. De twee absolute uitschieters van de afgelopen jaren zijn de bui in Riemst op 27 mei 2016 waar 63 mm neerslag in 1 uur geregistreerd werd, en de bui in Linter die zorgde voor maar liefst 85 mm in 1 uur op 23 juli 2016. Al deze buien hebben een terugkeerperiode van 100 jaar of meer, en zorgen voor grootschalige wateroverlast.

Om meer inzicht te krijgen in de veranderingen van neerslag worden de metingen ook uitgebreider statistisch geanalyseerd. In Ukkel is een wereldwijd unieke neerslagreeks van 10-minuten neerslagintensiteiten beschikbaar sinds 1898. Analyse van die neerslagreeks bevestigt de tendens van stijgende neerslagextremen in de afgelopen decennia. Figuur 1 toont de afwijking van neerslagextremen (in winter en zomer) ten opzichte van het langetermijn gemiddelde. Hierop is te zien dat neerslagextremen een oscillerend gedrag vertonen over de langere termijn. Een anomaliewaarde van +10% voor een bepaald jaartal bijvoorbeeld betekent dat de neerslagextremen in een periode van 15 jaar gecentreerd rond dat jaartal gemiddeld 10% hoger liggen t.o.v. de volledige tijdreeks. Echter, de minima in deze cycli nemen toe sinds circa 1960, en bereiken nieuwe extremen sinds 1990. Deze significante verandering zijn met hoge waarschijnlijkheid toe te schrijven aan klimaatverandering. Voor 1960 zijn er geen duidelijke trends waarneembaar. Deze klimaatschommelingen en -trends werden reeds eerder gedetecteerd door Ntegeka & Willems (2008) en Willems (2013a, 2013b).



Figuur 1: Oscillaties in extreme neerslag in Ukkel, waarbij de extremen in de laatste decennia nog zijn toegenomen (Willems, 2013b).

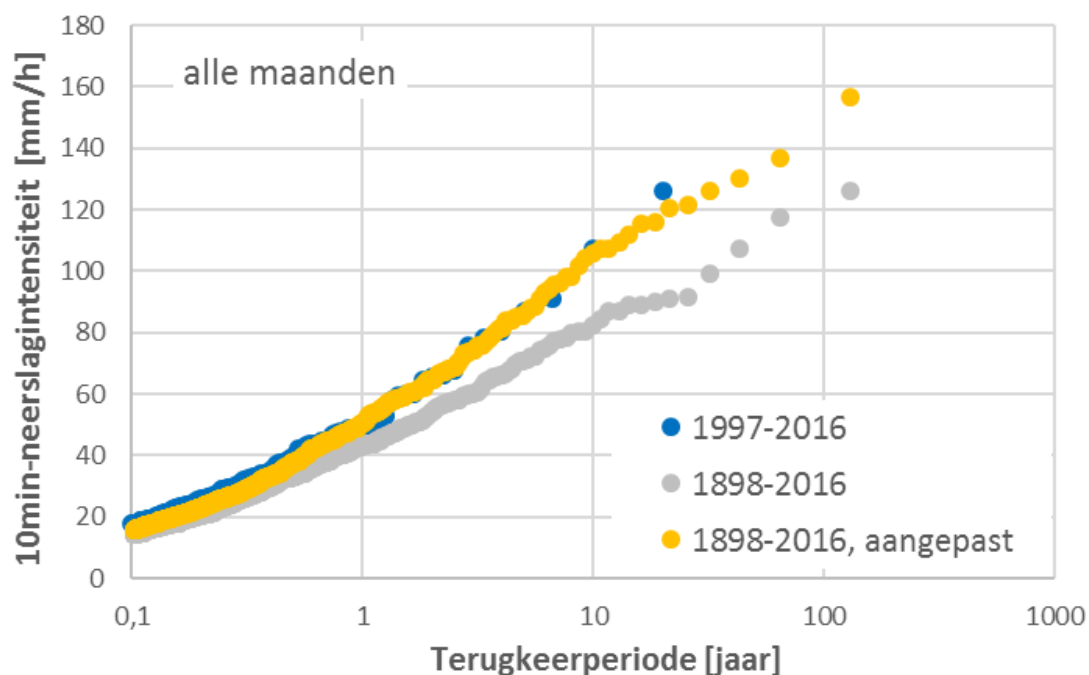
De stijgende trend in de piekintensiteiten betekent dat er zich door de klimaatverandering meer en hogere neerslagintensiteiten voordoen. Daarnaast is ook waarneembaar dat er zich minder kleine regenbuien voordoen, met langere droge periodes als gevolg. Beide trends zijn consistent met de prognoses inzake klimaatverandering voor Vlaanderen (Brouwers et al., 2015; Tabari et al., 2014).

Deze studie onderzoekt de impact van klimaatverandering aan de hand van modelsimulaties met neerslaggegevens. De volgende paragrafen beschrijven de tijdreeksen die hiervoor gebruikt zijn.

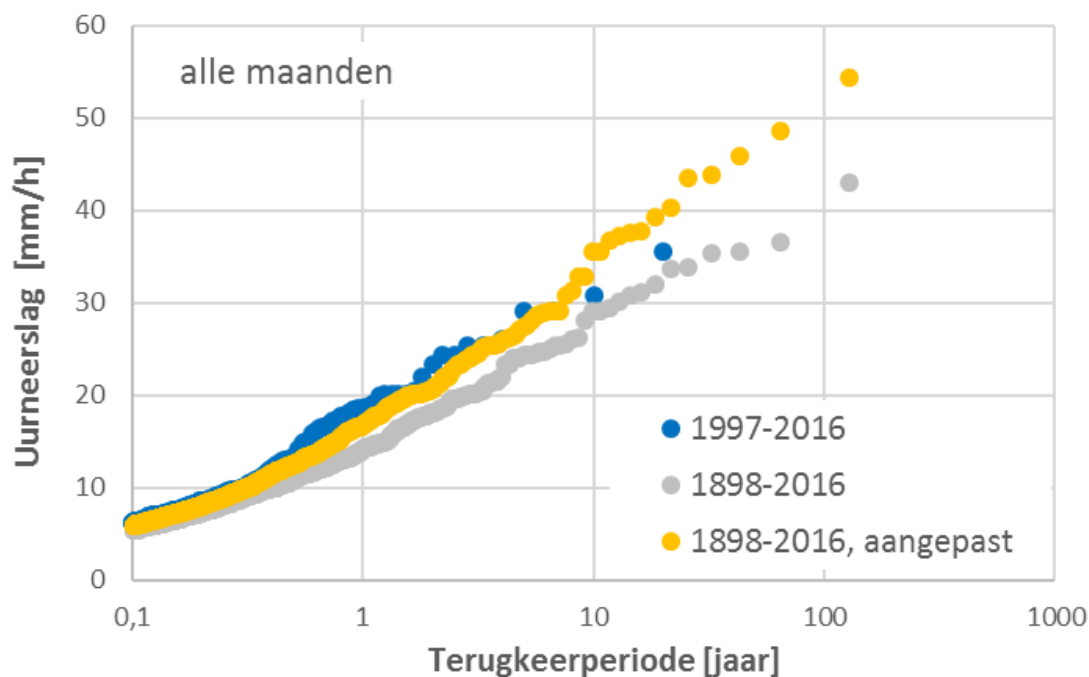
2.2 Representatieve tijdreeksen voor het huidig klimaat

Omdat de neerslagpatronen de laatste decennia significant zijn gewijzigd, is de historische tijdreeks van 1898 tot heden niet meer representatief voor het huidig klimaat. Daarom werden de neerslagen en verdampingsreeksen van Ukkel aangepast via de kwantielperturbatiemethode aan het klimaat van de laatste 30 jaar (Willems & Vrac, 2011; Willems, 2013a). Het klimaat van de laatste 30 jaar wordt hierbij beschouwd als het “huidig klimaat”. De methode behoudt bewust de langjarige natuurlijke neerslagvariabiliteit (de neerslagschommelingen). De methode en toepassing wordt uitgebreid beschreven in Willems et al. (2018). De aangepaste meetreeks wordt verder aangeduid als de “gedetrende Ukkelreeks”.

Figuur 2 toont de 10-minuten neerslagintensiteiten van de originele en gedetrende Ukkelreeks. De terugkeerperioden werden voor alle reeksen empirisch bepaald: m.a.w. de grootste piekneerslagintensiteit heeft een empirische terugkeerperiode gelijk aan de lengte van de tijdreeks, de 2^{de} grootste een terugkeerperiode gelijk aan de lengte van de tijdreeks gedeeld door 2, etc.. Hierop is duidelijk te zien dat de gedetrende Ukkelreeks significant hogere neerslagintensiteiten heeft dan de originele meetreeks (1898-2016). Figuur 3 toont de 60-minuten neerslagintensiteiten van beide reeksen. Ook hier is duidelijk waarneembaar dat de gedetrende reeks nog steeds veel hogere piekintensiteiten heeft, vooral bij de grootste terugkeerperiodes.



Figuur 2: 10-minutenneerslagintensiteiten versus terugkeerperiode voor de volledige tijdreeks voor en na aanpassing en vergelijking met de periode 1997-2016; voor alle maanden van het jaar samen.



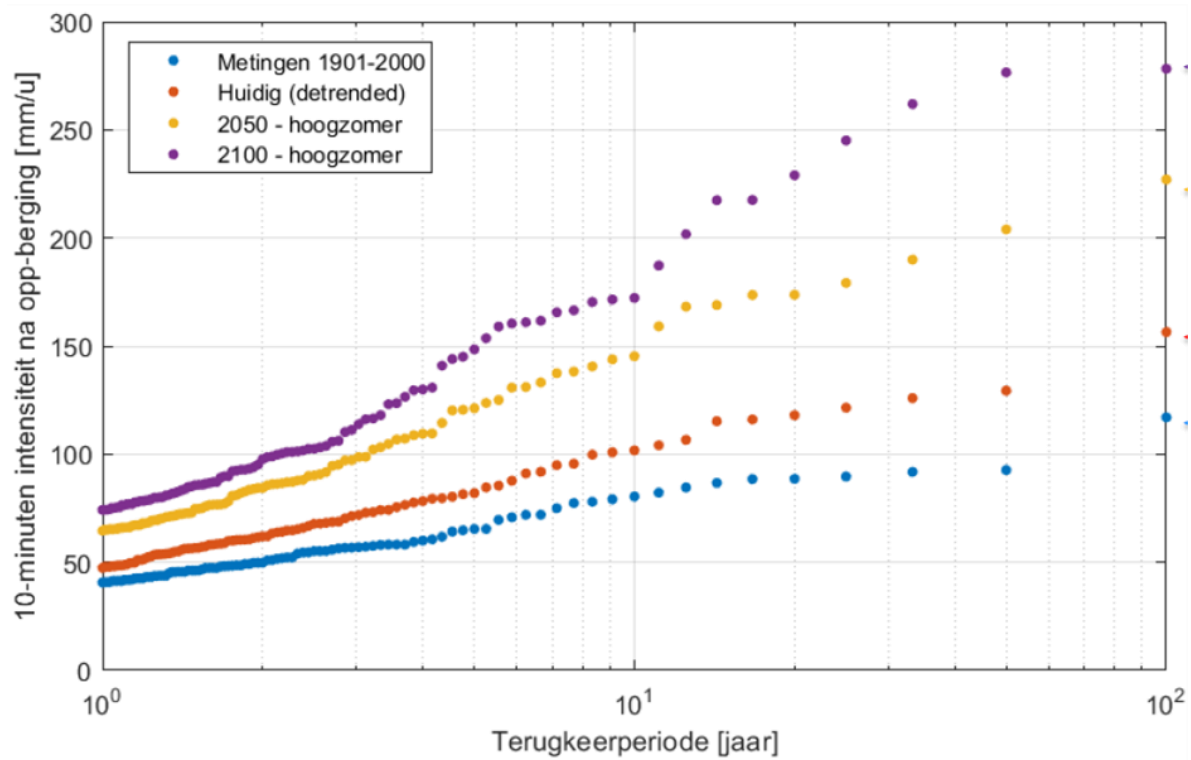
Figuur 3: 60-minutenneerslagintensiteiten versus terugkeerperiode voor de volledige tijdreeks voor en na aanpassing en vergelijking met de periode 1997-2016; voor alle maanden van het jaar samen.

2.3 Representatieve tijdreeksen voor het toekomstig klimaat

Om de impact van klimaatverandering in rekening te brengen, werden de gedetrende neerslag- en verdampingsreeksen van Ukkel, m.a.w. de historische meetreeksen die werden bijgestuurd om representatief te zijn voor huidig klimaat, geperturbeerd voor klimaatverandering. Deze perturbatie gebeurde aan de hand van de kwantielperturbatiemethode die ook gebruikt werd voor het aanpassen van de tijdreeksen van Ukkel (zie §2.2). Zowel de neerslagintensiteiten werden aangepast en dit in functie van de terugkeerperiode van de bui, als het aantal droge en natte dagen per maand van het jaar.

Om de onzekerheid van klimaatverandering voor te stellen wordt er gewerkt met klimaatscenario's. In Vlaanderen worden de "laag", "midden", "hoogwinter" en "hoogzomer" klimaatscenario's gebruikt. Elk scenario heeft zijn eigen toepassingsdomein. Voor onderzoek naar rioleringsoverstromingen wordt typisch gewerkt met het "hoogzomer"-scenario. Dit scenario geeft de grootste (dus meest nefaste) impact van alle beschouwde klimaatscenario's op rioleringsoverstromingen. **De verandering van rioleringsoverstromingen beschreven in deze studie zijn voor dit hoge impactscenario. Men kan met grote waarschijnlijkheid aannemen dat de rioleringsoverstromingen in de toekomst tussen die van het "huidig klimaat" en het gerapporteerd "toekomstig klimaat" liggen.**

De gedetrende neerslag- en verdampingsreeksen worden geperturbeerd volgens het hoogzomer-klimaatscenario en dit voor horizons 2050 en 2100. Figuur 4 toont de resultaten hiervan, en vergelijkt de metingen, gedetrende en geperturbeerde reeksen. Hierop is te zien dat vooral de meest extreme neerslagintensiteiten sterk stijgen. Hoe kleiner de terugkeerperiode, dus hoe minder extreem de neerslag, hoe minder sterk deze verandert.



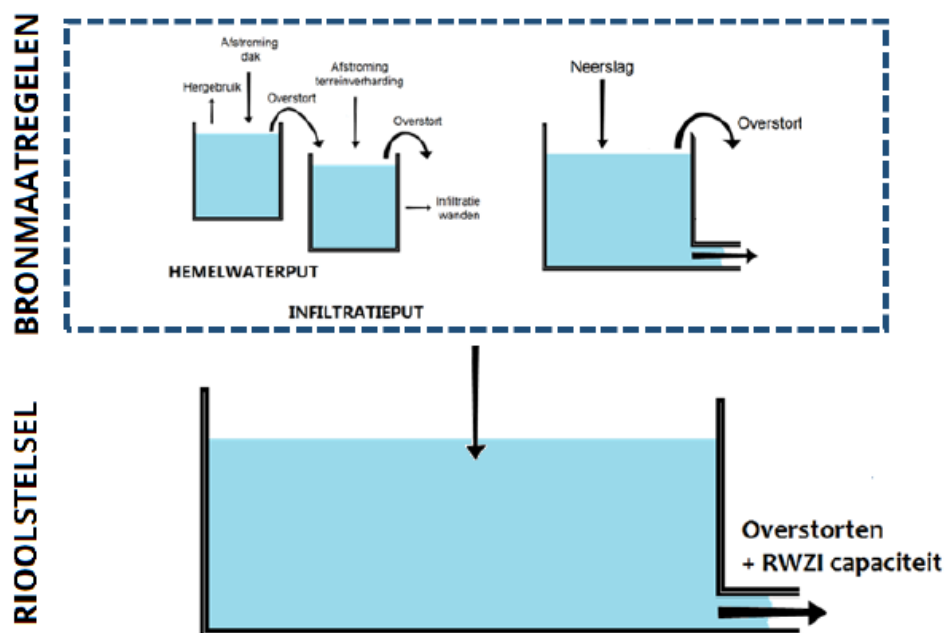
Figuur 4: 10-minuten neerslagintensiteiten voor de metingen 1901-2000 in Ukkel, de gedetrende Ukkelreeks, en de intensiteiten in het hoogzomer klimaatscenario 2050 en 2100.

3 Hydraulische modellering

Deze studie kwantificeert de impact van klimaatverandering op rioleringsstelsels over gans Vlaanderen. Aangezien bronmaatregelen een belangrijk onderdeel zijn van rioleringsstelsels of alleszins de afvoer daarnaar, moeten langetermijnsimulaties uitgevoerd worden. Dit houdt in dat lange tijdreeksen van neerslag en verdamping continu (dus niet op basis van enkele losstaande buien) gesimuleerd moeten worden. Op die manier worden antecedente condities (voorgaande neerslagbuien) die de bronmaatregelen bijvoorbeeld deels kunnen vullen, correct in rekening gebracht.

De gebruikte neerslag- en verdampingsreeksen werden reeds beschreven in Hoofdstuk 2. Dit hoofdstuk beschrijft de gebruikte modellen voor het uitvoeren van deze simulaties. Aangezien gedetailleerde informatie ontbreekt van elk rioleringssysteem in Vlaanderen, wordt er gewerkt met conceptuele modellen en een algemene set parameters die representatief is voor Vlaanderen. De resultaten kunnen dan ook niet exact geïnterpreteerd worden op het niveau van een gemeente of rioolwaterzuiverings- (RWZI) zone, maar moeten eerder globaal bekeken worden.

Figuur 5 toont schematisch de modellering en interactie van bronmaatregelen en het hydraulisch model van het rioleringsstelsel. Volgende paragrafen beschrijven de modelimplementatie voor bronmaatregelen (§3.1) en voor rioleringsystemen (§3.2). De werkwijze is grotendeels gelijkaardig aan deze in studie Wolfs et al. (2018), maar de modellering van bronmaatregelen werd aangepast.



Figuur 5: Schematische voorstelling van de hydraulische modellering van bronmaatregelen en rioolstelsels.

3.1 Bronmaatregelen

Bronmaatregelen hebben een belangrijke impact op waterbeheer. Het is dan ook essentieel om deze mee op te nemen in de analyse. Verharding wordt aangesloten op regenwaterputten,

infiltratievoorzieningen en/of buffers met een vertraagde doorvoer om zo meer hergebruik van hemelwater mogelijk te maken, regenwater te laten infiltreren in de ondergrond en zeer intense regenbuien op te vangen. De bronmaatregelen in deze studie worden gemodelleerd conform de Gewestelijke Stedenbouwkundige Verordening Hemelwater (GSV) en de Code van Goede Praktijk voor het ontwerpen van rioleringsystemen.

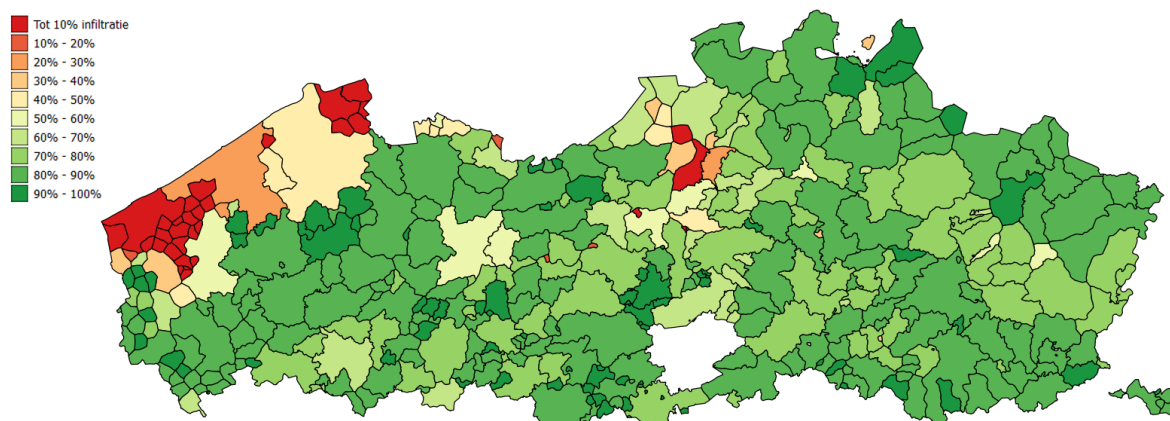
Bij de implementatie van bronmaatregelen wordt rekening gehouden met de huidige aangesloten verharding, en de verandering van verharding door bevolkingstoename tegen 2040 voor verschillende ruimtelijke beleidssporen. Deze verhardingsscenario's worden uitgebreider besproken in §3.3. Conform de studie Wolfs et al. (2018), waarin de gebruikte verhardingsscenario's ontwikkeld werden, wordt een deel van de residentiële verharding aangesloten op private, kleinschalige regenwaterputten met hergebruik en infiltratievoorzieningen. Het andere deel wordt aangesloten op collectieve voorzieningen, namelijk buffers met vertraagde doorvoer en infiltratievoorzieningen. Alle (bijkomende) verharding tegen 2040 wordt bijgevolg beschouwd als aangesloten op bronmaatregelen. Een (bewuste) afwijking ten opzichte van de GSV is dat hergebruik van regenwater uit deze collectieve buffers niet in rekening werd gebracht. Het is immers te moeilijk om een realistische inschatting te kunnen maken van het hergebruik uit dergelijke buffers. De verwachte impact van deze keuze op de resultaten in deze studies zijn verwaarloosbaar.

De gekozen parameters van deze voorzieningen zijn licht verschillend ten opzichte van de studie Wolfs et al. (2018), en is meer ruimtelijk verdeeld over Vlaanderen. Daarom wordt de aanpak in meer detail toegelicht.

De (veranderende) residentiële verharding wordt als volgt aangesloten op kleinschalige bronmaatregelen. Per 155 m² verharding (aangesloten op rioleringen) wordt één kavel beschouwd. Dergelijke kavel heeft een dakoppervlakte van 125 m² die aangesloten is op een regenwaterput van 5.000 liter met een hergebruik van 100 l/dag. De regenwaterput heeft een overloop naar de infiltratievoorziening die volledig conform de GSV ontworpen wordt. Op de regenwaterput is de overige 30 m² (terras en oprit) aangesloten. De gebruikte infiltratiecapaciteit varieert over Vlaanderen, en wordt hieronder besproken.

De overige (veranderende) verharding wordt aangesloten op collectieve bronmaatregelen. Indien mogelijk bestaan deze bronmaatregelen uit infiltratievoorzieningen. Daar waar infiltratie niet haalbaar is in Vlaanderen, worden buffers met vertraagde afvoer beschouwd. Of concreet ingezet wordt op buffers of infiltratievoorzieningen, wordt vereenvoudigd bepaald op basis van de bodemkaart Vlaanderen na analyse van textuur- en drainageklassen. Een studie van de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM, 2016) toonde reeds aan dat op de meeste locaties in Vlaanderen infiltratie haalbaar is. In lijn met die studie wordt beschouwd dat gans Vlaanderen infiltratiegevoelig is, behalve op locaties waar kleitexturen zijn of de bodem beschouwd wordt als "zeer nat" (drainageklassen "f" en hoger). Uiteraard is dit slechts een vereenvoudiging, maar dit geeft alleszins een eerste realistische inschatting op niveau Vlaanderen. Figuur 6 geeft de resulterende kaart weer voor Vlaanderen. In groene zones kan sterker ingezet worden op infiltratie, in rode meer op buffering. De onderverdeling in deelgebieden komt overeen met de RWZI-zones. Het spreekt voor zich dat bij individuele projecten steeds specifiek verder onderzoek nodig is naar de infiltratiecapaciteit om te bekijken of moet ingezet worden op infiltratie, buffering met vertraagde afvoer of een combinatie van beide.

Verhouding infiltratievoorzieningen versus buffers met vertraagde doorvoer



Figuur 6: Verhouding infiltratievoorzieningen versus buffers met vertraagde doorvoer. Op projectniveau moet echter steeds lokaal onderzoek uitwijzen of infiltratie of buffering met vertraagde afvoer te verkiezen is.

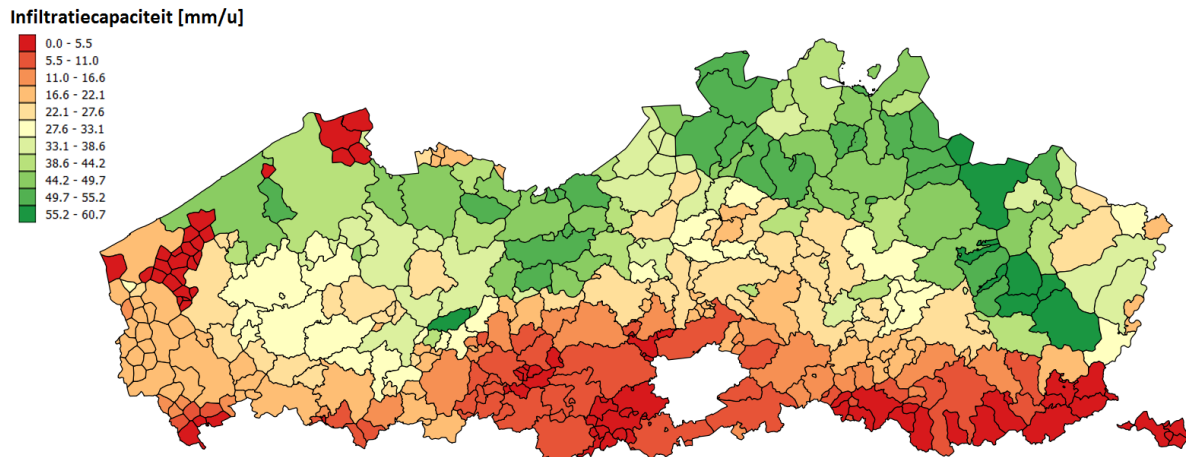
De infiltratiecapaciteit werd eveneens ingeschat op basis van de studie van VMM (VMM, 2016). Per textuurklasse wordt hierbij een bepaalde infiltratiecapaciteit verondersteld conform Tabel 1.

Tabel 1: Infiltratiecapaciteiten per textuurklasse uit verschillende studies (VMM, 2016). De kolom "Praktijkonderzoek" wordt gebruikt.

Praktijkonderzoek		Ovam (2002)		Vlario (2005)		Staringreeks (Wösten et al., 2002)	
Indeling	K (m/s)	Indeling	K (m/s)	Indeling	K (m/s)	Indeling	K (m/s)
Zanderige texturen							
						O1	1,76x10 ⁻⁶
Zg	2,05x10 ⁻⁵	Grof zand	2,3x10 ⁻⁴ tot 5,8x10 ⁻⁴	Fijn zand	5,6x10 ⁻⁶	O2	1,47x10 ⁻⁶
Z	1,70x10 ⁻⁵	Middel grof zand	1,2x10 ⁻⁴ tot 2,3x10 ⁻⁴	Leemachtig fijn zand	3,1x10 ⁻⁶	O3	1,26x10 ⁻⁶
S	5,44x10 ⁻⁶	Lemig zand, fijn zand	1,2x10 ⁻⁶ tot 1,2x10 ⁻⁴	Lichte zavel	2,8x10 ⁻⁶	O5	2,89x10 ⁻⁶
Leemachtige texturen							
P	3,79x10 ⁻⁶	Leem, zandige leem, kleiig zand	1,2x10 ⁻⁷ tot 1,2x10 ⁻⁶	Löss	1,7x10 ⁻⁶	O7	4,53x10 ⁻⁶
L	2,07x10 ⁻⁶			Leem	5,8x10 ⁻⁷	O8	1,05x10 ⁻⁶
A	1,58x10 ⁻⁶					O9	2,58x10 ⁻⁷
						O14	1,75x10 ⁻⁷
						O15	4,28x10 ⁻⁷
Kleiachtige texturen							
				Lichte klei	4,2x10 ⁻⁷	O10	2,45x10 ⁻⁷
E	4,85x10 ⁻⁶	Klei	< 1,2x10 ⁻⁷	Matig zware klei	1,4x10 ⁻⁷	O11	1,60x10 ⁻⁶
				Kleiige leem	1,1x10 ⁻⁷	O12	1,18x10 ⁻⁷
						O13	5,06x10 ⁻⁷

Dit is opnieuw een zeer simplistische benadering die niet gebruikt kan worden voor individuele ontwerpen op perceelsniveau, maar over niveau Vlaanderen wel realistische resultaten oplevert.

Figuur 7 toont de verkregen infiltratiecapaciteiten over Vlaanderen. Belangrijk om op te merken is dat de infiltratiecapaciteit enkel berekend is over de gebieden waar infiltratie ingerekend zal worden in het model (zie analyse hierboven). Gebieden waar de infiltratiecapaciteit te laag was zijn niet meegenomen in de berekening van de gemiddelde infiltratiecapaciteit. De getoonde infiltratiecapaciteiten werden vervolgens, zonder toepassing van een veiligheidsfactor, opgenomen in de modellen.



Figuur 7: Gemiddelde ingeschatte infiltratiecapaciteit [mm/u] per RWZI zone, vereenvoudigd bepaald op basis van de bodemtextuurkaart. Op projectniveau is steeds bijkomend onderzoek nodig naar de infiltratiecapaciteit.

3.2 Rioleringsmodellen

De riolering wordt voorgesteld door conceptuele modellen. Per RWZI-zone wordt 1 dergelijk conceptueel model opgesteld. Aangezien er geen specifieke gegevens voor elk rioleringssysteem beschikbaar zijn in Vlaanderen, wordt gewerkt met de algemene parameterisatie die bepaald werd in de studie Wolfs et al. (2018). De lezer wordt dan ook verwezen naar die studie voor meer details over de modelconcepten, parameters en de aanpak voor het analyseren van de resultaten (§4.2.2.1-4.2.2.3).

De resultaten zullen wel verschillen over Vlaanderen door het gebruik van meer specifieke parameters per RWZI-zone voor bronmaatregelen (zie infiltratiecapaciteiten en de verhouding infiltratievoorzieningen vs. buffers met vertraagde doorvoer hierboven), en verschillen in ruimtelijke scenario's (zie §3.3).

3.3 Ruimtelijke scenario's

Deze studie beschouwt ook kort verschillende ruimtelijke scenario's (horizon 2040) die een ander ruimtelijk beleid voorstellen. Deze studie gebruikt hierbij dezelfde scenario's als afgeleid in Wolfs et al. (2018), waarbij de impact van het BRV op rioleringen onderzocht werd onder het huidige klimaat. De inhoud van de scenario's wordt hieronder kort beschreven. Voor verdere informatie wordt de lezer verwezen naar Wolfs et al. (2018).

3.3.1 Voorstelling van de ruimtelijke scenario's

3.3.1.1 Scenario 1: Business as usual (BAU)

Het BAU-scenario stelt een voortzetting voor van het huidig ruimtelijk beleid. Dit komt, onder andere, overeen met een nieuw ruimtebeslag van circa 6 hectare per dag (conform de projecties met het VITO RuimteModel; White et al. (2015)). Het bestaand ruimtebeslag wordt deels herontwikkeld conform de cijfers van vandaag. Er wordt bijgevolg ook een intensivering verondersteld van het ruimtebeslag. Verder worden ook bronmaatregelen beschouwd zoals voorgeschreven door de Gewestelijke Stedenbouwkundige Verordening Hemelwater en de Code van Goede Praktijk. Alle bijkomende verharding wordt bijgevolg aangesloten op dergelijke bronmaatregelen.

3.3.1.2 Scenario 2: Beleidsplan Ruimte Vlaanderen (BRV)

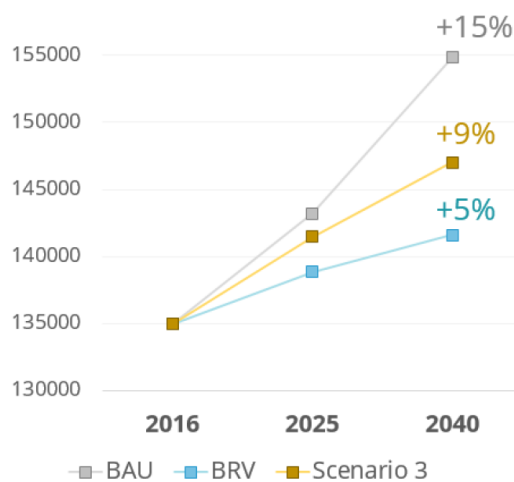
Het BRV-scenario omvat de krachtlijnen en strategische doelstellingen zoals geformuleerd in het Witboek. Het BRV-scenario volgt het vooropgestelde transitietraject inzake nieuw ruimtebeslag van 6 hectare per dag vandaag, tot 3 hectare per dag in 2025 en geen nieuw ruimtebeslag in 2040. Nieuw ruimtebeslag wordt toegevoegd op locaties met de hoogste ruimtelijke kansen, waardoor een andere ruimtelijke spreiding van verharding ontstaat over Vlaanderen dan in het BAU scenario. Er vindt een doorgedreven intensivering plaats binnen het bestaand ruimtebeslag, die echter niet leidt tot bijkomende verharding binnen het bestaand ruimtebeslag. Dit laatste veronderstelt dat, in lijn met de principes van het BRV, de bijkomende verharding binnen bestaand ruimtebeslag teniet gedaan wordt, door bijvoorbeeld in de nabije omgeving te ontharden.

3.3.1.3 Scenario 3: Verdichten zonder aangepast ontwerp

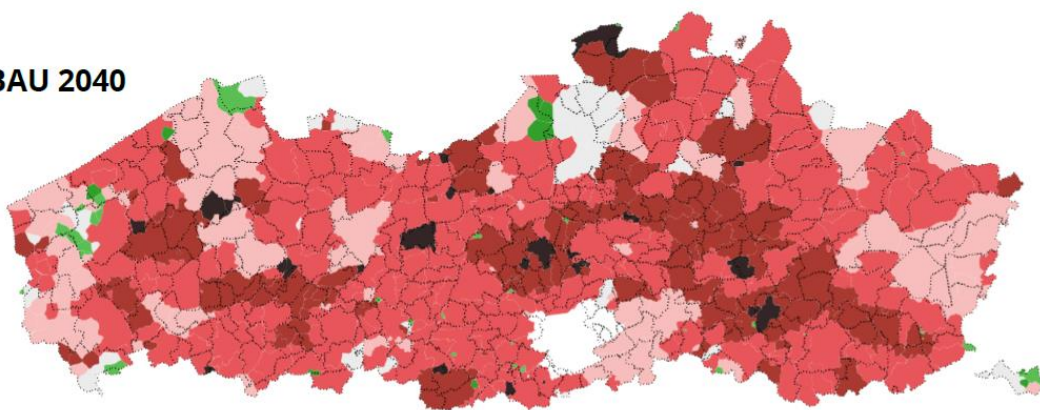
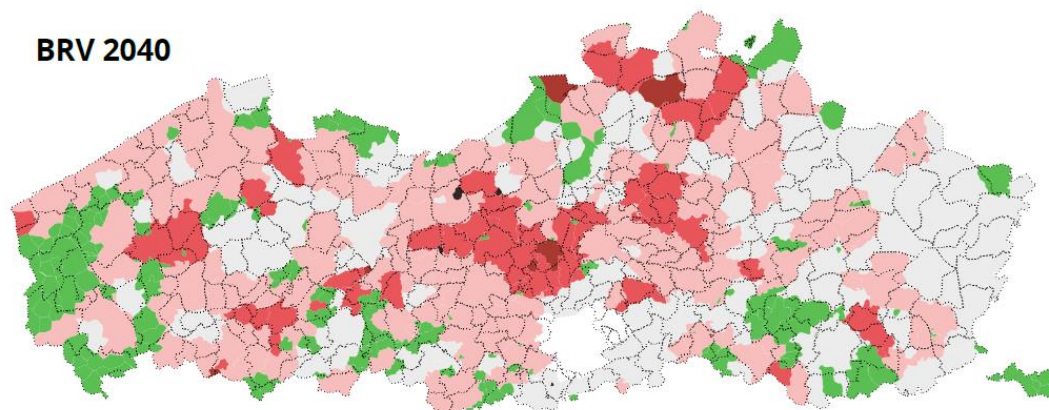
Dit tussenliggend scenario volgt in hoofdlijnen het BRV-scenario. Het verschil met het BRV-scenario is echter dat de intensivering van het bestaand ruimtebeslag wel met een toename van de verharding binnen dit ruimtebeslag gepaard gaat. De intensivering is echter ruimtelijk dubbel zo efficiënt als het BAU-scenario.

3.3.2 Samenvattende cijfers

De belangrijkste cijfers van de ruimtelijke scenario's worden hieronder kort samengevat. Figuur 8 toont de toename van de verharde oppervlakte die aangesloten is op rioleringen onder elk ruimtelijk scenario, en dit voor het jaar 2025 en 2040. Figuur 9 toont de ruimtelijke spreiding over Vlaanderen. Voor een interpretatie van deze cijfers wordt de lezer doorverwezen naar Wolfs et al. (2018).

Verharding verbonden met riolering [ha]

Figuur 8: Verharde oppervlakte verbonden met rioleringen in elk beschouwd scenario.

BAU 2040**BRV 2040**

Figuur 9: Verwachte verandering in verharding verbonden met rioleringen in Vlaanderen tegen 2040 in vergelijking met 2016 in het BAU-scenario (boven) en BRV-scenario (onder)

4 Resultaten

Dit hoofdstuk beschrijft de resultaten van de modelsimulaties. Het hoofdstuk is onderverdeeld in 3 delen:

- De impact van klimaatverandering op de overloop van hemelwaterputten en infiltratievoorzieningen
- De impact op rioleringsoverstromingen
- De invloed van verharding ten gevolge van de toenemende bevolking versus klimaatverandering

Voor elke analyse worden 100-jarige tijdreeksen gesimuleerd in de opgestelde hydraulische modellen. Het huidige klimaat wordt voorgesteld door de (gedetrende) meetreeks van Ussel (zie §2.2) en na perturbatie voor klimaatverandering (§2.3). Belangrijk om op te merken is dat de impacts onder het toekomstig klimaat overeenkomen met het “hoogzomer”-klimaatscenario. Dit studie geeft bijgevolg de bovengrens aan van de te verwachten impacts van klimaatverandering. De reële impact van klimaatverandering zal daarom met hoge waarschijnlijkheid tussen deze van het huidige en het gerapporteerd toekomstig klimaat liggen. Hoe hiermee om te gaan in ontwerpen wordt verder toegelicht in §5.2.

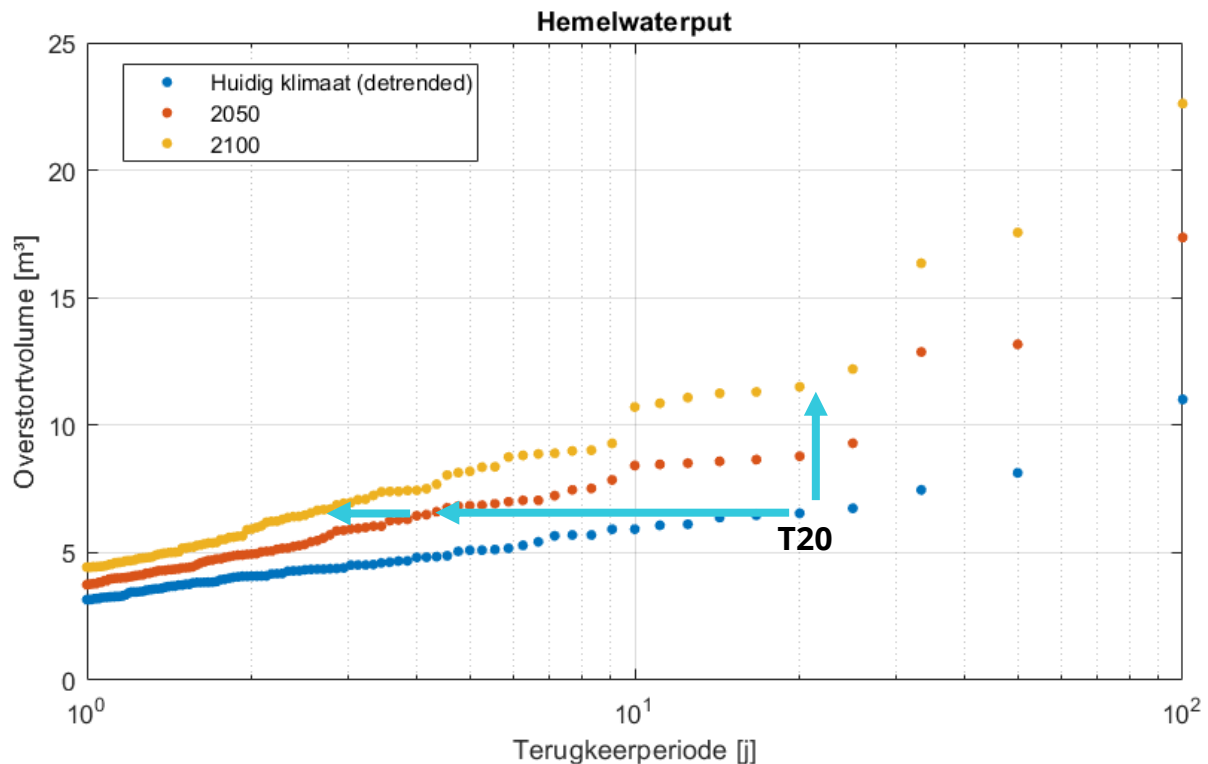
4.1 Impact van klimaatverandering op de overloop van hemelwaterputten en infiltratievoorzieningen

4.1.1 Hemelwaterput

Het hydraulisch model van de hemelwaterput werd reeds besproken in §3.1. De belangrijkste parameters zijn de veronderstelde toevoerende dakoppervlakte van 125 m², een capaciteit van 5.000 liter, een verondersteld hergebruik van 100 liter/dag, de neerslagafstromingscoëfficiënt van 0.8 en een oppervlakteberging van 2 mm (die plasvorming op het dak voorstelt). Merk op dat de oppervlakteberging maar een marginale impact heeft op de resultaten hier gepresenteerd. Uit de 100-jarige simulatie worden onafhankelijke overloopvolumes berekend. Gebeurtenissen worden hierbij als onafhankelijk beschouwd als er gedurende minstens 12 uur geen overloop meer gesimuleerd is.

De resultaten tonen aan dat de impact van klimaatverandering het grootst is op de overloopvolumes (die terecht komen in de infiltratievoorziening). Figuur 10 toont de onafhankelijke overloopvolumes voor verschillende terugkeerperioden onder het huidige en het toekomstig klimaat (horizons 2050 en 2100). Hierop is duidelijk te zien dat het vooral de meest extreme overloopvolumes zijn die toenemen. Dit is conform de projecties van de neerslagextremen onder klimaatverandering zoals eerder getoond in Figuur 4 (§2.3).

Deze resultaten kunnen vanuit 2 perspectieven bekeken worden. Voor eenzelfde terugkeerperiode (bijvoorbeeld een terugkeerperiode van 20 jaar, T20; verticale pijl) kunnen de overloopvolumes significant stijgen: van 6.5 m³ in het huidige klimaat naar 8.8 m³ en zelfs 11.5 m³ in respectievelijk 2050 en 2100. Dit is een mogelijke stijging in overloopvolumes met +34% en +76%. Bijgevolg zal de belasting op de infiltratievoorziening veel groter kunnen worden voor eenzelfde terugkeerperiode. Anderzijds kunnen de resultaten ook bekeken worden voor eenzelfde overloopvolume (horizontale pijlen op Figuur 10). Hieruit blijkt dat een overloopvolume dat nu eens per 20 jaar voorkomt, tegen 2050 om de 4 jaar zou kunnen voorkomen, en tegen 2100 zelfs om de 2.5 jaar. Dat is een mogelijke stijging in overloopfrequentie met een factor 8.



Figuur 10: Onafhankelijke overstortvolumes van de hemelwaterput voor verschillende terugkeerperioden onder het huidig en toekomstig klimaat (2050 en 2100).

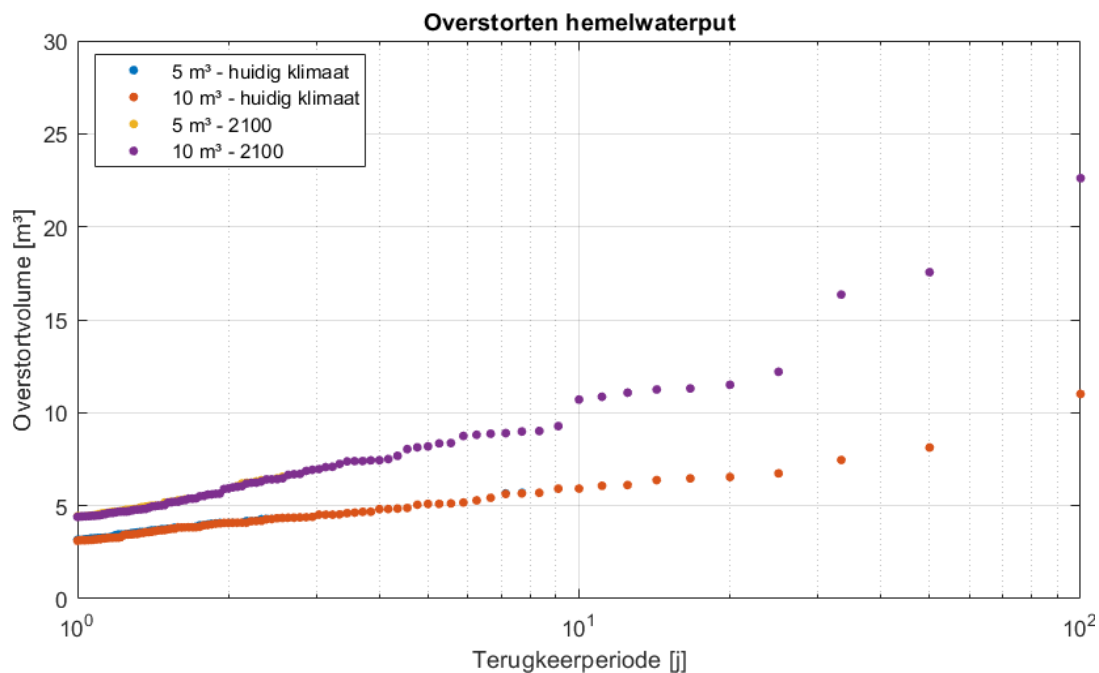
Het totaal aantal overlopen lijkt niet sterk toe te nemen. In het huidig klimaat worden gemiddeld 37.7 overloopgebeurtenissen gesimuleerd, terwijl dit toeneemt tot 42.5 en 43.2 voor het klimaat in 2050 en 2100. Dit is te verklaren doordat klimaatverandering (vooral) een significante impact heeft op de extreme neerslagintensiteiten. Voor lagere intensiteiten convergeren het huidig en toekomstig klimaat naar elkaar. Merk op dat deze studie enkel de impact op overstromingen beschouwt, en niet droogtecondities. Naast de toename van neerslagextremen, zullen droge periodes ook frequenter en bovendien langer voorkomen. Dat aspect wordt niet nader geanalyseerd in deze studie. Voor deze studie zijn vooral de piekgebeurtenissen van belang.

Als conclusie wordt gesteld dat de overloopvolumes zeer sterk kunnen toenemen door klimaatverandering. Grote overloopvolumes (bijvoorbeeld van een T20-gebeurtenis) kunnen 8 keer vaker voorkomen tegen 2100.

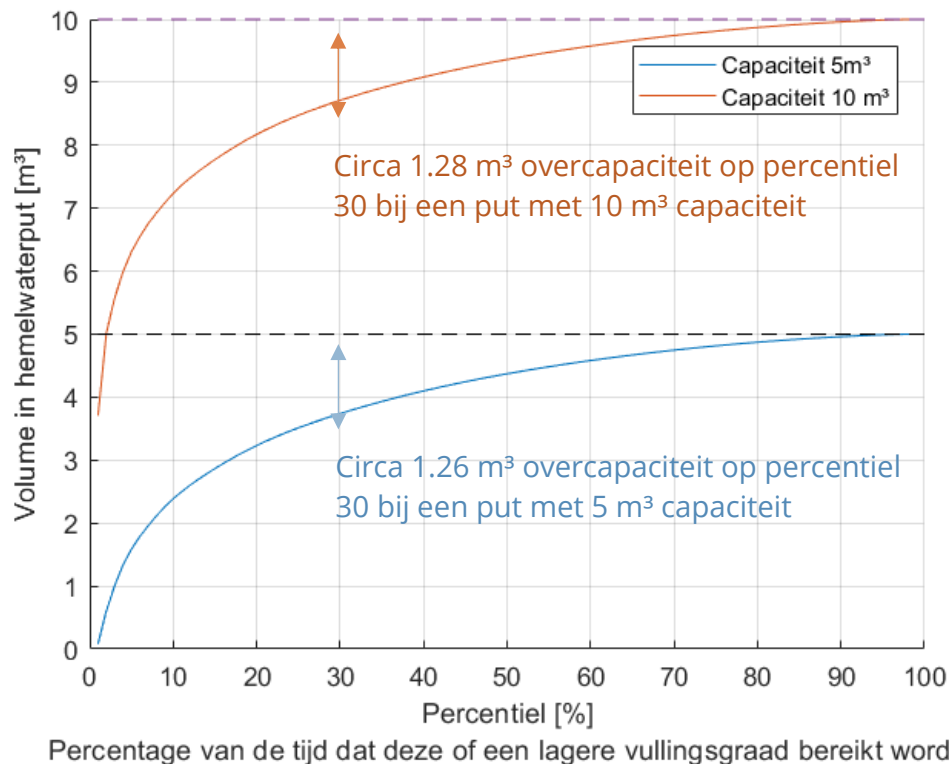
In deze context is het dan ook interessant om de impact van het vergroten van de hemelwaterput te analyseren. Hiertoe worden de simulaties herhaald, maar met een capaciteit van 10.000 liter in plaats van 5.000 liter. Alle overige parameters worden onaangeroerd gelaten.

Figuur 11 toont de onafhankelijke overloopvolumes van de hemelwaterput voor beide capaciteiten, en dit voor het huidig en toekomstig klimaat. Hierbij valt onmiddellijk op dat de capaciteitsvergroting geen impact heeft op de gesimuleerde overloopvolumes (behalve voor de laagst getoonde terugkeerperioden, waar minimale verschillen merkbaar zijn). Dit komt omdat het verondersteld hergebruik (100 liter/dag) te laag is om een regenwaterput van 10.000 liter te ledigen met de veronderstelde aangesloten dakoppervlakte (hoe minder dakoppervlakte, hoe groter het verschil evenwel zou worden). Figuur 12 toont dit in meer detail. Deze figuur toont de vullingsgraad van beide regenwaterputten. Hierop is te zien dat de “overcapaciteit” (dus het deel van de regenwaterput dat nog leeg is) zeer gelijkaardig is bij beide configuraties. Op percentiel 30 is de overcapaciteit bijna identiek: 1.28 m³ voor een put van 10.000 liter versus 1.26 m³ voor een put van 5.000 liter. Daardoor kan de grotere regenwaterput amper extra water opvangen van een bui. De overloopvolumes zijn dan ook gelijk. Voor de meest droge condities is er wel een verschil merkbaar in de vullingsgraad. Met

een grotere put blijft er tijdens langere droge periodes wel meer regenwater beschikbaar voor hergebruik. Aangezien klimaatverandering ook meer en langere periodes van droogte met zich mee brengt, kan het wel nuttig zijn om in die optiek de regenwaterput te vergroten. Merk op dat de analyse zoals die hier gebaseerd is op het hoog-klimaatscenario geen rekening houdt met het droger worden van de zomers; dat laatste gebeurt via het laag-klimaatscenario. De impactresultaten voor het hoog-klimaatscenario dienen dus vooral om de hoge impact op piekafvoeren in te schatten, niet voor de lage afvoeren of leegstand.



Figuur 11: Onafhankelijke overloopvolumes van de hemelwaterput voor verschillende terugkeerperiodes onder het huidig en toekomstig klimaat (2050 en 2100) en voor een grootte van 5.000 en 10.000 liter.

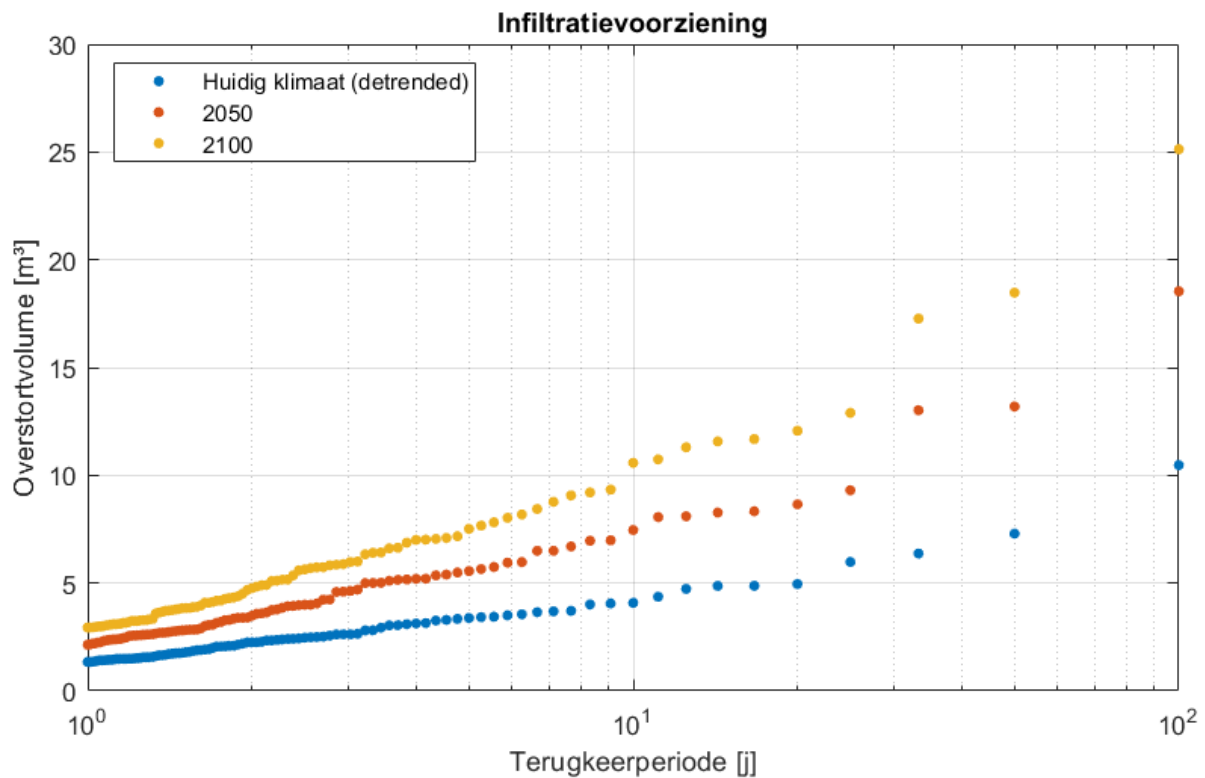


Figuur 12: Gesimuleerde vullingsgraad van de hemelwaterputten met capaciteit 5.000 en 10.000 liter voor het hoogzomer-klimaatscenario met tijdshorizon 2100.

4.1.2 Infiltratievoorziening

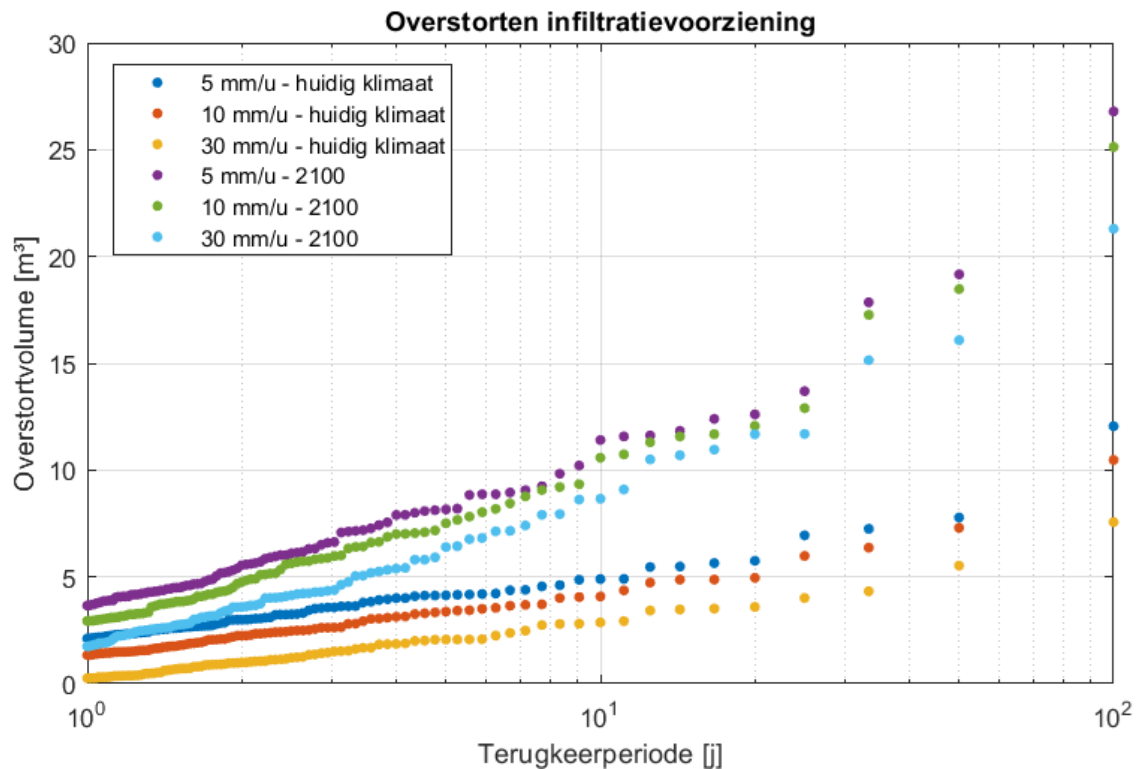
Het hydraulisch model van de infiltratievoorziening werd reeds besproken in §3.1. De belangrijkste parameters zijn de toevoerende terras- en opritoppervlakte van 30 m², de oppervlakteberging van 2 mm op die oppervlakte en de neerslagafstromingscoëfficiënt van 0.8. De overloop van de hemelwaterput komt uit op de infiltratievoorziening (zoals ook in realiteit zou gebeuren). De impact van klimaatverandering op de hemelwaterput wordt dan ook reeds deels doorgegeven naar de infiltratievoorziening. Er worden effectieve infiltratiecapaciteiten van 5, 10 en 30 mm/u gesimuleerd. Conform de GSV Hemelwater wordt een capaciteit aangenomen van 2.375 liter. Er wordt enkel infiltratie door de wanden verondersteld met een nodige infiltratieoppervlakte van 3.8 m². Omdat er hergebruik verondersteld wordt op de hemelwaterput, werd ook de reductie op de nodige dimensies van de infiltratievoorziening in rekening gebracht conform de GSV.

Figuur 13 toont de gesimuleerde (onafhankelijke) overloopvolumes van de infiltratievoorziening. De resultaten zijn, relatief gezien, zeer gelijkaardig aan die van de hemelwaterput. Ook hier is vooral een sterke stijging merkbaar van de overloopvolumes voor de grootste terugkeerperiodes. **Net als bij de hemelwaterput kan geconcludeerd worden dat een huidige gebeurtenis die zich eens per 20 jaar voordoet, in de toekomst mogelijks om de 4 (tegen 2050) en zelfs om de 2.5 jaar (2100) kan voorkomen.**



Figuur 13: Onafhankelijke overloopvolumes van de infiltratievoorziening voor verschillende terugkeerperioden onder het huidig en toekomstig klimaat (2050 en 2100) bij een veronderstelde infiltratiecapaciteit van 10 mm/u.

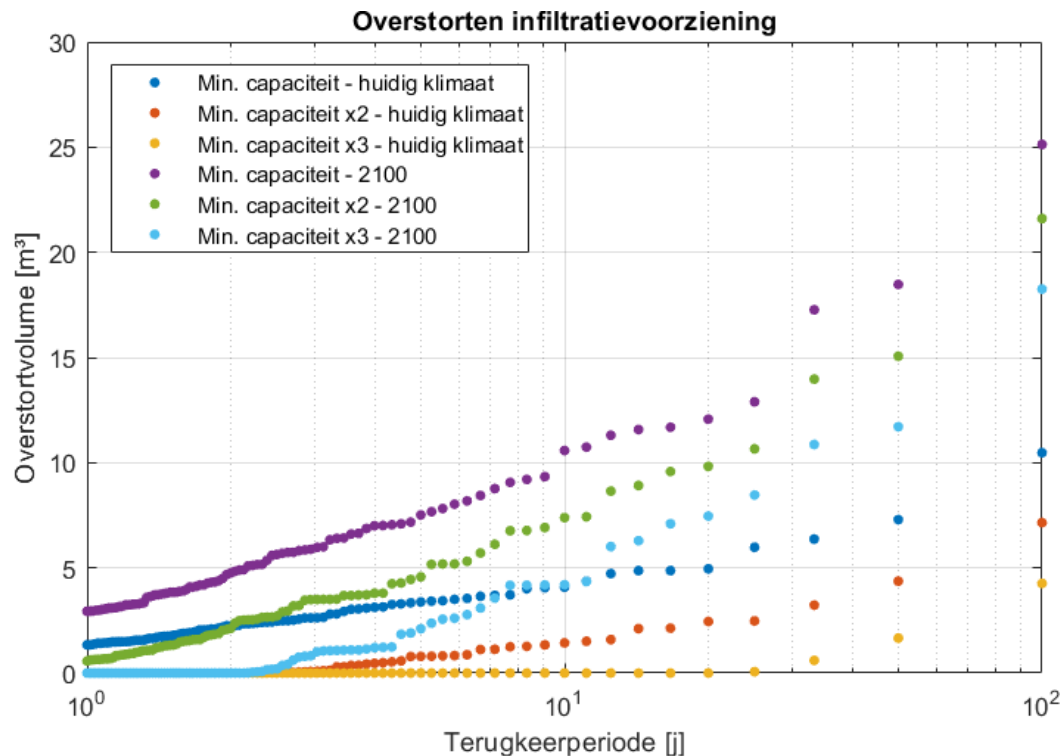
Deze simulaties werden herhaald voor verschillende infiltratiecapaciteiten. Figuur 14 toont de resultaten voor het huidig klimaat en 2100 (horizon 2050 is dus niet getoond). De resultaten tonen dat een gelijkaardige frequentieverschuiving gevonden wordt voor de andere infiltratiecapaciteiten als hierboven reeds beschreven. Tegelijk valt op dat de maximale overloopvolumes van de infiltratievoorziening bij de verschillende infiltratiecapaciteiten niet zeer sterk verschillen.



Figuur 14: Onafhankelijke overstortvolumes van de infiltratievoorziening voor verschillende terugkeerperioden onder het huidig en het beschouwde klimaat in 2100 voor 3 verschillende infiltratiecapaciteiten.

Tot slot werd de infiltratievoorziening vergroot om te kijken welke impact dit heeft op de gevolgen van klimaatverandering. De simulaties werden herhaald voor een effectieve infiltratiecapaciteit van 10 mm/u en 3 verschillende groottes: het minimaal volume opgelegd door de GSV Hemelwater, het dubbel en het drievoudig van het minimaal volume. De infiltratieoppervlakte werd niet mee opgeschaald. In realiteit zal deze uiteraard groter worden, waardoor de overloopvolumes lager zullen liggen dan deze hier gerapporteerd.

Figuur 15 toont de resultaten. Hierbij is te zien dat een grotere infiltratievoorziening wel een significante impact heeft op de overloopvolumes en -frequentie. In tegenstelling tot de hemelwaterput die enkel geledigd kan worden door hergebruik, loopt de infiltratievoorziening sneller (en continu) leeg door infiltratie. Met het oog op het verminderen van wateroverlast is het logischerwijs dan ook meer zinvol om, indien een bronmaatregel vergroot moet worden, deze vergroting te realiseren op de infiltratievoorziening. Tegelijk zal op die manier ook meer water infiltreren, wat de grondwaterhuishouding ten goede komt. Het is dus zinvol met het oog op klimaatverandering (wateroverlast en verdroging) een vergroten van de minimale buffercapaciteiten van infiltratievoorzieningen te overwegen.



Figuur 15 Onafhankelijke overstortvolumes van de infiltratievoorziening voor verschillende terugkeerperioden onder het huidig en het beschouwde klimaat in 2100 voor 3 verschillende volumes van de infiltratievoorziening en met infiltratiecapaciteit 10 mm/u.

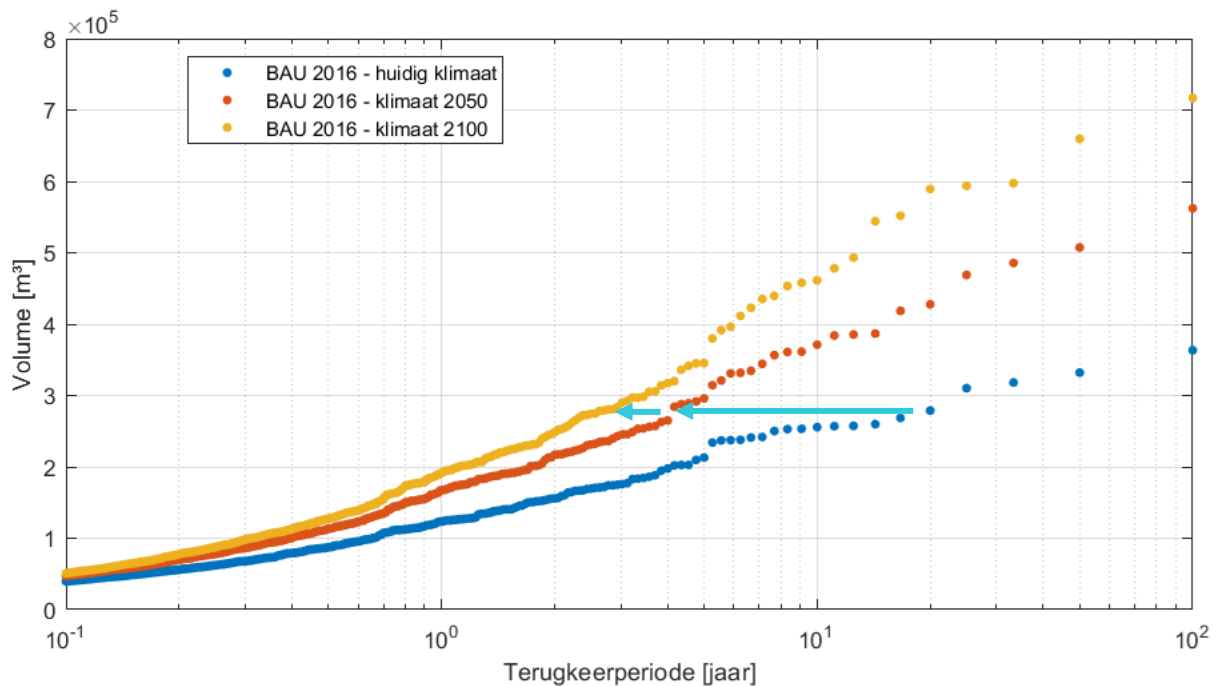
4.2 Impact van klimaatverandering op rioleringen

4.2.1 Huidige ruimtelijke situatie

Vervolgens werd een conceptueel rioleringsmodel gesimuleerd voor elk van de 432 RWZI zones in Vlaanderen. De configuratie van dit conceptueel model werd reeds besproken in §3.2.

Figuur 16 toont de gesimuleerde maximale (onafhankelijke) volumes in het rioleringsmodel van RWZI zone Mol. Deze zone werd arbitrair gekozen, maar lijkt wel representatief om de impact van klimaatverandering te illustreren. Het gesimuleerd volume is het volume water aanwezig in het rioleringsstelsel en de wateroverlast. Dit volume is met andere woorden een benadering van de maximale belasting op de riolering, en laat toe om de overstromingsproblematiek van systemen te analyseren. Zoals eerder aangehaald tonen deze resultaten de impact van het "hoogzomer"-klimaatsscenario, die dus de bovengrens aangeeft van de te verwachte klimaatverandering.

Uit Figuur 16 is te zien dat, net zoals bij de bronmaatregelen, de maximale volumes significant kunnen stijgen door klimaatverandering. Uit de analyses blijkt dat een gebeurtenis die nu eens per 20 jaar voorkomt, tegen 2050 om de 4 jaar kan voorkomen en tegen 2100 zelfs om de 2.5 jaar. Dit ligt bijgevolg volledig in lijn met de veranderingen in overlooptdynamiek van de bronmaatregelen. Zeer extreme overstromingen met terugkeerperiode 100 jaar kunnen in de toekomst mogelijks zelfs elke 10 (2050) of 5 jaar (2100) voorkomen.



Figuur 16: Maximaal gesimuleerde (onafhankelijke) volumes in het rioleringsmodel van de RWZI zone van Mol voor het huidige en toekomstige klimaat.

Om de impacts van klimaatverandering op vlak van wateroverlast aan te pakken zijn verschillende strategieën mogelijk. Deze studie kwantificeert enkele strategieën.

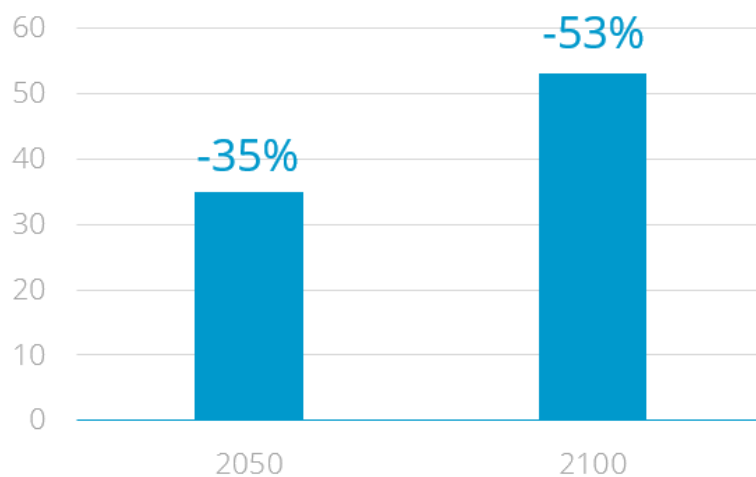
Een van de mogelijke strategieën is het inzetten op **afkoppeling of ontharding** van verharde oppervlaktes. Een verminderde verharde oppervlakte aangesloten op rioleringen heeft 2 positieve effecten: enerzijds komt er “capaciteit vrij” in de riolering, omdat er minder water wordt afgevoerd. Tegelijkertijd zorgt de afkoppeling logischerwijs ook dat klimaatverandering geen verhoogde bijdrage van neerslagafstroming meer levert naar de riolering. Afkoppelen (of ontharden) levert dus een dubbel voordeel ten opzichte van bijvoorbeeld enkel bijkomende buffering.

Deze studie voerde een optimalisatie uit over elke RWZI zone om te bepalen hoeveel afkoppeling of ontharding nodig is om eenzelfde overstromingsveiligheid op vlak van T20 te behouden. Concreet richt de optimalisatie zich dus op het behouden van hetzelfde volume bij T20 door verharde oppervlakte te verminderen. Hierbij werd enkel verharde oppervlakte verminderd die nu nog niet is aangesloten op bronmaatregelen. Het criterium van een terugkeerperiode van 20 jaar werd gehanteerd omdat dit overeenkomt met de huidige normen. De resultaten voor alle RWZI zones werden via een gewogen gemiddelde op basis van de verharde oppervlakte per RWZI zone samengevoegd.

Figuur 17 toont de nodige percentages afkoppeling: tot -35% tegen 2050 en tot -53% tegen 2100. Indien dergelijke afkoppelingspercentages gerealiseerd kunnen worden, blijft de systeembelasting die eens per 20 jaar optreedt in de toekomst (onder het hoogzomer-klimaatscenario) gelijk aan die in het huidige klimaat. Hierbij is nog geen rekening gehouden met de veranderende verharding ten gevolge van bijvoorbeeld de bevolkingstoename. Deze cijfers zijn uiteraard bijzonder hoog. De vraag is dan ook of dergelijke afkoppelingspercentages haalbaar zijn. De praktische uitvoering en suggesties voor het beleid onder klimaatverandering worden gegeven in §5.

Merk op dat afkoppeling op verschillende manieren uitgevoerd kan worden. Afkoppelen betekent dat de verharde oppervlakte niet meer aangesloten worden op (bijvoorbeeld het gemengd) rioleringsstelsel. In de meeste gevallen zal de verharding in de plaats daarvan op een regenwaterstelsel aangesloten worden. Het spreekt voor zich dat dit regenwaterstelsel dan bijkomend belast wordt. Dergelijke afkoppeling naar een regenwaterstelsel moet dan ook doordacht

gebeuren, en met voldoende aandacht voor het afwaartse (en opwaartse) aangesloten gebied. Enkel op basis van een integrale visie, zoals goed uitgevoerde hemelwaterplannen die riolering en rivier beschouwen, is zo'n doordachte afkoppeling haalbaar. Anderzijds kan afkoppeling ook betekenen dat verharding niet meer wordt aangesloten op een riolering, maar volledig lokaal opgevangen moet worden. Dit kan door bijvoorbeeld bronmaatregelen te voorzien, of gecontroleerde overstromingen toe te laten op (eigen) terrein. Om een maximale positieve impact te krijgen op wateroverlast moet dan bovendien verzekerd worden dat ook bij de meest intense buien de oppervlakte niet meer afwatert naar de riolering. Gelet op de zeer extreme neerslagintensiteiten is dit echter vaak moeilijk te realiseren, en vergt het ontwerp alleszins extra aandacht op dit vlak.

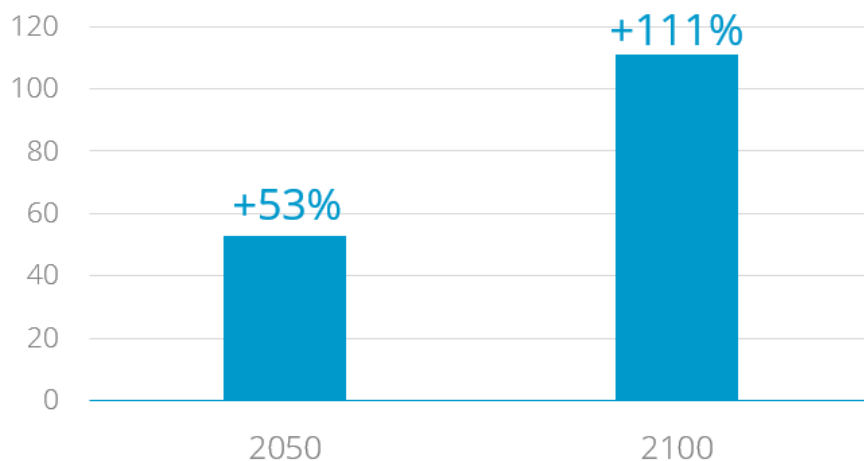


Figuur 17: Nodige afkoppeling van de verharde oppervlakte om eenzelfde systeembelasting te krijgen bij een terugkeerperiode van 20 jaar voor horizons 2050 en 2100.

Als afkoppeling of ontharding niet gerealiseerd kan worden, kan de **buffercapaciteit van de riolering uitgebreid worden** om de impacts van klimaatverandering op te vangen. Figuur 18 toont de nodige uitbreidingen van de rioleringscapaciteit: tot +53% tegen 2050 en +111% tegen 2100. Deze cijfers liggen significant hoger dan de nodige afkoppelingspercentages. Dit komt doordat afkoppeling een dubbel voordeel heeft: vrijgekomen capaciteit in combinatie met geen impact van klimaatverandering op de afgekoppelde verharding.

De nodige uitbreiding van rioleringscapaciteit is bijzonder hoog en niet ondergronds realiseerbaar. Merk ook op dat deze cijfers overeenkomen met het hoogzomer-klimaatscenario, en dus de bovengrens geeft van de te verwachte klimaatverandering op vlak van wateroverlast. Het is zeker niet wenselijk om reeds nu de capaciteit van rioleringssystemen stelselmatig uit te bouwen om dit scenario op te vangen (en al zeker niet voor tijdshorizon 2100). Bovendien moet deze extra berging zeker niet in "harde" rioleringsinfrastructuur voorzien worden (zoals het vergroten van leidingen of bufferbekkens). Men dient zeker te zoeken naar creatieve oplossingen om meer berging te realiseren, zoals bijvoorbeeld gecontroleerd water op straat, berging in groene zones, of water vasthouden in tuinen. Hoe om te gaan met de impact van klimaatverandering op vlak van rioleringsontwerp wordt uitgebreider besproken in §5.

Tot slot wordt meegegeven dat indien bovenstaande percentages van afkoppeling en bijkomende buffering verwezenlijkt worden, de overstromingsrisico's voor gebeurtenissen die frequenter voorkomen dan eens per 20 jaar evenwel sterk dalen. Anderzijds nemen de overstromingsrisico's voor de hogere terugkeerperioden dan nog steeds toe ten opzichte van het huidig niveau. Dat komt omdat klimaatverandering vooral de grootste neerslagintensiteiten doet toenemen.



Figuur 18: Nodige capaciteitsuitbreiding van de riolering om eenzelfde systeembelasting te krijgen bij een terugkeerperiode van 20 jaar voor horizons 2050 en 2100.

4.2.2 Klimaatverandering versus de verandering in verharding t.g.v. de bevolkingstoename

De vorige paragraaf beschouwde het rioleringssysteem met de verharding aangesloten in de huidige toestand. Ten gevolge van de bevolkingstoename zal de verharding echter veranderen. Het ruimtelijk beleid heeft een grote impact op de verandering in verharding. Dit wordt ook geïllustreerd door de verhardingscijfers van de beschouwde ruimtelijke scenario's (§3.3.2): gemiddeld in Vlaanderen +15% tegen 2040 in het huidig ruimtelijk beleid (het "business-as-usual" scenario; BAU) versus +5% tegen 2040 volgens projecties conform de krachtlijnen van het Beleidsplan Ruimte Vlaanderen ("de betonstop", BRV). Bovendien zijn deze veranderingen sterk verschillend over Vlaanderen naargelang het beleid. In het BRV focust het nieuwe ruimtebeslag (de verharding) op regio's met hoge ontwikkelingskansen, zoals locaties met goede ontsluiting en veel faciliteiten. Figuur 9 (zie (§3.3.2) toont de verandering van verharding aangesloten op rioleringen over Vlaanderen uit de studie Wolfs et al. (2018). Diezelfde studie toonde aan dat het BRV een grote kostenbesparing met zich mee brengt op vlak van rioleringsinfrastructuur. Door de verminderde bijkomende verharding is immers minder nieuwe infrastructuur nodig. Voor gans Vlaanderen komt de besparing in de buurt van circa 1.8 miljard euro (zie ook Wolfs et al. (2018) voor een uitgebreidere toelichting). De studie hield dan nog geen rekening met de lagere onderhoudskosten van een kleiner rioleringsstelsel op langere termijn.

Deze studie simuleert nu ook klimaatverandering bovenop deze ruimtelijke evolutie scenario's. Belangrijk om op te merken is dat deze simulaties enkel de veranderende verharding in rekening brengen ten gevolge van de bevolkingstoename en hiermee gepaard gaande landgebruiksveranderingen (zoals bijvoorbeeld een industrieel gebouw dat eventueel wordt getransformeerd in woningen; of een villaperceel dat opgesplitst wordt in meerdere wooneenheden). Doorgedreven ingrepen in de ruimte daarentegen, zoals het ontharden van pleinen, worden niet gesimuleerd. Het BRV beoogt echter wel dergelijke ingrepen, maar het ontbreekt aan cijfermatige doelstellingen in het BRV om deze mee op te nemen in de simulaties. Eens het BRV vertaald wordt naar de praktijk en ook cijfermatige doelstellingen formuleert omtrent zo'n doorgedreven ingrepen (bv. X% ontharden van de verharding aangesloten op rioleringen), kunnen deze aspecten wel mee genomen worden in de simulaties. **De uitgevoerde simulaties stellen, met andere woorden, een deel voor van wat het BRV in zijn totaliteit beoogt.** De werkelijke impact op vlak van wateroverlast zal naar alle waarschijnlijkheid positiever zijn, maar is sterk afhankelijk van de ambitie en vertaling naar de praktijk.

Uit de simulaties blijkt dat de gevolgen van de klimaatscenario's een grootteorde groter zijn dan de impact van de beschouwde verschillen in verharding. Dit is te verwachten, aangezien de bestaande verharding ook een grootteorde groter is dan de relatieve verschillen in verharding. Zoals besproken in §4.2.1 heeft klimaatverandering mogelijks een enorme impact op deze bestaande verharding. Hierdoor vermindert het effect van de verschillen in verharding in de beschouwde ruimtelijke scenario's. Let wel: de klimaatscenario's omvatten voor een deel de onzekerheid m.b.t. de toekomstevolutes inzake klimaat en het toekomstig klimaat kan – bij een sterke toekomstige beperking in de uitstoot van broeikasgassen – een lagere impact hebben dan het klimaatscenario dat in deze studie werd doorgerekend. Zoals altijd bij impactanalyses van klimaatverandering en klimaatadaptatie dient rekening gehouden met zowel het huidig klimaat als de mogelijke toekomstprognoses (dus hoog-klimaatscenario en alles tussen huidig klimaat en hoog-klimaatscenario) om tot duurzame “no regret” evaluaties en strategieën te komen.

De simulaties tonen aan **dat de verschillen in verhardingen van het ruimtelijk beleid in ieder geval een significante impact hebben op de nodige afkoppeling of bijkomende buffering** om eenzelfde overstromingsveiligheid (T20) te behouden als vandaag. Zoals eerder besproken is – voor het “hoogzomer”-klimaatscenario – een afkoppeling van mogelijks 35% nodig van de bestaande verharding tegen 2050 (zie ook Figuur 17, §4.2.1). In het BAU-scenario stijgt dit percentage tot 48%, terwijl dit in het BRV-scenario tot 42% toeneemt. Dezelfde trend is waarneembaar op vlak van nodige buffering: +53% voor de huidige verharding, +73% in BAU en +60% in BRV. Kortom, bij dat scenario is in het BRV slechts ongeveer de helft *extra* afkoppeling of buffering nodig in vergelijking met het BAU om de bijkomende verharding ten gevolge van de bevolkingstoename op te vangen.

Het belang van een ruimtelijk beleid dat inzet op zo weinig mogelijk bijkomende verharding en meer ontharding neemt dus toe onder klimaatverandering. Het BRV beoogt deze visie. Door klimaatverandering nemen de maatschappelijke voordelen van het BRV dus enkel toe ten opzichte van het huidig ruimtelijk beleid. Dit wordt geïllustreerd door de stijgende percentages van nodige afkoppeling en nodige buffering tussen de BAU- en het BRV-scenario's.

4.2.3 Potentiële impact van bronmaatregelen op wateroverlast

Tot slot werd het scenario gesimuleerd waarbij *alle* geprojecteerde verharding van 2040 aangesloten wordt op bronmaatregelen, zoals hemelwaterputten, infiltratievoorzieningen en buffers met vertraagde doorvoer. Dit is het scenario waar het huidig beleid (op lange termijn) naar streeft via de GSV Hemelwater en de Code van Goede Praktijk. De bronmaatregelen werden in de simulaties ontworpen volgens de minimumeisen van de GSV Hemelwater. Dit scenario wordt vergeleken met de huidige situatie (huidige verharding en klimaat).

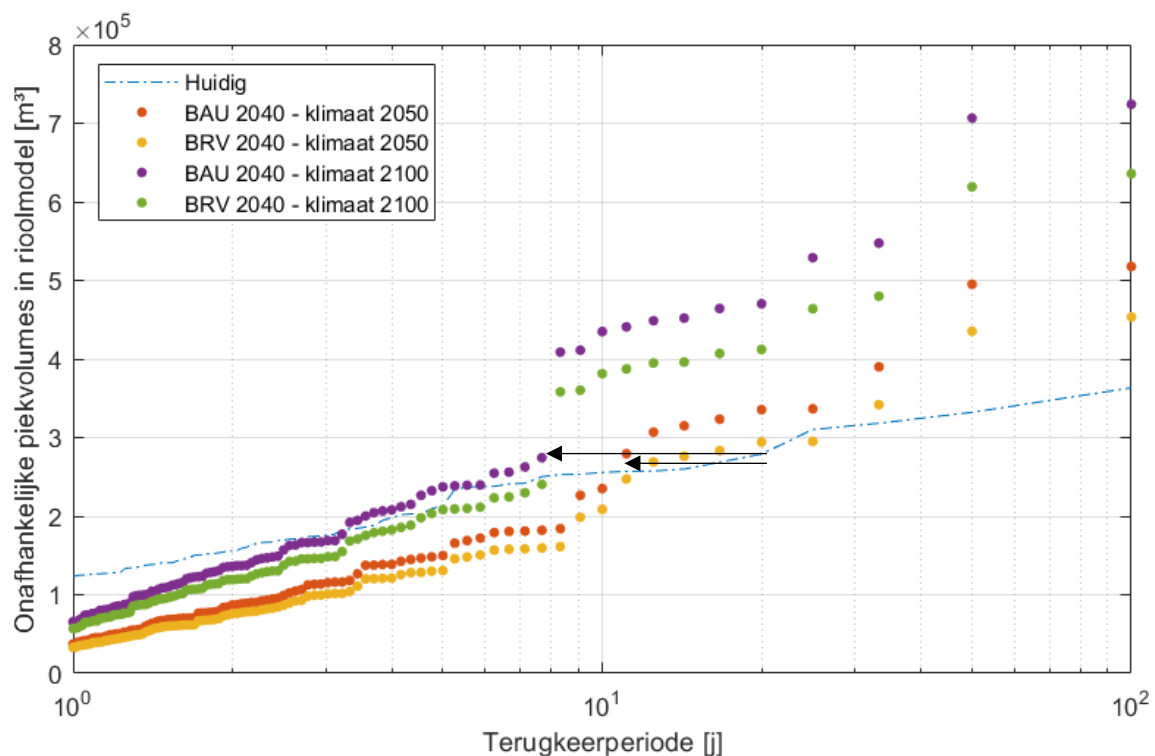
Figuur 19 toont de simulatieresultaten. Hieruit blijkt dat als alle verharding aangesloten wordt op bronmaatregelen, overstromingen die zich nu eens per 20 jaar voordoen, tegen 2050 eens per circa 10 jaar kunnen gebeuren en circa eens per 8 jaar tegen 2100. Deze cijfers zijn inclusief klimaatverandering en de te verwachten bijkomende verharding ten gevolge van de bevolkingstoename (tot 2040). De huidige normen zijn erop gericht ons rioleringsstelsel te ontwerpen op dergelijke terugkeerperiode van 20 jaar. Met andere woorden, **door bronmaatregelen op alle verharde oppervlakte te voorzien, kunnen we ons beschermen voor wateroverlast met een terugkeerperiode tot afgerond 10 jaar in het toekomstig klimaat.** Vanzelfsprekend wordt hiermee enkel verharding aangesloten op riolering bedoeld.

Wateroverlast door buien die frequenter voorkomen zal bovendien dalen ten opzichte van de huidige situatie, zelfs na het in rekening brengen van klimaatverandering. Ook valt op dat bij het massaal toepassen van bronmaatregelen de overstromingsvolumes in het klimaat 2050 in de buurt liggen van die van vandaag tot terugkeerperiodes van circa 30 tot 50 jaar. Meer extreme wateroverlast daarentegen, dus met hogere terugkeerperiode, zal zelfs na het uitbouwen van bronmaatregelen

toenemen ten opzichte van vandaag. Dat betekent dat bronmaatregelen volgens de huidige minimale ontwerpregels ons niet kunnen beschermen tegen de meest extreme wateroverlast, zelfs niet na massale toepassing. Deze conclusies liggen in lijn met een eerdere studie van VMM (VMM, 2016).

Om ons te beschermen tegen de meest extreme buien, moet ingezet worden op een meersporenbeleid (zie ook §5). Enkel door al die inspanningen te combineren kunnen we ons wapenen tegen de meest extreme buien onder klimaatverandering (extreem is hierbij gedefinieerd als >T10 voor het beschouwde "hoogzomer"-klimaatscenario). Er moet zeker in de richting gekeken worden van ontharding en afkoppeling, maar ook het gecontroleerd toelaten van water op straat bij extreme buien. Deze aspecten zijn niet opgenomen in deze analyse.

Hoewel bronmaatregelen ons niet kunnen beschermen tegen de meest extreme wateroverlast, neemt het belang van bronmaatregelen toe door klimaatverandering. Zoals in deze paragraaf geïllustreerd kunnen bronmaatregelen ons wel deels beschermen tegen wateroverlast. Maar daarnaast hebben bronmaatregelen ook een zeer positieve invloed op de (grond-)waterhuishouding. Infiltratievoorzieningen vullen het grondwater terug bij. Klimaatverandering zorgt voor langere en bovendien intensere droge periodes, met minder neerslag in de zomer. De grondwatertafel zal daardoor in het droge seizoen nog meer onder druk komen te staan. Elke maatregel die bijdraagt aan het aanvullen van de grondwatertafel moet dan ook aangemoedigd worden. Daarnaast maken hemelwaterputten een duurzamer watergebruik mogelijk. In tijden van acute waterschaarste, zoals recentelijk nog in de zomers van 2017 en 2018, is elke alternatieve bron van water meer dan nodig.



Figuur 19: Maximaal gesimuleerde (onafhankelijke) volumes in het rioleringsmodel van de RWZI zone van Mol voor het huidige en toekomstig klimaat, en de huidige verharding en ruimtelijke scenario's. Voor de ruimtelijke scenario's is *alle* (nieuwe en bestaande) verharding aangesloten op bronmaatregelen.

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Impact van klimaatverandering op rioleringsoverstromingen

Klimaatverandering resulteert in meer extreme piekneerslag. Toenemende neerslagextremen zijn de laatste jaren reeds waarneembaar. In de toekomst zullen deze piekintensiteiten nog significant stijgen en frequenter voorkomen. Meer neerslagextremen houdt ook in dat wateroverlast vaker en bovendien uitgestrekter zal voorkomen. Belangrijk om op te merken is dat deze studie uitgaat van het "hoogzomer"-klimaatscenario. Dit klimaatscenario is ontworpen om wateroverlast op rioleringen te analyseren en toont de impact aan de bovengrens van de te verwachten klimaatverandering. Met andere woorden, de werkelijke impact van klimaatverandering zal met grote waarschijnlijkheid tussen het huidige klimaat liggen en de cijfers hier gerapporteerd onder klimaatverandering.

Deze studie berekende de mogelijke impact van klimaatverandering op bronmaatregelen, zoals hemelwaterputten en infiltratievoorzieningen. Deze bronmaatregelen zullen vaker overlopen, maar vooral de toename van de grootste overloopvolumes is problematisch. Een gebeurtenis die nu gemiddeld eens per 20 jaar gebeurt, zal tegen 2050 mogelijks elke 4 jaar gebeuren en tegen 2100 elke 2.5 jaar in het hoogzomer-klimaatscenario. Deze grotere en frequentere overloopvolumes zorgen ook voor een bijkomende belasting op de riolering, met grotere wateroverlastrisico's tot gevolg. Uit de berekeningen blijkt dat het optrekken van het minimaal volume van een hemelwaterput enkel een impact heeft op de mogelijke wateroverlast als het hergebruik verhoogd kan worden (of de regenwaterput op een andere manier voldoende geledigd kan worden na een bui). Het vergroten van infiltratievoorzieningen is in de context van het verminderen van wateroverlast effectiever. Deze ledigen immers continu en meestal sneller dan regenwaterputten.

Klimaatverandering zal ook een grote impact hebben op de piekbelasting in rioleringen. Wateroverlast zal frequenter en uitgestrekter voorkomen door klimaatverandering. Eenzelfde frequentieverschuivingen zijn zichtbaar als bij bronmaatregelen: een gebeurtenis met terugkeerperiode van 20 jaar in het huidige klimaat, kan in de toekomst eens per 4 of 2.5 jaar voorkomen in het klimaat van respectievelijk 2050 en 2100 in het hoogzomer-klimaatscenario. Wateroverlast die in de toekomst eens per 20 jaar zal voorkomen, zal veel groter zijn dan bij diezelfde terugkeerperiode in het huidige klimaat.

Om eenzelfde veiligheidsniveau te behouden als vandaag en men dit louter wil realiseren door ontharding of afkoppeling van verharde oppervlakken, moet de aangesloten oppervlakte met mogelijks 35% afnemen tegen 2050 en 53% tegen 2100. Bij het afkoppelen naar RWA-stelsels moet verzekerd worden dat de eventuele problemen in dat stelsel niet toenemen, ook voor het toekomstig klimaat. Zo'n afkoppeling moet daarom altijd op basis van een integrale hemelwatervisie gebeuren die rekening houdt met de riolering en ontvangende waterlopen. Ontharden of afkoppelen van alle rioleringen heeft daardoor sterk de voorkeur op afkoppelen naar RWA-systemen. Bij het ontharden of afkoppelen van verharding van alle riolering moet verzekerd worden dat ook bij extreme buien deze oppervlakte toch niet afwatert naar de riolering. Ontwerpen van afkoppeling of ontharding vergen daarvoor extra aandacht. Om klimaatverandering van het hoge-impactscenario op te vangen met bijkomende buffering is er veel extra capaciteit nodig: +53% tegen 2050 en +111% tegen 2100. Buffering kan gerealiseerd worden door het uitbreiden van het rioleringsstelsel zelf, maar kosten-effectiever is om creatieve ingrepen te voorzien: bijvoorbeeld berging in groene zones of gecontroleerd water op straat toelaten. Deze cijfers illustreren ook het dubbel voordeel van afkoppeling of ontharding: er komt capaciteit in de riolering vrij ten gevolge van de verminderde toevoerende oppervlakte, en tegelijk wordt de impact van klimaatverandering op die verharding vermeden. Afkoppeling en ontharding zijn dus te verkiezen boven het voorzien van bijkomende

buffering. Ontharden heeft als bijkomend voordeel dat er meer ruimte is voor infiltratie, en dus grondwatervoeding. Gelet op de langere en meer intense periodes van droogte die klimaatverandering met zich meebrengt, is een duurzaam grondwaterhuishoudingsbeleid een absolute must. Merk ook op dat om maximaal effect te hebben van ontharding men moet verzekeren dat zelfs bij extreme buien de oppervlakte niet afwatert naar de riolering. Dit is in vele situaties een zeer grote uitdaging, en vergt alleszins een aangepast ontwerp van het perceel.

De studie onderzocht ook de impact van veranderende verharding ten gevolge van de bevolkingstoename tegen 2040, en dit voor het huidig ruimtelijk beleid (BAU) en het beleidsplan Ruimte Vlaanderen (BRV). Bij de simulaties van het BRV werd voor zover als mogelijk rekening gehouden met de cijfermatige doelstellingen uit het Witboek. Deze doelstellingen hebben voornamelijk betrekking op een verminderd en meer efficiënt ruimtebeslag. Het BRV beoogt daarnaast ook een doorgedreven inzet op bronmaatregelen en creatieve ontwerpen om te komen tot een meer duurzaam stedelijk waterbeheer. Dit laatste werd gedeeltelijk mee geïntegreerd in de scenario's. De simulaties tonen aan dat de gevolgen van klimaatverandering een grootteorde groter zijn dan de impact van de verschillen in verharding door bevolkingstoename. Dit is te verwachten, aangezien de bestaande verharding eveneens een grootteorde groter is dan de relatieve verschillen in verharding door de bevolkingstoename. Toch zien we in de simulatieresultaten dat de het ruimtelijk beleid wel een significante impact heeft op de nodige afkoppeling of bijkomende buffering om eenzelfde overstromingsveiligheid (T20) te behouden als vandaag. Zo is er in het BRV-scenario slechts de helft extra afkoppeling of buffering nodig in vergelijking met het huidig beleid (BAU) door de bijkomende verharding door bevolkingstoename. Het belang van een ruimtelijk beleid dat inzet op zo weinig mogelijk bijkomende verharding en meer ontharding neemt dus toe door klimaatverandering. Het BRV beoogt deze visie. Door klimaatverandering nemen de maatschappelijke voordelen van het BRV dus enkel toe ten opzichte van het huidig ruimtelijk beleid.

Als laatste werd de potentiële impact van bronmaatregelen op wateroverlast gekwantificeerd onder klimaatverandering. Hiertoe werd *alle* verharding van de BAU- en BRV-scenario's tegen 2040 aangesloten op bronmaatregelen. Uit de simulaties blijkt dat bronmaatregelen, mits massale uitrol, ons kunnen beschermen voor wateroverlast met een terugkeerperiode tot circa 10 jaar onder klimaatverandering met tijdshorizon 2050 in het hoogzomer-klimaatscenario. Wateroverlast door buien die frequenter voorkomen zal bovendien dalen ten opzichte van de huidige situatie door deze bronmaatregelen, zelfs na het in rekening brengen van klimaatverandering. Bovendien blijft het overstromingsrisico tot een terugkeerperiode van ongeveer 30 jaar na massale uitrol van bronmaatregelen zeer gelijkaardig in het klimaat 2050 dan vandaag. Meer extreme wateroverlast daarentegen, dus met hogere terugkeerperiode, zal zelfs na het massaal uitbouwen van bronmaatregelen kunnen toenemen ten opzichte van vandaag. In het hoogzomer-klimaatscenario met horizon 2100 zien we dat bronmaatregelen ons ongeveer kunnen beschermen tot een terugkeerperiode van 8 jaar. Voor meer extreme terugkeerperiodes neemt de wateroverlast mogelijks zeer sterk toe.

Dit betekent dat bronmaatregelen volgens de huidige minimale ontwerpregels ons niet kunnen beschermen tegen de meest extreme wateroverlast, zelfs niet na grootschalige toepassing. Dit is ook enigszins logisch, aangezien bronmaatregelen ontworpen worden tot een terugkeerperiode van 20 jaar. Maar de berekeningen tonen ook aan de "vrijgekomen" capaciteit in de riolering door het voorzien van extra bronmaatregelen mogelijks niet volstaat om de extremen van grotere terugkeerperiodes op te vangen. Bronmaatregelen kunnen dus evenwel een groot deel van de bijkomende wateroverlast door klimaatverandering opvangen (tot terugkeerperiodes van circa 10 jaar in het hoogzomer-scenario), en worden door klimaatverandering evenwel nog belangrijker. Klimaatverandering brengt immers ook langere periodes van droogte en lagere neerslaghoeveelheden in de zomer. Hierdoor zal de grondwatertafel nog meer onder druk komen te staan. Infiltratievoorzieningen voeden het grondwater, en zorgen dus, naast een zekere bescherming

tegen wateroverlast voor een duurzamere grondwaterhuishouding. Hemelwaterputten met hergebruik zorgen dan weer voor een verminderd gebruik van kostbaar drinkwater (en grondwater).

5.2 Hoe omgaan met klimaatverandering in rioleringsbeleid en -ontwerp

De mogelijke impact van klimaatverandering op rioleringen is erg groot. Het is daarbij belangrijk om te benadrukken dat de hierboven genoemde cijfers overeenkomen met het “hoogzomer”-klimaatscenario; deze geven een hoge impact en liggen in de buurt van de bovengrens van wat de huidige klimaatmodellen voorspellen. Hoewel de klimaatprognoses nog erg onzeker zijn, mede door de onzekerheid in de socio-economische evoluties en de toekomstige uitstoot aan broeikasgassen, geven de impactresultaten de richting aan waarin de gevolgen van de klimaatverandering zullen evolueren. De precieze gevolgen zijn daarbij onmogelijk te voorspellen, wel de grootteordes van de impacten voor het bereik aan mogelijke toekomstevoluties. Aangezien de infrastructuur van rioleringen een zeer lange levensduur heeft en grootschalige transitie in het ruimtebeleid zich slechts traag uiten, is het belangrijk om deze mogelijke toekomstevoluties rekening te houden. Op tijd actie ondernemen is dus de boodschap. Gegeven de onzekerheden (de toekomstevoluitie zal zich met hoge waarschijnlijkheid situeren tussen het huidige klimaat en het hier beschouwde hoge impactscenario) wordt een risicogebaseerde aanpak aanbevolen waarbij op zoek wordt gegaan naar adaptatiestrategieën die duurzaam zijn onder alle klimaatscenario's, dit wil zeggen zowel onder het huidige klimaat als het hoge impactscenario en alles daartussen. Deze principes vormen de basis van een klimaatrobuust landschap en waterbeheer. De gevolgen van klimaatverandering tonen zich overigens nu reeds: meer intense zomeronweders met meer wateroverlast als gevolg. Die trend zal zich naar alle waarschijnlijkheid verderzetten.

Deze studie toont aan dat een beleid nodig is dat tegelijk inzet op meerdere sporen: een doorgedreven afkoppeling, maximale inzet op bronmaatregelen, een vernieuwend ruimtelijk beleid zowel naar locatiekeuze als naar ontwerpopgave, en klimaatrobuust bouwen. Enkel op die manier is een duurzaam rioleringslandschap mogelijk. Figuur 20 toont samenvattend dit meersporenbeleid.



Figuur 20: Inzetten op een meersporenbeleid is nodig om klimaatverandering op een kostenefficiënte manier op te vangen.

Bronmaatregelen spelen een cruciale rol in waterbeheer, maar zullen zelfs na massale uitrol en bij het hoge impactscenario er niet in slagen om klimaatverandering op te vangen. De neerslagextremen nemen mogelijks te sterk toe en de huidige capaciteit om deze op te vangen is te beperkt. Klimaatverandering heeft dan ook een grote mogelijke impact op de overlopfrequentie en -volumes van bronmaatregelen. De overloopveiligheid van de bronmaatregelen ontworpen volgens de huidige normering zal hierdoor afnemen, met een grotere impact op het afwaarts ontvangend stelsel als gevolg. Bijgevolg lijkt een **discussie wenselijk omtrent het aanpassen van de huidige normen**: welke veiligheden wenst men te garanderen, en voor welke klimaathorizons en -scenario's. Simulaties in deze studie tonen alvast aan dat het vergroten van hemelwaterputten enkel een impact heeft op het overlopen van de hemelwaterput als het hergebruik sterk vergroot kan worden (het vergroten van de hemelwaterput leidt wel tot minder droogvallen van hemelwaterputten). Effectiever lijkt het vergroten van de infiltratievoorzieningen: een grotere opvangcapaciteit leidt wel tot een (mogelijks sterk) verminderd aantal overlopen en volumes, zelfs bij relatief lage infiltratiecapaciteiten. Ook de historische tijdreeksen van neerslag en verdamping die nu aan de basis liggen van het ontwerp van bronmaatregelen, zoals bijvoorbeeld de historische tijdreeks opgenomen in Sirio, zouden best aangepast worden aan het huidige klimaat.

Bronmaatregelen zijn absoluut nuttig, en hun belang neemt enkel toe door klimaatverandering. Infiltratievoorzieningen voeden ook het grondwater en gaan zo verdroging tegen, terwijl hemelwaterputten een meer duurzaam (her-)gebruik van water mogelijk maken. Het is echter niet wenselijk om harde infrastructuur, zoals bijvoorbeeld ondergrondse buffers of het rioleringsstelsel, dermate groot te ontwerpen zodat die nu reeds bestand zijn tegen wateroverlast in het klimaat van 2100: de onzekerheid is groot en de evolutie naar dit klimaat gebeurt gradueel. De investering zou daarom niet kostenefficiënt zijn. In plaats daarvan is het beter om wateroverlast (voor een gekozen terugkeerperiode) te vermijden op basis van de huidige klimaatcondities en deze in de nabije toekomst, horizon 2030 of 2050, maar het ontwerp flexibel te maken zodat maatregelen op een kostenefficiënte manier bijkomend uitgebreid kunnen worden om de extra volumes ten gevolge van klimaatverandering op te vangen.

De auteurs pleiten dan ook om, naast de "klassieke" hemelwaterput, infiltratievoorziening en buffers met vertraagde doorvoer, te kiezen voor **creatieve en adaptieve maatregelen** om de grootste wateroverlast op te vangen. Het is immers duidelijk dat bronmaatregelen de extreme wateroverlastscenario's niet volledig kunnen opvangen. Deze creatieve en flexibele maatregelen kunnen gaan van kleinschalige ingrepen om de schade van wateroverlast te beperken, bijvoorbeeld op huisniveau, tot het uitbouwen van grootschaligere maatregelen die veel water kunnen vasthouden. Voorbeelden hiervan zijn het tijdelijk en gecontroleerd toelaten van water op straat (bijvoorbeeld tussen verkeersdrempels, via verhoogde straatboorden of via holle i.p.v. bolle straatprofielen), of tijdelijke waterberging (in combinatie met infiltratie) op pleinen, sport- en speelterreinen, groene zones, enz. Bij deze laatstgenoemde maatregelen dient er afgestapt van de klassieke ontwerpvrage naar hoeveel berging er precies nodig zal zijn (die is door de onzekere klimaattevoelutes immers niet precies te begroten, en mogelijks zal ze nooit voldoende zijn). Door het bijkomend voorzien van berging en infiltratie te combineren met bijkomende groenvoorziening en andere ruimtelijke functies, ontstaat er een multifunctioneler ruimtegebruik die als klimaatadaptatiestrategie naast het verminderen van de kans op wateroverlast ook voordelen geeft inzake tegengaan van verdroging, hittestressbeheer, woonkwaliteit, biodiversiteit, zelfs luchtkwaliteit; kortom "leefbaarheid". In de context van het Beleidsplan Ruimte Vlaanderen (BRV), die een goed doordacht, creatief ruimtegebruik noodzaakt, inclusief kwaliteitsvolle verdichting in dorpskernen en in stedelijke centra, is dit des te meer belangrijk. De ontwerpvrage is dus niet "hoeveel berging en infiltratie dient er minimaal voorzien" maar eerder richt de open ruimte "zo veel als mogelijk" klimaat- en water-robuust in. Wij zullen immers nooit "te veel" van dergelijke ruimtes hebben; ze zullen nooit "te groot" zijn, dit in tegenstelling met "harde" infrastructuur die wel inefficiënt wordt wanneer ze te groot ontworpen wordt.

De sleutel tot een grootschalige en tegelijk kostenefficiënte implementatie ligt dus in het multifunctioneel en doordracht gebruiken van de schaarse open ruimte, zeker in stedelijke omgevingen, en óók op het openbaar domein. Om hierin te slagen is een nauwe afstemming nodig tussen het ruimtelijk beleid en waterbeheer. Bij elk nieuw ruimtelijk planningsproject zou men systematisch met de noden en opportuniteiten inzake waterbeheer (zowel wateroverlast als verdroging) moeten rekening houden. Ook moeten de nodige wetgevende kaders voorzien worden die dergelijke ontwerpen mogelijk maken (bijvoorbeeld gecontroleerd water op straat), en tegelijk toezien op een effectief ontwerp en uitvoering. Een debat over de aanvaardbaarheid van water op straat lijkt dan ook meer dan ooit relevant. Onder creatieve en adaptieve maatregelen vallen ook nieuwe technologieën, zoals bijvoorbeeld slimme sturing.

Met betrekking tot het controleerbaar houden van de impacts van klimaatverandering ligt er dus een zeer grote rol weggelegd bij het **ruimtelijk beleid**. Deze studie toont nogmaals het belang aan van het vermijden, terugdringen (ontharden) en **afkoppelen** van (bestaande en nieuwe) verharding. Het BRV deelt alvast deze visie omtrent creatieve groenblauwe oplossingen, een efficiënter en multifunctioneel ruimtegebruik en minder verharding. Maar tot heden mist het BRV concrete vertaling naar de praktijk. Belangrijke uitdagingen hierbij zijn het sturen van het ontwerpproces van deze groenblauwe oplossingen en de afstemming tussen ruimtelijk beleid en waterbeheer verbeteren. Het zal grote investeringen vergen, vooral in de stedelijke omgevingen. Het Witboek omschrijft doelstellingen omtrent ruimtebeslag en verharding in open ruimte, maar cijfers rond verharding aangesloten op riolering (of bronmaatregelen) ontbreken terwijl net deze bepalend zijn voor waterbeheer.

Tot slot is **sensibilisering** van burgers, bedrijven, gemeentebesturen en andere actoren een belangrijk aandachtspunt. Allen moeten bewust gemaakt worden van de toenemende risico's van klimaatverandering, zoals wateroverlast, droogte en hittestress, zodat meer actoren uit eigen beweging (of met hulp) actie ondernemen. "Operatie Perforatie" is een mooi voorbeeld van een campagne waarbij ontharding gepromoot wordt. Ook andere kleine huiselijke ingrepen, zoals het plaatsen van een terugslagklep om terugstroming in kelders of woningen te vermijden, kunnen veel ellende besparen. Mensen moeten aangespoord worden om hun woning en perceel **klimaat- en water-robuust** te maken. Tot slot moet de hele sector en het beleid trachten om het maatschappelijk nut van multifunctionele maatregelen duidelijk te maken, zodat het draagvlak hiervoor vergroot. De overheid kan alvast het goede voorbeeld geven door doordachte projecten te ondersteunen en deze te promoten.

Referenties

- Brouwers, J., Peeters, B., Van Steertegem, M., van Lipzig, N., Wouters, H., Beullens, J., Demuzere, M., Willems, P., De Ridder, K., Maiheu, B., De Troch, R., Termonia, P., Vansteenkiste, Th., Craninx, M., Maetens, W., Defloor, W., Cauwenberghs, K., 2015, 'MIRA Klimaatrapport 2015 – Over waargenomen en nog verwachte klimaatveranderingen', Vlaamse Milieumaatschappij i.s.m. KU Leuven, VITO en KMI, Aalst, september 2015, 147 p.
- Ntegeka, V., Willems, P., 2008, 'Trends and multidecadal oscillations in rainfall extremes, based on a more than 100 years time series of 10 minutes rainfall intensities at Uccle, Belgium', Water Resources Research, 44, W07402
- Tabari, H., Taye, M.T., Willems, P., 2014, 'Bijsturing van de Vlaamse klimaatscenario's voor hydrologische en hydrodynamische impactanalyse inclusief hydrologische extremen', studie uitgevoerd in opdracht van de Afdeling Operationeel Waterbeheer van de Vlaamse Milieumaatschappij en MIRA, door KU Leuven – Afdeling Hydraulica, november 2014, 106 p.
- VMM, 2016, 'Opstellen van richtlijnen voor het meten van de infiltratiecapaciteit en het modelmatig onderbouwen voor de dimensionering van infiltratievoorzieningen'. Studie uitgevoerd door IMDC nv in samenwerking met de Bodemkundige Dienst van België vzw in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij. p. 423.
- Willems, P., 2013a. 'Adjustment of extreme rainfall statistics accounting for multidecadal climate oscillations', Journal of Hydrology, 490, 126-133
- Willems P., 2013b, 'Multidecadal oscillatory behaviour of rainfall extremes in Europe', Climatic Change, 120(4), 931-944
- Willems, P., Wolfs, V., Ntegeka, V., 2018, 'Aanpassen historische Ukkelseeks aan huidig klimaat'. Studie uitgevoerd door Sumaqua in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij, 46 p.
- Wolfs, V., Ntegeka, V., Willems, P., Francken, W., 2018, 'Impact van het Beleidsplan Ruimte Vlaanderen op rioleringen'. Studie uitgevoerd door Sumaqua in opdracht van VLARIO, 86 p.



SUMAQUA

Tiensesteenweg 28

3001 Leuven, BELGIUM

dr. ir. Vincent Wolfs

Tel.: +32 474 422 003

Mail: vincent.wolfs@sumaqua.be

www.sumaqua.be

