

IMPACT VAN BELEIDSPLAN RUIMTE VLAANDEREN OP RIOLERINGEN

Opdracht uitgevoerd in opdracht van

VLARIO
OVERLEGPLATFORM

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

april 2018

DOCUMENTIDENTIFICATIE

Titel	Impact van het Beleidsplan Ruimte Vlaanderen op rioleringen
Opdrachtgever	VLARIO vzw
Wijze van refereren	Wolfs, V., Ntegeka, V., Willems, P., Francken, W., 2018. <i>Impact van het Beleidsplan Ruimte Vlaanderen op rioleringen</i> . Studie uitgevoerd door Sumaqua in opdracht van VLARIO. p. 86

CONTACT

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

VERVOLGOPDRACHT: IMPACT VAN KLIMAATVERANDERING

Voorliggend rapport houdt nog geen rekening met de gevolgen van klimaatverandering. De gevolgen en impact van klimaatverandering worden in een apart rapport onderzocht.

INHOUD

SAMENVATTING	1
1 INLEIDING	3
1.1 Vlaanderen in cijfers	3
1.2 Witboek Beleidsplan Ruimte Vlaanderen: naar een nieuw ruimtelijk beleid in Vlaanderen	4
1.3 Opzet van de studie	6
2 RUIMTELIJKE SCENARIO'S	9
2.1 Overzicht	9
2.2 Methodologie voor het genereren van de ruimtelijke scenario's	10
2.2.1 Data en modellen	11
2.2.2 Scenario 1: Business as usual (BAU)	12
2.2.3 Scenario 2: Beleidsplan Ruimte Vlaanderen (BRV)	14
2.2.4 Scenario 3: BRV met verhardende intensivering (BRV-INT)	15
2.3 Resultaten	16
2.3.1 Bevolking	16
2.3.2 Ruimtebeslag en verharding	18
3 IMPACT OP RIOOLWATERZUIVERINGSINSTALLATIES	23

3.1	Context	23
3.2	Methodologie	23
3.3	Resultaten	24
3.4	Conclusies	28
4	IMPACT OP RIOOLOVERSTROMINGEN EN –OVERSTORTEN	29
4.1	Context	29
4.2	Methodologie	29
4.2.1	InfoWorks ICM analyse: Merksem en Kortesse	29
4.2.2	Conceptueel Sirio model	33
4.2.2.1	<i>Keuze voor conceptuele modellering</i>	33
4.2.2.2	<i>Modelopbouw en statistische naverwerking</i>	34
4.2.2.3	<i>Modelparameters</i>	36
4.2.2.4	<i>Bronmaatregelen</i>	41
4.3	Resultaten	43
4.3.1	InfoWorks ICM analyses	43
4.3.1.1	<i>Merksem</i>	43
4.3.1.2	<i>Kortesse-Wimmertingen</i>	45
4.3.2	Vlaanderen (conceptuele modellering)	48
4.3.2.1	<i>Overstromingsfrequentie</i>	48
4.3.2.2	<i>Nodige uitbreiding rioleringsstelsel om eenzelfde overstromingsveiligheid te behouden</i>	53
4.3.2.3	<i>Nodige overstortbuffers om eenzelfde overstortfrequentie te behouden</i>	56
4.3.2.4	<i>Synthese en vertalen naar economische cijfers</i>	57
5	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	61
5.1	Ruimtelijke scenario's	61
5.2	Impact op de capaciteitsuitbreidingen van rioolwaterzuiveringsinstallaties	62
5.3	Impact op riooloverstromingen en –overstorten, en bijhorende capaciteitsuitbreidingen	62
5.4	Slotwoord	64
	REFERENTIES	67

BIJLAGE A: LANDGEBRUIKSKLASSEN	69
BIJLAGE B: OPPERVLAKTE PER LANDGEBRUIKSTYPE VITO RUIMTEMODEL SCENARIO'S	71
BIJLAGE C: TOENAME IN OVERSTROMINGSFREQUENTIE	73

SAMENVATTING

De Vlaamse Regering keurde op 30 november 2016 het Witboek Beleidsplan Ruimte Vlaanderen (BRV) goed. Het BRV, ook vaak naar gerefereerd als de “betonstop”, zal op termijn het Ruimtelijk Structuurplan Vlaanderen vervangen. Het Witboek formuleert doelstellingen, krachtlijnen en een strategische visie om de ruimte in Vlaanderen te transformeren en anders te beheren. Voorliggende studie heeft als doel om de impact van het Witboek Beleidsplan Ruimte Vlaanderen op rioleringen te bepalen.

De studie bestaat uit twee luiken. In het eerste luik werden ruimtelijke scenario's opgesteld inzake ruimtebeslag, verharding en bevolking. De studie beschouwt drie scenario's, conform (1) het huidig ruimtelijk beleid ("*business as usual*"; BAU), (2) de krachtlijnen uit het Witboek Beleidsplan Ruimte Vlaanderen (BRV) en (3) een tussenliggende situatie dat in hoofdzaak de krachtlijnen uit het Witboek volgt, maar de verharding binnen het bestaand ruimtebeslag alsnog toeneemt (BRV-INT). In het tweede luik van de studie werd de impact van deze scenario's ingeschat op de uitbreiding van rioolwaterzuiveringsinstallaties, riooloverstromingen en -overstorten, en de nodige uitbreiding van rioleringsinfrastructuur. Deze analyse werd op een conceptueel niveau uitgevoerd via modelanalyses.

Naar schatting 16,5% van Vlaanderen zal tegen 2040 uit verharde oppervlakte bestaan wanneer we het huidig beleid voortzetten (BAU-scenario). Vandaag is dat ongeveer 14,5%. Bijkomende verharding heeft nefaste gevolgen, zoals wateroverlast, verdroging en hittestress. Bij het BRV-scenario blijft de verharding beperkt tot circa 14,9% van Vlaanderen tegen 2040. Verharding in open ruimtes wordt teruggeschroefd, terwijl de bestaande ingenomen ruimte nuttiger en slimmer gebruikt wordt.

Extra verharding leidt rechtstreeks tot meer rioleringsoverstromingen en -overstorten. Bijkomende infrastructuur is nodig om dit te vermijden. Uit de studieresultaten blijkt dat tegen 2040 circa 3,4 miljard euro nodig is om de bijkomende verharding in het BAU-scenario op te vangen. Hiervan gaat 542 miljoen euro naar het uitbreiden van rioleringssystemen. De overige 2,8 miljard euro gaat naar de aanleg van niet-residentiële bronmaatregelen, zoals buffers langs nieuwe wegen, industrieterreinen en winkelketens. In het BRV-scenario dalen de nodige investeringen tot 1,6 miljard euro, oftewel een besparing van 1,8 miljard euro. Deze besparing stroomt deels naar de overheid, en deels naar private ontwikkelaars. Door meer te doen met de reeds ingenomen ruimte en in te zetten op creatieve ontwerpen dalen de overstromingsrisico's langs rioleringen zelfs licht. De nodige investeringen bij uitvoering van het BRV gaan dan ook volledig naar het bouwen van niet-residentiële bronmaatregelen. Particuliere bronmaatregelen, zoals verplichte hemelwaterputten en infiltratievoorzieningen, zijn eveneens opgenomen in de studie, maar niet vertaald naar economische gegevens.

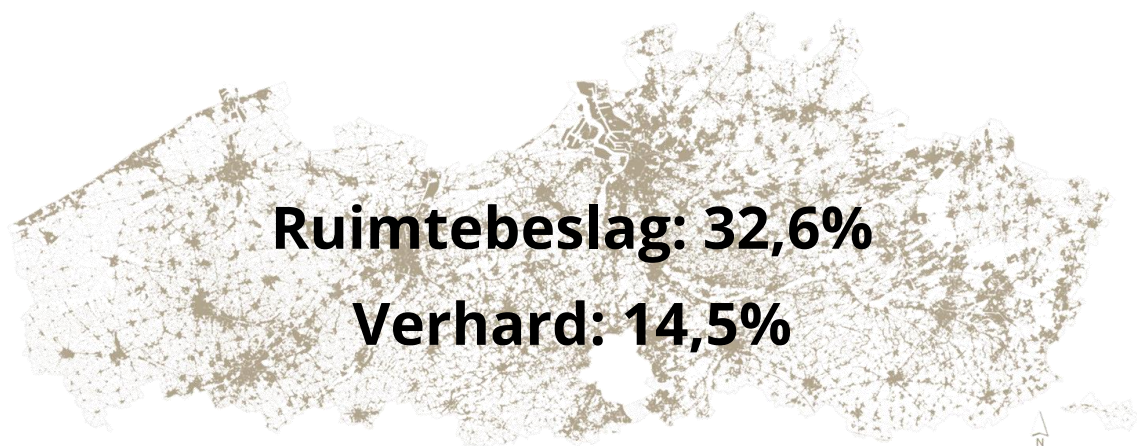
Daarnaast zal het BRV ook een impact hebben op waterzuivering. Door de verwachte bevolkingstoename in Vlaanderen zijn sowieso (beperkte) capaciteitsuitbreidingen aan de orde. De ruimtelijke ordening heeft geen impact op de totale nodige capaciteitsuitbreiding. Wel zijn de nodige uitbreidingen anders gespreid over Vlaanderen naargelang het gevolgd beleid. Het BRV stimuleert het ontwikkelen van goed ontsloten gronden, zoals in en rond steden. Hierdoor moeten vooral grotere rioolwaterzuiveringsinstallaties meer uitbreiden dan in het huidig ruimtelijk beleid. Het is dan ook wenselijk om de uitbreidingsplannen van deze installaties hierop af te stemmen.

Uit de studie blijkt nogmaals het belang van het uitbouwen van bronmaatregelen, en het afstemmen van ruimtelijke planning en waterbeheer. Creatieve ontwerpen met minder verharding en geïntegreerde bronmaatregelen zorgen voor maatschappelijke, ecologische én economische voordelen. Deze studie hield nog geen rekening met de gevolgen van klimaatverandering. Verwacht wordt dat klimaatverandering leidt tot frequentere en grotere overstromingen. Dit vergroot het belang van een aangepast en doordacht ruimtelijk beleid nog verder. Dit wordt in een apart rapport onderzocht.

1 Inleiding

1.1 Vlaanderen in cijfers

De bebouwde ruimte is de afgelopen decennia sterk toegenomen. Ongeveer 32,6% van de ruimte in Vlaanderen is ingenomen voor menselijke activiteiten (situatie 2015; Witboek, 2017). Circa 14,5% van de totale oppervlakte in Vlaanderen is vandaag effectief verhard (Witboek, 2017). De inname van nieuwe ruimte voor menselijke activiteiten bedraagt dagelijks gemiddeld 6 hectare. Als we het huidige ruimtelijk beleid verderzetten, zal de ingenomen ruimte toenemen tot 41,5% tegen 2050 (Van Broeck, 2014).



Figuur 1. Huidig ruimtebeslag en verhardingsgraad in Vlaanderen (bron: Ruimte Vlaanderen, Departement Omgeving).

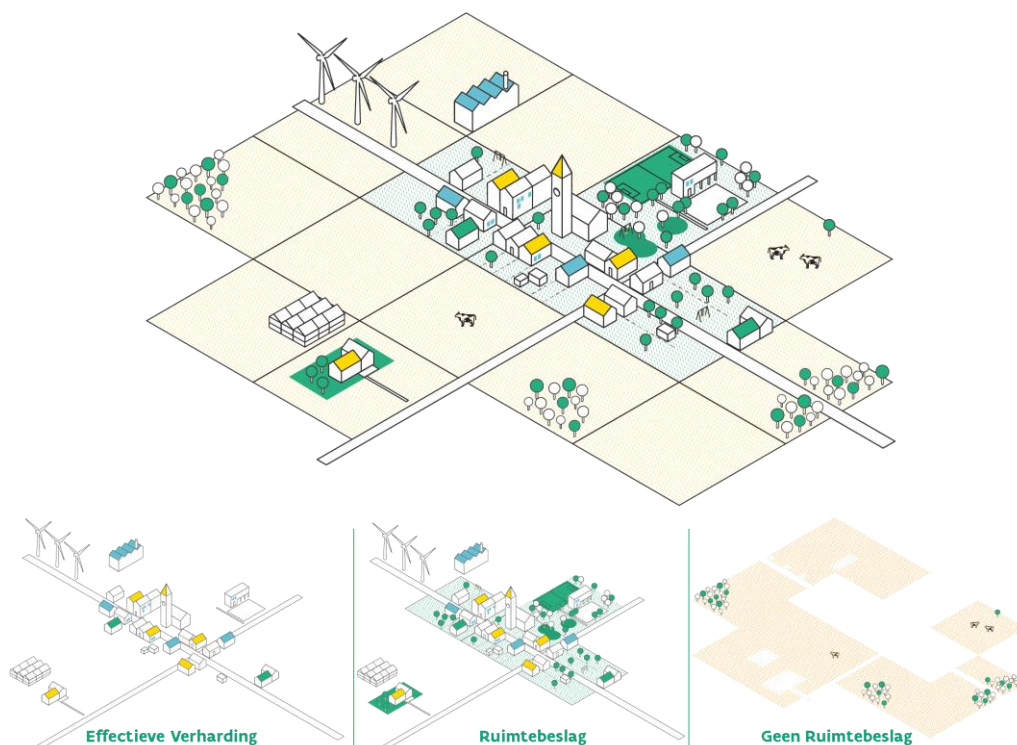
Vlaanderen heeft een groot aanbod van nog niet benutte ruimte, maar die wel reeds bestemd is voor harde functies zoals wonen of industrie. In 2014 omvatte Vlaanderen 42.000 hectare aan onbebouwde percelen voor wonen (Witboek, 2017). Een groot deel van deze voorraad woonpercelen is echter suboptimaal gelegen, zoals ver van infrastructuur en voorzieningen, of in overstromingsgevoelig gebied. De bestemmingsvoorraad van onbenutte bedrijvenpercelen bedroeg in 2014 ruim 10.000 hectare (Studiedienst Vlaamse Regering, 2015).

Oppervlakteverharding ligt mee aan de basis van problemen zoals wateroverlast, verdroging en daling van de grondwatertafel, hittestress, biodiversiteitsverlies en dergelijke. Verharding gaat ook gepaard met hoge investeringen en dito onderhoudskosten. Het verder toenemend ruimtebeslag en de stijgende verhardingsgraad vergroten deze problematiek dan ook verder en leiden tot verhoogde kosten. Een nieuw ruimtelijk beleid, dat duurzamer en efficiënter omspringt met de reeds ingenomen en nog open ruimte, is dan ook essentieel voor de toekomst van Vlaanderen.

1.2 Witboek Beleidsplan Ruimte Vlaanderen: naar een nieuw ruimtelijk beleid in Vlaanderen

De Vlaamse Regering streeft naar een nieuw ruimtelijk beleid dat, onder andere, efficiënter omspringt met de reeds ingenomen en nog open ruimte. Hiertoe formuleerde de Vlaamse Regering in het Vlaams Regeerakkoord 2014-2019 de ambitie om een Beleidsplan Ruimte Vlaanderen (BRV) te realiseren als opvolger van het Ruimtelijk Structuurplan Vlaanderen (RSV). Om dit te bereiken wordt een traject gevolgd dat de opmaak van een Groenboek, Witboek en (ontwerp) Beleidsplan omvat. Het Groenboek werd reeds op 4 mei 2012 goedgekeurd door de Vlaamse Regering. De consultatie over het Groenboek en het verdere beleidsontwikkelingstraject resulteerden in het Witboek. Dit boek beschrijft de strategische visie rond het BRV.

Om de krachtlijnen en doelstellingen in het BRV duidelijker te formuleren, werd het nieuw begrip "ruimtebeslag" gelanceerd in het Witboek. Het Witboek definieert ruimtebeslag als *"de ruimte, ingenomen door nederzettingen, dus door huisvesting, industriële en commerciële doeleinden, transportinfrastructuur, recreatieve doeleinden, serres, etc."* (Witboek, 2017). Dit stemt overeen met de Europese definitie van "settlement area". Het ruimtebeslag bevat bijgevolg ook de tuinen van woningen, sportvelden, parken en dergelijke. Het ruimtebeslag bedroeg circa 32,6% in 2015. Bijlage A bevat een overzicht met de beschouwde landgebruiksklassen, en of deze al dan niet beschouwd worden als ruimtebeslag. Niet het volledige ruimtebeslag is verhard. Het Witboek definieert verharding als *"de oppervlakte waarvan de aard en/of toestand van de bodemoppervlak gewijzigd is door het aanbrengen van artificiële, (semi-) ondoorlatende materialen waardoor essentiële ecosysteemfuncties van de bodem verloren gaan"* (Witboek, 2017). De verhardingsgraad van Vlaanderen bedraagt circa 14,4%.

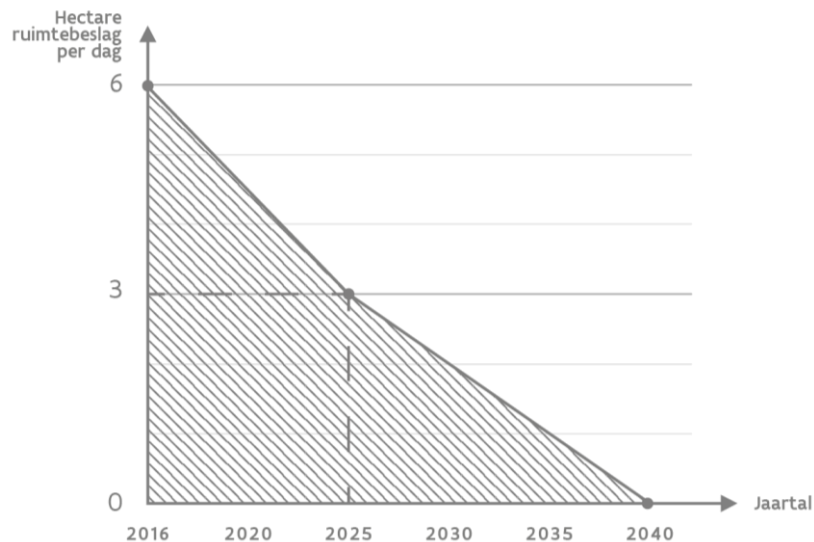


Figuur 2. Relatie tussen ruimtebeslag en verharding (bron: Ruimte Vlaanderen, Departement Omgeving).

Enkele van de belangrijkste krachtlijnen worden hieronder toegelicht.

- **Transitietraject: minder bijkomend ruimtebeslag.**

Het BRV streeft naar een afname van het bijkomend ruimtebeslag. Vandaag wordt gemiddeld 6 hectare per dag in Vlaanderen ingenomen door nieuw ruimtebeslag. Het BRV formuleert als doelstelling om dit bijkomend ruimtebeslag tegen 2025 reeds te halveren tot 3 hectare per dag, en dit verder te reduceren tot 0 hectare per dag tegen 2040. Vanaf dan zou er netto geen nieuw ruimtebeslag meer mogen zijn.

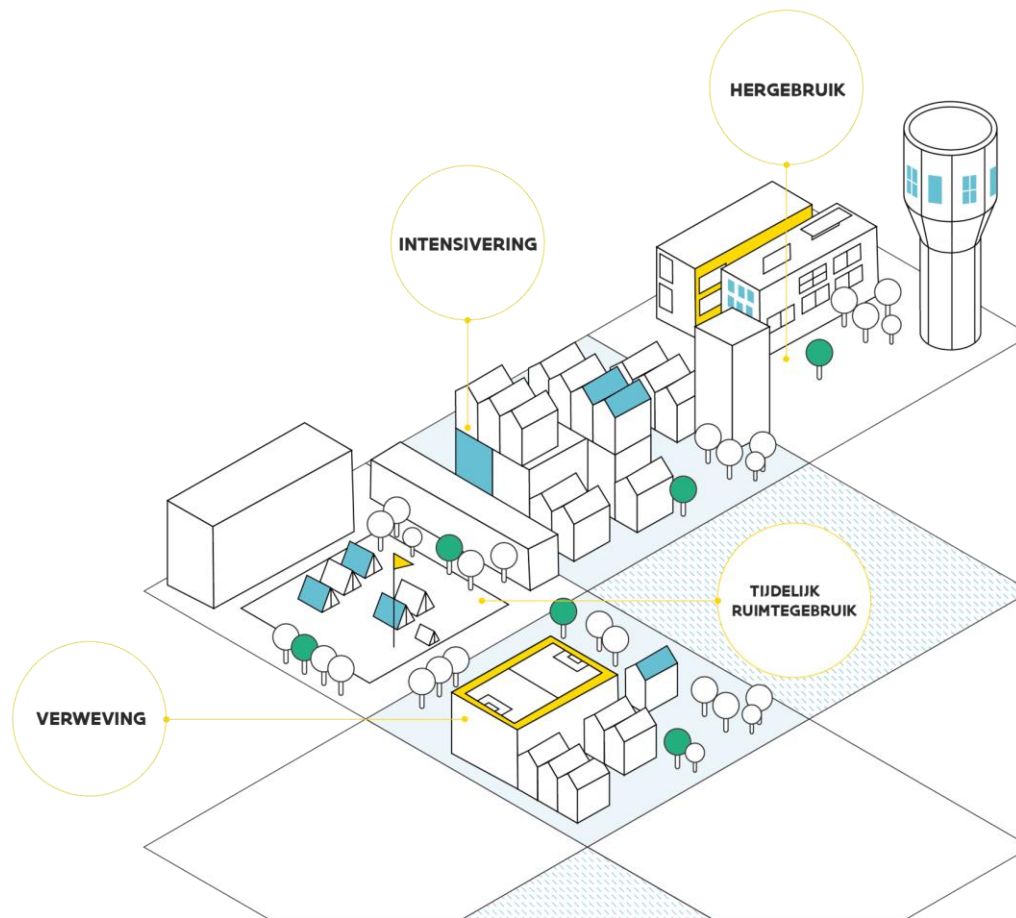


Figuur 3. Transitietraject voor bijkomend ruimtebeslag (Witboek, 2017).

Essentieel hierbij is dat nieuwe verharding een plaats gegeven wordt binnen het bestaand goed gelegen ruimtebeslag. Dit wordt deels beoogd door het verhogen van het ruimtelijk rendement. Ruimtelijk uitbreiden kan enkel nog wanneer er een aantoonbare maatschappelijke ruimtebehoefte is, en redelijke alternatieven via rendementsverhoging van het bestaand ruimtebeslag niet toereikend zijn. Bovendien kunnen ruimtelijke ontwikkelingen enkel plaatsvinden op locaties die goed gelegen zijn (een hoge knooppuntwaarde en voorzieningsniveau).

- **Ruimtelijk rendement verhogen. Meer doen met minder.**

Met het verhogen van het ruimtelijk rendement streeft het BRV naar het organiseren van meer activiteiten op dezelfde oppervlakte. In plaats van nieuwe ruimte aan te snijden om woningen, voorzieningen en infrastructuur te ontwikkelen, streeft het BRV naar het transformeren van ruimtes die al in gebruik genomen zijn. Elk jaar wordt ongeveer 2% van het bestaand ruimtebeslag vernieuwd, maar dat percentage kan volgens het BRV nog toenemen. Het Witboek rekent voor dat tegen 2050 naar schatting 134.000 hectare herontwikkeld kan worden. Dit gaat voornamelijk om woonwijken, bedrijventerreinen en havengebieden (Witboek, 2017). Voorbeelden van het verhogen van het ruimtelijk rendement zijn het bouwen van appartementen of aanleggen van sportterreinen boven supermarkten, het aanleggen van ondergrondse parkeerruimtes en het nuttig gebruiken van de vrijgekomen ruimte, het opdelen van villa's in meergezinswoningen of appartementen, het bouwen van kantoren bovenop stations, etc.



Figuur 4. Vormen van verhoging van ruimtelijk rendement (bron: Ruimte Vlaanderen, Departement Omgeving).

- **Anders ontwerpen.**

Om Vlaanderen leefbaar te houden en meer weerbaar te maken tegen klimaatverandering, wil het BRV creatieve ontwerpen promoten. Het BRV streeft naar een symbiose tussen stad en landelijk gebied via een fijnmazig netwerk van groenblauwe aders doorheen de ruimte. Dergelijk groenblauw netwerk bestaat uit waterlopen en natuurlijke structuren die doorheen de open en verstedelijkte ruimte lopen, en verschillende functies vervullen met het oog op waterbeheer, voedselproductie, biodiversiteit, gezond water, zuivere lucht, landschapsbeleving en recreatie.

Binnen dit kader streeft het BRV ook naar het terugdringen van de verhardingsgraad in de bestemmingen landbouw, natuur en bos tegen 2050 met minstens 1/5^{de}. Daarnaast beoogt het BRV een stabilisatie van de verhardingsgraad binnen bestemmingen gedomineerd door ruimtebeslag tegen 2050, en bij voorkeur een afname van de verharding ten opzichte van 2015. De verharding neemt na 2050 netto niet meer toe.

1.3 Opzet van de studie

Deze studie heeft als doelstelling om de impact van het BRV te analyseren op rioleringen in Vlaanderen.

Hoofdstuk 2 beschrijft het opstellen van ruimtelijke scenario's omtrent bevolking, ruimtebeslag en verharding. Scenario's worden opgesteld conform het huidig ruimtelijk beleid, het BRV en een tussenliggend scenario.

Hoofdstuk 3 analyseert de impact van elk ruimtelijk scenario op rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's) en de uitbreiding ervan. De analyse beschouwt alle RWZI's in Vlaanderen.

Hoofdstuk 4 bekijkt via zowel een InfoWorks ICM modellering (voor twee gevalstudies in Vlaanderen) als met een conceptuele modelbenadering de impact van veranderingen in verharding op riooloverstromingen en -overstorten. De conceptuele benadering analyseert de impact voor elke zuiveringszone in Vlaanderen voor de drie opgestelde scenario's. Hierbij wordt ook de impact van bronmaatregelen gekwantificeerd. De nodige toename in rioleringsinfrastructuur en bronmaatregelen worden vertaald naar investeringskosten.

Hoofdstuk 5 formuleert tot slot de belangrijkste conclusies en aanbevelingen van de studie.

2 Ruimtelijke scenario's

2.1 Overzicht

De evolutie van de bevolking in Vlaanderen en de verspreiding over Vlaanderen zijn onzeker. Ook de toekomstige verandering in ruimtebeslag en verharding zijn onbekend. Hoewel het BRV krachtlijnen en strategische doelstellingen formuleert inzake ruimtelijk beleid, ligt de concrete implementatie ervan nog niet vast. Zo beschouwt het BRV uiteenlopende scenario's. Een eerste (vergaand) scenario voor BRV omvat het actief schrappen van 90% van het slecht gelegen juridisch aanbod (met planschade) in de komende 10 jaar. Een alternatief scenario neutraliseert slechts 10% van het juridisch aanbod. Een derde en vierde scenario schrappen geen juridisch aanbod met planschade, maar beogen het overzetten (ruilen) van bouwrechten naar goedgelegen percelen.

Deze studie beschouwt drie scenario's om de impact van BRV te berekenen en vergelijken met het huidige ruimtelijk beleid, telkens met horizon 2040:

- **Scenario 1: Business as usual (BAU)**

Het BAU-scenario in deze studie stelt een voortzetting voor van het huidige ruimtelijk beleid. Dit komt, onder andere, overeen met een nieuw ruimtebeslag van circa 6 hectare per dag. 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.

- **Scenario 2: Beleidsplan Ruimte Vlaanderen (BRV)**

Het BRV-scenario omvat de krachtlijnen en strategische doelstellingen zoals geformuleerd in het Witboek. Waar nodig werden keuzes gemaakt om deze te vertalen naar een concreet ruimtelijk scenario. 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. Er vindt een doorgedreven intensivering plaats binnen het bestaand ruimtebeslag, die echter niet leidt tot bijkomende verharding binnen het bestaand ruimtebeslag. Nieuw ruimtebeslag wordt toegevoegd op locaties met de hoogste ruimtelijke kansen (conform de indicatoren van de "kansenkaart ruimtelijk rendement verhogen", zie hieronder).

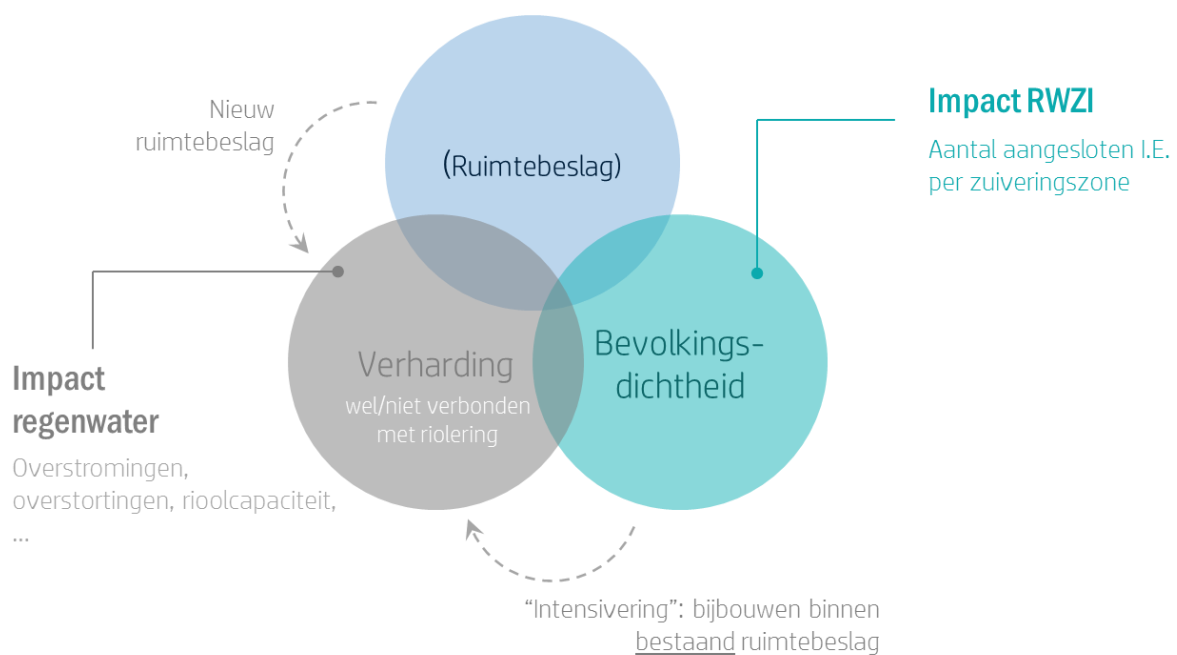
- **Scenario 3: Verdichten zonder aangepast ontwerp**

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.

Deze scenario's worden in deze studie ontwikkeld voor gans Vlaanderen met een ruimtelijke resolutie van 100 x 100 meter.

2.2 Methodologie voor het genereren van de ruimtelijke scenario's

Het is vanzelfsprekend dat het ruimtelijk beleid een impact heeft op rioleringen en RWZI's in Vlaanderen. De belangrijkste factoren hierbij zijn de bevolkingsverandering en de verhardingsgraad, en waar deze veranderingen precies gelokaliseerd zijn. Figuur 5 toont de complexe samenhang tussen het ruimtebeslag, de bevolkingsdichtheid en de verharding. Nieuw ruimtebeslag zal naar alle waarschijnlijkheid leiden tot bijkomende verharding. Maar ook intensivering binnen bestaand ruimtebeslag, bijvoorbeeld door het transformeren van een villaperceel naar een appartementsgebouw, kan leiden tot bijkomende verharding. Het omgekeerde is echter ook mogelijk. Een reconversie van een industrieel perceel kan bijvoorbeeld resulteren in een verminderde verhardingsgraad binnen het bestaand ruimtebeslag. Verder is niet alle verharding aangesloten op het rioleringsysteem. Het BRV stelt bijvoorbeeld een afname van de verharding in open ruimtes (bijvoorbeeld tussen landbouwpercelen) voorop van 20%. Deze afname in verharding zal slechts een zeer marginaal of zelfs geen effect hebben op de overstromingen langs rioleringen, omdat dergelijke verhardingen quasi nooit aangesloten zijn op de riolering. Daarnaast is er het aspect van bronmaatregelen die een grote impact kunnen hebben op het (stedelijk) waterbeheer. Bijkomende verharding kan immers deels gecompenseerd worden op vlak van waterbeheer door het uitbouwen van infiltratievoorzieningen, hemelwaterbuffers, of het ontharden van een ander stuk grond.



Figuur 5. Samenhang tussen bevolkingsdichtheid, ruimtebeslag en verharding.

Deze studie probeert met al deze factoren rekening te houden. Het BRV (maar ook het huidig ruimtelijk beleid) formuleren geen exacte doestellingen op vlak van verharding, maar spreken veeleer van kwantificeerbare doelstellingen op vlak van ruimtebeslag. Daarom maakt deze studie enkele gefundeerde aannames op basis van ruimtelijke modellen, data en kennis beschikbaar in Vlaanderen. De gebruikte data en modellen voor het genereren van de ruimtelijke scenario's en de achterliggende methodologie worden hieronder toegelicht. Merk op dat bronmaatregelen pas worden toegevoegd in de hydraulische analyse van Hoofdstuk 4.

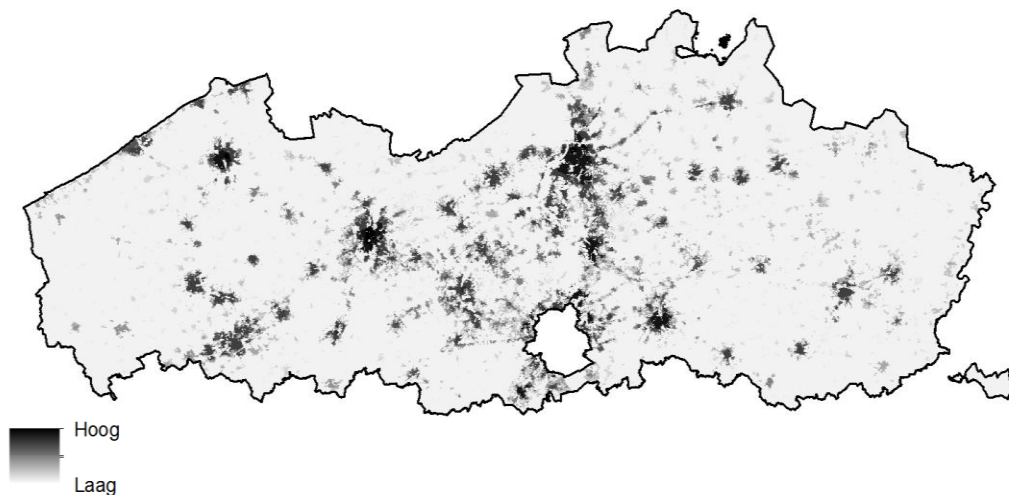
2.2.1 Data en modellen

Het VITO RuimteModel werd in het kader van eerdere studies gebruikt om landgebruik- en bevolkingskaarten te genereren voor verschillende scenario's.

Deze studie gebruikt de ruimtelijke **bevolkingskaarten** uit het RuimteModel die opgesteld zijn volgens de BAU- en Ruimteneutraal-scenario's. Hierbij komt het BAU-scenario uit het RuimteModel overeen met het BAU-scenario in deze studie. De totale bevolkingstoename in het BAU-scenario is conform de projecties van het Federaal Planbureau, en is geënt op het arrondissementsniveau (NUTS 3). Deze voorspellen een bevolkingstoename van circa 720.000 in Vlaanderen tegen 2050 (White et al., 2015). Dit is conform de projecties van het Federaal Planbureau (Federaal Planbureau en Algemene Directie Statistiek, 2014). Het RuimteModel maakt gebruik van het algoritme van Mennis (2003) om bevolkingsprojecties te spreiden over cellen van landtypes "residentieel" en "mixed residentieel". Deze kaarten zijn beschikbaar van 2010 tot 2050. Het Ruimteneutraal-scenario uit het RuimteModel lijkt sterk op het BRV-scenario in deze studie en gaat uit van dezelfde principes, maar beide zijn niet identiek. Zo wordt er, onder andere, een verschillende transitiecurve gevolgd in het Ruimteneutraal-scenario: van het huidig ruimtebeslag naar circa 3 hectare per dag in 2020 en pas geen netto bijkomend ruimtebeslag tegen 2050. Toch worden de bevolkingskaarten van het Ruimteneutraal-scenario uit het VITO RuimteModel gebruikt voor de bevolkingskaarten van het BRV-scenario in deze studie. Er wordt immers verwacht dat de licht andere transitiecurve geen significante impact zal hebben op de ruimtelijke spreiding van de bevolkingskaarten.

Naast de bevolkingskaarten levert het VITO RuimteModel ook **landgebruikskaarten** voor het BAU- en Ruimteneutraal scenario. Voorliggende studie gebruikt ook deze BAU-landgebruikskaarten voor het verfijnen van de verhardingsgraadberekening in het BAU-scenario. De landgebruikskaart van het Ruimteneutraal-scenario uit het VITO RuimteModel wordt echter niet rechtstreeks gebruikt. Er wordt verwacht dat de gewijzigde transitiecurve wel een niet te verwaarlozen impact heeft op de verhardingsgraad in Vlaanderen. Deze Ruimteneutraal-landgebruikskaart wordt wel gebruikt om verwachte transities in landgebruikstypen (bijvoorbeeld omvorming van industrie naar residentieel) en de relatieve toename of afname binnen elk landgebruikstype te bepalen. Merk op dat de landgebruikskaarten geen directe informatie geven over de verharding. De verharding is net een van de bepalende factoren in deze studie.

Verder is ook een kaart beschikbaar die het ruimtelijk rendement en de ruimtelijke ontwikkelingskansen samenvat (verder in deze studie de **kansenkaart** genoemd). Deze kaart met resolutie 1 hectare geeft elke locatie in Vlaanderen een score van 0 tot 115, waarbij de hoogste score wijst op locatie met de hoogste (dus de meest wenselijke) ontwikkelingskansen. Figuur 6 toont een vereenvoudigde weergave van dergelijke kansenkaart. Deze kaart werd opgesteld door VITO (zie o.a. Poelmans et al., 2016) en is een work-in-progress met loutere onderzoekswaarde. Deze kaart geeft bijgevolg zeker nog geen definitieve beleidsmatige beslissingen weer. De kaart werd in deze studie gebruikt voor het bepalen waar de meeste ontwikkelingskansen liggen in het BRV-scenario. Zoals §2.2.3 beschrijft wordt nieuw ruimtebeslag in het gebruikte BRV-scenario preferentieel toegevoegd op locaties met de hoogste ontwikkelingskansen.



Figuur 6. Vereenvoudigde weergave van een rendementskansenkaart.

Tot slot werd de **bodemafdekkingskaart** (BAK) met 5 meter resolutie van het Agentschap Informatie Vlaanderen gebruikt. Deze kaart geeft in hoge resolutie de bodemafdekkingsgraad weer als gevolg van verharding en bebouwing. Deze kaart werd, onder andere in aanloop naar het BRV opgesteld in 2014-2015 in samenwerking met AGIV en LNE. De kaart is online raadpleegbaar via GeoPunt Vlaanderen. Deze kaart is enkel beschikbaar voor de toestand in Vlaanderen in 2012.

2.2.2 Scenario 1: Business as usual (BAU)

Het BAU-scenario in deze studie stelt het huidig ruimtelijk beleid voor. Dit scenario is dus een verderzetting van de huidige praktijken.

De **bevolkingskaart 2040** in het BAU-scenario is dezelfde als gegenereerd door het VITO RuimteModel met het BAU-scenario (zie ook §2.2.1). Deze kaarten houden dus ook rekening met de bevolkingsprojecties conform het Federaal Planbureau, en de (toekomstige) spreiding van de bevolking over arrondissementen.

De **verhardingskaart 2040** werd in deze studie afgeleid. Hiertoe werd vertrokken van de landgebruikskaart uit het VITO RuimteModel in het BAU-scenario. Deze kaart geeft het toekomstig landgebruik weer onder het BAU-scenario. Deze landgebruikskaart geeft echter geen verhardingsgraden. Om deze vertaling van landgebruik naar verharding correct uit te voeren, is het belangrijk om rekening te houden met de verschillende randvoorwaarden en evoluties. Zo verschilt bijvoorbeeld de verhardingsgraad per type landgebruik. Residentiële gebieden hebben vanzelfsprekend een andere verhardingsgraad dan commercieel landgebruik (zoals kantoren, winkels, etc.). Maar daarnaast speelt ook de locatie in Vlaanderen een rol: een residentieel landelijke gebied kent een andere verhardingsgraad dan residentieel gebied in het centrum van steden. Ten derde kan ook binnen eenzelfde landgebruikstype (bijvoorbeeld residentieel reeds bebouwd gebied; dus binnen het bestaand ruimtebeslag) op eenzelfde locatie de verharding variëren over tijd. Dit wordt veroorzaakt door intensivering van landgebruik. Een voorbeeld hiervan is de transformatie van een villaperceel naar een appartementencomplex.

Om met deze verschillende evoluties en randvoorwaarden rekening te houden, wordt in **twee stappen gewerkt voor het aanmaken van toekomstige verhardingskaarten**. In een eerste stap wordt de landgebruikskaart voor 2040 (verkregen uit het VITO RuimteModel met BAU-scenario) omgezet naar een verhardingskaart. Hiertoe werd een GIS-algoritme ontwikkeld (zie verder). In een tweede

stap wordt de intensivering in rekening gebracht binnen bestaand ruimtebeslag (dus binnen een landgebruikstype) op basis van de bevolkingstoename. Beide stappen worden hieronder in meer detail toegelicht.

In een eerste stap vertaalt het **GIS-algoritme** voor elke pixel in Vlaanderen (met resolutie 100x100 meter) het landgebruik in verharding op basis van de bodemafdekkingskaart (BAK; zie ook §2.2.1). Dit gebeurt als volgt. Het algoritme zoekt voor elke pixel waarbij het landgebruik wijzigde ten opzichte van de huidige situatie in een straal van 700 meter het overeenkomstig landgebruik dat bovendien ongewijzigd is gebleven ten opzichte van de huidige situatie (zie ook Figuur 7). Indien er binnen een straal van 700 meter te weinig eenzelfde landgebruiksklassen geïdentificeerd worden, wordt de straal stelselmatig vergroot. Bijvoorbeeld, een pixel wordt omgevormd van een klasse “lichte industrie” (heden) naar “residentieel” (2040). Deze transformatie werd bepaald door het VITO RuimteModel voor het BAU-scenario. Bijgevolg gaat dit gepaard met een gewijzigde verharding. Het algoritme zoekt dan in een straal van 700 meter rond deze pixel naar “residentieel” landgebruik dat ook reeds in het heden als dusdanig geklasseerd was. Voor deze geïdentificeerde pixels met eenzelfde maar ongewijzigd landgebruik, wordt vervolgens de gemiddelde verhardingsgraad bepaald volgens de BAK. Deze kaart geeft de verhardingsgraad aan voor de huidige situatie. Op die manier kan er rekening gehouden worden met de differentiatie in verhardingsgraden per landgebruikstype, maar ook met de locatie over Vlaanderen (bijvoorbeeld landelijk versus stedelijk gebied).



Figuur 7. GIS-algoritme voor het identificeren van gelijksoortig landgebruik in de onmiddellijke omgeving.

De tweede stap brengt de **intensivering** in het landschap in waarbij het ruimtelijk rendement verhoogt. Deze intensivering zal minder uitgesproken zijn dan in het BRV-scenario, maar wordt wel verwacht een impact te hebben. Dit uit zich immers ook reeds in het huidige ruimtegebruik: nieuwe woningen worden bijvoorbeeld alsmaar kleiner in vergelijking met vroeger, en er worden meer en meer appartementen gebouwd. Bij het opmaken van de ruimtelijke kaarten wordt intensivering enkel gelinkt aan bevolkingstoename. Hierdoor vindt er dus ook enkel intensivering plaats binnen de landgebruiksklassen “residentieel” en “mixed residentieel”. Om de intensivering te kwantificeren, wordt aangenomen dat 62% van de bijkomende bevolking (tegen 2040) zich over nieuw ruimtebeslag zal verspreiden, en dus 38% van de bijkomende bevolking in bestaand ruimtebeslag terecht komt. Deze cijfers zijn conform de huidige toestand en werden verkregen bij overleg met Ruimte Vlaanderen (vergadering 7 februari 2018). Dus, 38% van de bevolkingstoename wordt toegevoegd in het huidige residentieel ruimtebeslag, wat gepaard gaat met een toename van de verharding. Hiertoe wordt volgende formule gebruikt op arrondissementsniveau:

$$\Delta IE_{2040} \cdot 0,38 \cdot \frac{\text{verharde oppervlakte}}{I.E.} = \text{extra verharding binnen bestaand ruimtebeslag}$$

Hierbij stelt ΔIE_{2040} de netto toename voor van de bevolking in een arrondissement tegen 2040, 0,38 refereert naar de 38% van de bevolking die zich verspreid over het bestaand ruimtebeslag en *verharde oppervlakte/I.E.* stelt de verharde oppervlakte voor die binnen een arrondissement gemiddeld wordt ingenomen door 1 bewoner [m²] in de huidige situatie. Dit laatste cijfer wordt dus opnieuw ruimtelijk verdeeld over Vlaanderen berekend (per arrondissement) voor het landgebruikstype “residentieel”, omdat ook dit cijfer zal verschillen over Vlaanderen (bijvoorbeeld meer verstedelijkte gebieden versus landelijk). Merk op dat indien er een bevolkingsafname is op arrondissementsniveau tegen 2040 er geen intensivering plaats vindt. Er wordt dan evenwel ook geen verharding geschraapt in het BAU-scenario. Deze formule en werkwijze gaat bijgevolg uit van een gelijkblijvende “verhardingsfootprint” van de bevolking.

Merk op dat niet alle verharding ook aangesloten is op de riolering, en dus relevant is voor deze studie. Enkel de verharding van landgebruiksklassen “residentieel”, “mixed residentieel”, “detailhandel en horeca”, “kantoren en administratie”, “overige diensten” en “overige” (zie definities in Bijlage A) worden verondersteld aangesloten te zijn op de riolering. De andere landgebruiksklassen veranderingen overigens minder significant.

2.2.3 Scenario 2: Beleidsplan Ruimte Vlaanderen (BRV)

Het tweede scenario beschrijft het BRV in ambitieuze vorm. Dit komt overeen met het schrappen (of ruilen) van quasi alle slecht gelegen gronden. Bovendien wordt er verondersteld dat er binnen bestaand ruimtebeslag geen bijkomende verharding bijkomt. Intensivering wordt dus niet expliciet ingerekend, maar wel verondersteld plaats te vinden in realiteit. Kortom, het ruimtelijk rendement verhoogt, maar door gebruik te maken van creatieve ingrepen, ontharding elders, etc. wordt verondersteld dat de verharding niet verder toeneemt binnen bestaand ruimtebeslag.

De **bevolkingskaart 2040** in het BRV-scenario is dezelfde als gegenereerd door het VITO RuimteModel met het RuimteNeutraal-scenario (zie ook §2.2.1). De lezer wordt verwezen naar (White et al., 2015) voor meer informatie over dit scenario en de berekeningen. Merk op dat de totale bevolkingsaantallen over Vlaanderen wel identiek zijn aan het BAU-scenario, maar enkel de ruimtelijke verspreiding over Vlaanderen verschilt.

De **verhardingskaart 2040** wordt zelf gegenereerd op basis van de kansenkaart (zie §2.2.1), aangezien het RuimteNeutraal-scenario in het VITO RuimteModel van licht andere veronderstellingen uitgaat. Zo volgt het RuimteNeutraal-scenario bijvoorbeeld een andere transitiecurve voor bijkomend ruimtebeslag. Daarom wordt beslist om zelf de verhardingskaart te genereren voor het BRV-scenario in deze studie op basis van een **nieuw aangemaakte landgebruikskaat 2040**, maar waarbij bepaalde principes en bijhorende veranderingen in ruimtegebruik wel overgenomen worden van het RuimteNeutraal-scenario dat gesimuleerd werd met het meer gedetailleerde VITO RuimteModel. Uit analyse van simulatieresultaten van het VITO RuimteModel met het RuimteNeutraal-scenario blijkt dat 83% van het nieuw ruimtebeslag van het residentiële type is, en 17% commercieel landgebruik is (voornamelijk “groothandel en transport en verkeer”, “detailhandel en horeca”). Dit werd afgeleid uit de gesimuleerde oppervlaktes per landgebruiksklasse in het RuimteNeutraal-scenario met het VITO RuimteModel (zie ook Bijlage B voor deze gegevens). Uit die simulaties blijkt immers dat er circa 27.460 ha residentieel ruimtebeslag bijkomt tussen 2010 en 2050, en ongeveer 5.720 hectare commercieel landgebruik over diezelfde periode. Een belangrijke nota hierbij is dat de ruimtelijke resolutie van deze kaarten 100x100 meter is. Bijgevolg zit wegens ook vervat in de dominerende omliggende landgebruiksklasse. Bijvoorbeeld, een weg door de bebouwde kom zal vervat zitten in de

klasse “residentieel” landgebruik. Kortom, wegenis zit veelal inherent ingerekend in de landgebruiksklassen.

Voor het aanmaken van deze landgebruikskaart 2040 wordt de transitiecurve van het BRV-scenario gevolgd voor het toevoegen van nieuw ruimtebeslag (zie ook Figuur 3). Dit nieuw ruimtebeslag wordt toegevoegd op de locaties met de hoogste scores op de rendementskansenkaart. Voor de volledige tijdshorizont (heden tot 2040) wordt het totale nieuw ruimtebeslag berekend op basis van de transitiecurve. Vervolgens wordt eerst nieuw ruimtebeslag toegekend aan de locaties met de hoogste score. Vervolgens wordt het overige (nog niet toegekende maar bijkomend) ruimtebeslag toegekend aan de locaties met de tweede hoogste score volgens de kansenkaart, enzoverder. Dit proces wordt dus herhaald tot het volledige bijkomend ruimtebeslag een locatie heeft gekregen. Op beleidsmatig niveau komt dit overeen met een sterke sturing van de inname van nieuwe ruimte, waarbij het juridisch aanbod van de slecht gelegen gronden geschrapt/geruild wordt. Van het nieuw ruimtebeslag wordt er 83% toegekend aan het residentieel type, en de overige 17% aan commercieel conform de simulaties met het meer gedetailleerde VITO RuimteModel met het RuimteNeutraal-scenario.

Tot slot wordt de vertaling gemaakt van de landgebruikskaart 2040 naar de verhardingskaart 2040. Hiervoor wordt opnieuw het ontwikkelde GIS-algoritme gebruikt zoals beschreven in §2.2.2. Dit algoritme transformeert landgebruik bijgevolg in verharding op basis van locatie en type specifieke karakteristieken over Vlaanderen. In tegenstelling tot het BAU-scenario (§2.2.2) en het derde scenario (§2.2.4) vindt er geen expliciete intensivering plaats binnen bestaand ruimtebeslag. Het BRV-scenario veronderstelt uiteraard wel dat dergelijke intensivering plaatsvindt (ook het wisselen van landgebruikstypen binnen bestaand ruimtebeslag), maar gaat ervan uit dat dit niet tot bijkomende verharding leidt. Daarnaast vindt er een algemene reductie plaats van de verharding met 20% in open ruimtes (zoals voor landbouw, ...), conform de krachtlijnen uit het Witboek. Deze reductie wordt uniform doorgevoerd in de open ruimte, aangezien niet bepaald kan worden welke locaties preferentieel onthard zullen worden.

Uiteraard is niet alle verharding aangesloten op de riolering. Net zoals in het BAU-scenario, worden enkel bepaalde klassen verondersteld verbonden te zijn met de riolering.

2.2.4 Scenario 3: BRV met verhardende intensivering (BRV-INT)

Het derde scenario (verder BRV-INT-scenario genoemd, of eenvoudigweg “scenario 3”) is identiek aan het BRV-scenario, behalve dat dit derde scenario veronderstelt dat de intensivering in het bestaand ruimtebeslag wel tot bijkomende verharding zal leiden.

De **bevolkingskaart 2040** in het BRV-INT-scenario is dezelfde als het BRV-scenario, en werd dus gegenereerd door het VITO RuimteModel met het RuimteNeutraal-scenario (zie ook §2.2.1).

De **verhardingskaart 2040** gaat uit van dezelfde principes als in het BRV-scenario, maar waar extra intensivering aan werd toegevoegd. De verhardingskaart vertrekt bijgevolg van de landgebruikskaart die aangemaakt werd in het BRV-scenario (§2.2.3), maar voegt hier verdere verfijningen aan toe. Omdat nu wel aangenomen wordt dat de verharding binnen bestaand ruimtebeslag kan toenemen, is het ook van belang om de reconversies van landgebruiksklassen expliciet te kwantificeren. Concreet, in het BRV-scenario was het mogelijk dat een perceel met groothandel wordt omgevormd tot residentieel gebied, maar werd verondersteld dat dit niet tot een netto verandering van verharding leidt. Daarom moet dit dan ook niet expliciet berekend worden. In dit BRV-INT scenario is dergelijke conversie eveneens mogelijk, maar wordt de verandering in verharding wel ingerekend. Het is dan dus ook nodig om te berekenen hoeveel landgebruik verandert om de impact op de verharding in te schatten.

Om de landgebruikskaart 2040 voor het BRV-INT-scenario op te stellen, worden twee extra stappen toegevoegd aan de eerder verkregen landgebruikskaart 2040 van het BRV-scenario. Ten eerste

gebeurt er een reconversie van 15% van het bebouwd niet-residentieel landgebruik naar bebouwd residentieel landgebruik. Deze waarde van 15% is opnieuw gebaseerd op meer gedetailleerde simulaties van het VITO RuimteModel met het RuimteNeutraal-scenario (zie ook gegevens in Bijlage B). Deze reconversie gebeurt preferentieel in gebieden met een hogere score op de kanskaart. Ten tweede vindt er, net zoals in het BAU-scenario, een expliciete intensivering plaats ten gevolge van de bevolkingstoename. Deze intensivering komt dus overeen met het verhogen van het ruimtelijk rendement, en een toename van verharding. De aanname uit het BAU-scenario dat naar schatting 38% van de bijkomende bevolking in bestaand ruimtebeslag terecht komt, gaat door het gewijzigd ruimtelijk beleid wellicht niet meer op. Er is in het BRV- en BRV-INT-scenario immers een reductie van nieuw ruimtebeslag, waardoor ook de toename van residentiële ruimte minder is dan in het BAU-scenario. Daarom wordt verwacht dat er, in vergelijking met het BAU-scenario, een groter deel van de bevolking in bestaand ruimtebeslag terecht komt. Om dit te kwantificeren wordt eerst berekend welk deel van de bevolkingstoename vermoedelijk terecht zal komen in het nieuwe residentiële ruimtebeslag (het bijkomend residentieel ruimtebeslag ten gevolge van het aansnijden van nieuwe ruimte en ten gevolge van de conversies van landgebruikstypen). Dit wordt opnieuw gedaan op basis van het GIS-algoritme beschreven in §2.2.2 bij het luik intensivering. Vervolgens wordt de bijkomende verwachte verharde oppervlakte als volgt ingeschat op arrondissementsniveau:

$$(IE_{2040,totaal} - IE_{2040,bestaand\ ruimtebeslag}) \cdot \frac{verharde\ oppervlakte}{I.E.} \cdot \frac{1}{2}$$

= extra verharding binnen bestaand ruimtebeslag

met $IE_{2040,totaal}$ de totaal verwachte bevolking in 2040 in het beschouwde arrondissement, $IE_{2040,bestaand\ ruimtebeslag}$ de bevolking in datzelfde arrondissement dat in het bestaand ruimtebeslag terecht komt, en $verharde\ oppervlakte/I.E.$ de verharde oppervlakte die binnen een arrondissement gemiddeld wordt ingenomen door 1 bewoner [m^2]. Op dit laatste wordt, in tegenstelling tot het BAU-scenario, een factor 0.5 toegepast. Deze aanname betekent dus concreet dat verwacht wordt dat de intensivering efficiënter zal gebeuren dan in het BAU-scenario, en de verhardings-footprint van de bevolking halveert ten opzichte van de huidige situatie.

2.3 Resultaten

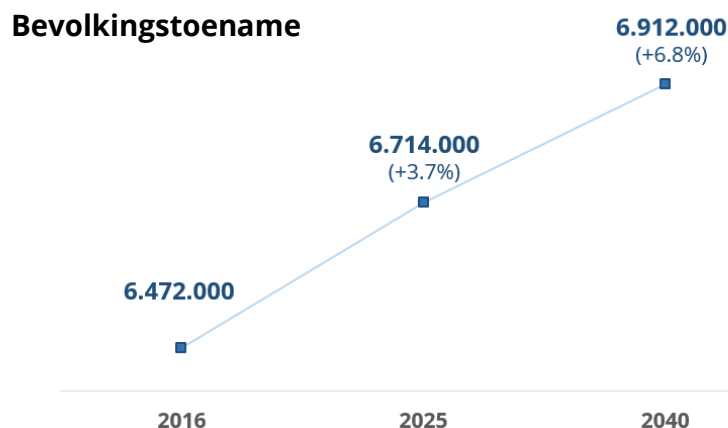
Deze paragraaf beschrijft de resultaten van de hierboven beschreven methodologie voor de drie scenario's op vlak van bevolking en verharding.

2.3.1 Bevolking

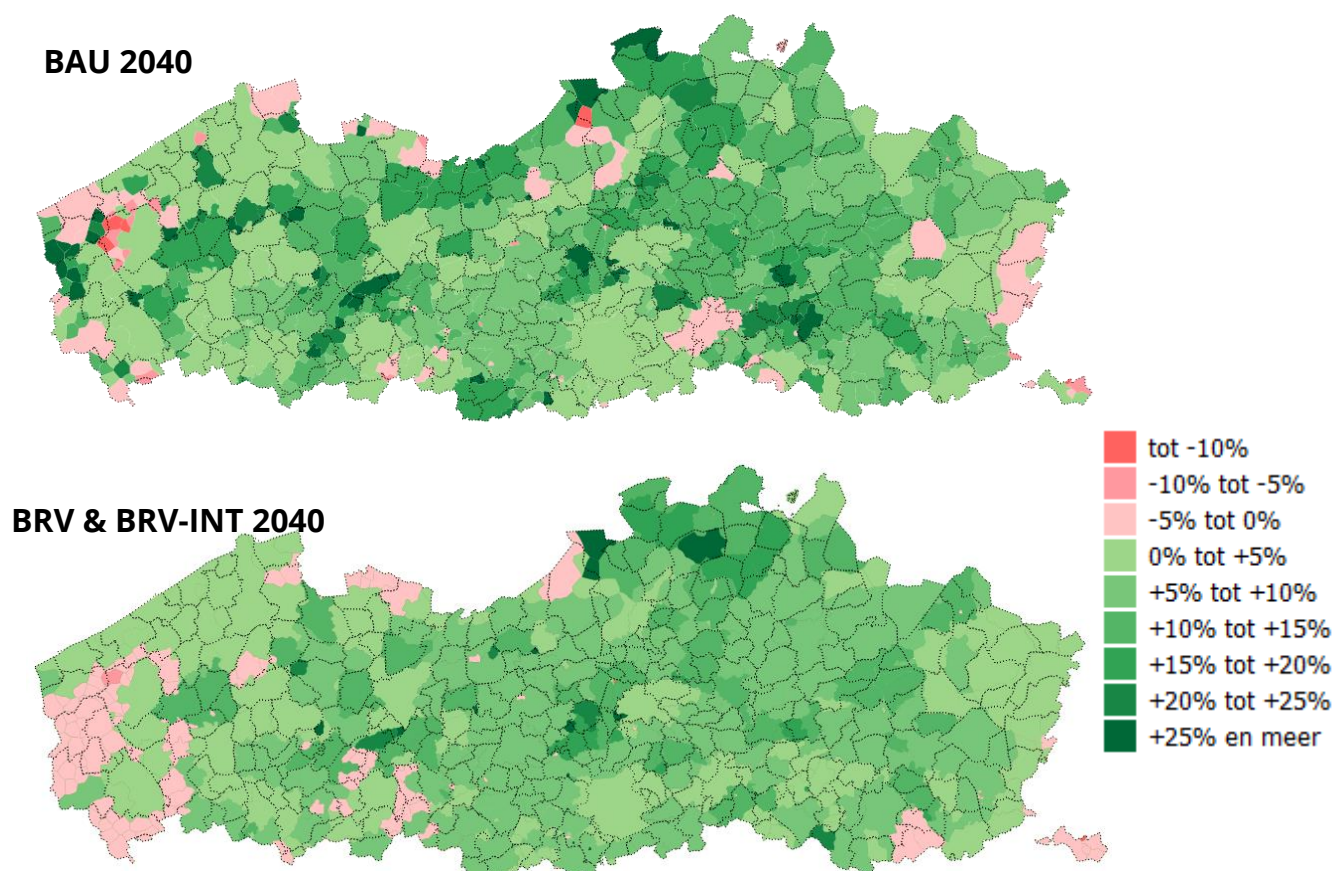
Figuur 8 toont de verwachte bevolkingstoename voor 2025 en 2040 over gans Vlaanderen. Deze toename is onafhankelijk van het gevolgde scenario. Concreet wordt een bevolkingstoename verwacht van circa 7% tegen 2040. Dit zal een impact hebben op de nodige capaciteitsuitbreidingen van RWZI's, maar leidt in de ruimtelijke scenario's ook tot bijkomende verharding in de vorm van nieuwe woningen.

Figuur 9 toont de spreiding van de verwachte bevolkingstoename over Vlaanderen voor de BAU en BRV-scenario's tegen 2040 in vergelijking met 2016. Figuur 10 toont dezelfde resultaten, maar relatief uitgezet tegenover elkaar: hoe donkerder rood het arrondissement, hoe kleiner de

bevolkingstoename (of hoe groter de bevolkingsafname) in het BRV scenario in vergelijking met het BAU-scenario. Uit Figuur 9 valt af te leiden dat bijna overal een bevolkingstoename te verwachten valt tegen 2040, zowel in het BAU- als in het BRV-scenario. De uitersten van Vlaanderen (in het oosten en westen) kennen lokale een lichte verwachte bevolkingsdaling. In het BRV-scenario daalt de bevolking in de westhoek iets meer dan in het BAU-scenario. De as tussen Leuven en Hasselt kent een significant lagere bevolkingstoename in het BRV-scenario dan in BAU. De bevolking in steden neemt in het BRV-scenario iets meer toe dan in BAU. Verder zijn de verschillen over het algemeen beperkt.

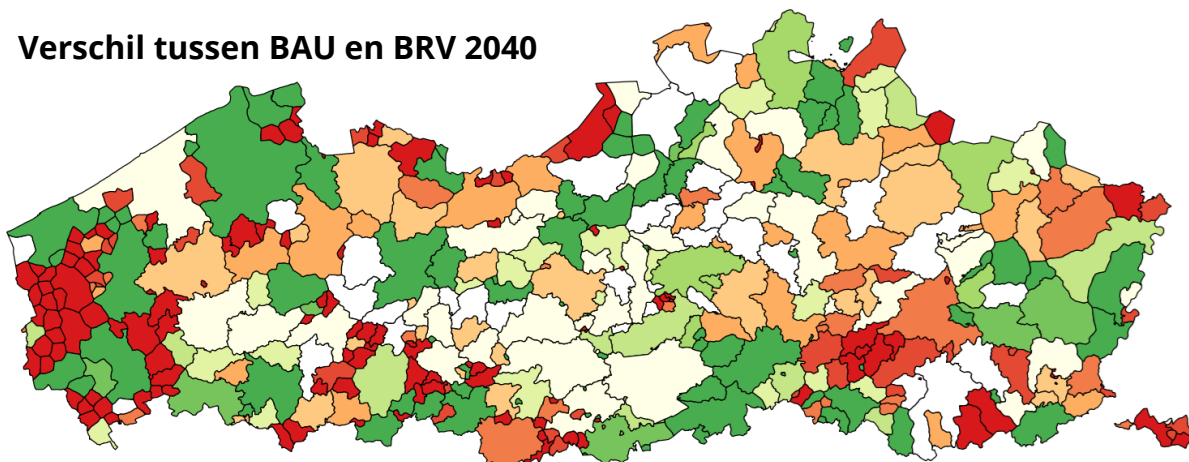


Figuur 8. Bevolkingstoename over gans Vlaanderen (gelijk voor de drie beschouwde scenario's).



Figuur 9: Verwachte bevolkingsverandering per arrondissement in Vlaanderen tegen 2040 in vergelijking met 2016 in het BAU-scenario (boven) en BRV- en BRV-INT-scenario's (onder).

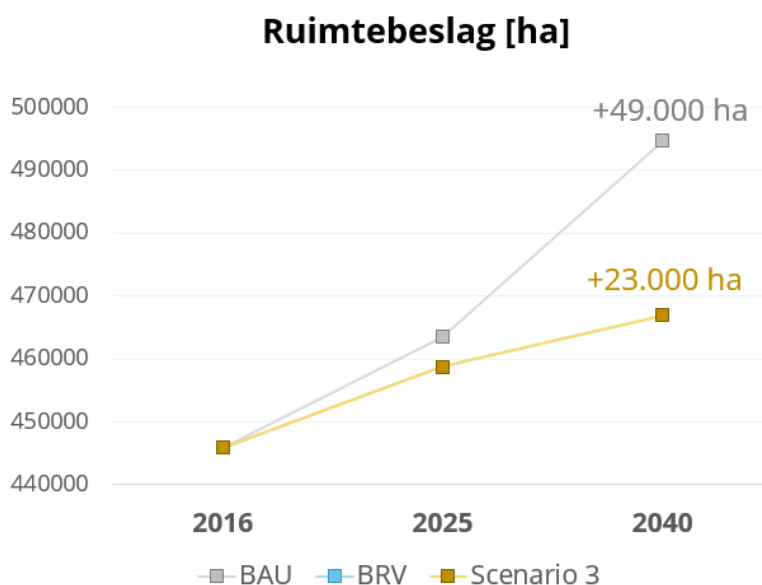
Verschil tussen BAU en BRV 2040



Figuur 10: Relatieve verschilkaart in bevolkingstoename/-afname tussen het BAU- en het BRV-scenario. Hoe donkerder rood, hoe kleiner de toename (of hoe groter de afname) in bevolking in BRV dan in BAU.

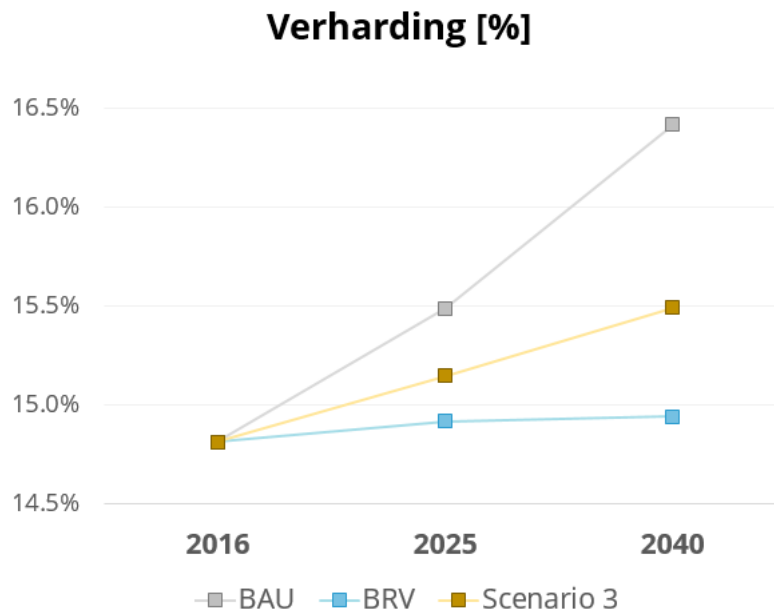
2.3.2 Ruimtebeslag en verharding

De cijfers voor ruimtebeslag en verharding verschillen veel meer dan de bevolkingscijfers voor de verschillende scenario's. Figuur 11 toont het huidige en toekomstig ruimtebeslag voor de 3 ontwikkelde scenario's. De BRV- en BRV-INT-scenario's genereren hetzelfde ruimtebeslag, aangezien deze dezelfde transitiecurve volgen. Het toegenomen ruimtebeslag is uiteraard de oppervlakte onder de bijhorende transitiecurve.



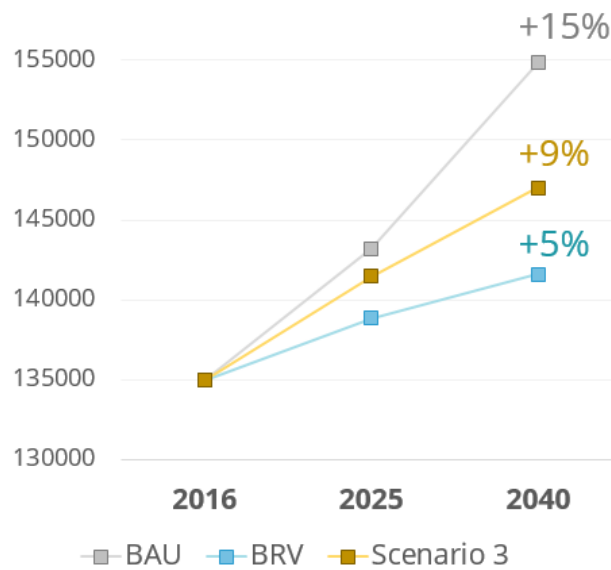
Figuur 11. Ruimtebeslag over Vlaanderen in het BAU en de twee BRV-scenario's.

Figuur 12 toont de verhardingsgraad over gans Vlaanderen voor de verschillende scenario's. Hierop is vooral de sterke stijging in verhardingsgraad te zien voor het BAU-scenario: de verhardingsgraad neemt toe tot circa 16,5%. In het BRV-scenario blijft de verharding quasi constant. Hierbij moet evenwel vermeld worden dat de verharding in open ruimtes met 20% daalt zoals beoogd door met de BRV krachtlijnen en strategische doelstellingen, maar de verharding in verstedelijkte gebieden wel toeneemt (zie ook Figuur 13). Netto blijft de verharding echter ongeveer status quo over Vlaanderen. In het BRV-INT-scenario stijgt de netto verharding wel tot ongeveer 15,5% over gans Vlaanderen. Dit komt door de sterkere intensivering in dit scenario dan in het BRV-scenario.



Figuur 12. Verhardingspercentage over Vlaanderen (van alle landgebruiksklassen).

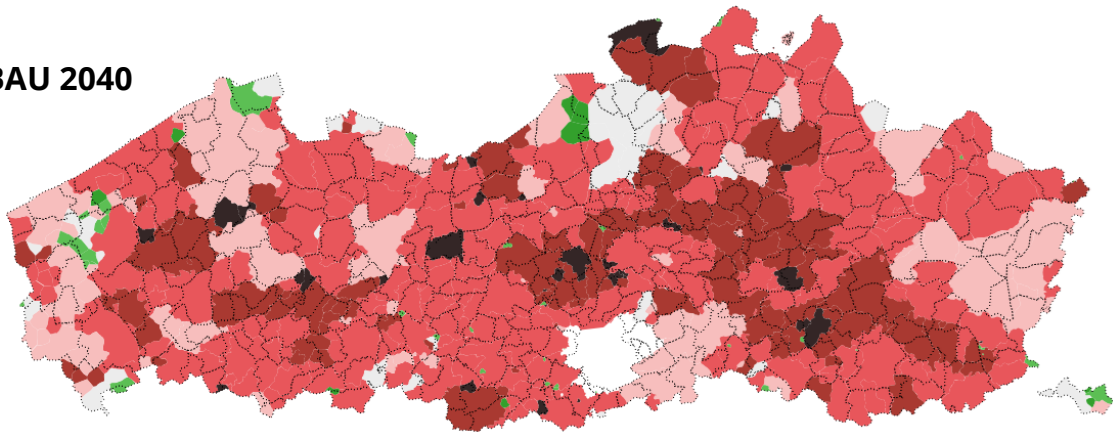
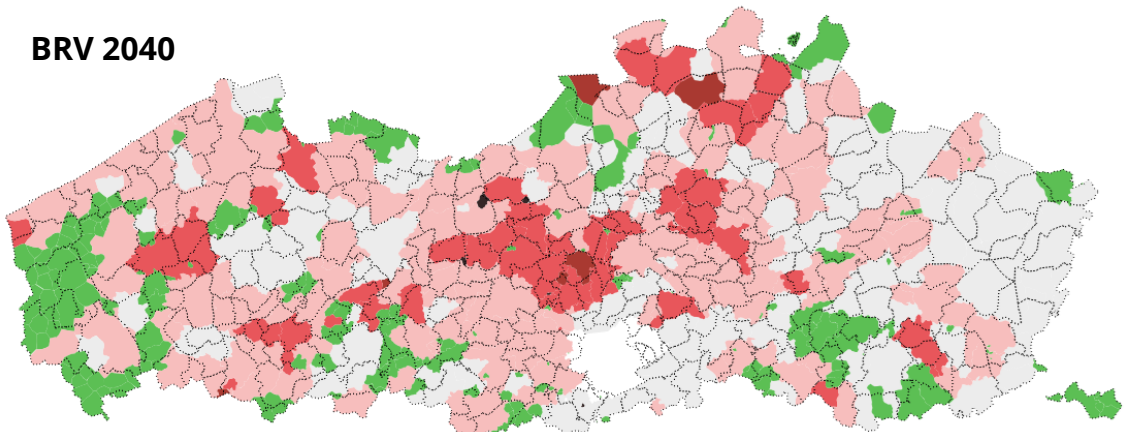
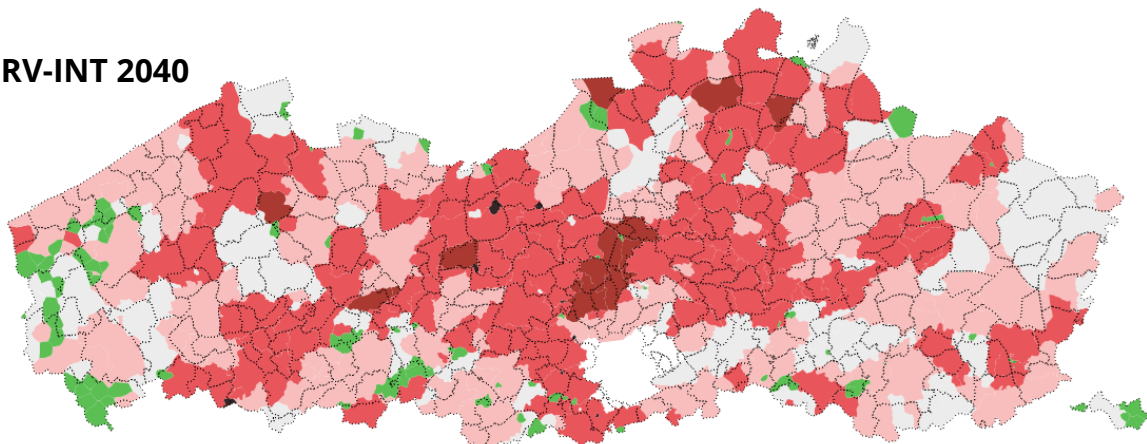
Figuur 13 toont de verharde oppervlakte die verondersteld is verbonden te zijn met de riolering. Enkel de landgebruiksklassen “residentieel”, “mixed residentieel”, “detailhandel en horeca”, “kantoren en administratie”, “overige diensten” en “overige” worden verondersteld verbonden te zijn met de riolering (zie bijlage A voor een lijst van de beschouwde landgebruiksklassen). De verandering van overige verharding (zoals die op landbouwgebieden, ...) zijn bijgevolg niet inbegrepen in deze figuur, en ook niet relevant voor deze impactstudie. Uit Figuur 13 valt ook duidelijk de gesimuleerde intensivering af te leiden. Zo neemt het ruimtebeslag met circa 5% toe in beide scenario's gelinkt aan het BRV (zie Figuur 11). In het “zuivere” BRV-scenario neemt de verharding die aangesloten is op de riolering ook met 5% toe, maar het BRV-INT-scenario kent een intensivering die zoals verwacht tot meer verharding leidt (+9%). Dit wijst dus op een sterke intensivering. De intensivering is minder uitgesproken in het BAU-scenario: het ruimtebeslag neemt met ongeveer 11% toe, terwijl de verharding aangesloten op rioleringen met 15% toeneemt.

Verharding verbonden met riolering [ha]

Figuur 13: Verharde oppervlakte die verondersteld wordt verbonden te zijn met rioleringen.

Figuur 14 toont tot slot de ruimtelijke spreiding van de verharding die aangesloten is op de riolering over gans Vlaanderen. Hierop is te zien dat in het BAU-scenario, de verharding in bijna alle arrondissementen toeneemt. De gemiddelde verhardingstoename (gewogen over de oppervlakte) bedraagt 15%, maar er zijn enkele uitschieters waarvan de verharding die aangesloten is op riolering met meer dan 30% kan stijgen. Het BRV-scenario toont een veel genuanceerder beeld. Hierbij is te zien dat gebieden waar een (lichte) bevolkingsdaling te verwachten valt, ook een lichte afname is van de verhardingsgraad. Dit wordt verklaard doordat er in die gebieden een mindere vraag is naar nieuwe ruimte en dus minder bijkomende verharding. Reconversies in landgebruik (met vaak een lagere verhardingsgraad) kan dan leiden tot een lichte afname in verharding. Globaal gezien over Vlaanderen komt er ook veel minder verharding bij: gemiddeld zo'n 5%. Vooral in de "Vlaamse diamant" tussen Antwerpen, Leuven en Gent wordt een toename van de verharding verwacht. Dit zijn ook de gebieden met, gemiddeld gezien, de hoogste scores op de kanskaart. Het BRV-INT-scenario ligt tussen beide scenario's in, met een gemiddelde toename van 9% in verharding. Toch volgt dit scenario vooral de resultaten van het BRV-scenario met betrekking tot spreiding over Vlaanderen. Dit is ook logisch, aangezien dit scenario eveneens rekening houdt met de kanskaart.

Vanzelfsprekend zijn alle scenario's deels onzeker. Het is namelijk niet geweten welke gebieden in de toekomst het meest ontwikkeld zullen worden, hoe en waar reconversies van landgebruik zullen gebeuren, of wat de verhardings-footprint per inwoner in Vlaanderen zal zijn. Men dient de kaarten dan ook vooral globaal te bekijken, en niet ingezoomd op een individueel perceel of wijk.

BAU 2040**BRV 2040****BRV-INT 2040**

Figuur 14: Verwachte verandering in verharding verbonden verondersteld met de riolering per arrondissement in Vlaanderen tegen 2040 in vergelijking met 2016 in het BAU-scenario (boven), BRV-scenario (midden) en BRV-INT-scenario (onder).

3 Impact op rioolwaterzuiveringsinstallaties

3.1 Context

Dit hoofdstuk beschrijft de impact van de bevolkingstoename op de (nodige) capaciteit van RWZI's. Niet enkel de totale bevolkingstoename over gans Vlaanderen is van belang, ook de spreiding over de zuiveringszones (RWZI-zones). Deze spreiding is immers verschillend voor het BAU-scenario enerzijds, en de twee BRV-scenario's anderzijds (zie Figuur 9).

3.2 Methodologie

Deze studie vergelijkt de biologische en hydraulische capaciteit van RWZI's met de belasting om zo de marge of het capaciteitsstekort te berekenen. Deze analyse werd uitgevoerd voor elke RWZI-zone in Vlaanderen waarvoor capaciteitsgegevens beschikbaar zijn. Figuur 15 toont schematisch deze methodologie.



Figuur 15. Schema van de gevolgde methodologie

De capaciteitsgegevens van 297 RWZI's werden door de Vlaamse Milieumaatschappij aangereikt. Deze database omvat alle grootte, middelgrootte en quasi alle kleine RWZI's in Vlaanderen. De **hydraulische capaciteit** van elke RWZI werd omgezet van eenheden m^3/dag naar *aantal I.E.* (bevolking) met eenheden $6Q_{14}$ voor eenvoudigere interpretatie. Merk op dat een deel van de bevolking in de analyse (bijvoorbeeld bij toevoeging van de bevolking die aangesloten wordt in de Gewestelijke UitvoeringsPlannen; GUP) aangesloten wordt aan $2Q_{14}$ overeenkomstig gescheiden stelsels. De methode houdt hiermee rekening door die bevolkingstoename te delen door drie. Dit wordt verder in de tekst uitgebreider toegelicht. In de zeldzame gevallen dat er geen hydraulische capaciteitsgegevens beschikbaar zijn voor een RWZI maar wel informatie over de biologische capaciteit, wordt de hydraulische capaciteit gelijk verondersteld aan de biologische. De **biologische capaciteit** wordt eveneens omgezet naar eenheden *I.E.* met aanname van een biologisch zuurstofverbruik van $54 \text{ g O}_2/I.E./dag$. Bovendien wordt de biologische capaciteit vermeerderd met 10% op aanraden van VMM, aangezien bij het ontwerp inherent ook rekening gehouden werd met industriële aansluitingen, maar deze niet vervat zitten in de naamplaatcapaciteit. De biologische capaciteit wordt gelijkgesteld aan de hydraulische indien informatie over de biologische ontbreekt.

De VMM leverde ook voor elke RWZI zone gegevens aan omtrent de **industriële belasting**. De hydraulische capaciteit werd eenvoudig verminderd met deze industriële belasting. De biologische industriële belasting is verdeeld over zwevende stoffen (ZS), biologisch zuurstofverbruik (BZV),

chemisch zuurstofverbruik (CZV), stikstof (N) en fosfor (P). Deze werden allen geconverteerd naar een equivalente belasting uitgedrukt in I.E. De industriële biologische belasting werd tot slot begroot als het gemiddelde van al deze verschillende biologische belastingen. Deze analyse werd vanzelfsprekend afzonderlijk uitgevoerd voor elk zuiveringsgebied.

Tot slot leverde de VMM ook de relevante **bevolkingsgegevens** aan voor de huidige toestand en de toestand na uitvoering van het GUP. Voor de huidige toestand werd een onderscheid gemaakt tussen het totaal aantal inwoners per zuiveringsgebied, het aantal gerioleerde inwoners en het aantal inwoners wiens aansluiting gezuiverd wordt. Deze laatste aantallen zijn relevant voor het bepalen van de huidige over-/ondercapaciteit van de RWZI's. Voor het analyseren van de hydraulische capaciteit is het, zoals hierboven aangehaald, van belang om een onderscheid te maken tussen het aantal inwoners op een gescheiden en gemengd systeem. Voor een gemengd systeem wordt immers met $6Q_{14}/IE$ gerekend als ontwerpeenheid, terwijl een gescheiden systeem slechts op $2Q_{14}/IE$ ontworpen is en dus een lagere impact heeft op de RWZI. Exacte gegevens over het aantal inwoners aangesloten op een gescheiden of gemengd systeem zijn niet beschikbaar. De VMM bevraagt wel elk jaar de gemeentelijke of intergemeentelijke rioolbeheerder over dit aantal. Voor 2016 reageerden ongeveer de helft van aangeschreven rioolbeheerders op deze vraag, en bleek dat de gemiddelde verhouding van het aantal inwoners aangesloten op gescheiden riolering versus het totaal aantal gerioleerde inwoners 13% bedroeg. Bijgevolg is verondersteld in deze studie dat over gans Vlaanderen gemiddeld 13% van de inwoners die aangesloten zijn op een RWZI via een gescheiden systeem aangesloten zijn. Deze werden bijgevolg maar aan $2Q_{14}/IE$ ingerekend. Verder werd verondersteld dat alle inwoners (100%) die bij uitvoering van het GUP aangesloten worden op de riolering, eveneens via een gescheiden systeem aangesloten worden.

Tot slot werden de opgestelde ruimtelijke bevolkingskaarten voor het BAU-scenario en de BRV-scenario's (zie §2) vertaald naar toekomstige **bevolkingscijfers** voor elke zuiveringszone. De toename in bevolking (tussen 2040 en 2016) werd verondersteld volledig aangesloten te worden op de RWZI's (bovenop de GUP). Bovendien werd aangenomen dat deze allen via een gescheiden stelsel aangesloten worden. Indien dit niet het geval is, zal de hydraulische impact uiteraard groter zijn.

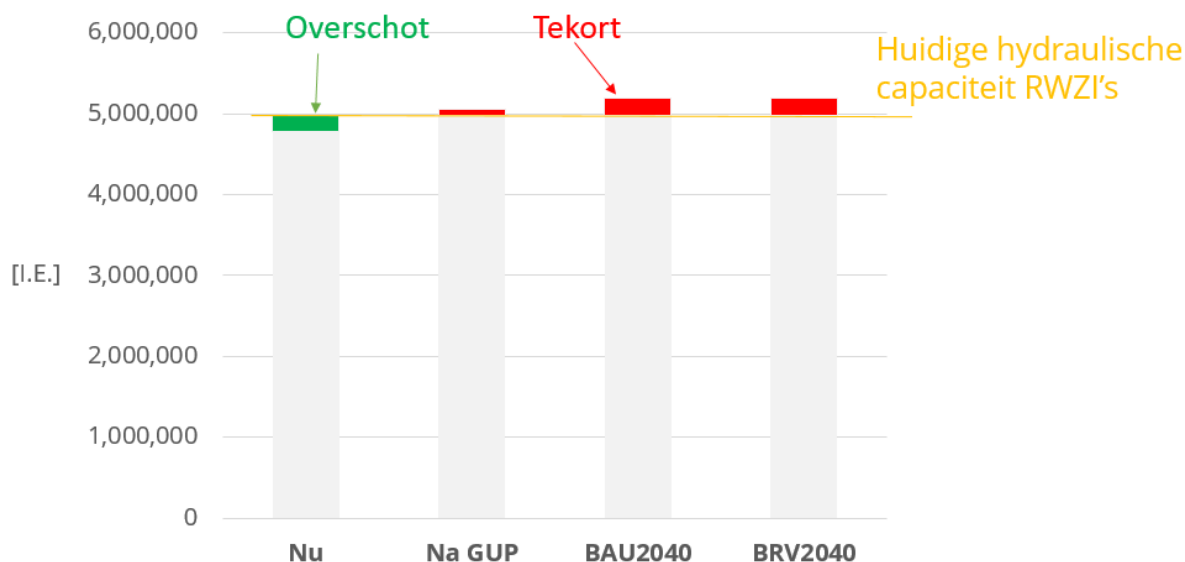
Merk op dat de methodologie geen rekening houdt met eventuele capaciteitsuitbreidingen van de RWZI's. Dergelijke uitbreidingen zijn wel (deels) gepland, maar deze gegevens waren niet beschikbaar.

3.3 Resultaten

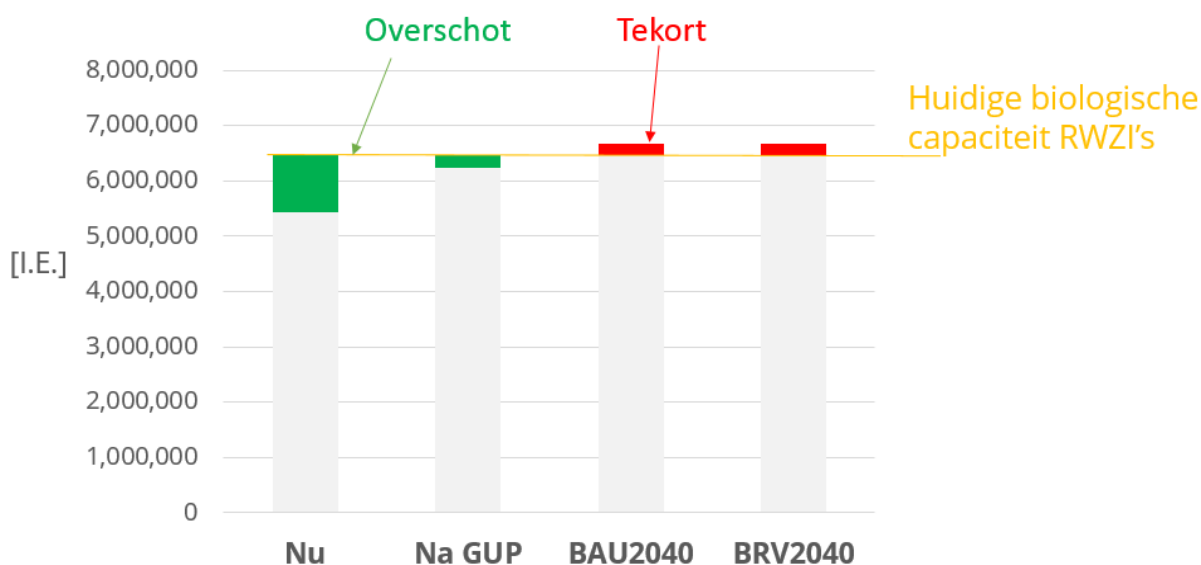
Figuur 16 en Figuur 17 tonen de resultaten van de RWZI impact analyse geaggregeerd over alle zuiveringsgebieden in Vlaanderen. De grijze balken stellen telkens de benutte (biologische of hydraulische) capaciteit voor, terwijl de groene en rode balken respectievelijk de over- en ondercapaciteit weergeven. De gele lijn stelt bijgevolg de huidige capaciteit voor. Uit deze figuren is af te leiden dat er, gemiddeld over gans Vlaanderen, een (weliswaar beperkte) overcapaciteit is op zowel hydraulisch als biologisch vlak. De overcapaciteit op hydraulisch vlak is kleiner dan de biologische. Na uitvoering van het GUP wordt een kleine ondercapaciteit verwacht op hydraulisch vlak, maar globaal gezien nog steeds een overcapaciteit op biologisch vlak. Merk op dat het aantal I.E. dat toegevoegd wordt voor de hydraulische en biologische analyses verschillend is, en er dus ogenschijnlijk een ander aantal inwoners wordt aangesloten. Dit verschil wordt veroorzaakt doordat de studie voor het GUP veronderstelt dat alle aangesloten inwoners via een gescheiden stelsel aangesloten worden. De hydraulische ontwerpwaarde is hiervoor $2Q_{14}$, terwijl de hydraulische capaciteit in de studie uitgedrukt wordt in $6Q_{14}$. Het aantal inwoners dat in het GUP aangesloten wordt is voor de hydraulische en biologische analyse uiteraard hetzelfde. Na toevoeging van de bijkomende bevolking tegen 2040 onder de BAU- en BRV-scenario's blijkt dat er ook voor de biologische capaciteit een licht tekort verschijnt. Er is geen merkbaar verschil tussen beide scenario's. Merk op dat dit, hoewel de totale bevolkingstoename over gans Vlaanderen voor beide scenario's

hetzelfde is, niet vanzelfsprekend is. Immers, de huidige (over)-capaciteit van de RWZI's is ook verspreid over Vlaanderen.

Een belangrijke opmerking bij de analyse op basis van capaciteiten is dat deze capaciteiten verwijzen naar de maximale belasting. In realiteit zal de belasting van RWZI's het merendeel van de tijd significant lager liggen dan deze belasting. Wanneer er dus een ondercapaciteit is, wil dat niet noodzakelijk zeggen dat de RWZI hierdoor continu op volle capaciteit moet functioneren. Afhankelijk van de belasting (en de parasitaire debieten) is het waarschijnlijk dat de RWZI niet continu op maximale capaciteit werkt.



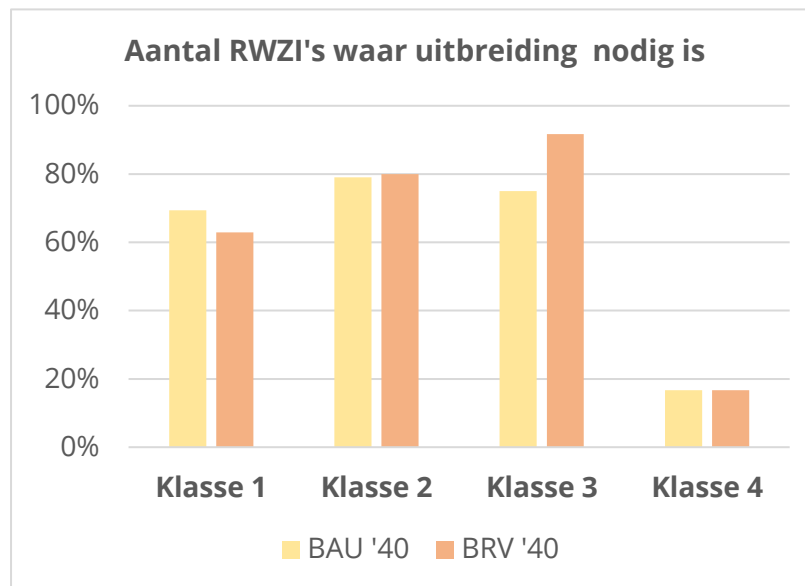
Figuur 16. Resultaten van de RWZI-impactanalyse voor de hydraulische belasting en capaciteit.



Figuur 17. Resultaten van de RWZI-impactanalyse voor de biologische belasting en capaciteit.

Figuur 18 toont het aandeel RWZI's waar een uitbreiding (biologisch en/of hydraulisch) vereist is. Hierbij zijn de RWZI's in klassen opgedeeld naar gelang hun hydraulische capaciteit: RWZI's met een hydraulische capaciteit lager dan 10.000 IE worden onder klasse 1 samengebracht, tot 50.000 IE in klasse 2, tot 100.000 IE in klasse 3 en de 6 grootste RWZI's van Vlaanderen (Antwerpen-Zuid, Brugge,

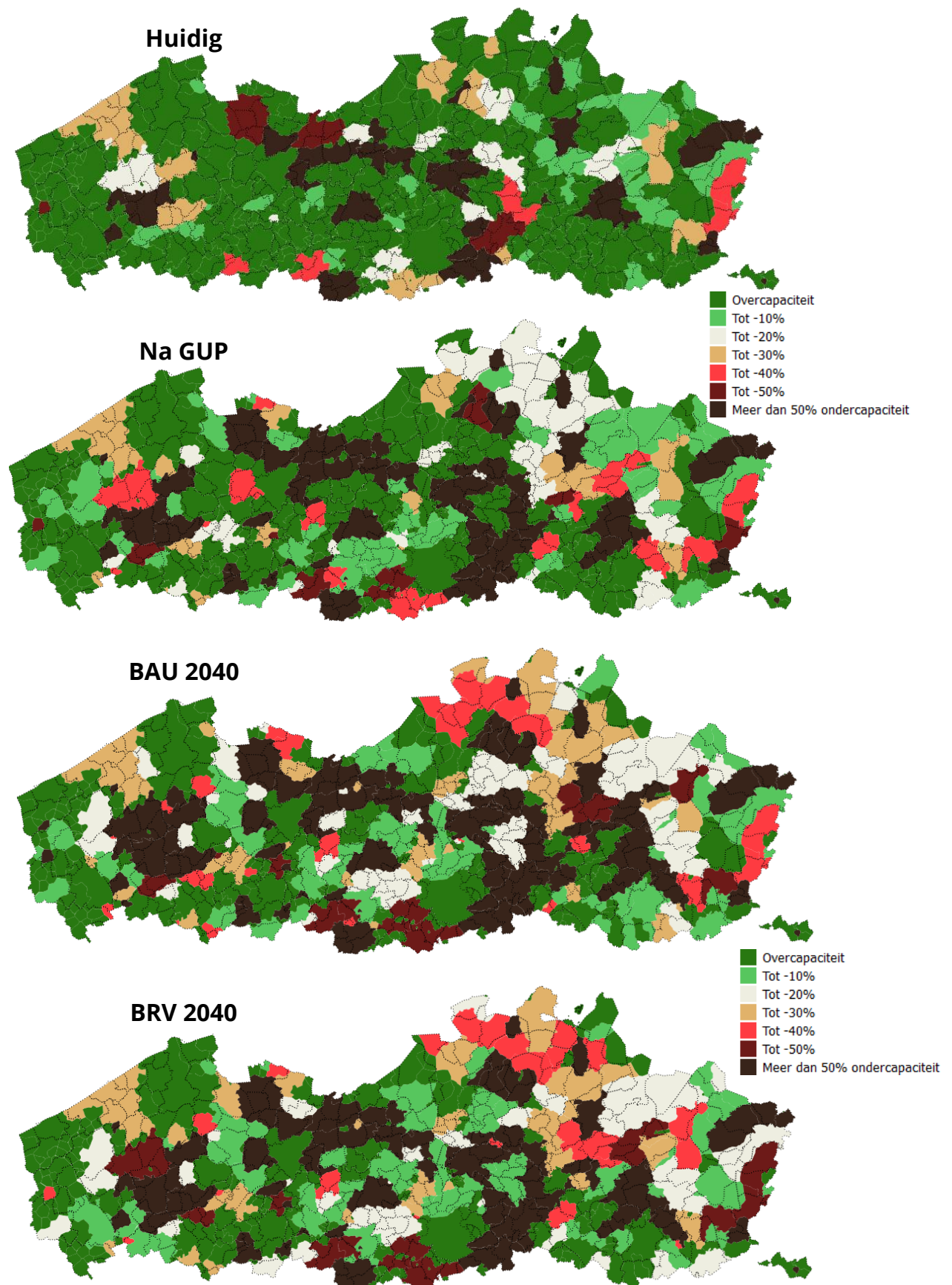
Deurne, Gent, Harelbeke en Oostende) in klasse 4. Hieruit blijkt dat van de grootste RWZI's, enkel die van Oostende significant uitgebreid zou moeten worden (met hydraulische capaciteit). Daarnaast zien we in de figuur dat er iets meer grotere RWZI's uitgebreid moeten worden in het BRV-scenario, terwijl er iets meer kleine RWZI's uitbreiding vereisen in het BAU-scenario. Dit is logische en conform de veronderstelling dat er in het BRV-scenario vooral een toename is in bevolking in grotere steden en gemeenten.



Figuur 18: Aandeel van de RWZI's waarvoor een uitbreiding nodig is.

Figuur 19 toont tot slot de berekende marges voor alle RWZI zones. Hierbij wordt telkens de kleinste marge getoond (ofwel de hydraulische, ofwel de biologische; afhankelijk welk van de 2 het meest kritiek is). Uit de figuur blijkt dat in de huidige toestand er reeds enkele zuiveringsgebieden zijn waar een ondercapaciteit heerst. Zoals eerder gezegd hoeft dit niet noodzakelijk problematisch te zijn, aangezien de capaciteiten refereren naar eerder theoretisch maximale belastingen. In realiteit zal de belasting vaak lager zijn. Na uitvoering van het GUP neemt de ondercapaciteit toe, en vertonen veel meer RWZI-zones een tekort. Merk op dat in het GUP-scenario de bevolkingstoename wel reeds verwerkt zit, maar nog niet de (geplande) uitbreidingen van RWZI's. Deze gegevens waren immers niet beschikbaar.

De ondercapaciteiten nemen verder toe in de BAU- en BRV-scenario's. Deze scenario's bevatten het GUP, uitgebreid met de verwachte bevolkingstoename tegen 2040. Over het algemeen zijn de verschillen tussen de BAU- en BRV-scenario's gering. In het BRV-scenario blijven iets meer zuiveringsgebieden met een overcapaciteit (groen gekleurd). Dit is logisch, aangezien meer landelijke gebieden een minder sterke bevolkingstoename kennen in het BRV-scenario, waardoor dergelijke RWZI's minder snel uitgebreid moeten worden.



Figuur 19. Marge op de capaciteit van de RWZI's over Vlaanderen. Enkel de meest kritieke marge wordt getoond (biologisch of hydraulisch).

3.4 Conclusies

Uit bovenstaande analyse wordt geconcludeerd dat de betonstop geen impact heeft op de totale benodigde capaciteitsuitbreidingen van RWZI's. Er is wel een licht andere spreiding tussen de BAU- en BRV-scenario's. Zo zullen voornamelijk RWZI's in landelijke gebieden minder sterk/niet moeten uitbreiden in het BRV-scenario. Anderzijds moeten in het BRV-scenario iets meer grotere RWZI's uitgebreid worden dan in het BAU-scenario.

In deze optiek levert het BRV wel schaalvoordelen op ten opzichte van het BAU-scenario. Immers, het rendement van grotere RWZI's is beter controleerbaar dan dat van kleinere RWZI's. Aangezien het BRV-scenario vooral uitbreidingen beoogt in reeds sterk ontwikkelde gebieden, is het aansluiten van deze nieuwe ontwikkelingen op RWZI's wellicht ook eenvoudiger dan in het BAU-scenario. Dit laatste werd niet expliciet gekwantificeerd in deze studie wegens gebrek aan gegevens, maar is wel een belangrijk argument pro BRV.

Verder valt af te leiden dat de nodige uitbreidingen beperkt zijn in vergelijking met de huidige capaciteiten van de RWZI's.

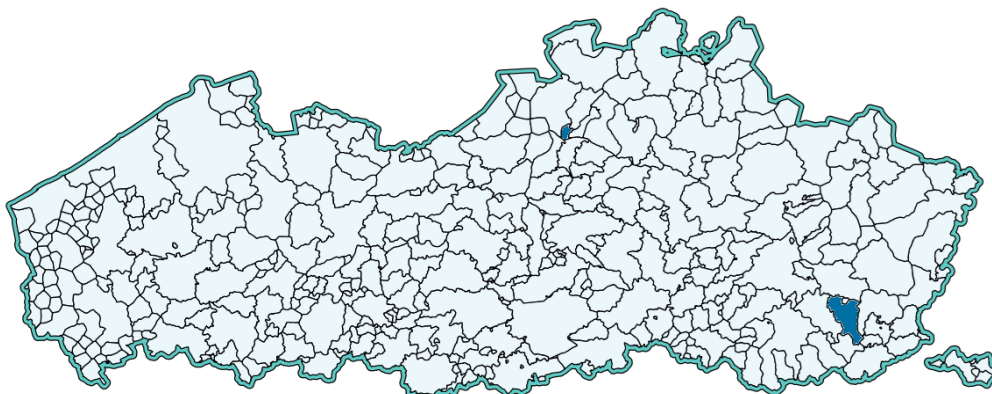
4 Impact op riooloverstromingen en –overstorten

4.1 Context

Dit hoofdstuk beschrijft de impact van veranderende verharding op rioleringsoverstorten en -overstromingen. Op basis van deze impactanalyse worden de nodige uitbreidingen aan rioleringsinfrastructuur (inclusief bronmaatregelen) ingeschat, en vertaald naar economische cijfers.

4.2 Methodologie

De precieze impact van bijkomende verharding en bronmaatregelen op riooloverstromingen en -overstorten is uiteraard afhankelijk van de aanwezige rioleringsinfrastructuur in elke zuiveringszone. Aangezien dergelijke gedetailleerde informatie niet beschikbaar is voor deze studie voor elk rioleringsgebied, wordt een 2-staps aanpak gevolgd. In een eerste stap wordt een gedetailleerde analyse uitgevoerd met de hydrodynamische InfoWorks ICM software voor twee cases: Merksem (als sterk verstedelijkt gebied) en Kortesseem-Wimmertingen (landelijk). Vervolgens gebeurt een conceptuele maar modelmatige analyse op gans Vlaanderen. Hierbij wordt voor elke zuiveringszone een ensemble van conceptuele modellen opgesteld. De resultaten van de twee gedetailleerde gevalstudies worden hierbij gebruikt om de conceptuele analyse te verfijnen. Beide stappen worden hieronder afzonderlijk toegelicht.



Figuur 20. De impactanalyse gebeurt op conceptueel niveau voor gans Vlaanderen, en gedetailleerder aan de hand van InfoWorks simulaties voor Merksem en Kortesseem-Wimmertingen.

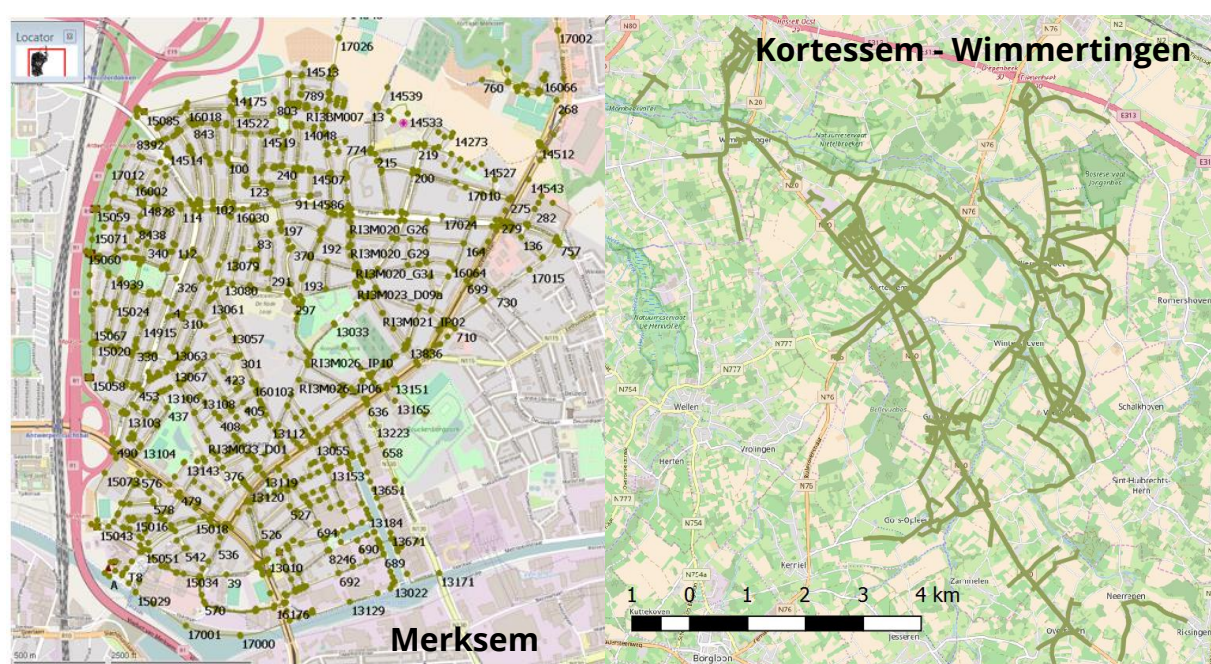
4.2.1 InfoWorks ICM analyse: Merksem en Kortesseem

In een eerste stap werd een gedetailleerde analyse uitgevoerd met InfoWorks ICM voor de zuiveringsgebieden Merksem en Kortesseem-Wimmertingen. De nodige InfoWorks ICM modellen (1D-1D) werden aangeleverd door Aquafin (Merksem) en Infrac (Kortesseem).

InfoWorks ICM laat toe om gedetailleerde simulaties uit te voeren op een rioleringssysteem. Hiertoe lost InfoWorks ICM de Saint-Venant hydrodynamische stromingsvergelijkingen op voor een gegeven set randvoorwaarden. De gebruikte modellen zijn telkens “Toestand A”, die bijgevolg de huidige

toestand voorstellen zonder uitbreidingen (zie de “Code van goede praktijk voor rioleringssystemen – deel 6 dimensionering” voor een meer gedetailleerde beschrijving van de inhoud van Toestand A). De topografie wordt sterk vereenvoudigd voorgesteld doormiddel van “overstromingskegels” (Engels: “floodcones”). De gesimuleerde overstromingsvolumes kunnen bijgevolg afwijken van de overstromingsvolumes die in realiteit optreden. De aangeleverde modellen werden gebruikt zoals aangeleverd.

Figuur 21 toont de InfoWorks ICM netwerken voor Merksem en Kortesseem. De figuur toont enkel de leidingen. Merksem bestaat voornamelijk uit een gemengd systeem, en slechts een klein deel is een gescheiden stelsel. De oppervlakte in het InfoWorks ICM model van Merksem bedraagt circa 559 hectare, maar een groot deel hiervan is onverhard en draagt dus niet bij tot afvoer naar de riolering. De netto toevoerende oppervlakte is 274 hectare. De oppervlakte van het model van Kortesseem is met circa 1036 hectare veel groter. Opnieuw draagt slecht een klein deel bij tot afvoer van hemelwater naar de riolering. De netto toevoerende oppervlakte in InfoWorks bedraagt ongeveer 227 hectare.



Figuur 21. InfoWorks ICM netwerken voor Merksem (links) en Kortesseem (rechts). Enkel de leidingen zijn getoond.

Om de impact van verandering van verharding te simuleren, werd de verharding conform de drie gegenereerde scenario's aangepast in InfoWorks ICM. Tabel 1 vat de verandering in effectieve toevoerende oppervlakte samen voor het model van Merksem en Kortesseem voor elk scenario. Deze verandering is berekend door de ruimtelijk gegenereerde scenario's onderling te vergelijken voor nieuwe verhardingszones die verwacht worden af te wateren naar het rioleringssysteem. Hierbij wordt abstractie gemaakt van de landgebruiksklasse (in tegenstelling tot de analyse in §2.3.2, Figuur 13). Per scenario werden dus kaarten opgemaakt die het verschil in verharding tonen tussen 2040 en 2016. Het merendeel van de bijkomende verharding werd verondersteld af te wateren naar het rioleringssysteem. Dit laatste werd manueel bepaald op basis van de topologie van het rioleringsnetwerk. Deze methode hield ook rekening met een mogelijke afname in verharding. Het verschil in verharding werd opgeteld bij de verharding aanwezig in het InfoWorks ICM model huidige toestand.

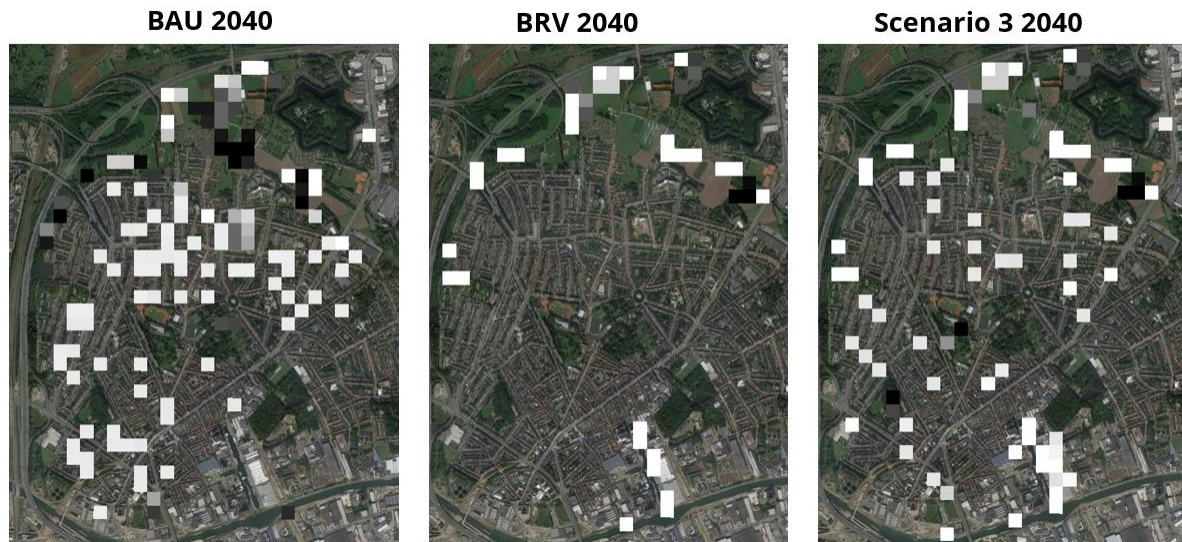
In Tabel 1 valt vooral op dat in het BAU-scenario de verharding in Kortesseem zeer sterk toeneemt (met meer dan 20%), terwijl er in beide BRV-scenario's ongeveer een status quo is. Dit komt doordat er in de BRV-scenario's weinig extra ruimtebeslag plaatsvindt in Kortesseem, aangezien de meeste

locaties in Kortesseem minder goed ontsloten zijn en een lagere score hebben in de kansenskaart. In Merksem is te zien dat er in het BAU-scenario minder verharding bijkomt in vergelijking met Kortesseem. Dit wordt verklaard doordat er in Merksem minder beschikbare ruimte is in vergelijking met Kortesseem. Hierdoor kan er simpelweg ook minder bijgebouwd worden. Ook hiermee houden de gegenereerde ruimtelijke scenario's uiteraard rekening. In beide BRV-scenario's is er een lichte toename van de verharding.

Tabel 1: Verandering van de effectieve toevoerende oppervlakte onder de drie scenario's.

Effectieve toevoerende oppervlakte [ha]		
	Merksem	Kortesseem
Huidige toestand	274,27	227,55
Scenario 1: BAU 2040	289,87 (+15.60 ha; +5,7%)	280,08 (+52,23 ha; +23,1%)
Scenario 2: BRV 2040	277,93 (+3,66 ha; +1,3%)	225,31 (-2,24 ha; -1,0%)
Scenario 3: BRV-INT 2040	283,42 (+9,15 ha; +3,3%)	231,17 (+3.62 ha; +1,6%)

De verandering in verharding wordt gedetailleerder getoond in Figuur 22 voor Merksem. De witte cellen tonen een toename in verharding. Hoe donkerder de cel, hoe meer de verharding er lokaal toeneemt. Vanzelfsprekend kunnen deze veranderingen niet als absolute waarheden beschouwd worden. Er zit uiteraard een onzekerheid op de generatie van de scenario's. Wel zijn de grote lijnen duidelijk zichtbaar. Zo wordt in het BAU-scenario erg veel verharding toegevoegd, zowel binnen bestaand ruimtebeslag als voor nieuw ruimtebeslag. De toegenomen verharding is dus sterk verspreid, wat ook een impact zal hebben op overstromingsrisico's. Zo kunnen bijvoorbeeld locaties waar tot heden geen wateroverlast optrad, wel gevoelig worden voor overstromingen. Dit wordt verder gekwantificeerd en besproken in §4.3.1. In het BRV-scenario is de toename van verharding veel beperkter. De bijkomende verharding manifesteert zich uitsluitend als nieuw ruimtebeslag. De bijkomende verharding komt bijgevolg vooral aan de rand van de stadskern bij. Het zuivere BRV-scenario veronderstelt eveneens intensivering, maar er werd in dit scenario aangenomen dat dit niet leidt tot bijkomende verharding (zie ook §2.2.3). In het derde scenario (BRV-INT) werd verondersteld dat de intensivering wel tot bijkomende verharding leidt. Hier is dan ook te zien dat de bijkomende verharding in nieuw ruimtebeslag gelijk is aan het zuivere BRV-scenario, maar er binnen bestaand ruimtebeslag wel verharding bijkomt.



Figuur 22. Verandering in verharding (wit = lichte verhoging; donker = sterke verhoging) voor de drie gegenereerde scenario's.

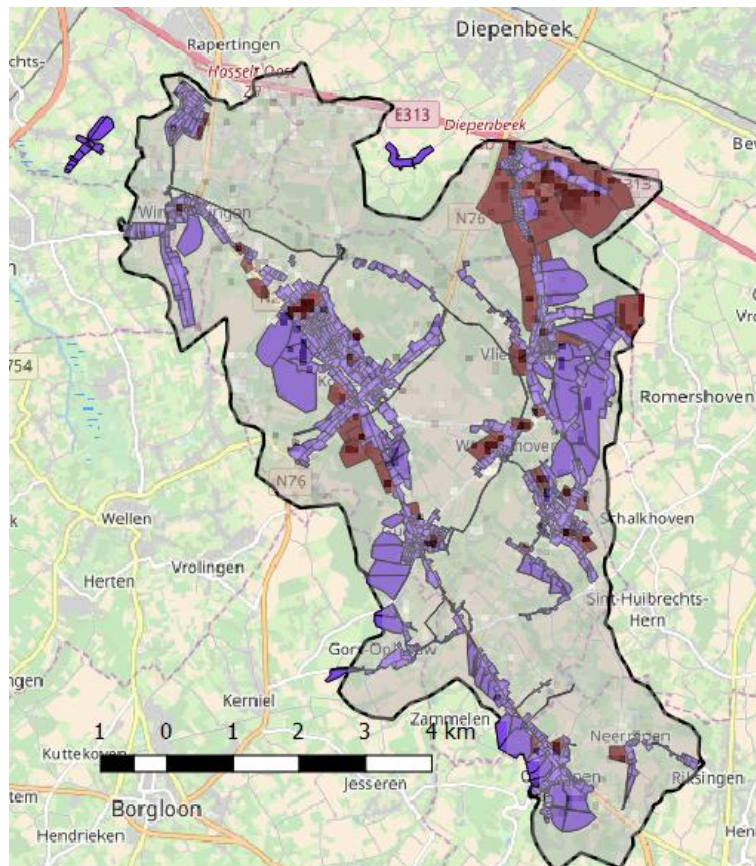
Deze veranderende verharding werd vervolgens vertaald naar de modelimplementatie in InfoWorks ICM. Dit gebeurde via een nieuw ontwikkeld algoritme dat rekening kan houden met zowel een toename als afname van verharding, ook op locaties waar voorheen nog geen verharding was. Hiertoe werd elk neerslagafstromingsgebied in InfoWorks ICM model aangepast aan de gegenereerde scenario's. Waar nodig werden bijkomende neerslagafstromingsgebieden gedefinieerd. Figuur 23 toont een tussenstap in deze berekening.

Belangrijk om op te merken is dat er **geen bronmaatregelen** doorgerekend werden in de gedetailleerde InfoWorks ICM simulaties. Het is technisch immers moeilijk om dergelijke bronmaatregelen op een correcte wijze in InfoWorks te implementeren en te combineren met synthetische neerslagreeksen. Daarom werd geopteerd om bronmaatregelen enkel in de analyse op niveau van Vlaanderen door te rekenen. Dit gebeurt in die analyse bovendien aan de hand van historische neerslagreeksen, wat tot een getrouwer beeld leidt van de werking van bronmaatregelen.

Bovendien werden er geen bijkomende rioleringsleidingen aangelegd in InfoWorks ICM. De bijkomende verharding komt dus volledig terecht in het stelsel van de huidige toestand. Op die manier kan ingeschat worden hoe sterk de rioleringsinfrastructuur moet uitbreiden.

De pompcapaciteiten in beide InfoWorks ICM modellen werden wel opgeschaald conform de toegenomen verharding. Met andere woorden, indien de verharding met 10% toeneemt in een scenario, werden de maximale pompcapaciteiten in het volledige model eveneens met 10% verhoogd.

De resultaten van de InfoWorks ICM analyse worden besproken in §4.3.1.



Figuur 23. Originele (paars) en extra toegevoegde (rood) neerslagafstromingsgebieden voor Kortesseem-Wimmertingen om de verandering in verharding in rekening te brengen. De verandering in verharding volgens het BAU-scenario (2016-2040) wordt getoond in het grijs/zwart.

4.2.2 Conceptueel Sirio model

4.2.2.1 Keuze voor conceptuele modellering

Naast de twee gevalstudies die gedetailleerd onderzocht werden op basis van InfoWorks ICM simulaties, werd een conceptuele analyse uitgevoerd op het niveau van Vlaanderen. Er waren geen gedetailleerde gegevens beschikbaar voor elk rioleringsstelsel in Vlaanderen. Bijgevolg was het ook niet mogelijk om dergelijke InfoWorks simulaties uit te voeren voor elk stelsel in Vlaanderen. Praktisch is dergelijke taak ook moeilijk realiseerbaar. Daarnaast spelen bijkomende bronmaatregelen die gelinkt zijn aan verharding een belangrijke rol in het kwantificeren van de toekomstige overstromingsproblematiek. Dergelijke bronmaatregelen zijn technisch moeilijk te implementeren in InfoWorks. Om de impact van bronmaatregelen correct in te schatten zijn bovendien langetermijnsimulaties nodig. Dergelijke simulaties zijn eveneens niet uitvoerbaar in InfoWorks.

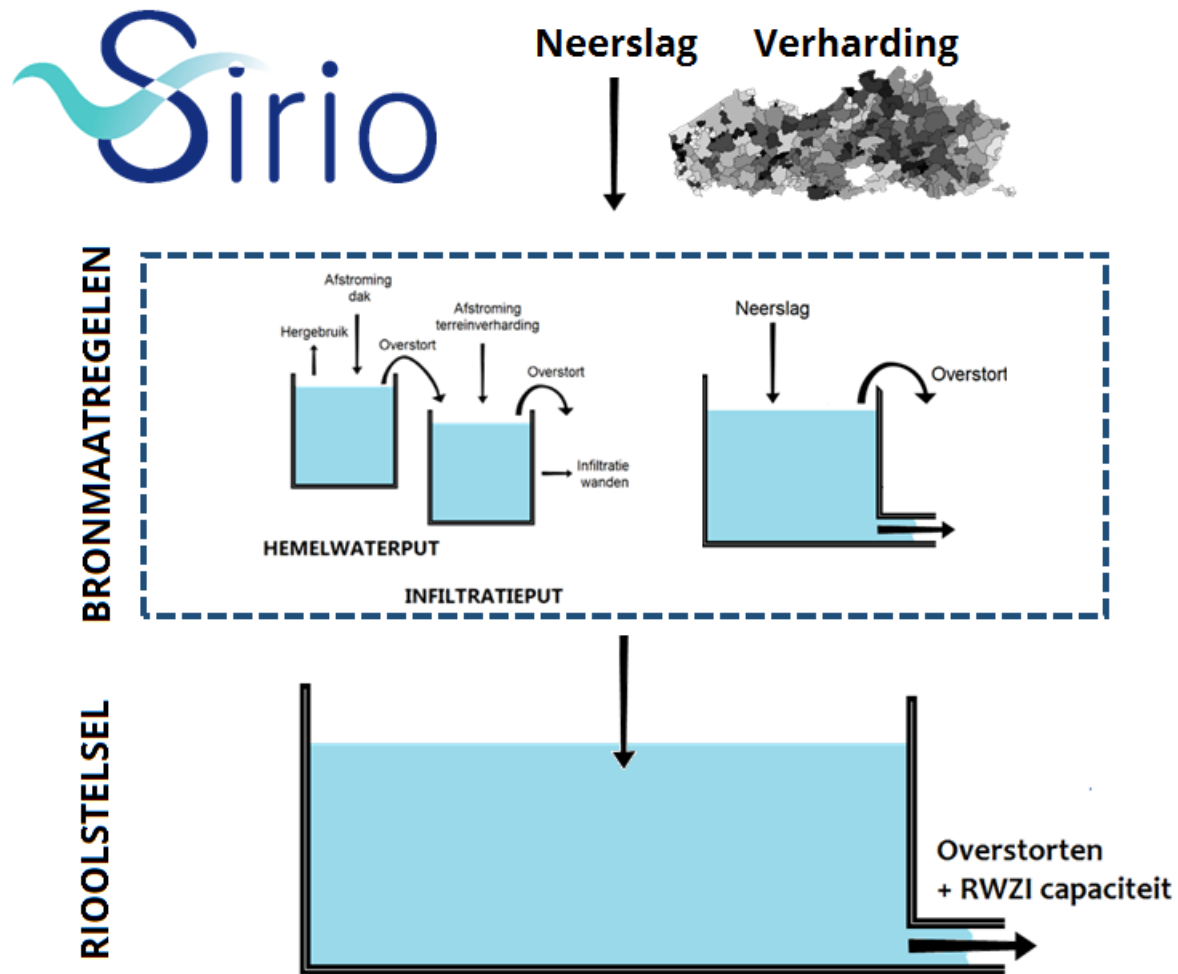
Daarom werd geopteerd om een **conceptuele modelanalyse** uit te voeren op het niveau van Vlaanderen. Hierbij wordt wel elk stelsel apart (vereenvoudigd) voorgesteld. Per stelsel kan dan ook de verandering in verharding en het toevoegen van bronmaatregelen gesimuleerd worden. Dergelijke aanpak is bovendien meer “in balans” met de onzekerheden inherent aan de gecreëerde ruimtelijke scenario's. In de voorgestelde aanpak wordt immers de verharding per rioleringsstelsel geaggregeerd. Waar exact de verharding in het landschap toegevoegd wordt (weliswaar binnen één bepaalde zuiveringszone), is dan ook minder van belang.

De conceptuele modelanalyse maakt gebruik van de **Sirio** software. Deze software laat de gebruiker toe om een vereenvoudigd (conceptueel) model op te stellen. Sirio is sinds de lancering ervan in

maart 2017 uitgegroeid tot de standaard software voor het ontwerpen van kleinschalige hemelwatervoorzieningen (zoals infiltratievoorzieningen, buffers, hemelwaterputten, ...). Deze software is dan ook ideaal geschikt voor het doorrekenen van de bronmaatregelen in elk scenario. Ook het rioleringssysteem wordt conceptueel voorgesteld in Sirio.

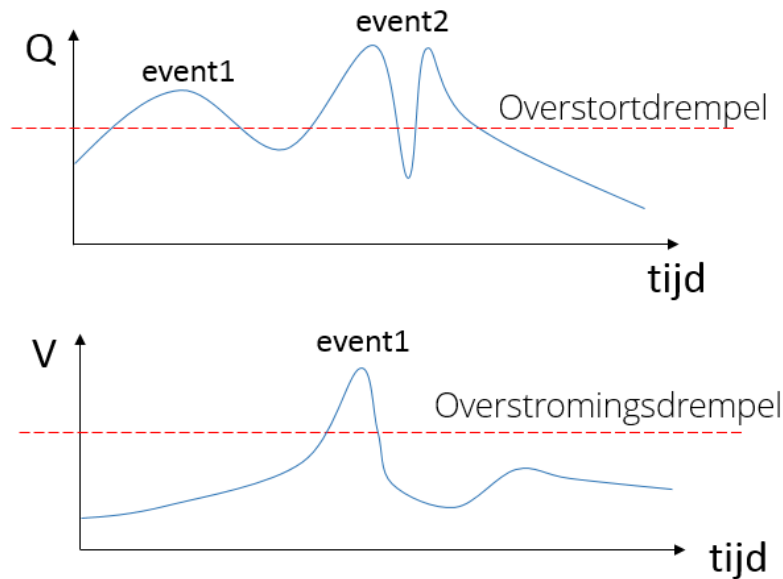
4.2.2.2 Modelopbouw en statistische naverwerking

Figuur 24 vat de conceptuele **modelopbouw** samen. Voor elk rioolstelsel in Vlaanderen werd dergelijk model opgesteld. Neerslaggegevens (de 100-jarige neerslagreeks van Ukkel) wordt gecombineerd met de verharding uit de verschillende ruimtelijke scenario's om de neerslagafstroming te bepalen. Hierbij wordt ook een oppervlaktebergingsmodule geïntegreerd om plasvorming op verharde oppervlakken in rekening te brengen. Tegelijk worden bronmaatregelen in rekening gebracht, waaronder hemelwaterputten (met hergebruik), infiltratievoorzieningen en buffers. Deze worden geparameteriseerd volgens de ontwerprichtlijnen van de Gewestelijke Stedenbouwkundige Verordening en de Code van goede praktijk voor het ontwerpen van rioleringssystemen. De parameterisatie van deze bronmaatregelen wordt verder in meer detail besproken. Merk op dat er voor elk rioolstelsel al gauw honderden dergelijke bronmaatregelen afzonderlijk worden ingerekend. Deze bronmaatregelen wateren (deels) af naar het rioleringsstelsel dat wordt voorgesteld door 1 conceptueel reservoir. Dit reservoir stelt bijgevolg de capaciteit van het rioleringssysteem voor. Het reservoir heeft ook een uitstroom, die het debiet naar de RWZI voorstelt tezamen met de overstortdebieten naar rivieren. De parameterisatie van deze uitstroom wordt verderop bepaald op basis van analyses van de dynamiek van de rioleringssystemen van Merksem en Kortesse-Wimmeringen met InfoWorks ICM simulaties (de twee gedetailleerde gevalstudies). In het totaal werden zo 432 Sirio modellen opgesteld, één voor elk zuiveringsgebied.



Figuur 24. Voorstelling van de conceptuele modelaanpak. Dergelijk model werd voor elk zuiveringsgebied in Vlaanderen opgesteld.

Per Sirio model werd vervolgens de 100-jarige neerslagreeks van Ukkel doorgerekend met een tijdstap van 30 seconden, en dit voor elk beschouwd scenario (de huidige toestand, en de drie gegenereerde scenario's). De simulatieresultaten werden nadien statistisch geanalyseerd. Hierbij werd verondersteld dat overstromingen optreden wanneer het volume in het reservoir dat het rioolstelsel voorstelt een bepaalde drempelwaarde overschrijdt. Deze drempelwaarde stelt bijgevolg de capaciteit van het rioleringsstelsel voor. Uiteraard is dit slechts een vereenvoudiging van de realiteit. De uitgevoerde impactanalyse kijkt echter naar de relatieve verschillen in voorkomen van overstromingen, en doet geen uitspraak omtrent de grootte van de overstromingen of de uitgestrektheid ervan. Mits een gepaste parameterisatie is dergelijk conceptueel model goed geschikt om verschuivingen in overstromings- en overstortfrequenties te kwantificeren. Voor overstortgebeurtenissen wordt gelijkaardig gewerkt. Ook hier wordt dergelijke statistische analyse uitgevoerd, maar dan op het uitgaand debiet. Wanneer dit uitgaand debiet een bepaalde waarde overschrijdt, wordt verondersteld dat een of meerdere overstorten in werking treden. Figuur 25 toont deze aanpak schematisch. Het is uiteraard van belang dat onafhankelijke extremen geselecteerd worden. Bijvoorbeeld, in het volume in het rioleringsstelsel gedurende een korte tijd fluctueert rond de capaciteit, mag dit slechts als 1 overstromingsgebeurtenis beschouwd worden. Hiertoe werd een Peak-Over-Threshold (POT) algoritme gebruikt. Verder wordt verondersteld dat overstorten in Vlaanderen gemiddeld 10 keer per jaar in werking treden (f10).



Figuur 25. Selectie van overstortgebeurtenissen en overstromingen (op basis van een POT-algoritme).

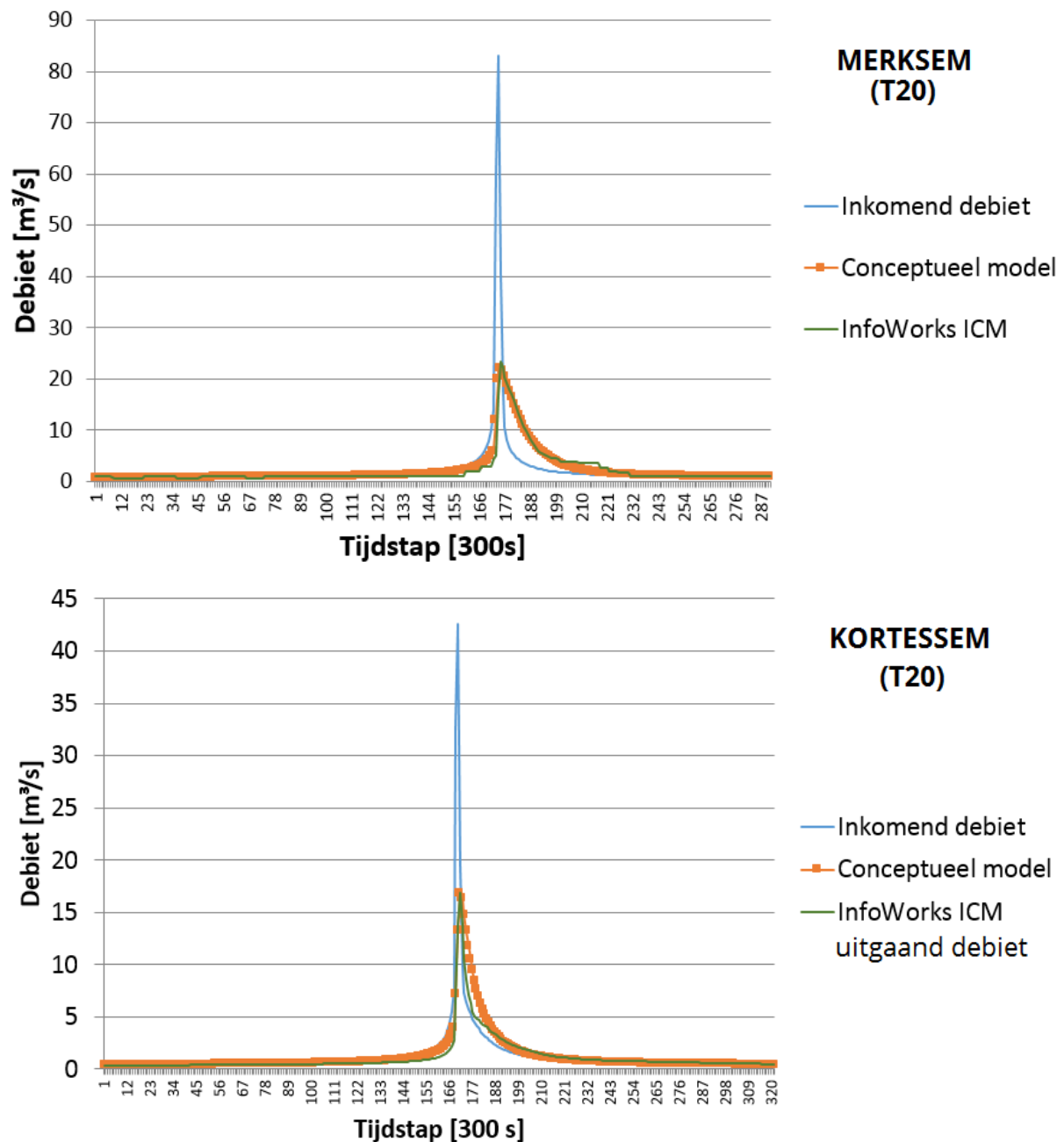
4.2.2.3 Modelparameters

De enige **modelstructuur** die bijgevolg geparameteriseerd moet worden op indirecte wijze is de **uitstroom** van elk reservoir dat een rioolstelsel voorstelt. De bronmaatregelen kunnen immers expliciet geparameteriseerd worden op basis van ontwerprijchlijnen. Ook randvoorwaarden, zoals de aangesloten verharding, kunnen expliciet bepaald worden op basis van de gegenereerde scenario's. Na uitgebreide experimenten werd beslist om een lineaire reservoirvergelijking toe te passen als modelstructuur voor het bepalen van het uitgaand debiet:

$$Q_t = \exp\left(\frac{-1}{k}\right) \cdot Q_{t-1} + \left(1 - \exp\left(\frac{-1}{k}\right)\right) \cdot (I_{t-1-t_0} + I_{t-t_0})/2$$

met Q het uitgaand debiet, k de recessieconstante, I de instroom (neerslagafstroming of instroom vanuit bronmaatregelen), t een bepaald tijdmoment en t_0 een initiële tijdsverschuiving in de respons van het systeem. Om deze parameterisatie uit te voeren werden composietbuien gesimuleerd in het InfoWorks ICM model van Merksen en van Kortessem-Wimmertingen. Vervolgens werd de totale uitstroom uit de InfoWorks ICM modellen geëxtraheerd. Hieraan werd een kalibratie uitgevoerd. Figuur 26 toont de kalibratieresultaten voor een composietbui met terugkeerperiode van 20 jaar. Hieruit blijkt een opvallend goede overeenkomst tussen het conceptueel model en het uitgaand debiet uit het InfoWorks ICM model. Voor het stelsel van Merksen wordt een bijna perfecte overeenkomst gesimuleerd. Voor het stelsel van Kortessem-Wimmertingen is er een afwijking merkbaar in de dalende flank van het hydrogram, maar ook deze afwijking is beperkt. De dynamiek van het uitgaand debiet van een rioleringsstelsel kan dus, althans voor de 2 onderzochte gevalstudies en in de hierboven beschreven context en modelopbouw, goed nagebootst worden via een lineaire reservoirvergelijking. Dit is ook niet onlogisch: een stelsel zal zich in realiteit inderdaad gedragen zoals een theoretisch lineair reservoir. Een instroom zal een zekere afvlakking kennen ten gevolge van tijdelijke berging in het rioleringsstelsel en de stroming erdoorheen. De uitstroom volgt daarbij veelal een exponentieel dalend verloop zoals in (natuurlijke) gravitair ledigende systemen. Pompen en andere hydraulische (regel)-structuren kunnen uiteraard dergelijk gedrag verstoren, maar rioleringsystemen worden in Vlaanderen in hoofdzaak niet door dergelijke controlestructuren

gedomineerd. Veelal zijn er gravitaire lozingspunten aanwezig, naast hydraulische infrastructuur. De analyse getoond in Figuur 26 bevestigt dit. Eerdere studies (o.a. Wolfs et al. (2013), De Vleeschauwer et al. (2014), Keupers et al. (2015) en Wolfs en Willems (2017)) wezen ook al in die richting. Dergelijk gedrag wordt overigens in veel (natuurlijke) systemen waargenomen. In het domein signaalverwerking is er uitgebreid onderzoek verricht naar de dynamiek van zo'n systemen, en de (natuurlijke) respons ervan wordt samengevat in de "impulsresponsfunctie". In wezen is de gebruikte lineaire reservoirvergelijking een vorm van dergelijke impulsresponsfunctie (meer bepaald de transferfunctie van de Laplace-getransformeerde impulsresponsfunctie).



Figuur 26. Simulatieresultaten van InfoWorks ICM (inkomend debiet en het uitgaand debiet) en de gekalibreerde lineaire reservoirvergelijking ("conceptueel model").

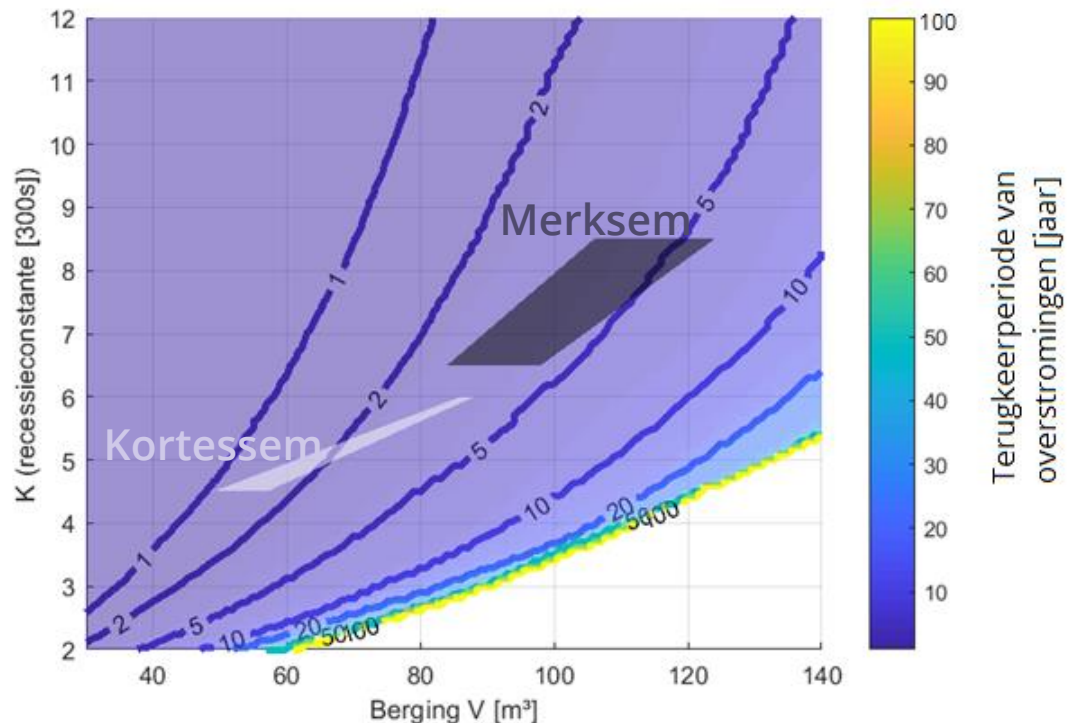
De **parameterisatie** van de lineaire reservoirvergelijking is, zoals verwacht, verschillend voor het model van Merksem en dat van Kortessem. De recessieconstante van de modelstructuur voor het systeem van Merksem bedraagt is voor een composietbui met terugkeerperiode van 20 jaar ongeveer 2100 seconden, terwijl dat van Kortessem voor diezelfde composietbui ongeveer 1500 seconden bedraagt. Deze recessieconstante omvat de “snelheid” waarmee een rioolstelsel reageert op neerslag. Hoe lager de recessieconstante, hoe sneller het water wordt afgevoerd door het stelsel. Dit is ook duidelijk zichtbaar in Figuur 26: het hydrogram van het stelsel van Kortessem is sterker gepiekt dan dat van Merksem. Dit kan zeer logisch verklaard worden. Zo is het stelsel van Kortessem-Wimmertingen veel meer geheld dan dat van Merksem, waardoor water sneller afgevoerd wordt, en dus resulteert in een kortere responstijd. Dit uit zich dan ook in een lagere recessieconstante. De recessieconstante zelf bleek echter afhankelijk van de gesimuleerde composietbui (en dus de piek neerslagintensiteiten). Hoe hoger de neerslagintensiteit, hoe lager de recessieconstante bleek. De variatie hierop was echter niet zeer sterk ($\pm 20\%$ spreiding).

Een interessant neveneffect van verschillende snelheden van uitstroming (responssnelheid van het rioleringsstelsel) is de nood aan meer of minder berging in het rioleringsstelsel zelf om eenzelfde overstromingsveiligheid te behouden. Het is deze berging die gebruikt wordt voor het identificeren van overstromingsgebeurtenissen (zie ook Figuur 25). Hoe korter de responstijd, hoe sneller het water afgevoerd wordt, en dus hoe kleiner de nodige berging in het stelsel moet zijn om eenzelfde overstromingsveiligheid te bewerkstelligen. Dit uit zich ook in de uitgevoerde InfoWorks simulaties: in Kortessem wordt circa 50 m³ per aangesloten hectare geborgen op het moment dat een significante overstroming ontstaat (overstromingsvolume >150 m³) bij simulatie van een composietbui met terugkeerperiode 20 jaar (T20), terwijl er circa 110 m³/ha geborgen wordt in Merksem in vergelijkbare omstandigheden. Ook deze “drempelwaarden” variëren wanneer verschillende composietbuizen gesimuleerd worden.

Om deze wijzigende parameterisaties beter in beeld te brengen en hun impact op de overstromingsveiligheid, werden 770 verschillende (realistische) parameterisaties doorgerekend met conceptuele modellen. Hierbij werden verschillende recessieconstanten (k-waarden van 600 tot 3600 seconden met tussenstappen van 300 seconden) en bergingsvolumes (van 30 tot 140 m³ met tussenstappen van 1 m³) gesimuleerd. Telkens werd de 100-jarige neerslagreeks doorgerekend voor 1 hectare effectieve toevoerende oppervlakte. De resultaten werden statistisch verwerkt via de hierboven beschreven procedure en samengevat in Figuur 27. De verschillende kleuren geven de terugkeerperiode van overstromingen weer. De meest donderblauwe zone op de figuur stemt overeen met een systeem dat gemiddeld eens per jaar overstroomt, terwijl de systemen met een gele configuratie slechts eens per 100 jaar overstroomt. De volle lijnen tonen configuraties van gelijke overstromingsveiligheid. De witte en grijze polygonen tonen de geïdentificeerde waarden op basis van de InfoWorks simulaties voor Merksem en Kortessem. De figuur kent een logische opbouw: hoe lager de recessieconstante, hoe sneller het systeem reageert, en dus hoe minder vaak overstromingen optreden voor een gelijke berging in het rioleringssysteem. Anderzijds, voor gelijkblijvende recessieconstante, neemt de veiligheid uiteraard ook toe voor toenemende berging. Kortom, hoe groter de berging in het rioleringssysteem of hoe sneller het water kan afvoeren, hoe minder vaak overstromingen zullen optreden.

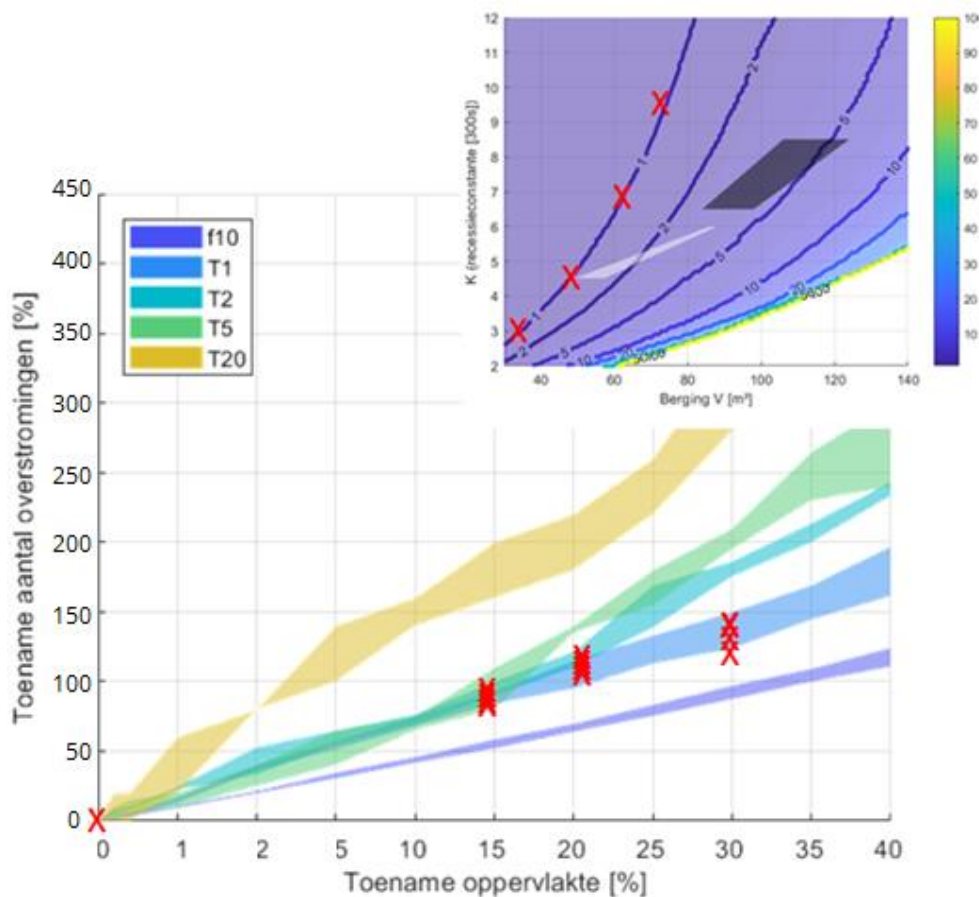
Uiteraard is de parameterisatie van elk systeem verschillend. Bovendien wordt niet elk rioolstelsel gekenmerkt door 1 vaste set parameters. Zoals geïllustreerd voor Kortessem en Merksem kennen de parameters van elk rioleringsstelsel een zekere spreiding. Daarom werd vervolgens onderzocht wat de impact van verschillende parameters is op de beoogde impactanalyse. Concreet: is de frequentieverschuiving van overstromingen bij toename van verharding verschillend voor een systeem met gelijke initiële terugkeerperiode maar met verschillende parameterkoppels? Een rioolstelsel met een berging van 40 m³/ha en een recessieconstante van circa 1100 seconden zal immers gemiddeld eens per jaar overstroomt, maar een rioolstelsel met 80 m³/ha buffering en een

recessietijd van 3450 seconden overstroomt even vaak. Heeft deze parameterisatie een impact op de verkregen verschuiving van de overstromingsfrequentie bij toename (of afname) van de verharding?



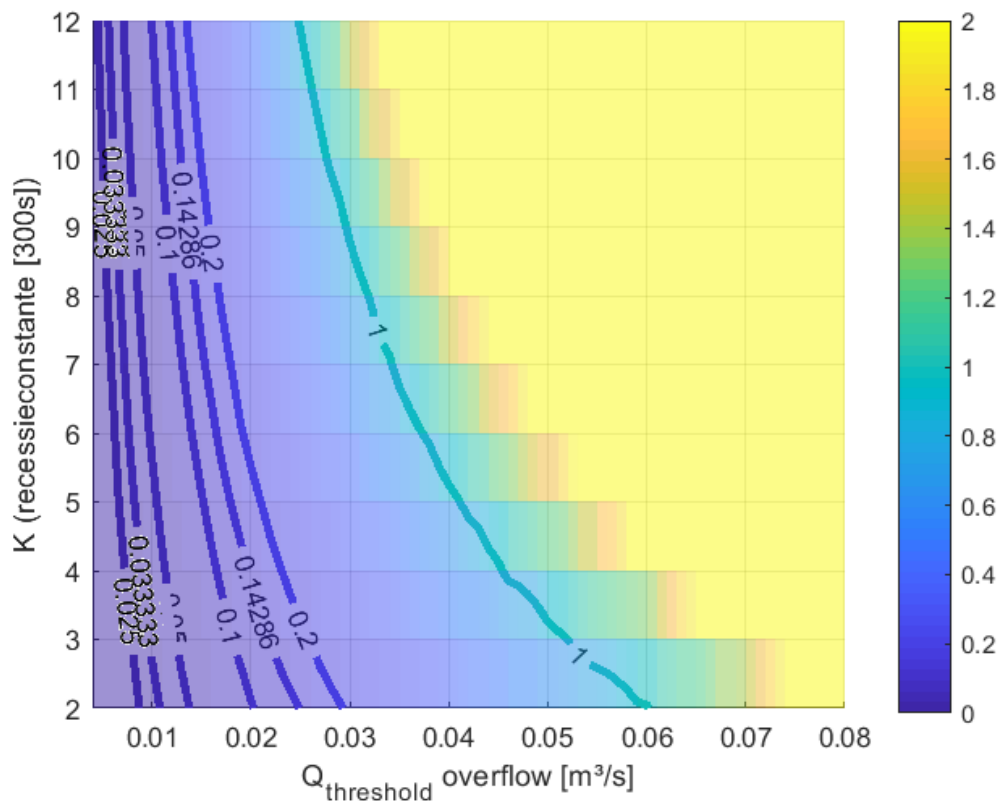
Figuur 27. Overstromingsfrequentie voor verschillende modelparameterisaties.

Om deze vraag te beantwoorden werden rioleringsstelsels met verschillende parameterisaties maar met gelijk veiligheidsniveau op vlak van overstromingen gesimuleerd, waarbij telkens de aangesloten verharding verhoogd werd. Figuur 28 toont het resultaat van deze sensitiviteitsanalyse. De figuur toont de toename in het aantal overstromingen versus de toename van de verharding (de effectieve toevoerende oppervlakte). Voor de duidelijkheid werden als voorbeeld rode kruisjes toegevoegd voor de parameterisaties die gemiddeld eens per jaar overstroomt in Figuur 27. Diezelfde rode kruisjes worden ook getoond in de sensitiviteitsanalyse voor vier verschillende aangesloten verhardingen. Wanneer de verharding niet toeneemt, vallen alle kruisjes uiteraard perfect samen: elke configuratie overstroomt nog steeds gemiddeld eens per jaar. Hoe meer verharding wordt toegevoegd, hoe vaker de systemen overstroomt: wanneer de verharding toeneemt met amper 15%, zullen er gemiddeld 2 overstromingen plaatsvinden per jaar in plaats van nog slechts eens per jaar. Merk op dat de resultaten slechts licht verschillen op basis van de gekozen parameterisatie. Met andere woorden, het exacte gebruikte koppel van recessieconstante K in de lineaire reservoirvergelijking en berging V voor overstromingen optreden zijn bijgevolg van ondergeschikt belang. Dit is een belangrijke conclusie voor het vervolg van de analyse, aangezien hieruit geconcludeerd wordt dat de exacte parameterisatie per stelsel niet gekend moet zijn. Bijgevolg is er geen individuele modelkalibratie nodig per rioleringsstelsel, en wordt een (weliswaar conceptuele, dus benaderende) analyse op Vlaams niveau mogelijk. Merk wel op dat het originele veiligheidsniveau een belangrijke invloed heeft op het resultaat. Zo zal de overstromingsfrequentie verschillend zijn voor eenzelfde bijkomende verharding afhankelijk van hoe vaak het systeem origineel overstroomt (bijvoorbeeld eens per jaar, eens om de 20 jaar, etc.). Bijgevolg moet er in de analyse wel rekening gehouden worden met de originele overstromingsveiligheid. Daarom zullen aannames gemaakt worden over hoe vaak rioleringsystemen in Vlaanderen overstroomt bij het interpreteren van de resultaten.



Figuur 28. Resultaat van de sensitiviteitsanalyse op de parameterisatie van een rioleringsstelsel.

Een gelijkaardige analyse kan uitgevoerd worden voor de overstortfrequentie. Uiteraard worden hier andere parameterkoppels verondersteld,; (opnieuw) de recessieconstante K , dit maal gecombineerd met een debiets-drempel (Q). Wanneer het uitgaand debiet deze drempel overschrijdt, wordt een overstortgebeurtenis verondersteld (zie ook Figuur 25). Figuur 29 toont de overstortfrequentie voor verschillende modelparameterisaties. Uiteraard is de schaal anders gekozen, aangezien overstorten veel frequenter voorkomen. De lijn "1" wijst op configuraties die gemiddeld eens per jaar overstorten. De lijn "0.025" stellen verschillende modelparameters voor die leiden tot 40 overstorten per jaar. Er wordt niet verder ingegaan op deze analyse, maar de opbouw, resultaten en conclusies zijn volledig analoog aan die van de hierboven beschreven overstromingsanalyse.



Figuur 29. Overstortfrequentie voor verschillende modelparameterisaties.

4.2.2.4 Bronmaatregelen

De conceptuele analyse op niveau van Vlaanderen houdt expliciet rekening met bronmaatregelen. Figuur 24 toont hoe deze bronmaatregelen in de modelopbouw vervat zitten. Concreet wordt de (bijkomende en vernieuwde) verharding aangesloten op hemelwaterputten, infiltratievoorzieningen en buffers met vertraagde doorvoer. De doorvoer en overstort van deze bronmaatregelen wordt vervolgens doorgegeven aan het reservoir dat het rioleringsstelsel voorstelt. Ook de bronmaatregelen worden in Sirio geïmplementeerd. Hiervoor wordt dus eveneens een 100-jarige neerslagreeks (en verdampingreeks voor de oppervlakteberging) gesimuleerd. De aanpak houdt dus ook inherent rekening met antecedente condities, en het deels gevuld kunnen zijn door voorgaande buien.

De grootte van bronmaatregelen werden ontworpen conform de Gewestelijke Stedenbouwkundige Verordening (GSV) Hemelwater en de Code van goede praktijk voor het ontwerpen van rioleringsstelsels. Voor nieuwe “residentiële” verharding (landgebruiksklassen 6 en 16; zie bijlage A) werd aangenomen dat 1/3^{de} van deze oppervlakte wordt aangesloten op hemelwaterputten en/of infiltratievoorzieningen (connecties conform de GSV), en 2/3^{de} op buffers met vertraagde doorvoer (op het openbaar domein; ontworpen conform de Code van goede praktijk). Het aansluiten van de volledige bijkomende of vernieuwde “residentiële” verharding op bronmaatregelen conform GSV is immers niet correct. Zo zijn de ruimtelijke scenario's opgesteld op een pixelgrootte van 100x100 meter, waardoor de wegenis in de bebouwde kom ook als residentiële verharding beschouwd wordt in de analyse. Dergelijke verharding moet aangesloten worden op bronmaatregelen ontworpen conform de Code van goede praktijk, en niet op hemelwaterputten en infiltratievoorzieningen conform GSV. De verhouding van 1/3^{de} en 2/3^{de} werd bepaald na zorgvuldige analyse van de verharding op enkele locaties in Vlaanderen. Uiteraard betreft dit slechts een aanname, aangezien deze verhouding in de toekomst en per scenario kan veranderen. Zo focussen de BRV-scenario's op

ruimte-inname op goed ontsloten locaties, waardoor bijvoorbeeld mogelijks minder nieuwe wegen aangelegd moeten worden, en deze verhouding dus anders is dan in het BAU-scenario. Met dergelijke aspecten werd in deze studie geen rekening gehouden. Echter, alle bijkomende en vernieuwde verharding wordt nog steeds aangesloten op bronmaatregelen, waardoor de verwachte impact van deze aanname op de overstromings- en overstortfrequentieverschuivingen als klein wordt beschouwd. Per 155 m² residentiële GSV-verharding (dus 1/3^{de} van de totale residentiële verharding) wordt hierbij 1 kavel verondersteld. Als effectieve infiltratiecapaciteit wordt 10 mm/u verondersteld, en een hergebruik van 100 l/dag. De vertraagde doorvoer wordt ontworpen aan 20 l/s/hectare. De neerslagafstromingscoëfficiënt bedraagt 0,8 zoals voorgeschreven door de Code van goede praktijk voor continue simulaties met werkelijke neerslagreeksen. Verder wordt een oppervlakteberging van 2 mm toegepast om rekening te houden met initiële verliezen.

De bijkomende of vernieuwde niet-residentiële verharding wordt volledig afgevoerd naar buffers met vertraagde doorvoer. Merk op dat in wezen voor niet-residentiële verharding (met name overdekte constructies zoals winkelcentra, fabriekshallen, etc., maar ook parkings) ook de GSV van toepassing is, en er dus infiltratievoorzieningen en hemelwaterputten met hergebruik gebouwd moeten worden. Toch werden in deze studie hiervoor buffers met vertraagde doorvoer gebruikt omwille van verschillende redenen. Bij het implementeren van hemelwaterputten is het nodig om het hergebruik (en de grootte van de put) correct in te schatten. Voor niet-residentiële verharding is dit moeilijk, wat dan ook een grote bijkomende onzekerheid inhoudt. Ten tweede wordt een groot deel van deze niet-residentiële verharding opnieuw ingenomen door wegenis die wel conform de Code van goede praktijk ontworpen moet worden (zoals bij de residentiële verharding hierboven beschreven). Daarnaast wordt verwacht dat de impact op overstromingen zeer gelijkaardig is bij toepassen van beide normen. Zowel de Code van goede praktijk als de GSV beogen immers dezelfde principes (zie ook §2 Toepassingsgebied in de GSV). Daarom worden dezelfde resultaten verwacht op vlak van overstromingen en overstorten wanneer de GSV of de Code wordt toegepast voor deze studie. Echter, de langetermijnmassabalans zal wel sterk verschillend zijn (door een verschillend aandeel infiltratie en hergebruik). De langetermijnmassabalans wordt in deze studie niet beschouwd. Verder werd er uiteraard abstractie gemaakt van elementen uit de GSV en de Code van goede praktijk. Zo werd er bijvoorbeeld geen rekening gehouden met de eventuele ligging van een goed in beschermingszones en dergelijke. De implementatie van bronmaatregelen is uiteraard ook niet afgestemd op lokaal gedetailleerd niveau, maar moet opnieuw op een groter niveau (van een arrondissement) beschouwd worden.

Tot slot is het van belang om ook met het vernieuwen van verharding rekening te houden. Immers, wanneer terreinen vernieuwd worden, kunnen bronmaatregelen geplaatst worden zonder dat de netto verharding verandert. Dit is in bijzonder van belang voor het BRV-scenario (scenario 2). Dit scenario veronderstelt reconversies binnen bestaand ruimtebeslag zonder een verandering van de netto verharding. Scenario 3 (BRV-INT) beschouwt net wel deze reconversies van het ene landgebruik naar het andere expliciet. Daarom worden de bronmaatregelen uit het BRV-INT-scenario toegepast op het BRV-scenario die specifiek bij deze reconversies horen. Op die manier wordt er wel rekening gehouden met het vernieuwen van verharding en het plaatsen van bronmaatregelen bij reconversies van landgebruik.

Tabel 2 vat het aantal toegepaste bronmaatregelen samen. Het aantal buffers met vertraagde doorvoer wordt niet beschouwd aangezien dit niet relevant is. In plaats daarvan wordt het totaal volume van deze buffers getoond.

Tabel 2. Aantal en/of volume van beschouwde bronmaatregelen per scenario.

	BAU-scenario	BRV-scenario	BRV-INT-scenario
Aantal GSV-bronmaatregelen (*)	451.427	250.176	367.179
Capaciteit van GSV-maatregelen [m ³] (*)	3.329.274	1.845.048	2.707.945
Volume buffers met vertraagde doorvoer [m ³]	2.838.500	1.549.000	2.274.500

(*) Elke GSV-bronmaatregel omvat een hemelwaterput én infiltratievoorziening voor residentiële verharding, ontworpen zoals hierboven beschreven.

4.3 Resultaten

4.3.1 InfoWorks ICM analyses

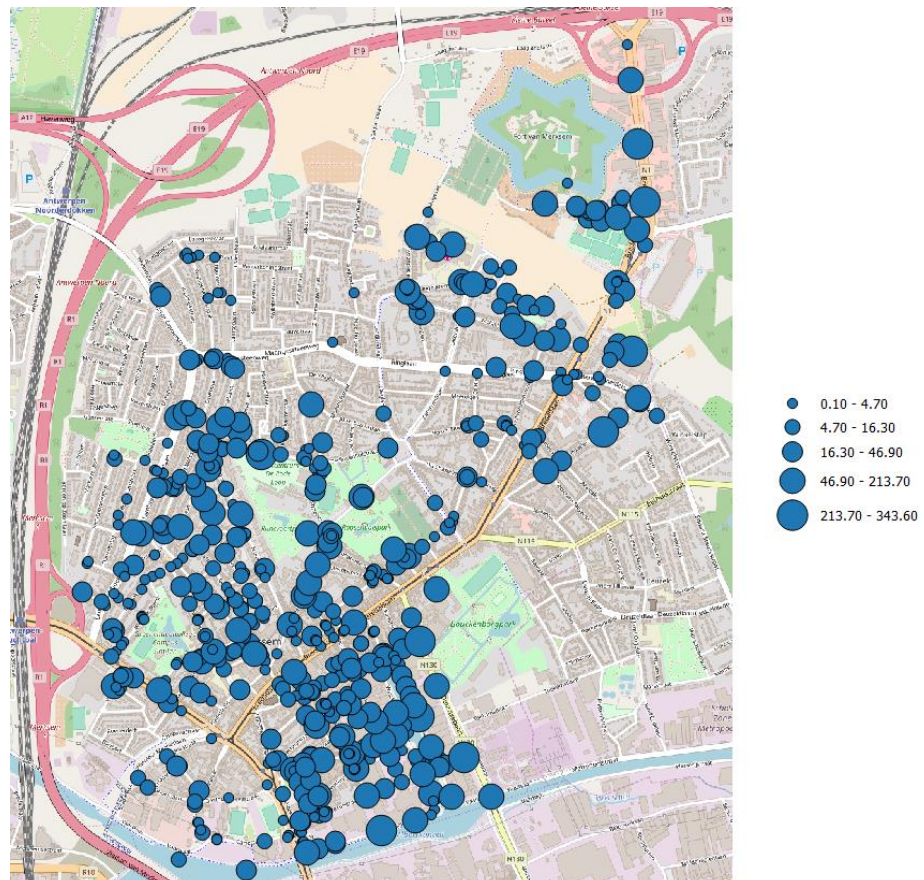
In de InfoWorks ICM modellen van Merksem en Kortessem-Wimmeringen werden de 48-uurs composietbuien met frequentie van voorkomen van 10 keer per jaar tot een terugkeerperiode van 20 jaar gesimuleerd die representatief zijn voor het huidige klimaat. Meer informatie over de gebruikte composietbuien is eveneens terug te vinden in de “Code van goede praktijk voor rioleringsystemen”. De simulaties werden uitgevoerd voor de verschillende beschouwde scenario’s en de huidige toestand. Meer informatie over de implementatiewijze is terug te vinden in §4.2.1. De droogweerafvoer volgt het standaard Hydronaut-profiel zoals gebruikelijk voor het dimensioneren van rioleringsystemen in Vlaanderen. Het aantal aangesloten inwoners werd niet aangepast voor de drie onderzochte scenario’s, aangezien de droogweerafvoer een verwaarloosbare impact zal hebben op de grootte van overstorten en overstromingen. Merk op dat die wel een impact kunnen hebben op de kwaliteit van het overgestorte water, maar dat werd niet meegenomen in deze studie. Merk op dat er geen bronmaatregelen geïmplementeerd werden voor deze analyses. De pompcapaciteiten werden voor elk scenario wel opgeschaald conform de toegenomen effectieve verharding.

4.3.1.1 Merksem

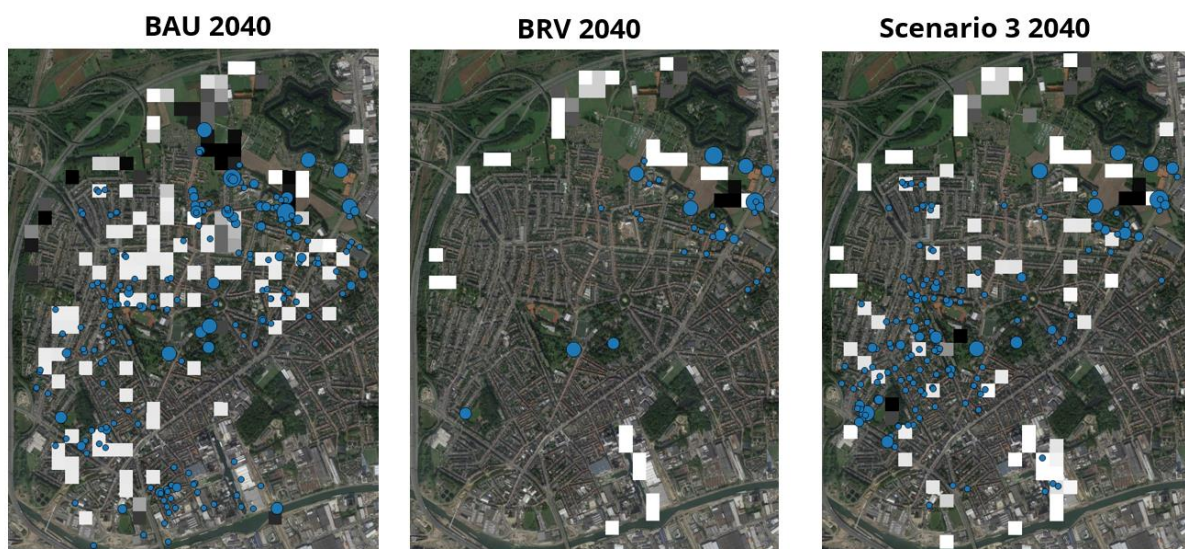
Figuur 30 toont de overstromingsvolumes in de huidige toestand na simulatie van een composietbui met terugkeerperiode van 20 jaar. Het is belangrijk om op te merken dat dit de overstromingsvolumes in zogenaamde “overstromingskegels” (Engels: floodcones) zijn, die geen rekening houden met de uitspreiding van de volumes over het terrein. Hierdoor kunnen de overstromingsvolumes ook significant afwijken van de realiteit. Er wordt verwacht dat analyses met overstromingskegels tot een onderschatting leiden van de werkelijke overstromingsvolumes, hoewel dit kan verschillen per locatie.

Figuur 31 toont de toename in overstromingsvolumes voor de 3 beschouwde scenario’s na simulatie van diezelfde T20 composietbui. Hierbij valt op dat er in het BAU-scenario een sterke verhoging is van de overstromingsvolumes. Ook treden overstromingen op waar voorheen geen overstromingen plaatsvonden (en waar zelfs geen verharding op die specifieke locatie werd toegevoegd). Bovendien zijn de overstromingen sterk verspreid over gans Merksem. Dergelijke situatie is bijgevolg zeer moeilijk controleerbaar. Bestaande leidingen worden overbelast door de bijkomende verhardingen. In het BRV-scenario treden voornamelijk bijkomende overstromingen op waar verharding wordt toegevoegd. Op enkele reeds overbelaste locaties in het centrum (waar nochtans geen bijkomende

verharding wordt toegevoegd in de onmiddellijke omgeving) treden ook bijkomende overstromingen op. Het BRV-INT-scenario ligt tussen beide scenario's in.

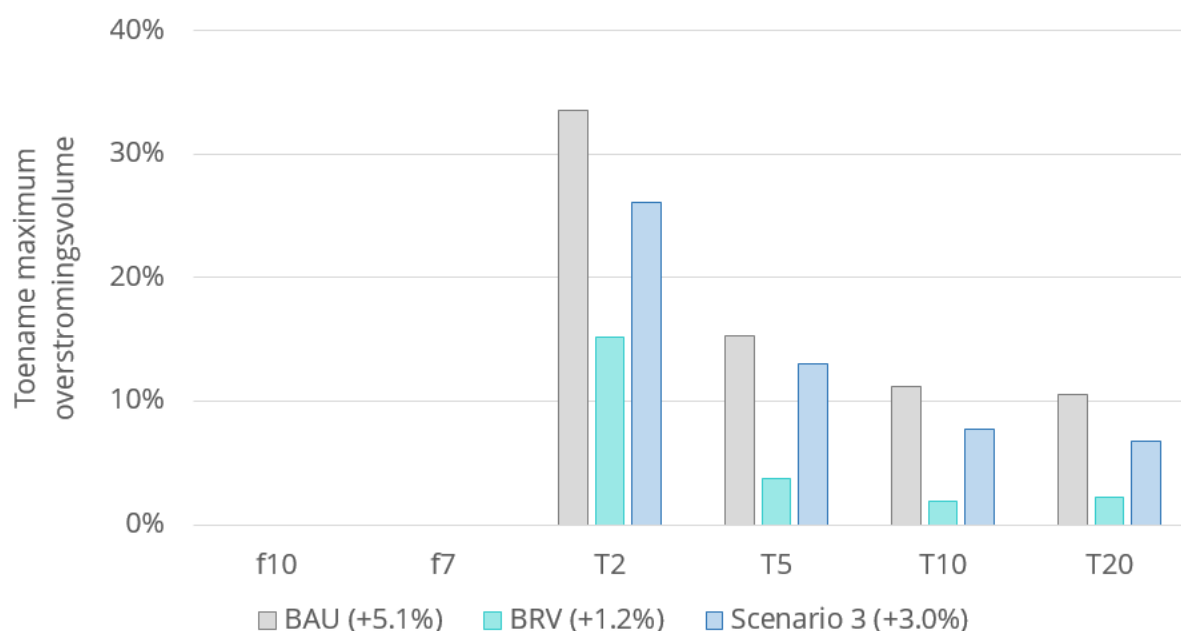


Figuur 30. Locaties met overstromingen in de huidige toestand na simulatie van een composietbui met terugkeerperiode 20 jaar voor Merksem.



Figuur 31. Bijkomende overstromingen (blauwe punten) ten gevolge van de bijkomende verharding (witte-grijze cellen; zie ook Figuur 22) na simulatie van een composietbui met terugkeerperiode van 20 jaar.

Figuur 32 toont de toename van de maximale overstromingsvolumes per scenario voor verschillende composietbuien. Hierop is de sterke relatieve toename in overstromingsvolumes te zien voor de composietbui met terugkeerperiode van 2 jaar. Dit is echter logisch, aangezien de overstromingsvolumes met terugkeerperiode van 2 jaar kleiner zijn en dus een toename in verharding zonder het voorzien van bijkomende berging in het stelsel of bronmaatregelen de grootste relatieve impact heeft. Deze analyse toont ook op het belang van bronmaatregelen en bijkomende buffering. Zonder dergelijke ingrepen leidt het simpelweg bijbouwen van verharding tot een sterke toename van de overstromingsproblematiek.



Figuur 32. Toename van de maximale overstromingsvolumes per scenario. De percentages bij de scenario's in de legende wijzen op de toename van verharding. Er werden hierbij geen bronmaatregelen of rioleringsuitbreidingen beschouwd.

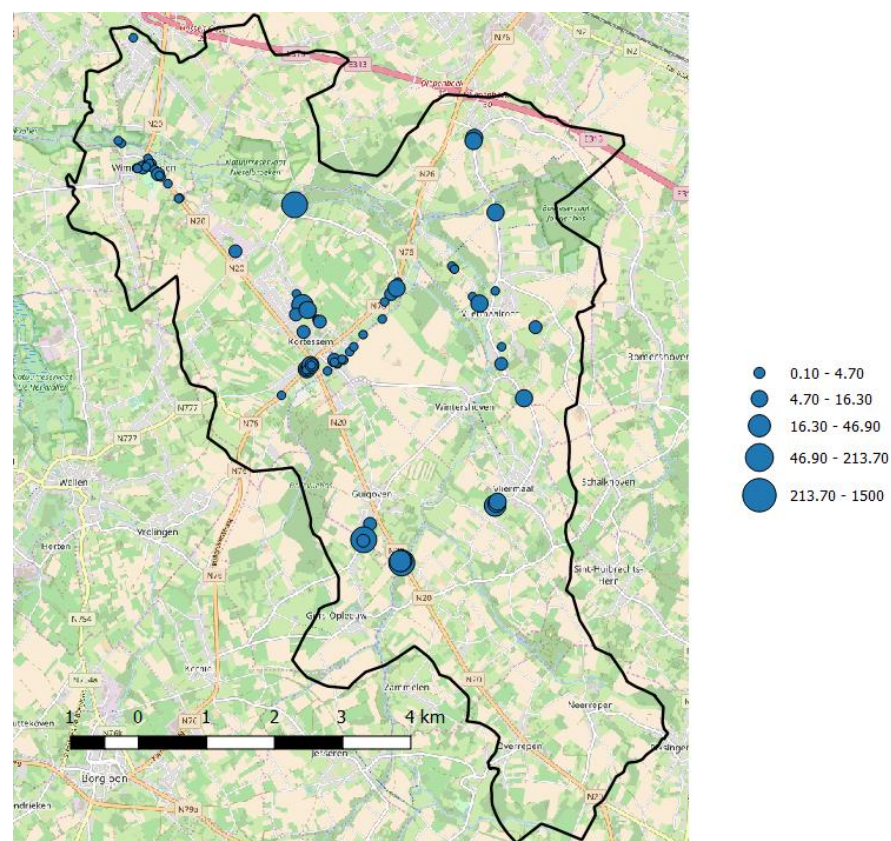
4.3.1.2 Kortessem-Wimmertingen

Een gelijkaardige analyse werd uitgevoerd voor het stelsel van Kortessem-Wimmertingen. Figuur 33 toont de locaties waar overstromingen optreden bij simulatie van een composietbui met terugkeerperiode T20 voor de huidige toestand (netwerk "Toestand A"; zie de Code van goede praktijk voor rioleringsstelsels voor meer info over verschillende toestanden). Hierop is te zien dat er verspreid overstromingen voorkomen, voornamelijk langs grote wegenassen.

Vervolgens werden de verschillende verhardingsscenario's gesimuleerd in het InfoWorks ICM model. Voor dit stelsel was er een netto afname van de verharding in de BRV-scenario's (zie ook Tabel 1 in §4.2.1). De gevolgde methodologie houdt hiermee rekening. Lokaal is er uiteraard wel een toename van verharding mogelijk. Dit wordt ook geïllustreerd in Figuur 34: de wit/grijze pixels geven per scenario aan waar de verharding lokaal toeneemt. Omdat er globaal ook netto afname is van de totale verharding in de BRV-scenario's wordt ditmaal ook de afname van overstromingsvolumes per knoop beschouwd. Figuur 34 toont de simulatiere resultaten: toegenomen overstromingsvolumes in vergelijking met de huidige toestand voor een composietbui met terugkeerperiode 20 jaar worden in het blauw getoond, een daling van de overstromingsvolumes in het groen.

De resultaten van de simulatie liggen in lijn met die van het stelsel van Merksem: in het BAU-scenario nemen de overstromingsvolumes significant toe. Deze toename is meer uitgesproken in dit stelsel

dan dat van Merksem. De toegenomen verharding in het stelsel van Kortesseem-Merksem in het BAU-scenario is ook significant groter dan in Merksem. Dit ligt ook in lijn van de verwachtingen: in het BAU-scenario zullen dergelijke (meer landelijke) gebieden sterk ontwikkelen, aangezien in zo'n gebieden nog meer gronden zijn die ontwikkeld kunnen worden dan in sterk verstedelijkt gebied. De overstromingsproblematiek zal dus mogelijks sterker toenemen in dergelijke landelijke gebieden dan in verstedelijkt gebied. Beide BRV-scenario's voorspellen een (weliswaar zeer lichte) netto afname van de verharding in Kortesseem-Merksem die aangesloten is op rioleringen. Merk op dat deze scenario's geen rekening houden met uitbreidingen van rioleringen (zoals het GUP). Lokaal, op locaties die wel goed ontsloten zijn, neemt de verharding wel toe (zie ook de witte/grijze cellen in Figuur 34). Op dergelijke locaties is dan ook een toename van de overstromingen waarneembaar. Verspreid over het stelsel dalen de gesimuleerde overstromingsvolumes lichtjes ten gevolge van een afname van verharding. Deze afname is wel niet zeer uitgesproken. Scenario 3 (BRV-INT) ligt tussen de andere twee scenario's in, maar leunt zeer dicht aan tegen het BRV-scenario. Dit komt omdat er slechts een geringe toename van de bevolking verwacht wordt (+1% in het BRV-scenario; aangegeven door het RuimteNeutraal scenario gesimuleerd in het VITO RuimteModel; zie ook §2.2.3). Hierdoor is ook de te verwachten intensivering van het ruimtegebruik zeer beperkt, waardoor beide BRV-scenario's erg dicht bij elkaar liggen. Beide scenario's beschouwen immers enkel een verschillende implementatie op vlak van intensivering (zie ook §2.2.4).

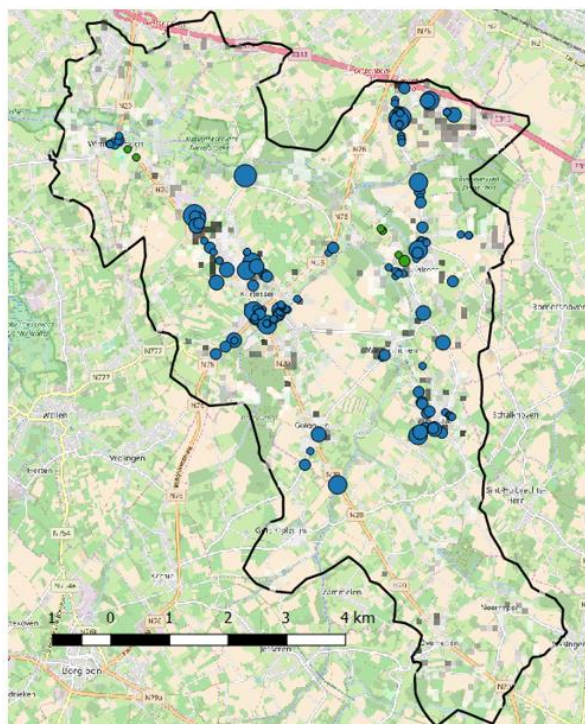


Figuur 33. Locaties met overstromingen in de huidige toestand na simulatie van een composietbui met terugkeerperiode 20 jaar voor Kortesseem.

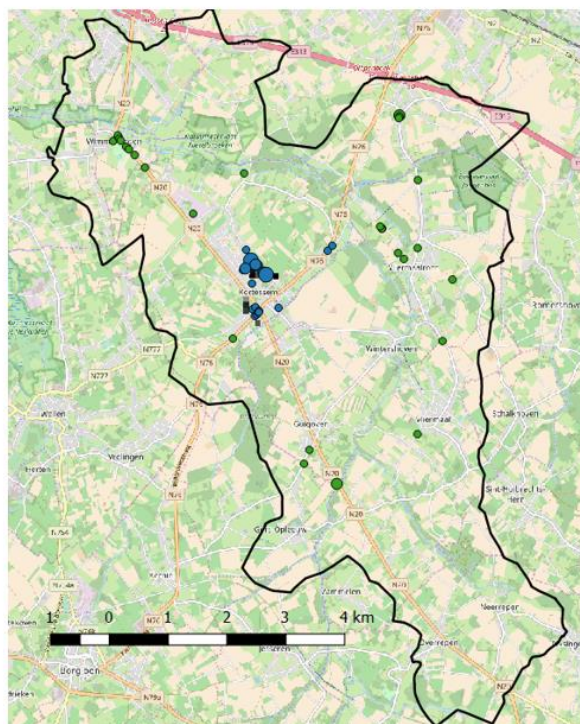
Merk op dat deze analyse geen rekening houdt met bronmaatregelen. Waar verharding bijkomt, zullen in realiteit ook bronmaatregelen toegevoegd worden. Daardoor wordt verwacht dat de bijkomende overstromingen beperkter zullen zijn dan hier voorspeld, en de afname in overstromingen significanter zullen zijn. InfoWorks ICM laat echter niet toe om dergelijke

bronmaatregelen op deze schaal correct door te rekenen (zoals besproken in §4.2.1). De analyse op niveau van Vlaanderen houdt wel rekening met bronmaatregelen.

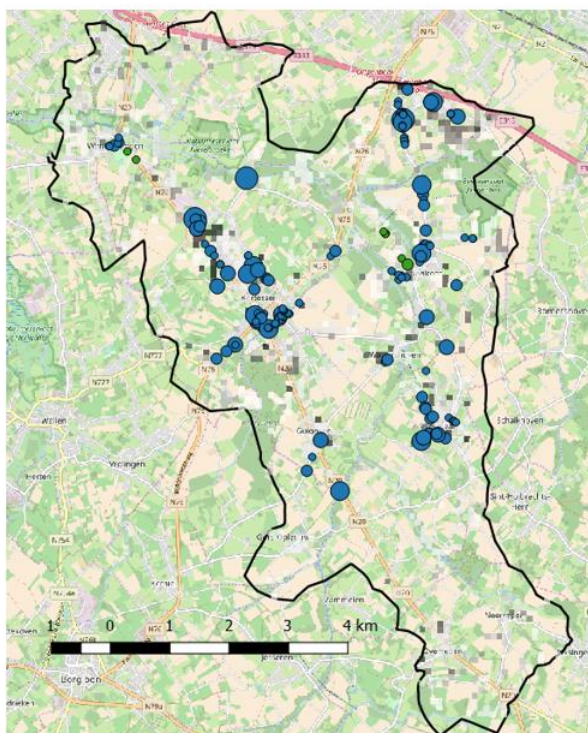
BAU 2040



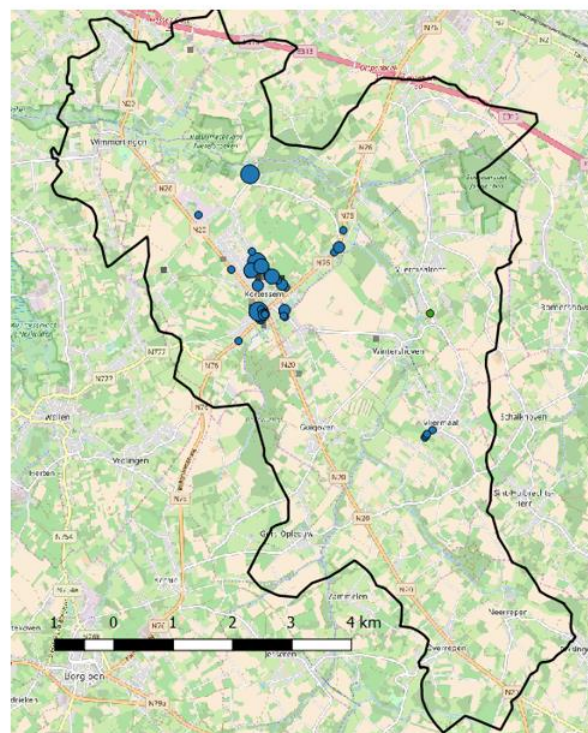
BRV 2040



BAU 2040



Scenario 3 2040



Figuur 34. Bijkomende overstromingen (blauwe punten) ten gevolge van de bijkomende verharding (witte-grijze cellen) en afnemende overstromingen (groene punten) na simulatie van een composietbui met terugkeerperiode van 20 jaar.

4.3.2 Vlaanderen (conceptuele modellering)

Een analyse werd uitgevoerd via conceptuele modellen op niveau van gans Vlaanderen. De modelopbouw, parameterisatie en simulaties zijn beschreven in §4.2.2. De simulaties werden uitgevoerd aan de hand van de software Sirio. De gesimuleerde ruimtelijke scenario's met veranderende verharding zijn uitgebreid beschreven in §2.2-2.3.

4.3.2.1 Overstromingsfrequentie

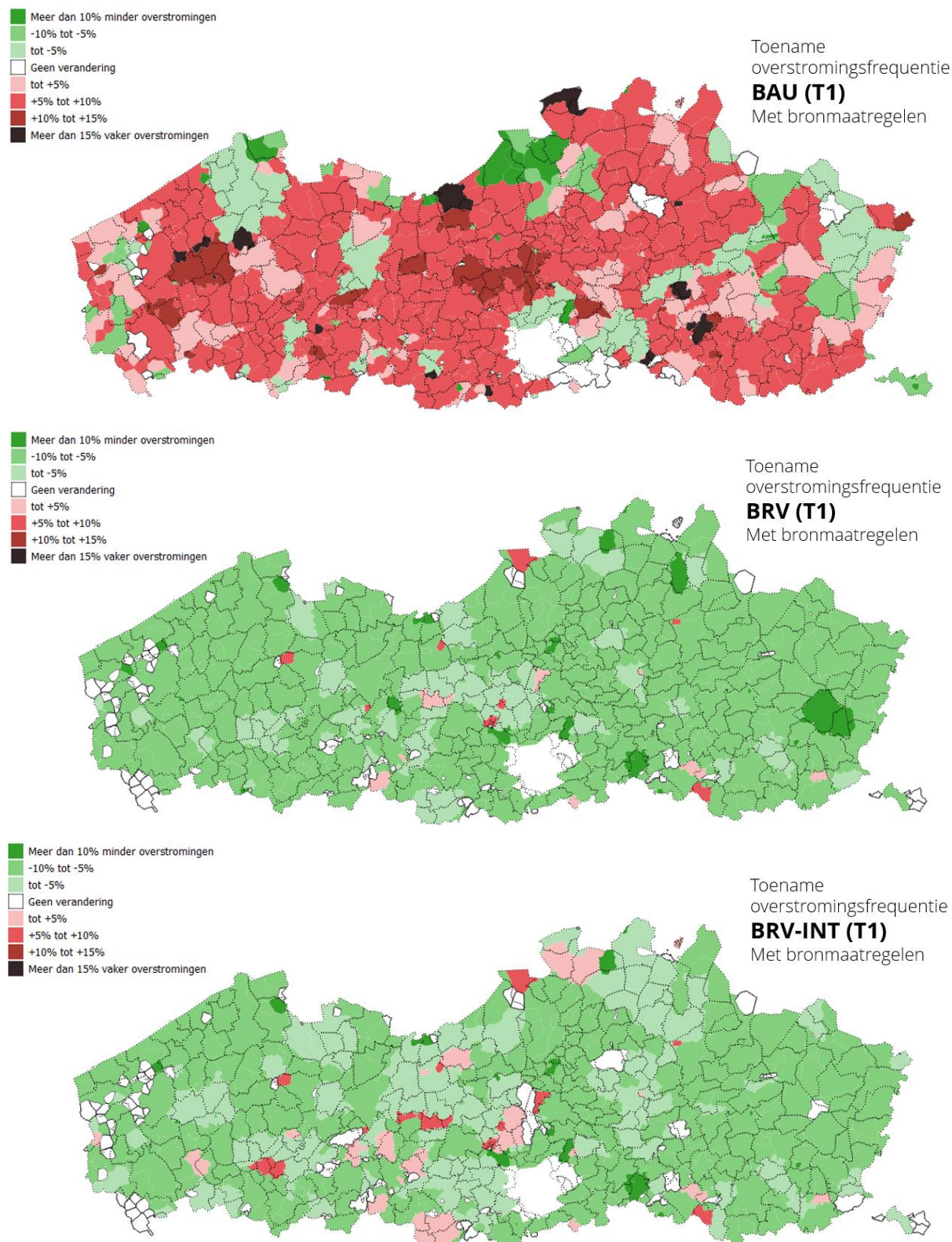
De eerste analyse focust op de verandering van de overstromingsfrequentie ten gevolge van de veranderende verharding die aangesloten is op rioleringen in elk ruimtelijk scenario. De overstromingsfrequentie verwijst naar hoe vaak een stelsel overstroomt, en zegt niets over de grootte van de overstromingen zelf. Er werden twee sets simulaties doorgerekend: een mét bronmaatregelen zoals beschreven in §4.2.2.4, en een tweede zonder bronmaatregelen. Beide simulaties beschouwden geen uitbreidingen van het rioleringssysteem zelf. Kortom, deze simulaties tonen hoeveel vaker een rioleringsstelsel zal overstroomen wanneer er wel/geen bronmaatregelen uitgebouwd worden, en er niets aan het stelsel zelf verandert.

De verandering in overstromingsfrequentie is afhankelijk van de huidige overstromingsveiligheid van het rioleringsstelsel: een stelsel dat eens per jaar overstroomt zal een andere verandering in voorkomen van overstromingen kennen voor eenzelfde verandering in verharding dan een stelsel dat bijvoorbeeld slechts eens in de 20 jaar overstroomt. Echter, er zijn geen gegevens beschikbaar over de huidige overstromingsveiligheid van elk stelsel. De huidige ontwerpnormen beogen slechts (gemiddeld) eens in de 20 jaar overstromingen langs rioleringen. De huidige normen zijn echter strenger dan vorige versies, waardoor de rioleringen in realiteit de huidige normen niet halen en dus (veel) vaker zullen overstroomen. Het overgrote deel van de stelsels is immers ontworpen met vorige versies van de ontwerprichtlijnen. Verwacht wordt dat er in de praktijk gemiddeld eens per jaar overstromingen optreden voor veel rioleringssystemen. Daarom worden voor elk stelsel nog eens twee sets geanalyseerd: een keer wordt de wijziging in overstromingsfrequentie berekend voor een rioolstelsel waarbij verondersteld wordt dat dit in de huidige toestand eens per jaar overstroomt, en een tweede set die veronderstelt dat het stelsel gemiddeld eens in de 20 jaar overstroomt. De aanname van de huidige overstromingsfrequentie uit zich in een andere capaciteit in het conceptueel model. De huidige capaciteit van elk stelsel wordt via een statistische analyse berekend conform het gekozen veiligheidsniveau (zie §4.2.2.2 voor een uitgebreidere beschrijving over de capaciteit).

Samenvattend worden er dus 4 analyses uitgevoerd, en telkens voor de 3 beoogde scenario's:

- Aanname dat het huidig stelsel eens per jaar overstroomt (terugkeerperiode van één jaar, "T1"):
 - Met bronmaatregelen
 - Zonder bronmaatregelen
- Aanname dat het huidig stelsel eens per 20 jaar overstroomt ("T20"):
 - Met bronmaatregelen
 - Zonder bronmaatregelen

Zo worden dus in het totaal 12 kaarten gegenereerd. Verwacht wordt dat het werkelijk gedrag tussen beide aannames valt (T1 en T20), maar dichter aanleunt tegen de resultaten van T1.



Figuur 35. Toename in overstromingsfrequentie zonder capaciteitsuitbreiding van de riolering, maar met het inrekenen van bijkomende bronmaatregelen. De huidige overstromingsfrequentie wordt jaarlijks verondersteld (T1).

Figuur 35 toont de toename in overstromingsfrequentie voor de zuiveringszones in Vlaanderen wanneer de riolering niet wordt uitgebreid, maar er wel bijkomende bronmaatregelen ingerekend

worden. Hierbij is tevens verondersteld dat de huidige overstromingsfrequentie jaarlijks is ("T1"). Op de figuur is te zien dat de meeste systemen vaker overstromen. Merk op dat de kaarten vooral een beeld geven over gans Vlaanderen, en de cijfers niet bedoeld zijn om strikt op niveau van een gemeente te interpreteren. Het huidig veiligheidsniveau van rioleringsstelsels (en dus de eventuele onder- of overcapaciteit ten opzichte van een veiligheidsniveau) zijn immers niet gekend, en dus ook niet meegenomen in de analyse.

Gemiddeld (gewogen volgens de oppervlakte van de zuiveringszones) wordt verwacht dat de **overstromingsfrequentie met 4% toeneemt in het BAU-scenario** wanneer er wel bronmaatregelen worden ingerekend. In vergelijking met de gemiddelde toename in verharding over Vlaanderen in het BAU-scenario die aangesloten is op rioleringen (+15%; zie Figuur 13) is de toename in overstromingsfrequentie dus beperkt. Dit is te wijten aan het uitgebreid toepassen van bronmaatregelen. Lokaal kan het overstromingsrisico zelfs afnemen in het BAU-scenario, zelfs wanneer in diezelfde zone de netto verharding toeneemt (zie Figuur 14 voor de bijkomende verharding die aangesloten is op rioleringen). Dit is vooral het geval voor gebieden die nu reeds sterk verstedelijkt zijn, zoals de zuiveringszones rond stad Antwerpen, Leuven, Gent en Brugge. De netto verharding neemt in die zones (weliswaar beperkt) toe in het BAU-scenario, maar er is een (eveneens beperkte) afname in overstromingsrisico's. Dit komt door de veronderstelde toekomstige reconversies van sites die gepaard gaan met het inrekenen van bronmaatregelen. Dergelijke zones zijn nu reeds ook verhard, maar hebben (meestal) geen bronmaatregelen zoals hemelwaterputten en infiltratievoorzieningen. Na reconversie wordt het waterbeleid gehanteerd volgens de recent vernieuwde GSV Hemelwater, waarbij dus wel ingezet wordt op bronmaatregelen. Daardoor daalt het overstromingsrisico lokaal. Naast de reconversies is er in alle zuiveringszones uiteraard ook de bijkomende verharding door het aansnijden van nieuwe gronden, waardoor de netto verharding uiteindelijk wel stijgt. In sommige gebieden wegen de reconversies echter meer door, waardoor globaal gezien het risico op overstromingen (licht) daalt. Het is dan ook logisch dat dit fenomeen zich voordoet in de meest verstedelijkte gebieden, aangezien daar het meeste potentieel is op dergelijke reconversies, en de netto bijkomende verharding eerder beperkt zal zijn doordat de nog niet aangesneden ruimte beperkter is. Dit komt duidelijk naar voren in zowel de gegenereerde ruimtelijke scenario's als de simulatieresultaten met de conceptuele modellen.

In het BRV-scenario is een heel ander beeld waarneembaar. Er is zelfs een **gemiddelde afname van de overstromingsfrequentie van 6% in het BRV-scenario** merkbaar. Met andere woorden, de overstromingsrisico's dalen in bijna heel Vlaanderen, zelfs wanneer de rioleringsinfrastructuur niet wordt uitgebreid (vanzelfsprekend zijn er wel uitbreidingen nodig om nieuw aangesneden ruimte aan te sluiten op de riolering). Dit is ook enigszins te verwachten, aangezien dit scenario uitgaat van een nog meer doorgedreven reconversiebeleid dan in het BAU-scenario. Hiertoe werden de gesimuleerde bronmaatregelen uit het BRV-INT scenario overgenomen (zie §4.2.2.4 voor een uitgebreidere toelichting). Bovendien gaat het BRV-scenario sowieso uit van veel minder nieuw ruimtebeslag dan het BAU-scenario, en ook minder bijkomende verharding: +5% in het BRV-scenario tegen +15% in het BAU-scenario. Deze twee factoren, in combinatie met het doorgedreven bronmaatregelen beleid, zorgen dus voor een (beperkte) afname van de overstromingsfrequentie. Lokaal, in goed ontsloten gebieden waar significant meer verharding komt in het BRV-scenario, neemt de overstromingsfrequentie licht toe.

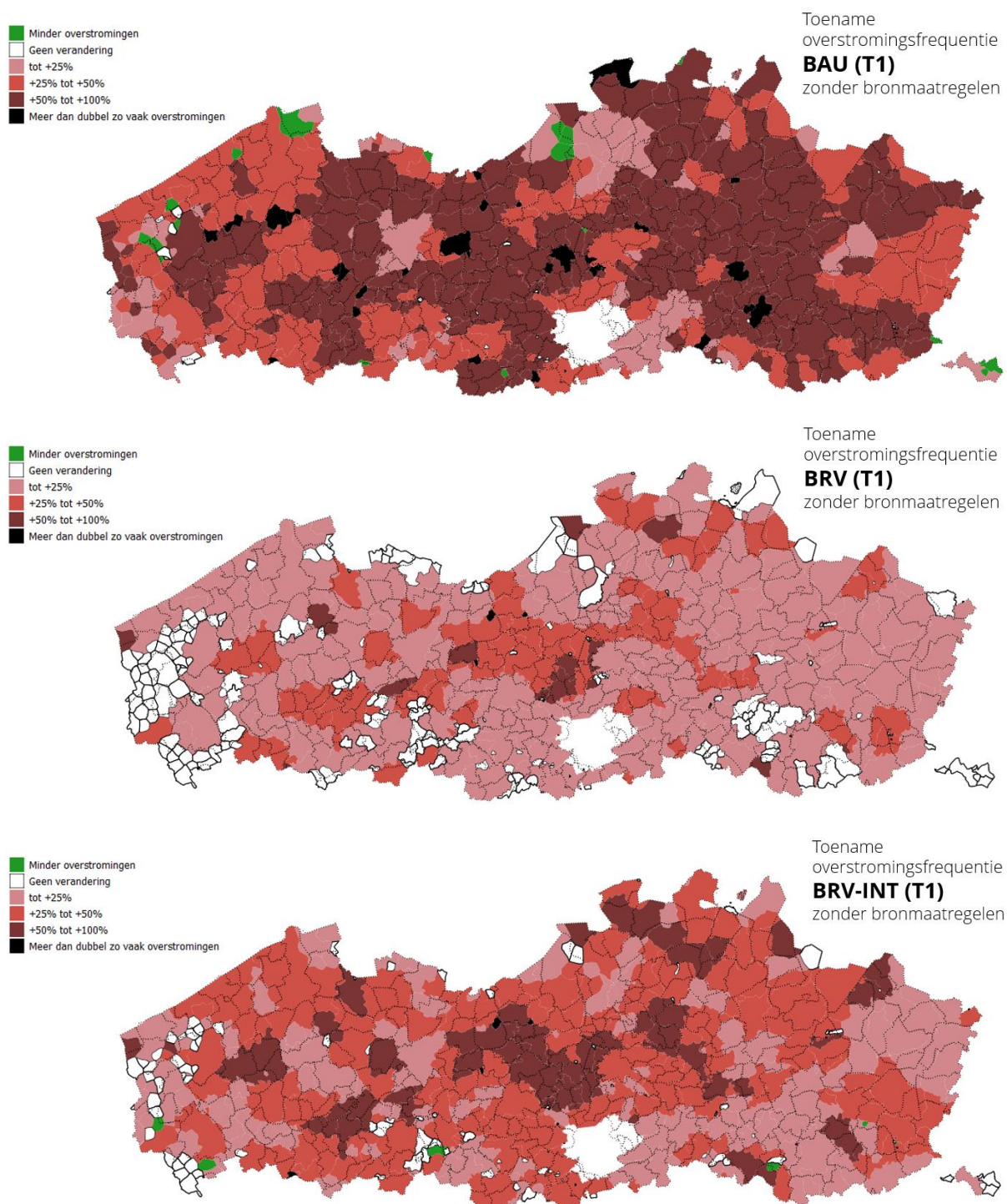
Het BRV-INT scenario tot slot situeert zich tussen beide. Het **BRV-INT scenario leidt tot een gemiddelde afname van de overstromingsfrequentie van zo'n 5%**. Deze afname is iets minder beperkt dan in het zuivere BRV-scenario, omdat het BRV-INT scenario veronderstelt dat de intensivering leidt tot een netto toename van verharding. Het BRV-scenario veronderstelt echter dat deze intensivering verharding-neutraal kan gebeuren door creatieve ingrepen en lokale ontharding. De verschillen op vlak van toename in overstromingsfrequentie zijn echter gering.

Een toename in de frequentie van overstromingen gaat ook gepaard met **overstromingen die uitgestrekter zijn** (voor gelijkblijvende frequentie). Anders uitgedrukt, een overstroming die eens per jaar voorkomt, zal bij een toename in overstromingsfrequentie heviger zijn in de toekomst dan vandaag. Dat houdt ook in dat overstromingen ontstaan waar heden nog geen overstromingen waarneembaar zijn. Omgekeerd, bij een afname in overstromingsfrequentie kan ook verwacht worden dat overstromingen minder intens zullen zijn. Merk op dat deze analyse geen rekening houdt met klimaatverandering. Door **klimaatverandering** wordt verwacht dat overstromingen (significant) zullen verergeren, en vaker zullen voorkomen. Zelfs in gebieden die in deze analyse naar voren komen met een afname in overstromingsfrequentie (door toepassing van bronmaatregelen en een eventuele daling in verharding), kunnen de overstromingsrisico's dus stijgen door klimaatverandering. De uitgestrektheid of "intensiteit" van overstromingen zelf is echter niet gekwantificeerd in deze studie. Hiervoor is een meer gedetailleerde analyse nodig die ook rekening houdt met het lokale terrein.

Figuur 36 toont de simulaties onder dezelfde condities, maar **zonder bronmaatregelen**. Let op, deze figuur heeft een andere schaal dan voorgaande met bronmaatregelen, omdat de resultaten veel extremer zijn. Onmiddellijk valt op dat er quasi overall een zeer sterke toename is in de overstromingsfrequentie onder alle scenario's. **Gemiddeld bedraagt de toename in overstromingsfrequentie zelfs 51% in het BAU-scenario, 21% in het BRV-scenario en 35% in het BRV-INT-scenario.** Een toename van 50% komt neer op rioleringsoverstromingen gemiddeld eens in de 8 maanden in plaats van eens per jaar (er werden in de simulatie bijgevolg 150 onafhankelijke overstromingsgebeurtenissen geïdentificeerd over 100 jaar). **Dit toont het belang aan van een beleid dat sterk inzet op bronmaatregelen:** zonder dergelijke maatregelen nemen de overstromingsrisico's significant toe, zelfs wanneer er minder nieuwe ruimte wordt aangesneden zoals in het BRV-scenario. Ook valt op dat de toename in overstromingsfrequentie (zonder toepassen van bronmaatregelen) veel hoger is dan de toename in verharding: de ruimtelijke scenario's voorspellen een toename tegen 2040 van +5 tot +15% in aangesloten verharding op riolering, maar de overstromingsfrequenties nemen toe met +21% tot +51%.

Tot slot werd de analyse herhaald waarbij elk rioleringsstelsel verondersteld wordt slechts gemiddeld eens in de 20 jaar te overstromen in de huidige omstandigheden ("T20"). Dit zou het geval zijn wanneer alle rioleringsstelsels voldoen aan de huidige ontwerpnormen. Zoals toegelicht wordt echter verondersteld dat de rioleringsstelsels in praktijk veel dichter tegen de T1-analyse hierboven zullen liggen. De figuren van deze analyse zijn toegevoegd in Bijlage C. **Hierop is een gemiddelde verandering in overstromingsfrequentie te zien van +18% in het BAU-scenario, -10% in het BRV-scenario en +3% in het BRV-INT-scenario** wanneer er wel bronmaatregelen worden toegepast. Zonder toepassing van bronmaatregelen zijn de resultaten nog extremer. Voor rioleringsstelsels die heden slechts eens in de 20 jaar overstromen, **neemt de overstromingsfrequentie toe met 111% in het BAU-scenario, 45% in het BRV-scenario en 80% in het BRV-INT-scenario zonder toepassing van bronmaatregelen.** Een toename van 100% betekent dat dergelijke systemen eens in de 10 jaar overstromen in plaats van eens in de 20 jaar nu. De resultaten zijn dus extremer voor systemen die heden minder vaak overstromen. Met andere woorden, "veiligere" systemen zullen meer geïmpacteerd worden in termen van toename/afname van overstromingsfrequentie door veranderingen in verharding.

Bij deze resultaten moet echter een belangrijke kanttekening gemaakt worden. De overstromingsfrequentie wordt bepaald als het aantal overstromingen die optreden in een simulatie van 100 jaar. Voor de systemen met een T20 configuratie worden er bijgevolg slechts 5 overstromingen geteld in 100 jaar. Een toename van verharding die net wel of net niet tot één extra overstroming leidt, resulteert dan ook in een heel andere toename van de overstromingsfrequentie (0%, of +20%). Daarom moet de toename (of afname) in overstromingsfrequentie voorzichtig geïnterpreteerd worden. De algemene tendensen zijn echter wel duidelijk.



Figuur 36. Toename in overstromingsfrequentie zonder capaciteitsuitbreiding van de riolering en zonder het inrekenen van bijkomende bronmaatregelen. De huidige overstromingsfrequentie wordt jaarlijks verondersteld (T1). Opgelet, deze figuur heeft een andere schaal dan die van Figuur 35.

4.3.2.2 Nodige uitbreiding rioleringsstelsel om eenzelfde overstromingsveiligheid te behouden

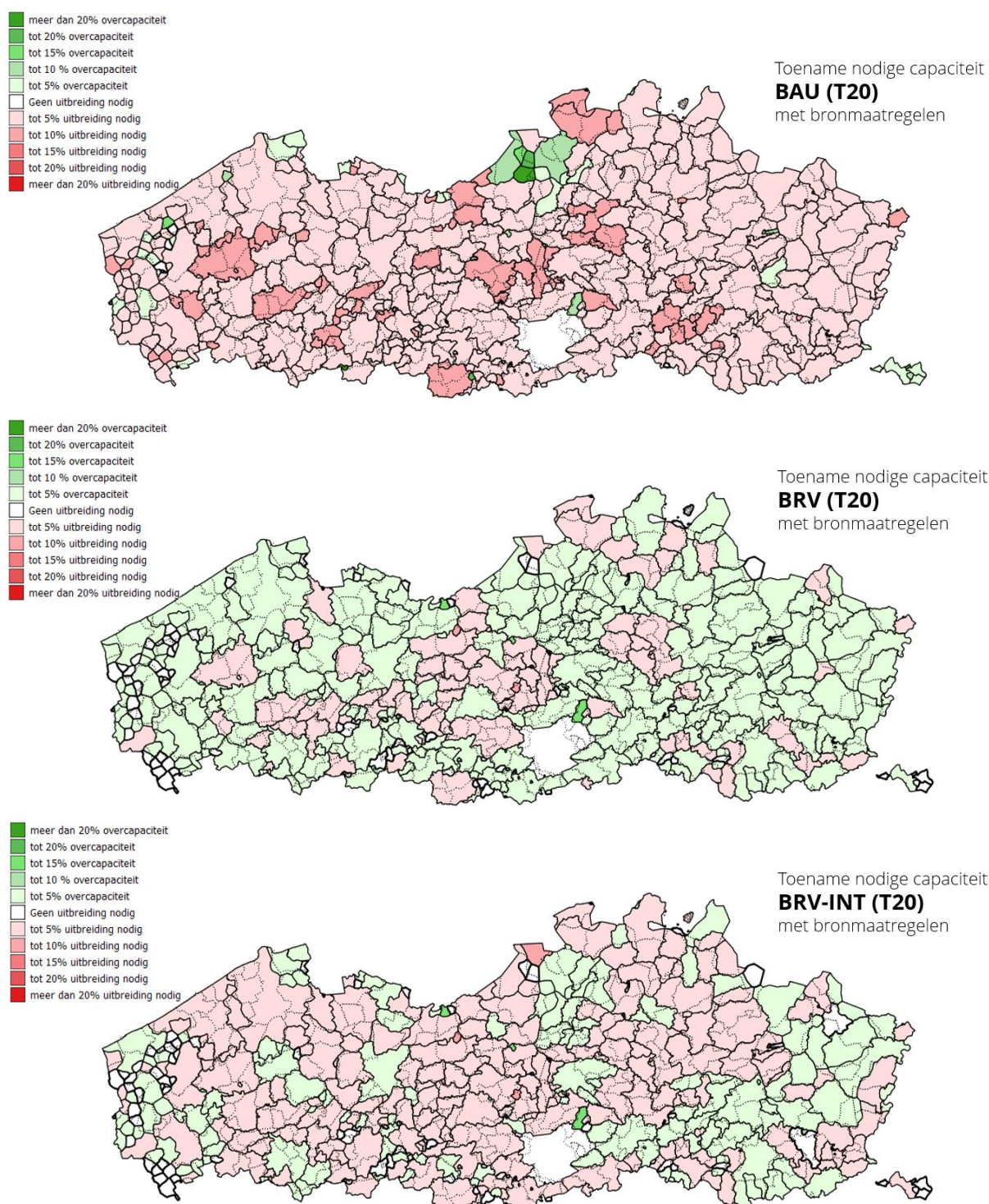
Deze analyse berekent de nodige capaciteitsuitbreiding van de riolering om eenzelfde overstromingsfrequentie te behouden na aanpassing van de aangesloten verharding. Voorbeelden van dergelijke capaciteitsuitbreidingen zijn het bijkomend aanleggen of vergroten van leidingen en het voorzien van online/offline buffering.

Conform de huidige ontwerpnormen worden de nodige rioleringsuitbreidingen begroot om gemiddeld eens in de 20 jaar water op straat toe te laten ("T20"). Zoals eerder uitgelegd voldoen zeker niet alle systemen hier momenteel niet aan, en ligt de huidige overstromingsfrequentie hoger (ze overstromen vaker). Echter, voor de duidelijkheid berekenen we enkel de nodige capaciteitstoename in de **aanname dat de huidige rioleringsstelsels ook slechts gemiddeld eens per 20 jaar overstromen.** De huidige overstromingsfrequentie verschilt per stelsel en is niet gekend. Het is dan ook niet mogelijk om een kwantitatieve uitspraak te doen over de nodige capaciteitstoename per stelsel om te voldoen aan de ontwerpnormen. De analyse houdt dus geen rekening met de nodige uitbreidingen van de riolering om met de huidige aangesloten verharding slechts eens per 20 jaar te overstromen. De studie begroot enkel de nodige uitbreiding ten gevolge van het aansluiten van bijkomende verharding, en dit voor de drie ruimtelijke scenario's.

De nodige capaciteitsuitbreidingen worden berekend via een statistische analyse die ook rekening houdt met de marge tot de overstromingsdrempel. Hiertoe worden, zoals bij de analyse van overstromingsfrequentieverandering, per stelsel langetermijnsimulaties uitgevoerd waarbij 100 jaar neerslag wordt doorgerekend. Per scenario wordt dergelijke analyse afzonderlijk uitgevoerd, en dit via de software Sirio. Via dergelijke langetermijnsimulaties kunnen de effecten van bronmaatregelen correct doorgerekend worden.

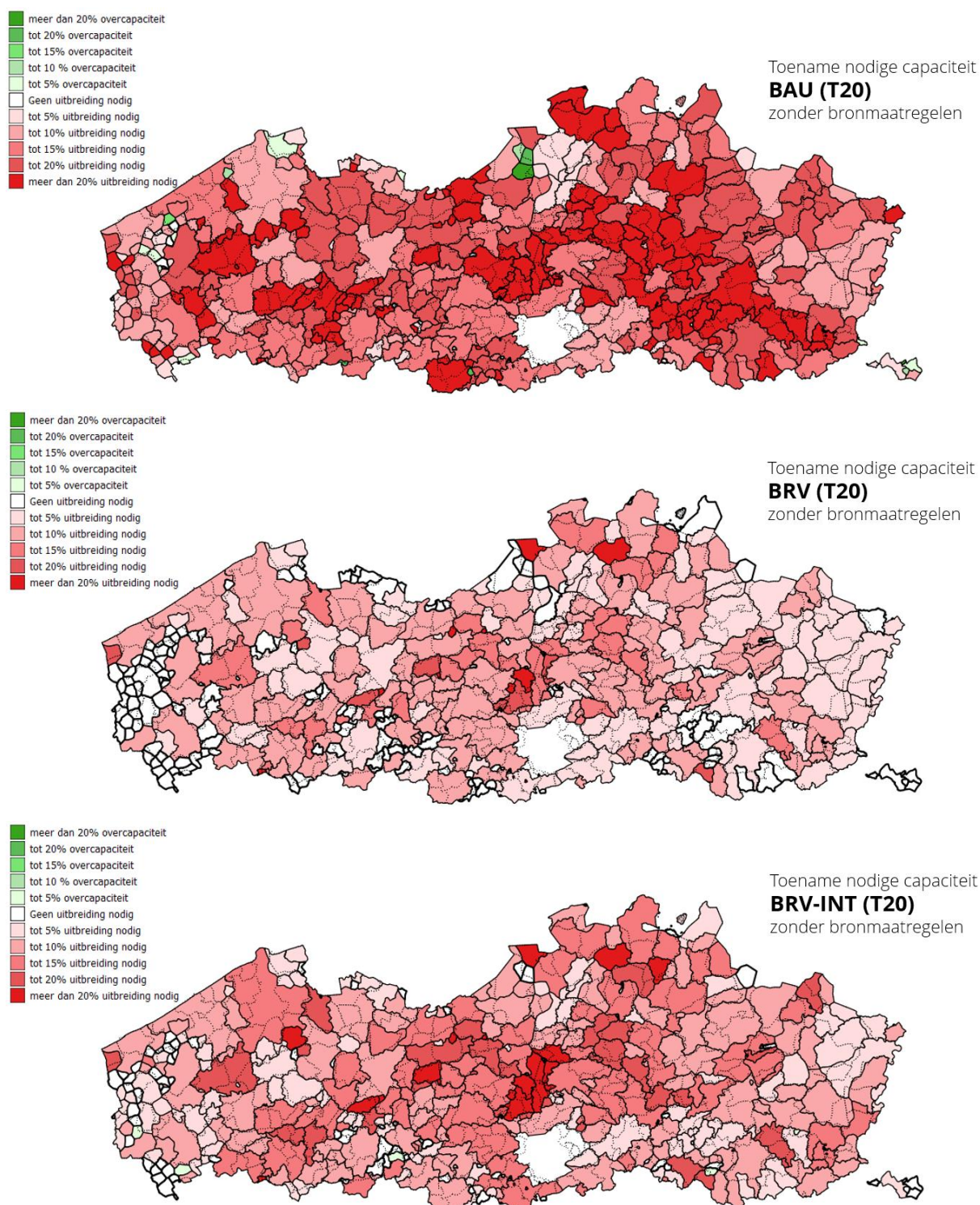
Opnieuw worden twee sets van simulaties doorgerekend: een met bronmaatregelen, en een zonder bronmaatregelen.

Figuur 37 toont de relatieve capaciteitstoename per rioleringsstelsel om een T20-overstromingsveiligheid te behouden nadat bronmaatregelen ingerekend zijn, en dit voor de drie onderzochte scenario's. Hieruit blijkt dat gemiddeld (opnieuw gewogen over de verschillende stelsels) een **capaciteitsuitbreiding van rioleringsinfra nodig is van 2,63% in het BAU-scenario.** Indien de capaciteit dus, gemiddeld over Vlaanderen, met 2,63% toeneemt, zullen na aansluiten van de verharding conform het BAU-scenario de rioleringsstelsels nog steeds gemiddeld eens per 20 jaar overstromen. Door het toepassen van bronmaatregelen ligt dit cijfer significant lager dan de toegenomen verharding (+15% voor BAU; zie Figuur 13). **In het BRV-scenario zien we dat de capaciteit van rioleringsinfra gemiddeld 1% mag afnemen,** terwijl de veiligheid toch hetzelfde blijft. Dit ligt ook in lijn met de eerdere resultaten die een afname van de overstromingsfrequentie toonden (§4.3.2.1). In het **BRV-INT-scenario** is er een status quo: globaal gezien is er geen uitbreiding nodig. Belangrijk om op te merken is dat deze resultaten nog geen rekening houden met **klimaatverandering.** Klimaatverandering kan leiden tot meer intense buien, waardoor we alsnog met (mogelijks significant) meer overstromingen geconfronteerd zullen worden. Om klimaatverandering op te vangen zijn vrijwel zeker (significante) bijkomende uitbreidingen nodig om eenzelfde overstromingsveiligheid te verkrijgen. Ook hebben veel rioleringssystemen op dit ogenblik een lager veiligheidsniveau, en overstromen deze dus vaker. Deze studie berekent niet de nodige uitbreidingen zodat de huidige rioleringsstelsels in de toekomst slechts gemiddeld eens per 20 jaar overstromen. Hiervoor zouden veel grotere uitbreidingen nodig zijn.



Figuur 37. Nodige relatieve capaciteitsuitbreiding van elk rioleringsstelsel (nadat bronmaatregelen ingerekend zijn).

Daarnaast werd ook voor elk scenario de nodige capaciteitsuitbreiding berekend wanneer er **geen bronmaatregelen** uitgebouwd zouden worden. Figuur 38 toont nodige relatieve uitbreidingen over Vlaanderen. Gemiddeld gezien moet de capaciteit in dat geval met 15% vergroot worden in het BAU-scenario, 4% in het BRV-scenario en circa 7% in het BRV-INT-scenario. Deze cijfers sluiten zeer nauw aan bij de toename in verharding (+15% in BAU, +5% in BRV en +9% in BRV-INT; zie Figuur 13). Voor het BAU-scenario is de nodige capaciteitsuitbreiding bijgevolg bijna 6 keer zo groot wanneer er geen bronmaatregelen worden toegepast.



Figuur 38. Nodige relatieve capaciteitsuitbreiding van elk rioleringsstelsel als er geen bronmaatregelen voorzien worden.

Deze relatieve capaciteitsuitbreidingen kunnen ook vertaald worden naar absolute cijfers (volumes). Tabel 3 vat de belangrijkste cijfers samen. Verwacht wordt dat er ongeveer 470.000 m³ buffering (capaciteit) bijgebouwd moet worden in het BAU-scenario wanneer er daarnaast (dus niet meegerekend in dit getal) ook nog bronmaatregelen voorzien worden. In het BRV-scenario zijn de nodige uitbreidingen van het rioleringsstelsel verwaarloosbaar. Vanzelfsprekend zijn ook daar uitbreidingen nodig wanneer nieuwe gebieden aangesneden worden en deze aangesloten moeten

worden op het rioleringsstelsel. Dergelijke uitbreidingen zijn uiteraard niet ingerekend in deze studie. In het BRV-INT-scenario bedragen de nodige uitbreidingen ongeveer 48.000 m³. Wanneer er geen bronmaatregelen toegepast worden, liggen de nodige capaciteitsuitbreidingen van het rioleringsstelsel in het BAU-scenario bijna 6 keer hoger: de nodige uitbreidingen bedragen dan ongeveer 2,4 miljoen m³ verspreid over Vlaanderen. In het BRV-scenario is, ondanks het geringe nieuwe ruimtebeslag en de doordachte intensivering, nog steeds meer dan 0,9 miljoen m³ aan extra capaciteit nodig. In het BRV-INT-scenario is dit zo'n 1,6 miljoen m³.

Tabel 3. Nodige absolute uitbreidingen (volumes; [m³]) van de rioleringsinfra.

	Met bronmaatregelen	Zonder bronmaatregelen
BAU-scenario	468.610	2.382.700
BRV-scenario	0	934.190
BRV-INT-scenario	48.324	1.585.400

4.3.2.3 Nodige overstortbuffers om eenzelfde overstortfrequentie te behouden

Tot slot werd ook de capaciteit van overstortbuffers berekend om eenzelfde overstortfrequentie te behouden. Immers, door de bijkomende verharding zullen rioleringssystemen vaker overstorten. Deze overstorten kunnen een nefaste impact hebben op de waterkwaliteit van ontvangende waterlichamen. Deze studie voorziet daarom buffers afwaarts van overstorten. Deze buffers vangen het overstortwater (tijdelijk) op. Eens de capaciteit van de buffer bereikt is, stort deze wederom over naar de ontvangende waterloop. Na een hevige neerslagbui kan het volume in dergelijke buffer afgevoerd worden via het rioleringsstelsel. Uiteraard is deze voorstelling een sterke vereenvoudiging van de realiteit, maar de methode geeft wel een indicatie van de nodige volumes.

De nodige capaciteit wordt berekend zodat het volume dat overstort tijdens een gebeurtenis die gemiddeld 7 keer per jaar voorkomt ("f7") gelijk blijft na toevoeging van de verharding. Opnieuw wordt dit bepaald aan de hand van een statistische analyse op de 100-jarige simulatiereeksen per stelsel. Hiertoe worden alle onafhankelijke overstortgebeurtenissen geselecteerd via een Peak-Over-Threshold analyse. Aan elke gebeurtenis wordt vervolgens een empirische terugkeerperiode toegekend. Deze analyse wordt uitgevoerd voor en na aanpassing van de verharding. Via een vergelijking op de overstortvolumes die overeenkomen met een frequentie van 7 keer per jaar van beide kan aldus de nodige capaciteit van de overstortbuffers bepaald worden. Ook werd er reeds rekening gehouden met de nodige capaciteitsuitbreiding van de rioleringsstelsels (zie §4.3.2.2).

Opnieuw werden twee sets doorgerekend: een met bronmaatregelen, en een zonder. De resultaten zijn samengevat in Tabel 4. **Als er bronmaatregelen voorzien worden, zijn er weinig bijkomende overstortbuffers nodig** om het volume dat overstort bij een overstortgebeurtenis die gemiddeld 7 keer per jaar voorkomt gelijk te houden. Dit wordt verklaard doordat de bronmaatregelen in staat zijn om de neerslagbuien die tot dergelijke gebeurtenissen leiden bijna volledig op te vangen. Wanneer er geen bronmaatregelen ingerekend worden, zien we dat er volumes nodig zijn van 201.000 m³ (BRV-scenario) tot 572.000 m³ (BAU-scenario).

Tabel 4. Nodige uitbreidingen (volumes; [m³]) van de overstortbuffers.

	Met bronmaatregelen	Zonder bronmaatregelen
BAU-scenario	73.649	571.760
BRV-scenario	2.488	201.230
BRV-INT-scenario	8.491	358.770

Een belangrijke opmerking bij deze resultaten is dat de nodige overstortbuffers groter worden naarmate overstortgebeurtenissen met hogere terugkeerperioden (zoals T1 en T20) gebufferd moeten worden. De nodige overstortbuffers opgelijst in Tabel 4 zorgen er dus voor dat de overstortvolumes bij een gebeurtenis die gemiddeld 7 keer per jaar voorkomt gelijk blijven na verandering van de verharding, maar met deze buffers zullen de overstortvolumes van minder frequente buien weldegelijk stijgen.

4.3.2.4 Synthese en vertalen naar economische cijfers

Voorgaande analyses worden samengevat in deze paragraaf, en vertaald naar economische cijfers.

Figuur 39 toont de nodige capaciteitsuitbreiding (volume, [m³]) van de verschillende beschouwde maatregelen wanneer bronmaatregelen doorgerekend worden. Bronmaatregelen bestaan, vereenvoudigd uitgedrukt, uit niet-residentiële en residentiële buffers. Residentiële buffers stellen hemelwaterputten en infiltratievoorzieningen voor die aangesloten zijn op de verharding van woningen. Paragraaf 4.2.2.4 geeft meer informatie over deze bronmaatregelen en Tabel 2 lijst de bijhorende volumes van deze bronmaatregelen op.

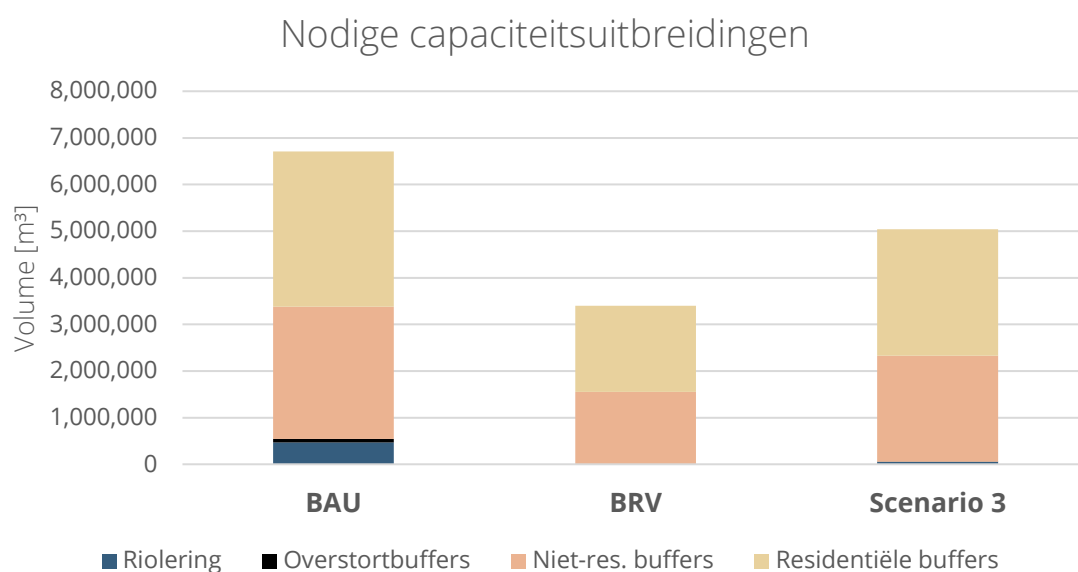
Deze figuur toont dat veruit het merendeel van de capaciteitsuitbreiding vervat zit in de bijkomende bronmaatregelen (zo'n 92% in het BAU-scenario, en (bijna) 100% in de BRV-gerelateerde scenario's). Deze bijkomende bronmaatregelen zijn opgelegd door de Code van goede praktijk voor rioleringsystemen en de Gewestelijke Stedenbouwkundige Verordening Hemelwater. Hierdoor zijn er beperktere uitbreidingen nodig van het rioleringsstelsel zelf. In het BRV-scenario zijn de nodige rioleringsuitbreidingen zelfs verwaarloosbaar. Door het aangepast ruimtelijk beleid conform het BRV-scenario is de totale capaciteitsuitbreiding ook slechts de helft in vergelijking met het BAU-scenario. Het BRV-INT scenario ligt precies tussen beide andere scenario's in.

Deze volumes zijn vervolgens benaderend omgezet naar investeringskosten. Uiteraard zullen de investeringskosten sterk verschillen van de exacte locatie waar een capaciteitsuitbreiding nodig is. Zo zullen de kosten van een capaciteitsuitbreiding in een sterk verstedelijkt gebied (zoals in een stadscentrum) aanzienlijk hoger liggen dan het voorzien van een buffer in een meer landelijk gebied bijvoorbeeld. Hiermee is echter geen rekening gehouden in deze studie. Na overleg met de leden van de stuurgroep van deze studie (VMM, Infrax, Aquafin, Vlaro en Vlaamse Overheid – Dept. Ruimte Vlaanderen) werd beslist om met een uniforme kost te rekenen van €1000/m³ aan nodige berging voor rioleringsuitbreidingen, overstortbuffers en buffers met vertraagde doorvoer (niet-residentiële buffers). Voor residentiële bronmaatregelen (hemelwaterput en infiltratievoorziening) werd per kavel een kost van €2500 ingerekend.

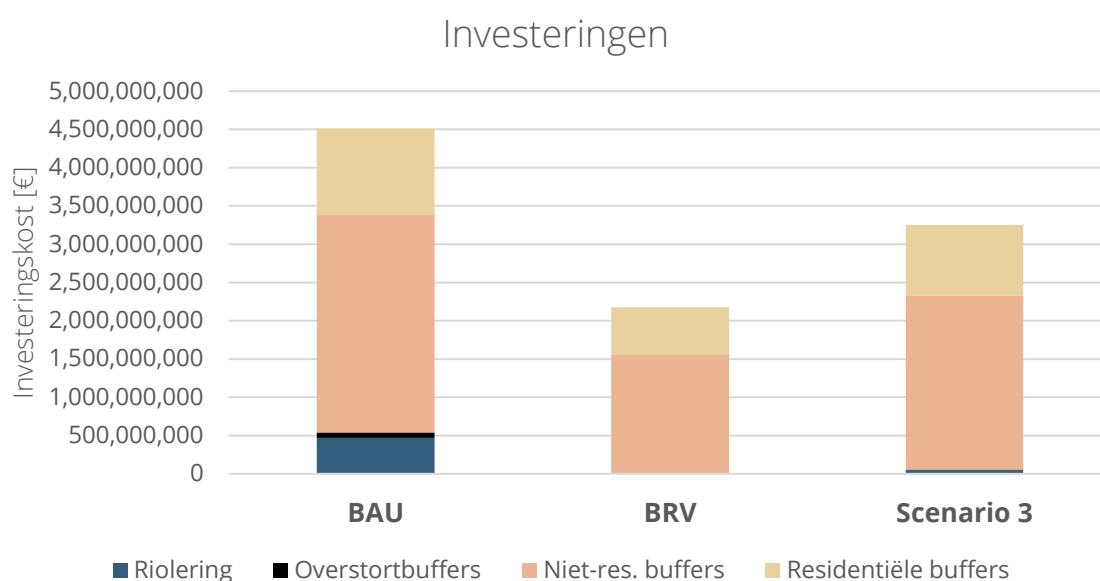
Figuur 40 toont de investeringskost van de verschillende beschouwde maatregelen. In het BAU-scenario wordt de investeringskost in uitbreidingen in hemelwaterafvoer op circa 4,5 miljard euro geraamd. Hiervan gaat zo'n 542 miljoen euro naar de uitbreiding van riolering en het voorzien van overstortbuffers. De investering in niet-residentiële buffers wordt op 2,83 miljard euro geraamd, en

de GSV bronmaatregelen bij particulieren op 1,13 miljard euro. Deze investeringskosten dalen significant in het BRV-scenario. In dat geval zijn de investeringskosten in het rioleringssysteem zelf en overstorten verwaarloosbaar. De totale kost komt daardoor uit op zo'n 2,2 miljard euro. Zo'n 1,55 miljard euro van dit bedrag gaat naar niet-residentiële buffers.

Het **BRV-scenario levert dus een besparing van circa 1,83 miljard euro** op vlak van rioleringsuitbreidingen, bijkomende overstortbuffers en niet-residentiële buffers. Merk op dat deze besparing deels naar de overheid gaat, en deels naar private investeerders. De niet-residentiële buffering is immer verbonden aan beide partijen. Zoals beschreven in §4.2.2.4 bestaat de niet-residentiële buffering uit buffers op openbaar domein (zoals langs wegenis), en deels uit buffers op privaat terrein (zoals op industriële sites, winkelcentra, etc.). Er wordt verwacht dat de besparingen op vlak van rioleringsinfrastructuur en overstortbuffers volledig naar de overheid gaan.



Figuur 39. Nodige capaciteitsuitbreidingen over verschillende soorten maatregelen.



Figuur 40. Benaderende investeringskost van de verschillende soorten maatregelen.

De hier gerapporteerde cijfers moeten uiteraard met enige voorzichtigheid geïnterpreteerd worden, aangezien de analyse gestoeld is op verschillende aannames. Over de hele keten van de analyse zijn veronderstellingen gemaakt om beperkingen in gegevens op te vangen: bij het genereren van de ruimtelijke scenario's, de conceptuele modellering en parameterisatie, aannames omtrent de huidige en beoogde veiligheidsniveaus op vlak van overstorten en overstromingen, en de implementatie van bronmaatregelen. Ook de onderverdeling in residentiële en niet-residentiële buffers is eerder artificieel en een vereenvoudiging van de werkelijkheid. Elke aanname is echter gefundeerd op (uitgebreide) analyses en bovendien gedocumenteerd in dit rapport. Daarom wordt verwacht dat de verhoudingen tussen de verschillende scenario's, alsook de grootteorde van de resultaten correct zijn.

5 Conclusies en aanbevelingen

De Vlaamse Regering keurde op 30 november 2016 het Witboek Beleidsplan Ruimte Vlaanderen (BRV) goed. Het BRV, ook vaak naar gerefereerd als de “betonstop”, zal op termijn het Ruimtelijk Structuurplan Vlaanderen vervangen. Het Witboek formuleert doelstellingen, krachtlijnen en een strategische visie om de ruimte in Vlaanderen te transformeren en anders te beheren. Voorliggende studie heeft als doel om de impact van het Witboek Beleidsplan Ruimte Vlaanderen op rioleringen te bepalen. Een samenvatting van de krachtlijnen die het meest relevant zijn voor deze studie zijn gegeven in §1.2.

5.1 Ruimtelijke scenario's

In een eerste stap werden drie ruimtelijke scenario's opgesteld inzake ruimtebeslag, verharding (al dan niet aangesloten op rioleringen) en bevolking, telkens met tijdshorizon 2040. Het eerste scenario (business as usual, “BAU”) is een verderzetting van het huidig ruimtelijk beleid. Het tweede scenario omvat de krachtlijnen en strategische doelstellingen van het BRV. Het derde scenario (“BRV-INT”) volgt in hoofdlijnen het BRV-scenario, maar veronderstelt dat de intensivering in het huidig ruimtebeslag leidt tot een toename in verharding. De intensivering is, in termen van verharding per capita, echter dubbel zo efficiënt verondersteld als in het BAU-scenario. Een uitgebreidere beschrijving van de scenario's is gegeven in §2.1. De ruimtelijke scenario's werden opgesteld op basis van, onder andere, landgebruikskaarten onder verschillende toekomstige projecties gegenereerd met het RuimteModel van VITO, gegevens en doelstellingen van het Beleidsplan Ruimte Vlaanderen, een (voorlopige) kaart die de ruimtelijke ontwikkelingskansen aangeeft over Vlaanderen, demografische projecties van het Federaal Planbureau en kaartmateriaal van het Agentschap Informatie Vlaanderen. De methodologie en bijhorende veronderstellingen zijn uitgebreid beschreven in §2.2.

De scenario's veronderstellen allen een toename van de bevolking in Vlaanderen tegen 2040 met circa 7%. De spreiding van de bevolking is echter licht verschillend over Vlaanderen in het BAU-scenario en de BRV-scenario's. Zo neemt de bevolking in steden in het BRV-scenario iets meer toe dan in het BAU-scenario. De projecties tonen een significant lagere bevolkingstoename op de as tussen Leuven en Hasselt in het BRV-scenario dan in het BAU-scenario. Bijna overal in Vlaanderen wordt evenwel een bevolkingstoename verwacht in elk scenario. Enkel in het uiterste westen van Vlaanderen en in een beperkt aantal landelijke gebieden wordt een lichte bevolkingsdaling verwacht (ongeveer -5%). Deze daling is in de Westhoek iets meer uitgesproken in het BRV-scenario dan in het BAU-scenario. Omgekeerd, het BRV-scenario voorspelt een lichte stijging van de bevolking langs de grens met Nederland in het oosten van Limburg, terwijl het BAU-scenario daar een lichte bevolkingsdaling aangeeft. Verder zijn de verschillen over het algemeen beperkt. Deze resultaten zijn uitgebreider besproken in §2.3.1.

In het BAU-scenario wordt een toename van het ruimtebeslag (i.e. de ruimte ingenomen door nederzettingen) verwacht van 49.000 hectare tegen 2040. Dit komt overeen met een gemiddelde inname van nieuwe ruimte van 6 hectare per dag. De BRV-scenario's nemen slechts 23.000 hectare in tegen 2040 (en geen nieuwe ruimte na 2040). Belangrijk om op te merken is dat deze oppervlakte slechts deels verhard is, en bovendien ook maar voor een deel aangesloten is op de riolering. Het BAU-scenario voorspelt een toename van het verhardingspercentage over gans Vlaanderen van circa 14,5% vandaag naar 16,5% tegen 2040. In de BRV-scenario's is deze toename beperkt tot 15% in scenario 2 (BRV) en 15,5% in scenario 3 (BRV-INT). De studie veronderstelt dat slechts enkele landgebruiksklassen verbonden zijn met de riolering. Hierdoor neemt de verharding aangesloten op

riolering toe van 135.000 hectare vandaag toe tot circa 155.000 hectare in het BAU-scenario (+15%), 142.000 hectare in het BRV-scenario (+5%) en 147.000 hectare (+9%) in het BRV-INT-scenario.

5.2 Impact op de capaciteitsuitbreidingen van rioolwaterzuiveringsinstallaties

De bevolkingstoename en uitvoering van de Gewestelijke Uitvoeringsplannen (GUP) vereisen capaciteitsuitbreidingen van rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's). Door de verschillende spreiding van de bevolking over Vlaanderen onder de drie scenario's zijn deze capaciteitsuitbreidingen per RWZI dan ook verschillend. De nodige capaciteitsuitbreiding werd per RWZI geanalyseerd op basis van de biologische en hydraulische capaciteit en de verandering van de bevolking aangesloten op deze RWZI.

Uit de analyse wordt geconcludeerd dat het BRV geen impact heeft op de totale benodigde capaciteitsuitbreidingen over Vlaanderen. Gemiddeld over Vlaanderen overtreffen de huidige biologische en hydraulische capaciteit de theoretische belasting. In de toekomst zijn (beperkte) uitbreidingen aan de orde. RWZI's in meer landelijke gebieden moeten in de BRV-scenario's echter minder sterk of zelfs niet uitbreiden. Anderzijds moeten in het BRV-scenario iets meer grotere RWZI's worden uitgebreid dan in het BAU-scenario. Alle nodige uitbreidingen zijn echter beperkt in vergelijking met de huidige capaciteit: de hydraulische capaciteit van RWZI's moet met gemiddeld 4% toenemen om de bevolkingstoename en aansluitingen door uitvoering van GUPs op te vangen, de biologische met ongeveer 3%.

5.3 Impact op riooloverstromingen en –overstorten, en bijhorende capaciteitsuitbreidingen

De toenemende aangesloten verharding op riolering leidt, onder andere, tot meer riooloverstorten en –overstromingen. Deze studie kwantificeerde de impact op riooloverstorten en –overstromingen, en de nodige capaciteitsuitbreidingen van rioleringsinfrastructuur om bepaalde veiligheidsniveaus te behouden.

In een eerste luik werden twee gevalstudies geanalyseerd: de stelsels van Merksem en Kortesse-Wimmertingen. Rioleringsbeheerders Aquafin en Infrac leverden hiervoor de InfoWorks ICM modellen aan. De ruimtelijke verhardingsscenario's werden vertaald naar deze gedetailleerde hydrodynamische modellen. Voor Merksem nam de effectieve toevoerende verharde oppervlakte toe met respectievelijk +5,7%, +1,3% en +3,3% voor de BAU-, BRV- en BRV-INT-scenario's tegen 2040. Voor Kortesse-Wimmertingen was de verandering van verharding extremer: +23,1%, -1,0% en +1,6%. Deze veranderingen illustreren ook duidelijk de verschillen in ruimtelijk beleid van de scenario's. Zo is er nog veel ruimte die bebouwd kan worden in Kortesse-Wimmertingen, waardoor de verharding in het BAU-scenario daar zeer sterk toeneemt. Veel van deze ruimtes kennen echter lagere ruimtelijke ontwikkelingskansen, waardoor de BRV-scenario's deze ook maar beperkt aansnijden. Merk op dat de (beperkte) afname van aangesloten verharding in Kortesse-Wimmertingen zeker niet impliceert dat er in het BRV-scenario niet meer bijgebouwd kan of zal worden. Door ruimtelijke reconversies kan de verhardingsgraad immers ook op bepaalde locaties afnemen, waardoor er op andere bijgebouwd kan worden wat leidt tot het bijna niet wijzigen van de netto verharding. Vanzelfsprekend zijn de gegenereerde ruimtelijke scenario's ook inherent onzeker. De cijfers zijn daarom slechts projecties, die wel de verwachte tendensen en impacts aangeven. Simulaties in InfoWorks ICM tonen aan dat de overstromingen in het BAU-scenario sterk en verspreid over het ganse stelsel toenemen. Ook waar vandaag geen overstromingen plaatsvinden, kunnen in de toekomst overstromingsgevoelig worden door de toename in verharding in het stelsel. Dit manifesteert zich ook op locaties waar als er in de onmiddellijke omgeving geen verharding wordt toegevoegd: de stroming in het ondergronds stelsel wordt immers beïnvloed, en die invloed propageert door het ganse stelsel. De overstromingen in het BAU-scenario zijn dan ook (zeer) moeilijk

te controleren. De bijkomende overstromingen blijven, zoals verwacht, in beide BRV-scenario's veel beperkter en meer geconcentreerd rond het nieuwe ruimtebeslag. Het is belangrijk te vermelden dat er geen bronmaatregelen werden ingerekend, en het rioleringssysteem ook niet werd uitgebreid (omwille van technische redenen en ontbrekende gegevens). De algemene conclusies hierboven blijven echter onverminderd geldig, maar geven daarom minder kwantitatieve informatie.

Vervolgens werd de impact over gans Vlaanderen ingeschat. Het uitvoeren van gedetailleerde hydrodynamische analyses per stelsel is niet mogelijk bij gebrek aan gegevens. Daarom werd voor deze studie een conceptuele modelaanpak opgesteld die rekening kan houden met de belangrijkste randvoorwaarden. Deze conceptuele modelaanpak rekent voor elk stelsel apart de ruimtelijke scenario's door via langetermijnsimulaties (met de software Sirio). Bij gebrek aan gegevens werden de modellen niet afzonderlijk gekalibreerd aan de hand van lokale data. In plaats daarvan werden de resultaten van de twee gedetailleerde gevalstudies gebruikt om een algemeen geldende modelopbouw op te stellen en te parametriseren. Een sensitiviteitsanalyse werd uitgevoerd om de impact op de resultaten in te schatten. Bronmaatregelen werden (vereenvoudigd) ingerekend conform de geldende normen. Om het effect en belang van bronmaatregelen te illustreren werden daarnaast ook simulaties uitgevoerd zonder bronmaatregelen.

Analyse van de overstromingsfrequentie van rioleringen gaf aan dat overstromingen gemiddeld +4% vaker zullen voorkomen over Vlaanderen in het BAU-scenario. Hierbij werd aangenomen dat rioleringssystemen in de huidige toestand gemiddeld eens per jaar overstromen. In het BRV-scenario is er een afname van de overstromingsfrequentie waarneembaar met -6%. Dit is voornamelijk te wijten aan de veronderstelde ruimtelijke reconversies, waardoor verharding die nu niet aangesloten is op bronmaatregelen dat in de toekomst wel zal zijn. In het BRV-INT-scenario komt de daling in overstromingsfrequentie neer op -5%. Deze cijfers worden extremer naarmate het rioleringssysteem een hoger veiligheidsniveau heeft: gemiddeld neemt de overstromingsfrequentie toe met +18% in het BAU-scenario als stelsels in de huidige toestand slechts eens per 20 jaar overstromen (in plaats van jaarlijks zoals hierboven verondersteld). Het BRV-scenario kent dan een afname van -10% in overstromingsfrequentie. Tot slot, wanneer geen bronmaatregelen ingerekend worden, is er een sterke stijging van de overstromingsfrequentie: +51% in het BAU-scenario, +21% in het BRV-scenario en +35% in het BRV-INT-scenario. Dit onderstreept de noodzaak voor het uitbouwen van bronmaatregelen. Deze cijfers houden nog geen rekening met eventuele afkoppelingen van verharding en capaciteitsuitbreidingen van rioleringssystemen.

Om eenzelfde frequentie van riooloverstromingen te behouden tussen de verschillende scenario's, is een uitbreiding van de rioleringcapaciteit nodig met +2.6% in het BAU-scenario (+468.610 m³ buffering). Deze uitbreidingen kunnen gerealiseerd worden door bijvoorbeeld het aanleggen van nieuwe leidingen, het vergroten van bestaande leidingen of het plaatsen van online of offline buffering. In het BRV-scenario is geen uitbreiding nodig. Het bronmaatregelenbeleid slaagt erin de (beperkte) bijkomende verharding op te vangen en te compenseren. In het BRV-INT-scenario is een beperktere uitbreiding van het rioleringssysteem nodig (+48.324 m³). Zonder toepassing van bronmaatregelen zou de nodige capaciteitsuitbreiding van het rioleringssysteem oplopen tot +15% (+2.382.700 m³) in het BAU-scenario, 4% (+934.190 m³) in het BRV-scenario en +7% (+1.585.400 m³) in het BRV-INT-scenario. Merk op dat een deel van deze uitbreidingen ook verwezenlijkt kan worden door het afkoppelen van bestaande verharding.

Om eenzelfde overstortvolume te behouden bij een overstortgebeurtenis die gemiddeld 7 keer per jaar voorkomt, is het in elk scenario nodig om overstortbuffers te voorzien. In het BAU-scenario is hiervoor een capaciteit nodig van 73.649 m³, voor het BRV-scenario 2.488 m³ en voor het BRV-INT-scenario 8.491 m³. Wanneer echter geen bronmaatregelen worden toegepast, is een veel grotere capaciteit nodig: 571.760 m³ (BAU-scenario), 201.230 m³ (BRV-scenario) en 358.770 m³ (BRV-INT-scenario).

In totaliteit bestaat 92% van de nodige capaciteitsuitbreiding van rioleringsinfrastructuur uit bronmaatregelen (6,17 miljoen m³) en de overige 8% uit “harde” rioleringsinfrastructuur (0,54 miljoen m³) in het BAU-scenario. In het BRV-scenario volstaan de bronmaatregelen om de bijkomende verharding op te vangen (3,39 miljoen m³). De bronmaatregelen zijn verder onderverdeeld in een residentiële en niet-residentiële categorie. Meer informatie hierover staat in §4.2.2.4 en §4.3.2.4.

Deze nodige of opgelegde capaciteitsuitbreidingen werden tot slot vertaald naar economische cijfers. Hierbij werd verondersteld dat investeringskost van alle capaciteitsuitbreiding (behalve residentiële buffers) neerkomt op 1000 euro per m³ buffering. De residentiële bronmaatregelen werden begroot op €2500 per kavel. De totale investeringskost om de bijkomende verharding van het BAU-scenario op te vangen komt zo op 4,51 miljard euro. Hiervan is 542 miljoen euro nodig voor harde rioleringsinfrastructuur, 2,84 miljard euro aan niet-residentiële bronmaatregelen en 1,13 miljard euro aan residentiële bronmaatregelen (zoals hemelwaterputten en infiltratievoorzieningen). In het BRV-scenario dalen de nodige investeringskosten tot 2,18 miljard euro. Hiervan is slechts 2,5 miljoen euro nodig voor harde rioleringsinfrastructuur, 1,55 miljard euro aan niet-residentiële bronmaatregelen en 625 miljoen euro aan residentiële bronmaatregelen. Merk op dat deze investeringen deels door de overheid en deels door private investeerders gedragen moeten worden. Figuur 40 (§4.3.2.4) geeft de opdeling van de nodige investeringskosten over de verschillende maatregelen weer.

Men kan dus, vereenvoudigd, veronderstellen dat het BRV-scenario resulteert in een besparing van 1,83 miljard euro op vlak van rioleringsuitbreidingen, bijkomende overstortbuffers en niet-residentiële buffers (dus exclusief residentiële voorzieningen).

5.4 Slotwoord

Een aangepast ruimtelijk beleid is wenselijk dat meer oog heeft voor een duurzaam waterbeheer dan het huidig beleid. Een verderzetting van het huidig beleid leidt tot een sterke stijging van de aangesloten verharding op rioleringen. Om te verhinderen dat rioleringsoverstromingen hierdoor veel frequenter en uitgestrekter voorkomen zijn significante investeringen nodig. Zonder dergelijke investeringen zal bovendien de riooloverstortproblematiek toenemen, wat leidt tot meer vervuiling in waterlopen en een achteruitgang van de waterkwaliteit. **Belangrijk om op te merken is dat deze studie nog geen rekening houdt met de gevolgen van klimaatverandering.** Er wordt verwacht dat zomerbuien (veel) intenser zullen worden, waardoor er (veel) meer rioleringsoverstromingen en – overstorten zullen optreden. De vraag stelt zich of dergelijke investeringen kunnen volstaan om de gevolgen van klimaatverandering voldoende op te vangen. **De impact van klimaatverandering wordt momenteel onderzocht, en binnenkort gepubliceerd in een apart rapport.** Dit versterkt bijgevolg nogmaals de nood aan een aangepast ruimtelijk beleid, en een langetermijnvisie die rekening houdt met toekomstige veranderingen en noden.

In deze optiek pleiten de auteurs dan ook voor een aangepast ruimtelijk beleid dat intens streeft naar een adaptief en duurzaam waterbeheer. Hiervoor is andere visie op ruimtelijke ontwikkeling nodig die anders omgaat met de gebruikte en nog beschikbare ruimte. Het uitbouwen van adaptieve bronmaatregelen, zoals multifunctionele open en groene ruimtes, creatieve ontwerpen met minder verharding, concepten zoals gemeenschappelijke stadstuinen maar ook een integrale hemelwaterplanning spelen hierin een centrale rol. Het Beleidsplan Ruimte Vlaanderen formuleert alvast krachtlijnen en strategische doelstellingen die hieraan tegemoet komen door bijkomend in te zetten op bronmaatregelen, reconversies van ruimte en bebouwing, ontharding, het streven naar een efficiënter ruimtegebruik, met voldoende aandacht voor een groenblauwe dooradering in onze ruimte. Deze studie toonde aan dat hierdoor significant minder investeringen nodig zijn dan in het huidig beleid om eenzelfde overstromings- en overstortveiligheid te verkrijgen.

De concrete invulling en uitvoering van het Beleidsplan Ruimte Vlaanderen zal cruciaal blijken voor het verkrijgen van dergelijk duurzaam waterbeheer. Ook is een nauwe samenwerking tussen

ruimtelijke planners en waterbeheerders (van waterlopen en rioleringssystemen) essentieel. Tot slot is het nodig om burgers bewust te maken van de problematiek van riooloverstromingen, -overstorten en de gevolgen van (het huidige) ruimtelijk beleid, en helder te communiceren over de concrete inhoud en doelstellingen van het Beleidsplan Ruimte Vlaanderen.

Referenties

De Vleeschauwer, K., Weustenraad J., Nolf C., Wolfs V., De Meulder B., Shannon K., Willems P., 2014. Green - blue water in the city: quantification of impact of source control versus end-of-pipe solutions on sewer and river floods. *Water Science and Technology*, 70 (11), 1825-1837.

Federaal Planbureau en Algemene Directie Statistiek en Economische Informatie, 2014. Demografische vooruitzichten 2013-2060. Bevolking, huishoudens en prospectieve sterftecoëfficiënt, April 2014. Depot nr. D/2014/7433/10.

Keupers, I., Wolfs V., Kroll S., Willems P., 2015. Impact analysis of CSOs on the receiving river water quality using an integrated conceptual model. In Maere, T. (Ed.), Tik, S. (Ed.), Duchesne, S. (Ed.), Vanrolleghem, P. (Ed.), *Proceedings of the 10th International Conference on Urban Drainage Modelling Mont-Sainte-Anne, Québec, Canada 20-23 September 2015*. International Conference on Urban Drainage Modelling. Quebec, Canada, 20-23 September 2015 (pp. 205-218).

Mennis, J., 2003. Generating Surface Models of Population Using Dasymetric Mapping. *Professional Geographer* 55, 31-42.

Poelmans, L., Van Esch, L., Janssen, L., Engelen, G., 2016. Indicatoren Ruimtelijk Rendement. Studie uitgevoerd door VITO in opdracht van Departement Ruimte Vlaanderen.

Studiedienst van de Vlaamse Regering, 2015. VRIND, Vlaamse Regionale Indicatoren, Vlaamse overheid, Brussel.

Van Broeck, L., 2014. Expertenadvies sensibilisering bouwcultuur en ruimtelijk rendement. In opdracht van Vlaamse Overheid – Ruimte Vlaanderen, Brussel.

White, R., Engelen, G., Uljee, I., 2015. Modeling cities and regions as complex systems: from theory to planning applications. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, pp. 344.

Wolfs, V., Willems, P., 2014. Development of discharge-stage curves affected by hysteresis using time varying models, model tree and neural networks. *Environmental Modelling & Software*, 55, 107-119.

Wolfs, V., Willems, P., 2017. Modular conceptual modelling approach and software for sewer hydraulic computations. *Water Resources Management*, 31 (1), 283-298.

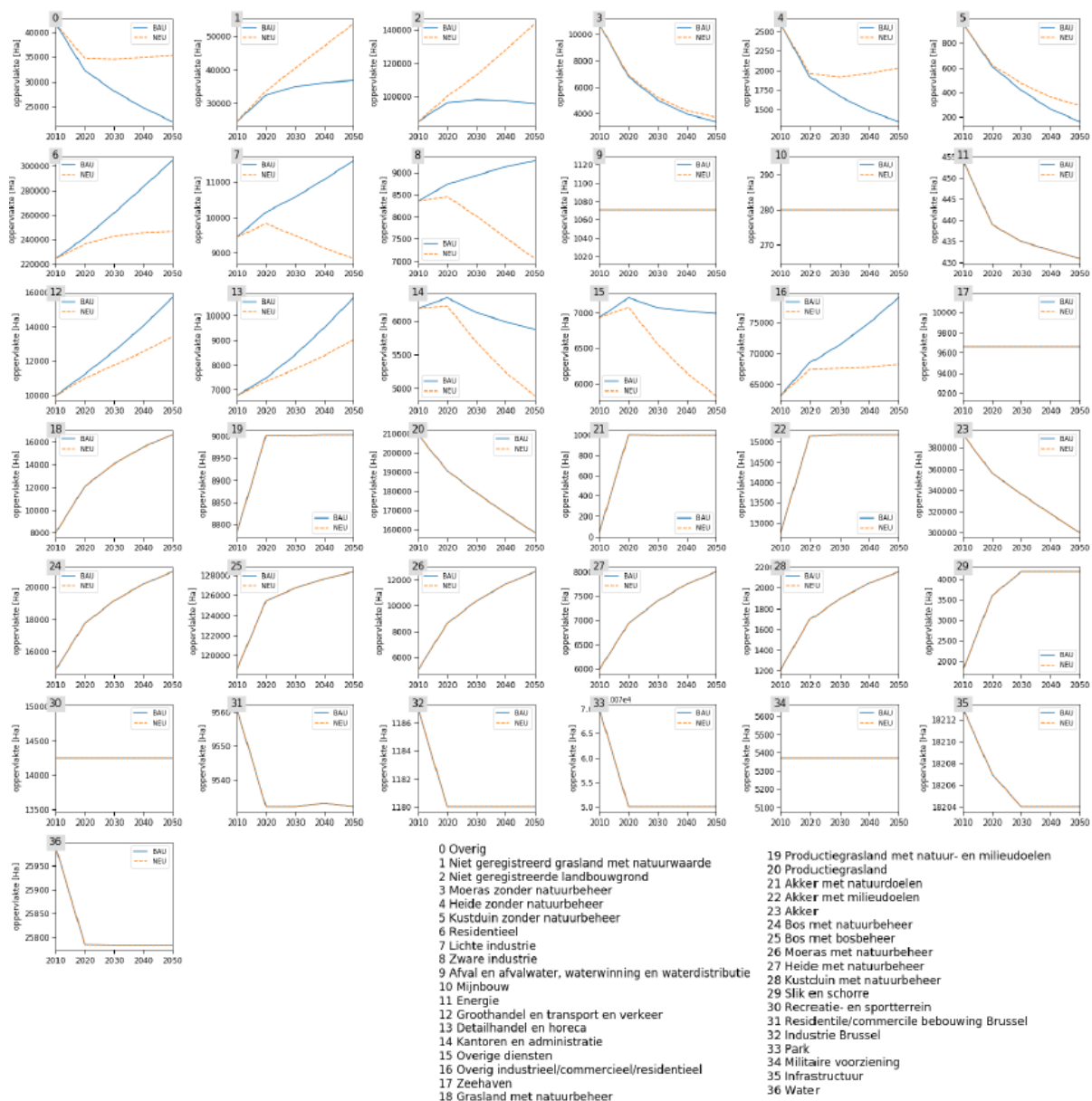
Bijlage A: Landgebruiksklassen

LanduseClass	landgebruiken	harde en zachte bestemming
0	Overig	h
1	Niet geregistreerd grasland met natuurwaarde	z
2	Niet geregistreerde landbouwgrond	z
3	Moeras zonder natuurbeheer	z
4	Heide zonder natuurbeheer	z
5	Kustduin zonder natuurbeheer	z
6	Residentieel	h
7	Lichte industrie	h
8	Zware industrie	h
9	Afval en afvalwater, waterwinning en waterdistributie	h
10	Mijnbouw	h
11	Energie	h
12	Groothandel en transport en verkeer	h
13	Detailhandel en horeca	h
14	Kantoren en administratie	h
15	Overige diensten	h
16	Overig industrieel/commercieel/residentieel	h
17	Zeehaven	h
18	Grasland met natuurbeheer	z
19	Productiegrasland met natuur- en milieudoelen	z
20	Productiegrasland	z
21	Akker met natuurdoelen	z
22	Akker met milieudoelen	z
23	Akker	z
24	Bos met natuurbeheer	z
25	Bos met bosbeheer	z
26	Moeras met natuurbeheer	z
27	Heide met natuurbeheer	z
28	Kustduin met natuurbeheer	z
29	Slik en schorre	z
30	Recreatie- en sportterrein	h
31	Residentieel/commercieel bebouwing Brussel	h
32	Industrie Brussel	h
33	Park	h
34	Militaire voorziening	z
35	Infrastructuur	h
36	Water	z
37	Buiten studiegebied	-

De klassen 0, 6 tot en met 17, 30, 33, 34 en 35 omvatten het ruimtebeslag. De overige klassen tellen niet mee als ruimtebeslag.

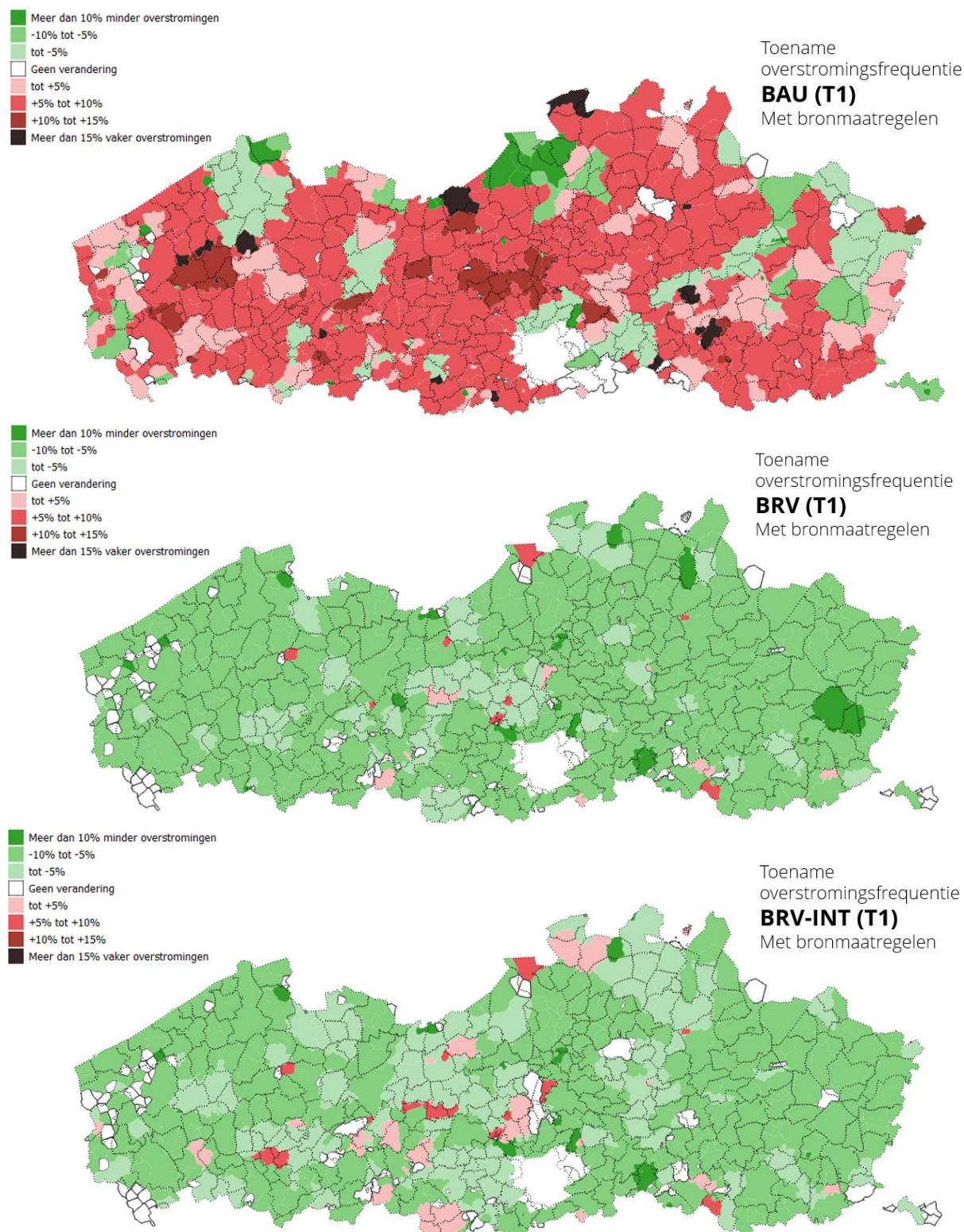
Bijlage B: Oppervlakte per landgebruikstype VITO RuimteModel scenario's

Onderstaande figuur geeft de totale oppervlakte weer per landgebruikstype voor de verschillende tijdshorizonten (2010 – 2050) zoals gegenereerd door het VITO RuimteModel in het BAU-scenario (blauw) en RuimteNeutraal-scenario (NEU; oranje). De landgebruikskaat van het BAU-scenario werd rechtstreeks gebruikt voor het aanmaken van de BAU-verhardingskaarten 2040 in deze studie (zie §2.2.2). De landgebruikskarten uit het RuimteNeutraal-scenario werden niet rechtstreeks gebruikt. In de plaats werden de relatieve veranderingen in landgebruik tussen 2010 en 2040 geanalyseerd. Deze relatieve veranderingen werden vervolgens toegepast bij het aanmaken van de landgebruiks- en verhardingskaart 2040 in het BRV-scenario in deze studie (zie §2.2.3 voor meer info).



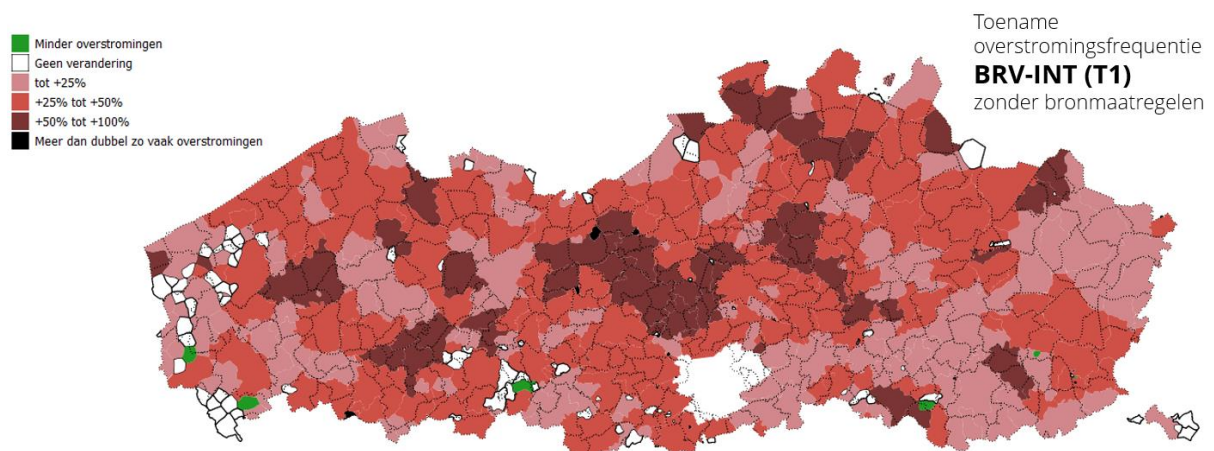
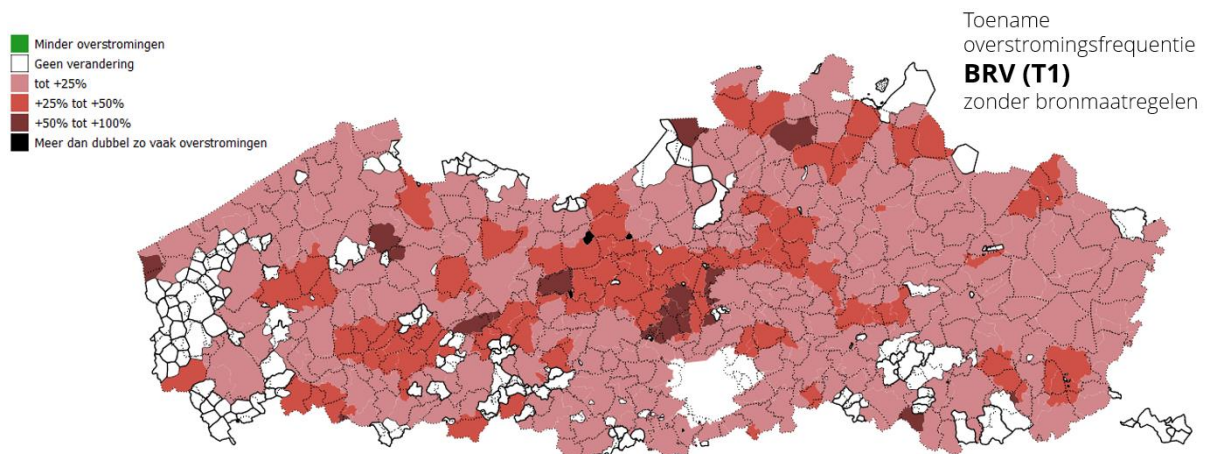
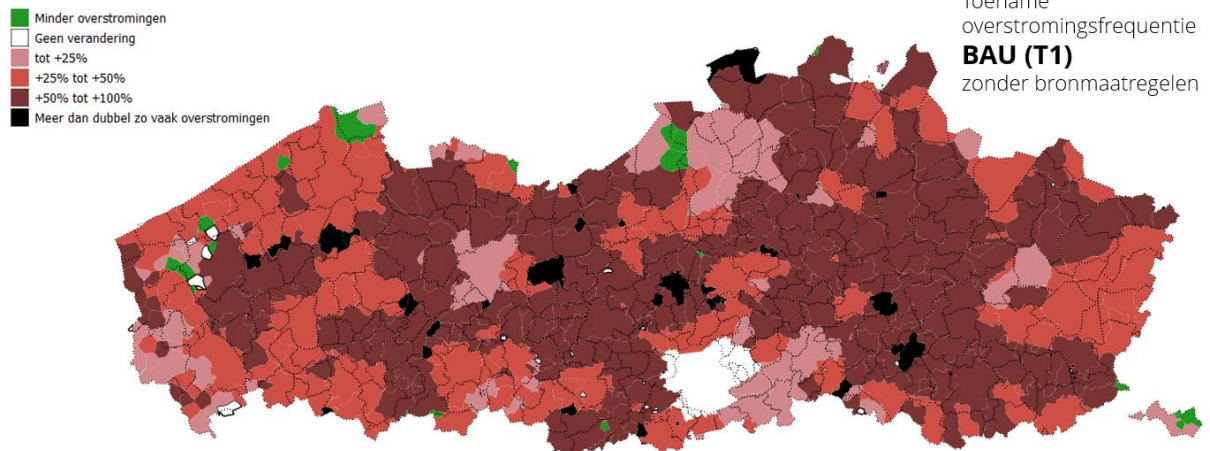
Bijlage C: Toename in overstromingsfrequentie

Rioleringsstelsel dat in de huidige toestand eens per jaar overstromt (T1) – met bronmaatregelen



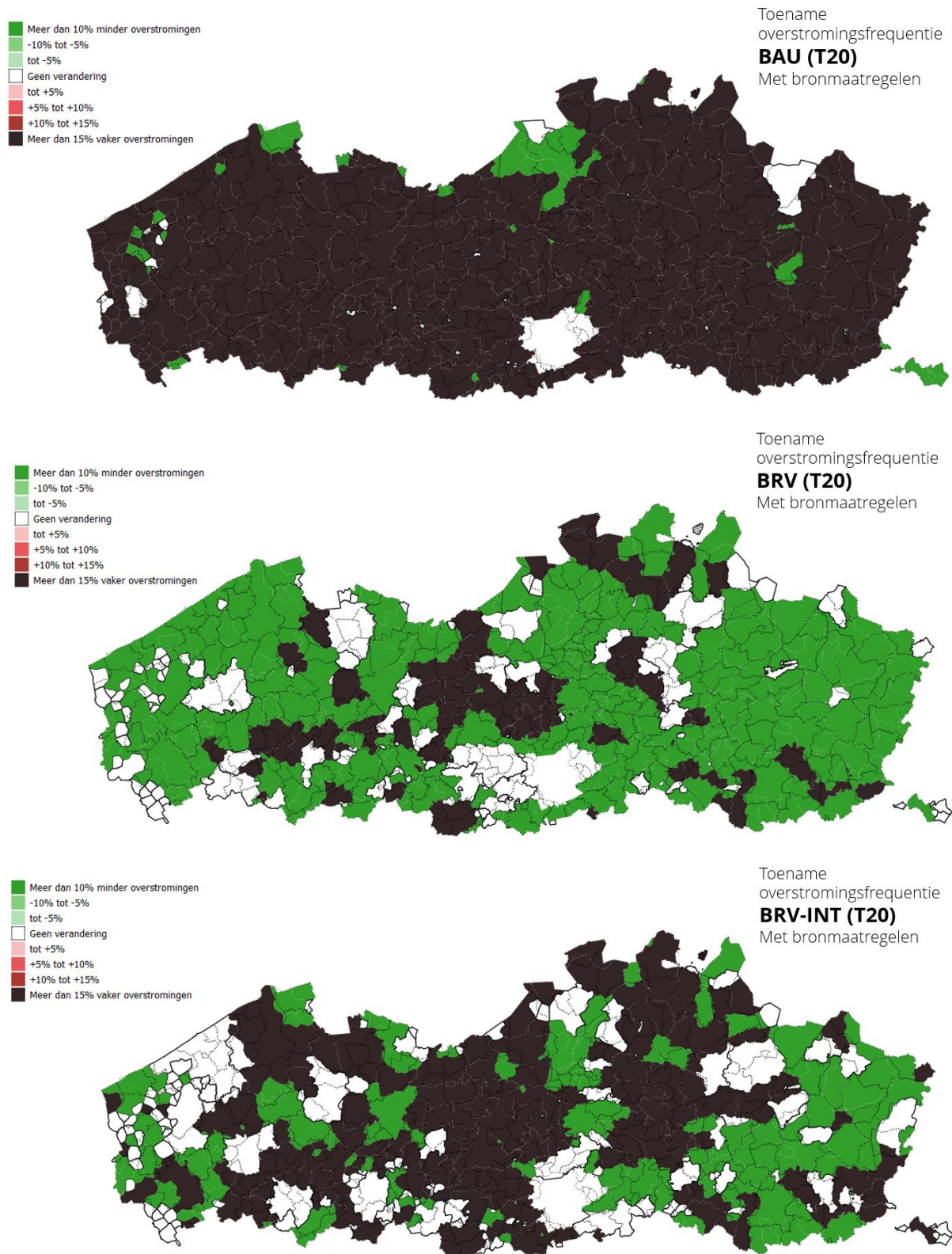
Rioleringsstelsel dat in de huidige toestand eens per jaar overstroomt (T1) – zonder bronmaatregelen

Opgelet, de figuren met en zonder bronmaatregelen hebben een verschillende schaal.



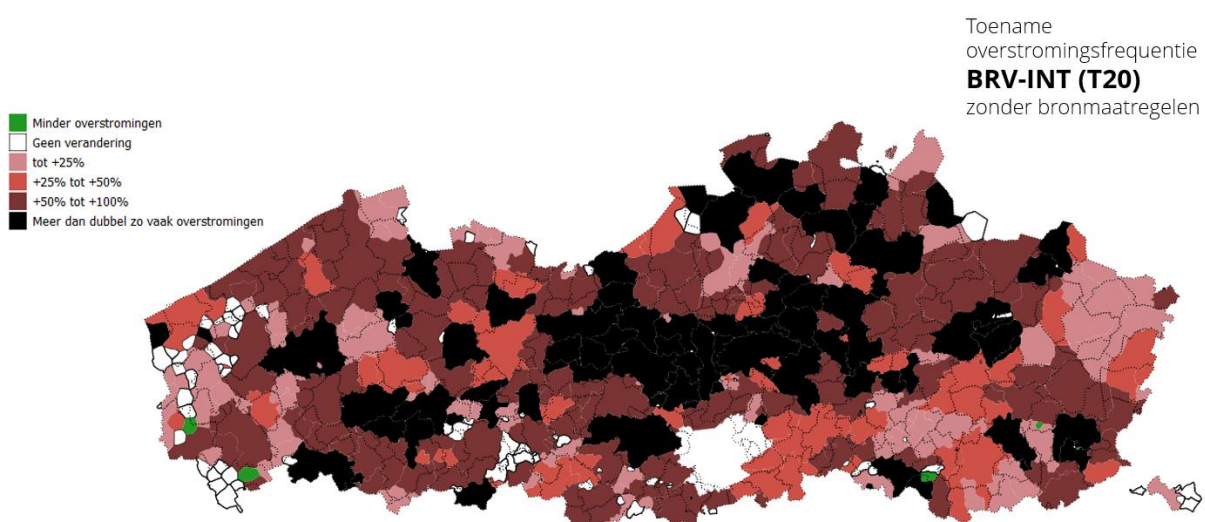
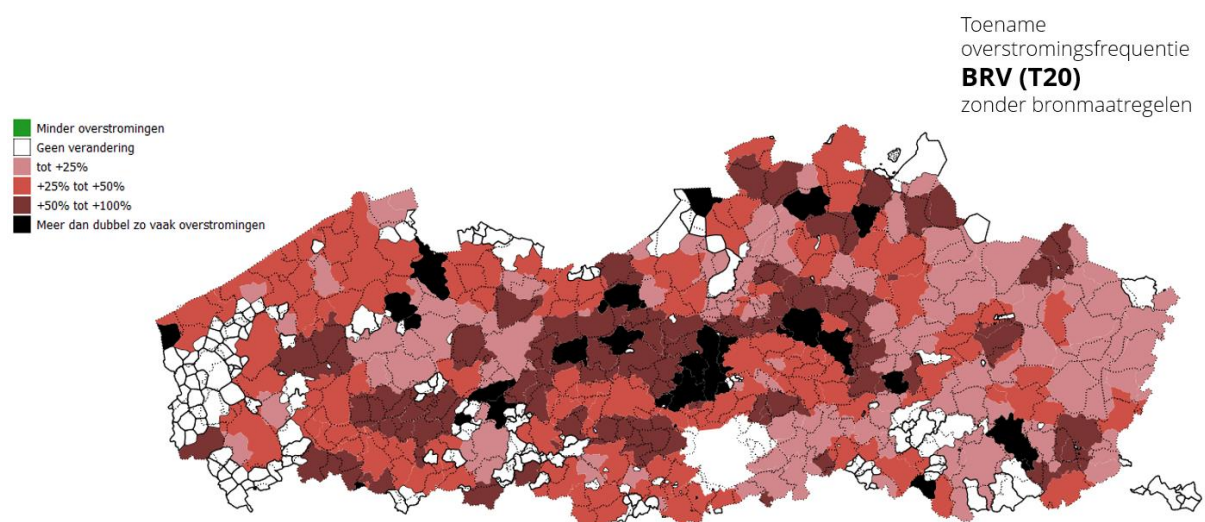
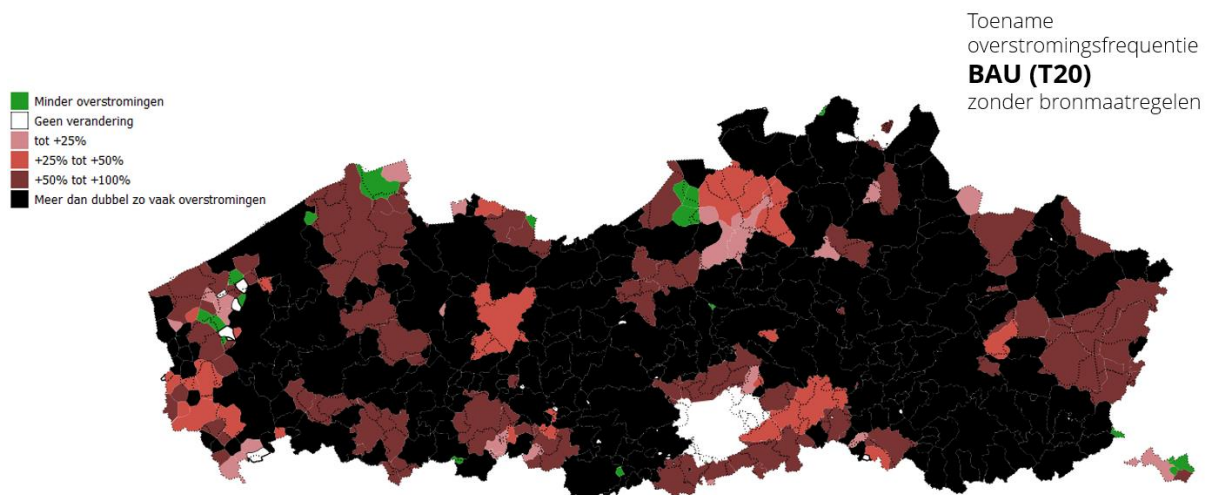
Rioleringsstelsel dat in de huidige toestand eens per 20 jaar overstroomt (T20) – met bronmaatregelen

Opgelet, de figuren met en zonder bronmaatregelen hebben een verschillende schaal.



Rioleringsstelsel dat in de huidige toestand eens per 20 jaar overstroomt (T20) – zonder bronmaatregelen

Opgelet, de figuren met en zonder bronmaatregelen hebben een verschillende schaal.





SUMAQUA

Tiensesteenweg 28

3001 Leuven, BELGIUM

dr. ir. Vincent Wolfs

Tel.: +32 474 422 003

Mail: vincent.wolfs@sumaqua.be

www.sumaqua.be

