

BRUGGE



# Klimaatadaptatieplan historische binnenstad Brugge



## Documentbeschrijving

### Titel

Klimaatadaptatieplan historische binnenstad Brugge

### Auteurs

Sumaqua

### Studie uitgevoerd in opdracht van

Stad Brugge

### Wijze van refereren

Sumaqua, 2020. 'Klimaatadaptatieplan historische binnenstad Brugge'. Studie uitgevoerd door Sumaqua in opdracht van stad Brugge in het kader van het Interreg project Water Resilient Cities.

### Publicatiedatum

April 2020

### Vragen in verband met dit rapport

Voor vragen in verband met dit rapport kan u contact opnemen met de projectcoördinator Veronique Soulliaert ([veronique.soulliaert@brugge.be](mailto:veronique.soulliaert@brugge.be)) of de uitvoerder van de studie ([vincent.wolfs@sumaqua.be](mailto:vincent.wolfs@sumaqua.be)).









# Voorwoord

Dat het klimaat verandert is een vaststaand feit. In Vlaanderen is de temperatuur reeds met 2.2 °C gestegen in de afgelopen 130 jaar. Modellen voorspellen dat binnen 80 jaar de temperaturen in de Brugse binnenstad kunnen stijgen in de winter met 4.5 °C en mogelijks tot 6.5 °C in de zomer. Dit zal zonder twijfel gevolgen hebben. In 2017 en 2018 hadden we te kampen met uitzonderlijke droogte. Ook in Brugge was er hierdoor schade vast te stellen. De waterkwaliteit van de reien nam af, zwanen werden uit het water gehaald en de landbouwers zagen hun gewassen verschrompelen. Er worden daarnaast ook meer extreme regenbuien verwacht, met overstromingen als gevolg.

Als stad blijven we echter niet bij de pakken zitten. We nemen concrete acties om deze klimaatverandering tegen te gaan door de CO<sub>2</sub>-uitstoot drastisch naar beneden te dringen. We doen dit best zo snel mogelijk om de schade van de klimaatverandering zo veel mogelijk te beperken. Zo investeren we in duurzame energiebesparingen bij burgers, bedrijven en in het patrimonium van de stad, zoeken we naar manieren om samen met de inwoners van de stad de productiecapaciteit van zonnepanelen en windmolens te verhogen op ons grondgebied en proberen we 'slimme' toepassingen uit.

Maar los van al deze mitigerende maatregelen om minder CO<sub>2</sub> uit stoten, dienen we ook maatregelen te nemen om de stad aan te passen aan deze klimaatwijzigingen. Met die maatregelen vangen we de gevolgen van klimaatverandering zo goed als mogelijk op. We hebben dus nood aan een klimaatadaptatieplan en begonnen alvast met een klimaatadaptatieplan voor de Brugse binnenstad. Om alle inzichten, ideeën en voorstellen stevig te omkaderen, deden we een beroep op Sumaqua. Zij stelden twee lijvige studies op. Een eerste geeft een analyse van de risico's en kwetsbaarheden van de historische binnenstad. Een tweede studie, voorliggend document, schetst een plan met mogelijke acties om de effecten van de klimaatverandering zo goed als mogelijk op te vangen. Deze studies zijn opgesteld met financiële steun van de EU, binnen het Europese project Water Resilient Cities. Uit de analyse blijkt dat het water, net als doorheen de ganse geschiedenis van onze stad, een belangrijke rol speelt. Ook nu zijn de vele waterloopjes doorheen de binnenstad zowel een zegen als een kwetsbaarheid.

Het voorliggende klimaatadaptatieplan bevat een coherente visie én toont de nodige ambitie. Meer dan 50 concrete maatregelen worden voorgesteld door het studiebureau, zowel op korte als op middellange termijn. Met dit plan tonen we duidelijk aan dat de stad één van de voortrekkers in Vlaanderen wil zijn voor klimaatadaptatie en ons beleid door deze inzichten wil laten inspireren. Het klimaatadaptatieplan is meer dan een bundel papier. Het bevat ook ideeën om burgers te betrekken en te laten deelnemen aan de verschillende acties. Verbindingen worden gelegd tussen burgers en verenigingen, stadsdiensten, lokale industrie en experts. In deze studie werd vertrokken vanuit de visie topografie en niet vanuit visie historische adaptatiemogelijkheden en ecosystemen.

De studie die u in handen heeft is het resultaat van een nauwe samenwerking tussen de verschillende stadsdiensten en externe experts. Ik wil dan ook iedereen bedanken die hier zijn schouders heeft ondergezet. Samen zullen we er in slagen om Brugge duurzamer en meer klimaatrobuust te maken. Hierdoor wordt het nog fijner in Brugge te wonen, werken en ontspannen.

**Minou Esquetet**

*Schepen van klimaat en energie, milieubeleid, smart city en facilitair beheer*





# Samenvatting

Dit rapport maakt deel uit van het opstellen van een doelgericht klimaatadaptatieplan voor de historische binnenstad van Brugge met bijzondere aandacht voor water. Voor u ligt het actieplan dat een lijst met adaptatiemaatregelen omvat om de binnenstad klimaatrobuust te maken. Deze acties zijn er gekomen na een grondige analyse van de impacts van klimaatverandering, overleg met stadsdiensten en tal van externe experts, en studiewerk rond adaptatiestrategieën. De impacts van klimaatverandering zijn in een apart rapport opgenomen: "Risico- en kwetsbaarheidsanalyse voor de historische binnenstad van Brugge onder klimaatverandering". De lezer wordt verwezen naar dat rapport voor een samenvatting van de impact van klimaatverandering op de historische binnenstad.

Het is zeker dat het klimaat aan het veranderen is, maar de precieze toekomstige evolutie is niet gekend. **Daarom trekt stad Brugge resoluut de kaart van adaptieve en duurzame maatregelen.** Dit zijn maatregelen die nu reeds een positief effect hebben op vlak van weerbaarheid tegen klimaatverandering, maar later nog aangepast (bijvoorbeeld uitgebreid) kunnen worden aan de werkelijke klimaatverandering. De stad streeft hierbij naar duurzame maatregelen die meerdere voordelen opleveren, en bijvoorbeeld de levenskwaliteit en biodiversiteit in de stad verbeteren. Voorliggend plan beschrijft concrete adaptatieconcepten die toegepast kunnen worden voor onder andere de herinrichting van de publieke en open ruimte, klimaatbestendig bouwen en wonen, en de inzet van technologieën. Deze visie en adaptatieconcepten worden in de eerste twee hoofdstukken van het plan toegelicht.

Omdat water een belangrijk deel uitmaakt van Brugge, werd binnen het klimaatadaptatieplan een luik toegevoegd dat specifiek focust op water. **Dit "waterplan" stelt een integrale aanpak voor om wateroverlast te vermijden**, waarin de reien en kanalen een prominente rol spelen om de toekomstige klimaatverandering op te vangen. De laatste 10 jaar werd Brugge gespaard van hevige buien en trad er dan ook geen noemenswaardige wateroverlast op, maar door klimaatverandering kunnen vaker en grotere problemen ontstaan. Daarom werden 8 ruimtelijke adaptatiestrategieën doorgerekend met simulatiemodellen van de historische binnenstad, om zo te komen tot een plan dat de binnenstad "climate proof" kan maken op vlak van wateroverlast tegen 2050. Het vermijden van afstroming naar de riolering van 34% van de bestaande verharding is een van de belangrijkste resultaten in de strategie. Bronmaatregelen spelen hierbij een belangrijke rol. Daarom werkte het plan **een concrete methode uit voor het effectief ontwerpen van deze maatregelen**, met focus op blauwgroene elementen. Ook analyseert het plan de impact van klimaatverandering op de waterkwaliteit, en hoe de **waterkwaliteit- en beschikbaarheid** van de reien verbeterd kan worden. Hoofdstuk 3 beschrijft dit waterplan in detail.

Al deze inzichten werden vertaald naar **59 concrete actiepunten**, verdeeld over 7 domeinen: (1) Politiek draagvlak, beleid en afstemming van stadsdiensten, (2) Kennisopbouw klimaatverandering en -impacten, (3) Kennisopbouw klimaatadaptatie, (4) Implementatie en activering, (5) Communicatie en sensibilisering, (6) Netwerk en partnerships en (7) Monitoring en evaluatie. Deze acties zijn samengevat in hoofdstuk 4.

Tot slot gaat het klimaatadaptatieplan dieper in op enkele specifieke thema's en problematieken via **meer gedetailleerde analyses**. Zo wordt onder meer een prioriteitszone afgebakend voor het vermijden van afstroming naar de riolering en de uitbouw van een gescheiden riolering. De risicozones voor wateroverlast en andere meer gedetailleerde resultaten van het waterplan zijn hier samengevat. Ook geeft dit deel van het plan een analyse van de verhardingsgraad in Brugge van perceelsniveau tot de ganse historische binnenstad, en een analyse van het aanwezige groen in de open ruimte per stadskwartier.

Het klimaatadaptatieplan is een levend document: het vergt voortdurende monitoring van acties en kwetsbaarheden, bijsturing van acties en analyses, en nieuwe samenwerkingen om Brugge klimaatrobuust en duurzamer te maken. Dit plan vormt een eerste belangrijke stap in dit proces en schets een visie waar naartoe gewerkt kan worden. Een eerstvolgende stap is dan ook het verder concretiseren van acties, het opnemen van deze acties in de meerjarenplanning en -budgetten, en het realiseren van de projecten. Stad Brugge gaat deze uitdaging met groot enthousiasme aan, samen met zijn burgers en alle actoren.

# Inhoudstafel

Voorwoord .....	i
Samenvatting .....	iii
Inhoudstafel .....	v
1 Krijtlijnen van het adaptatieplan .....	1
1.1 Aanpak .....	1
1.2 De belangrijkste risico's en kwetsbaarheden .....	2
1.3 Principes van het Brugse klimaatadaptatieplan .....	2
1.4 Leeswijzer .....	6
2 Actiedomeinen .....	9
2.1 Principes .....	9
2.2 Domein 1: Herinrichting van publieke ruimte .....	11
2.3 Domein 2: Klimaatbestendig bouwen en wonen.....	21
2.4 Domein 3: Klimaatgezonde scholen .....	29
2.5 Domein 4: Een aangepast ruimtelijk beleid .....	31
2.6 Domein 5: Inzetten op nieuwe technologie .....	35
3 Waterplan .....	41
3.1 Inleiding.....	41
3.2 Vermijden van wateroverlast door een integraal hemelwaterbeheer(oppervlaktewaters, riolering en individuele maatregelen) .....	42
3.3 Individuele groenblauwe maatregelen ontwerpen .....	49
3.4 Waterkwaliteit en -beschikbaarheid reien verbeteren .....	63
3.5 Samenvatting .....	71
4 Actieplan .....	75
4.1 Politiek draagvlak, beleid en afstemming van stadsdiensten.....	75
4.2 Kennisopbouw klimaatverandering en -impacten .....	81
4.3 Kennisopbouw klimaatadaptatie .....	84
4.4 Implementatie en activering .....	90
4.5 Communicatie en sensibilisering.....	104
4.6 Netwerk en partnerships .....	107
4.7 Monitoring en evaluatie .....	110
5 Ondersteunende analyses en kaartmateriaal.....	112
5.1 Waterplan: prioriteitszones voor afkoppeling.....	113
5.2 Samenvatting acties op korte termijn uit het klimaatadaptatieplan .....	114
5.3 Verharde oppervlaktes .....	116

5.4	Risico op water op straat.....	119
5.5	Impact van verhoogde overstortdrempels op overstortvolumes.....	122
5.6	Analyse groene open ruimten.....	124
6	Referenties.....	130



# 1 Krijtlijnen van het adaptatieplan

## 1.1 Aanpak

Dit plan volgt een 5-stappenaanpak om de historische binnenstad van Brugge klimaatrobuust te maken. De aanpak is deels gebaseerd op het klimaatadaptatieplan dat Kopenhagen uitrolt. Kopenhagen wordt door tal van experts beschouwd als absolute koploper op vlak van klimaatadaptatie. Het plan houdt rekening met klimaatimpacten en de unieke context van de historische binnenstad, zoekt naar opportuniteiten rond klimaatadaptatie, en streeft naar een afstemming tussen beleid, stadsdiensten en burgers. Op die manier leidt het plan tot kostenefficiënte, duurzame, effectieve en breed gedragen adaptatiemaatregelen.

Concreet omvat de aanpak volgende 5 stappen, waarvan de eerste 2 afgerond zijn.



### **Stap 1: In kaart brengen van klimaatverandering en -impacten.**

Een eerste stap richt zich op het in kaart brengen van de impacten van klimaatverandering op de historische binnenstad van Brugge. De resultaten hiervan zijn samengevat in het rapport "Risico- en kwetsbaarheidsanalyse voor de historische binnenstad van Brugge onder klimaatverandering".



### **Stap 2: Formuleren van adaptatieprojecten.**

Op basis van de geïdentificeerde kwetsbaarheden en risico's worden in een tweede stap adaptatieprojecten gedefinieerd. Hierbij wordt maximaal gestreefd naar synergiën tussen projecten, o.a. via gesprekken met stadsdiensten en stakeholders. Voorliggend plan is het resultaat van deze stap.



### **Stap 3: Prioriteren van adaptatieprojecten.**

De projecten worden concreet opgenomen in de meerjarenplanning. Een belangrijk onderdeel van deze stap is het inschatten en voorzien van de nodige budgetten. Ook gebeurt een bredere toetsing met burgers, stakeholders en beleidsmakers.



### **Stap 4: Implementatie en uitvoering.**

De geselecteerde adaptatieprojecten worden uitgevoerd. Dit omvat projecten zoals de aanleg van groenblauwe oplossingen, maar ook het uitvoeren van niet-fysieke maatregelen. Voorbeelden zijn het afstemmen van de werking van stadsdiensten, de integratie in beleidsplannen, het structureel opzetten van burgerparticipatieplatformen, etc.



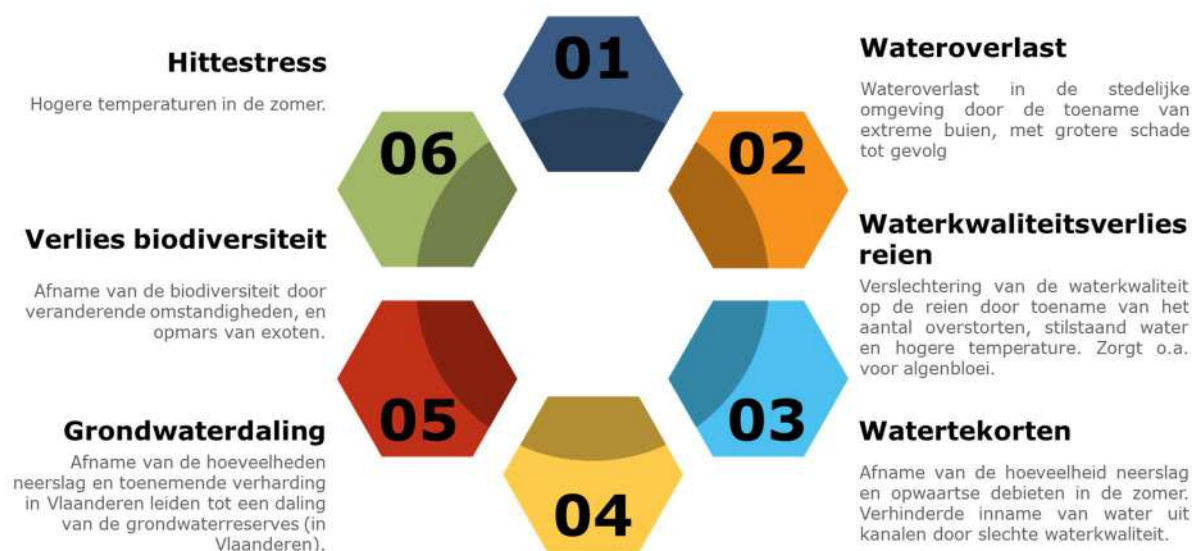
### **Stap 5: Monitoring, evaluatie en bijsturing.**

Het klimaatadaptatieplan is een "levend" document: in functie van ervaringen en bijkomende kennis zijn aanpassingen nodig. Het is dan ook belangrijk om sterk in te zetten op monitoring, evaluatie en bijsturing.

## 1.2 De belangrijkste risico's en kwetsbaarheden

In een eerste stap werden de belangrijkste klimaatrisico's en kwetsbaarheden onderzocht. De resultaten van die analyse zijn uitgebreid opgenomen in rapport "Risico- en kwetsbaarheidsanalyse voor de historische binnenstad van Brugge onder klimaatverandering". De lezer wordt dan ook naar dat rapport verwezen voor meer informatie.

Figuur 1 toont een samenvatting van de 6 belangrijkste risico's. Deze risico's zijn, in willekeurige volgorde, wateroverlast, waterkwaliteitsverlies op de reien, watertekorten, grondwaterdaling, een verlies aan biodiversiteit en hittestress. De figuur hieronder geeft telkens een korte duiding bij elk van deze risico's.



Figuur 1: Samenvatting van de belangrijkste klimaatrisico's en -kwetsbaarheden in de historische Brugse binnenstad.

## 1.3 Principes van het Brugse klimaatadaptatieplan

De voorafgaandelijke risico- en kwetsbaarheidsanalyse toonde aan dat klimaatverandering belangrijke impacts kan hebben op de historische binnenstad. Het is dus belangrijk dat men hiermee rekening houdt bij huidige beleidsbeslissingen. Hierbij zijn er twee mogelijke aanpakken om ons weerbaar te maken tegen klimaatverandering: mitigatie en adaptatie.

- **Mitigatie** omvat het proberen stabiliseren van klimaatverandering. Volgens het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) kan mitigatie omschreven worden als "de menselijke activiteiten om de bronnen van broeikasgassen te reduceren, of middelen om broeikasgassen op te nemen te simuleren".
- **Adaptatie** omvat de aanpassingen aan natuurlijke en menselijke systemen om ze weerbaarder te maken tegen de impacts en gevaren van klimaatverandering. In het ideale geval wordt gebruik gemaakt van strategieën die zowel een mitigerend als een adaptief karakter hebben.

Dit rapport is het klimaatadaptatieplan van de historische binnenstad van Brugge, met focus op water. Het geeft een overzicht van de maatregelen om de risico's en impacts van klimaatverandering te verminderen. Vervolgens worden een groot aantal actiepunten geformuleerd om de adaptatiemaatregelen uit te rollen in de binnenstad.

Volgende paragrafen geven een overzicht van de algemene principes onderliggend aan het klimaatadaptatieplan.

### 1.3.1 Omgaan met de onzekerheden van klimaatverandering in het ontwerp van adaptatiemaatregelen

De precieze toekomstevoluties zijn onzeker. Niemand weet immers hoe de wereldwijde uitstoot aan broeikasgassen zal evolueren. De klimaatmodellen zelf, die simuleren hoe het klimaat zal reageren op deze uitstoot en zal evolueren, zijn ook onzeker. Wat wél met quasi zekerheid bekend is, zijn de tendensen naar meer extreme weersomstandigheden. Eveneens bekend zijn de relevante socio-economische en ecologische gevolgen en risico's voor elk van de klimaatscenario's (zie rapport 1 - "Klimaatimpactanalyse op de historische binnenstad van Brugge"). Aangezien de mogelijke gevolgen zeer groot zijn, wordt best het "voorzichtigheidsprincipe" gehanteerd. Dit houdt in dat men moet proberen om te vermijden dat die gevolgen werkelijkheid worden door in te zetten op klimaatmitigatie. Anderzijds dienen we goed voorbereid te zijn op de mogelijke gevolgen door het uitbouwen van klimaatadaptatie. Niet inzetten op mitigatie en adaptatie omwille van de onzekerheden rond klimaatverandering is onverantwoord. De mogelijke gevolgen zijn zo groot, dat actie ondernomen moet worden.

Om het voorzichtigheidsprincipe objectiever uit te bouwen en te vertalen naar concrete acties, wordt best gewerkt met een risicobenadering. Het technisch begrip "risico" is de combinatie van de kans op voorkomen en de bijhorende gevolgen:

$$\text{Risico} = \text{Kans} * \text{Gevolgen}$$

Voor elke mogelijke situatie worden de kansen op voorkomen van die situatie vermenigvuldigd met de gevolgen van die situatie. Dit geeft het risico van die situatie. Door deze risico's voor alle situaties op te tellen, krijgen we een inschatting van het globaal risico. In de context van klimaatadaptatieplanning verwijzen deze situaties naar alle mogelijke weersomstandigheden die zich in de toekomst kunnen voordoen. Elk van deze weersomstandigheden heeft een bepaalde kans op voorkomen en bepaalde socio-economische en/of ecologische gevolgen. De exacte kans op voorkomen van elke situatie kan niet bepaald worden door bovenvermelde onzekerheden, maar de gevolgen zijn in grote lijnen wel gekend. Die werden berekend in het rapport "Klimaatimpactanalyse op de historische binnenstad van Brugge".

De berekende risico's zijn gebruikt om de mogelijke klimaatadaptatiemaatregelen te selecteren. Hierbij werden vooral klimaatadaptatiemaatregelen gekozen die zich richten op de grootste risico's. Ook werd de klimaatrobuustheid van maatregelen getoetst. Dit gebeurde volgens het "no-regret" principe. Het betekent dat er niet langer met historische klimaatcondities wordt gewerkt, zelfs niet met beste schattingen van toekomstige klimaatcondities. Wel wordt rekening gehouden met de impacts van alle klimaatscenario's en worden maatregelen uitgewerkt die nuttig zijn in elk van deze klimaatscenario's. Dit verwijst naar de nood aan "flexibele" oplossingen, en wordt verder toegelicht in de volgende paragraaf.

### 1.3.2 Flexibele en duurzame oplossingen

Een doordacht klimaatadaptatieplan is gestoeld op 'no-regret' maatregelen. Het ontwerp van deze maatregelen moet flexibel en adaptief zijn, zodat ze kunnen omgaan met de potentiële klimaatevoluties en de bijhorende onzekerheden. Het zou immers geen slimme aanpak zijn om maatregelen te nemen die nu reeds volledig het hoofd kunnen bieden aan de mogelijke gevolgen van het hoge-impact klimaatscenario, aangezien dit scenario onzeker is. Wel moeten de nu genomen maatregelen dit laatste minstens voor een deel doen, en dient men rekening te houden met de mogelijkheid om later eventueel bijkomende maatregelen te nemen afhankelijk van hoe het



klimaat werkelijk evolueert. Ook is het belangrijk dat er nu geen strategie wordt gevolgd die zulke bijkomende maatregelen in de toekomst onmogelijk (of excessief duur) zouden maken. Dit verwijst naar het "no-regret" karakter: we willen nu geen maatregelen uitbouwen waar we later spijt zouden van krijgen.

Een concreet voorbeeld in het kader van toenemende wateroverlast laat toe om dit aanschouwelijk voor te stellen. Het ondergrondse en zeer dure rioleringsstelsel wordt best ontworpen voor de huidige of nabije condities, zonder te overdimensioneren aan bijvoorbeeld klimaatprognoses van het jaar 2100. De overblijvende en onzekere risico's, die toenemen in de tijd, dienen dan opgevangen te worden met bijvoorbeeld infiltratie, bovengrondse berging of vertraagde afvoer. Bij voorkeur gebeurt dit met behulp van een groot aantal kleinschalige maatregelen en natuurlijke oplossingen. Dergelijke strategieën worden verkozen boven het installeren van grote, harde infrastructuur projecten, omdat ze gemakkelijker aanpasbaar zijn en ook een reducerend effect kunnen hebben op andere klimaatimpacts.

Voorliggend klimaatadaptatieplan identificeert reeds enkele locaties waar dergelijke maatregelen mogelijk zijn, zodat meegenomen kan worden in de ruimtelijke planning of in andere procedures van regelgeving.. De schaarse nog niet aangesneden ruimte in de binnenstad, zoals bijvoorbeeld de tuinen van het Groot Seminarie, zou op deze manier ingezet kunnen worden voor toekomstige herinrichting, afhankelijk van de toekomstige klimaatevoluties. Indien men op korte termijn meer open ruimte zou herinrichten dan noodzakelijk, levert dit altijd gunstige effecten op. Wateroverlast wordt vermeden, in combinatie met positieve effecten op beleving en hittestress. Dit is dus een heel eenvoudig voorbeeld van een 'no regret' maatregel.

Deze natuurlijke oplossingen kunnen – indien nodig – aangevuld worden met bijkomende kunstmatige maatregelen zoals (ondergrondse) bufferbekkens of andere harde infrastructuur. Het ontwerp van deze infrastructuur oplossingen/acties dient opnieuw doordacht te gebeuren. Het zou onverstandig zijn om de bufferbekkens nu reeds te dimensioneren om te voldoen aan de hoogste prognoses tegen 2100. Een betere aanpak is om het ontwerp te baseren op de minimale kortetermijn noden en een constructie te voorzien die toelaat om later op een kosten-efficiënte manier extra buffercapaciteit te creëren. De impactresultaten volgens de verschillende klimaatscenario's zijn indicatief voor het inschatten van deze nodige extra buffering. De nodige ruimte hiervoor wordt daarom best nu al 'gereserveerd'. Het mogelijke bereik aan impacts en dus de nodige capaciteitsuitbreiding worden nl. gegeven door de resultaten tussen het huidige klimaat en het hoog-impact scenario. Het zijn dus vooral de impactresultaten van deze laatste scenario's die in de kwetsbaarheids- en risicoanalyse beschouwd werden.

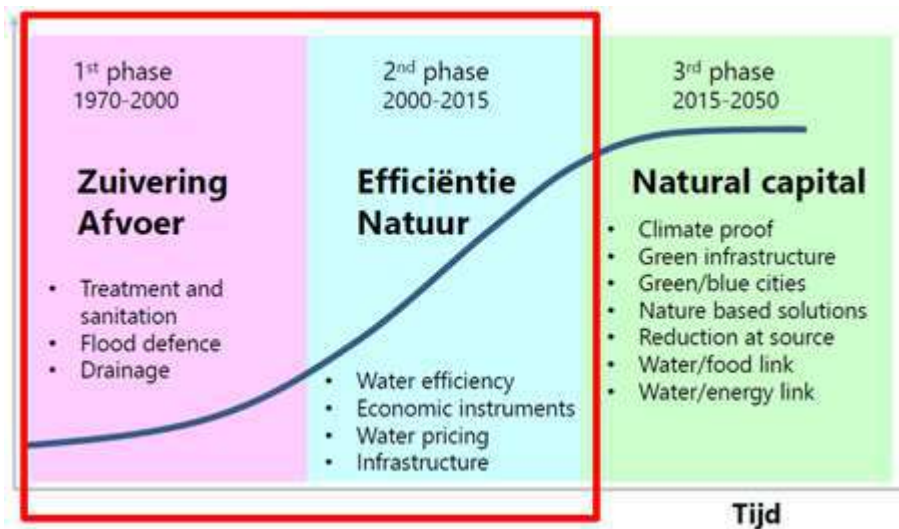
### 1.3.3 Van harde infrastructuur naar een veerkrachtig beleid

Alle klimaatscenario's geven een evolutie naar meer extreme weersomstandigheden, zowel hogere neerslagintensiteiten en -volumes, als meer droogte en hittestress. Dit betekent dat klimaatadaptatiestrategieën erop gericht moeten zijn om de negatieve impacts van zulke extremen te beperken en ervoor te zorgen dat onze maatschappij en ons ecosysteem beter in staat zijn om de gevolgen op te vangen. Dit betekent dat de maatschappij en het ecosysteem weerbaarder en veerkrachtiger moeten gemaakt worden, zodat ze sneller kunnen terugkeren naar hun normale, ongestoorde toestand (Figuur 2). Klimaatverandering zorgt voor meer tijdsvariabiliteit in meteorologische omstandigheden en leidt dus ook tot grotere tijdsvariabiliteit in socio-economische en ecosysteemcondities. Terwijl de klimaatmitigatiestrategieën beogen om de evolutie naar grotere tijdsvariabiliteit van de weersomstandigheden zelf terug te dringen, doen de klimaatadaptatiestrategieën dit voor de socio-economische en ecosysteemcondities.



Figuur 2. De klimaatadaptatiestrategieën hebben als doel om de “veerkracht” van onze maatschappij en beheerssystemen te vergroten, zodat zij beter in staat zijn om de frequentere extreme weerschokken als gevolg van de klimaatverandering op te vangen.

Het inzetten van het beschikbare natuurlijk kapitaal is daarbij cruciaal. Waterbeheer in de jaren '70 tot '90 besteedde vooral aandacht aan het verbeteren van de afvoer van water naar de waterzuivering (Figuur 3). Dit zijn typische end-of-pipe oplossingen. Ze pakken het probleem niet aan bij de bron, maar beperken eerder de gevolgen. De voorbije twee decennia werd vooral gewerkt rond het verhogen van de efficiëntie in het waterbeheer, vooral via economische instrumenten en infrastructuur. Op dit ogenblik, met de klimaatverandering als uitdaging, verschuift de aandacht naar bronmaatregelen en het beter benutten van het natuurlijk kapitaal via blauwgroene oplossingen en groene infrastructuur. Heel wat van de klimaatadaptatiemaatregelen die in dit plan worden voorgesteld vallen in deze laatste categorie. Deze groenblauwe oplossingen leveren diverse “ecosysteemdiensten” die de leefbaarheid, natuur en zelfs economie (soms indirect) versterken. Voorbeelden hiervan zijn het beschikbaar maken van water (opgevangen in wadi's of buffers), het reguleren van natuurlijke processen (zoals bestuiving van planten via insecten), voedselproductie of recreatie.



Figuur 3. Voorbeeld van de evolutie in het waterbeheer waarbij er meer aandacht gaat naar het beter gebruik maken van het beschikbare natuurlijke kapitaal (Bron: Hans Bruyninckx, voorzitter van het Europees Milieuagentschap in Kopenhagen)

Het is (kosten)efficiënter om de problemen op een duurzame manier aan te pakken aan de bron. Wateroverlast pakt men best aan door zoveel mogelijk afstromend regenwater opwaarts vast te houden en te laten infiltreren en zo weinig mogelijk in de rioleringen of waterlopen te laten stromen. Uiteraard zijn er beperkingen aan wat men aan bronmaatregelen kan realiseren, zodat ze gecombineerd moeten worden met andere oplossingen. Het waterplan, onderdeel van voorliggend klimaatadaptatieplan, gaat daar dieper op in. Dit plan wordt voorgesteld in Hoofdstuk 3.

### 1.3.4 Opportuniteiten creëren en benutten

Het analyseren van de klimaatimpacts onder verschillende scenario's laat toe om de socio-economische en ecologische kwetsbaarheden te identificeren. Beperkte, klassieke maatregelen zullen mogelijks niet langer voldoende zijn om de meer extreme weersomstandigheden het hoofd te bieden. Dit initieert de zoektocht naar meer duurzame, lange-termijn oplossingen.

Vaak vragen dergelijke duurzame en lange-termijn oplossingen een betere afstemming tussen vele betrokken beleidsdomeinen zoals ruimtelijke ordening, wonen, waterbeheer, hittestressbeheer, ecologie en groenbeheer, en recreatie. Zulke afstemming leidt vaak tot "co-benefits" of win-win situaties en daardoor ook tot globale kostenbesparingen. Het voorzien van groen in open ruimtes in de binnenstad, in combinatie met regenwaterberging en infiltratie laat toe om zowel wateroverlast te beperken, droogte tegen te gaan, hittestress te controleren, en stadsbeleving te vergroten. Dit is een mooi voorbeeld van verschillende voordelen die hand-in-hand gaan en de maatregel dus meer kostenefficiënt maken. Het vraagt wel een uitgebreide, sterke afstemming tussen de betrokken gemeentediensten. Via deze verhoogde afstemming kan een efficiënter en duurzamer beleid worden gevoerd, doordat een groot aantal uitdagingen gelijktijdig aangepakt kunnen worden. Op die manier zorgt de klimaatadaptatieplanning ervoor dat de uitdagingen worden omgebogen in kansen, bijvoorbeeld om vernieuwende concepten van duurzame planning te implementeren. Het klimaatadaptatieplan kan trouwens enkel succesvol zijn wanneer het over de beleidsgrenzen heen reikt en tegelijk gedragen wordt door alle betrokken partijen: lokale besturen, burgers, verenigingen, landbouw en industrie.

In dit 'stapelen van voordelen' en het multifunctioneel gebruik van maatregelen ligt mogelijks de sleutel van een duurzaam, breed gedragen en tegelijk kostenefficiënt beleid. Bij de uitvoerende overheid ligt dan ook de grote uitdaging om dergelijke multifunctionele waarden duidelijk te communiceren naar de bevolking en investeerders. Waar nodig moet de mogelijkheid bestaan om acties en maatregelen op te leggen. Dit kan enkel succesvol uitgevoerd worden via een intense samenwerking over de verschillende beleidsdomeinen. Voorliggend klimaatadaptatieplan bevat dan ook verschillende acties om dit te versterken en verder uit te bouwen.

## 1.4 Leeswijzer

Dit rapport is opgebouwd uit 5 delen:

- **Hoofdstuk 1** beschrijft de krijtlijnen van het adaptatieplan.
- **Hoofdstuk 2** gaat dieper in op de mogelijke adaptatiemaatregelen die in de historische binnenstad getroffen kunnen worden. Hierbij worden 5 actiedomeinen onderscheiden die van toepassing zijn op de binnenstad: herinrichting van de open ruimte, klimaatbestendig bouwen en wonen, klimaatgezonde scholen, een aangepast ruimtelijk beleid, en inzet van nieuwe technologie. Telkens worden de belangrijkste concepten aangehaald, de uitvoering besproken en een beoordeling gegeven van de effectiviteit van de maatregel.
- **Hoofdstuk 3** stelt het "waterplan" voor. Dit plan vormt de integrale langetermijnvisie voor het watersysteem in de Brugse binnenstad, en verbindt de reien, kanalen, riolering en bronmaatregelen. Verschillende scenario's worden doorgerekend in diverse modellen om te verzekeren dat het waterplan leidt tot een waterrobuuste binnenstad.
- **Hoofdstuk 4** is het klimaatadaptatieplan met een 60-tal concrete maatregelen. Deze acties zijn onderverdeeld in de domeinen (1) "Politiek draagvlak, beleid en afstemming van stadsdiensten", (2) "Kennisopbouw klimaatverandering en -impacten", (3) "Kennisopbouw

klimaatadaptatie”, (4) “Implementatie en activering”, (5) “Communicatie en sensibilisering”, (6) “Netwerk en partnerships”, en (7) “Monitoring en evaluatie”.

- **Hoofdstuk 5** tot slot is het ondersteunend kaartmateriaal bij het adaptatieplan. Aangezien deze kaarten verschillende acties samenvatten, werden deze kaarten in een apart hoofdstuk opgenomen.



## 2 Actiedomeinen

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van een brede waaier aan mogelijke klimaatadaptatiemaatregelen en -concepten. Deze werden geïdentificeerd op basis van de resultaten van de risico- en kwetsbaarheidsanalyse (Sumaqua, 2020) en geselecteerd op basis van hun toepasbaarheid in de historische binnenstad van Brugge.

De beschrijving van de verschillende concepten begint met een veralgemeend overzicht van de achterliggende strategieën, gesorteerd per type impact dat ze mitigeren. Vervolgens worden de maatregelen en concepten in meer detail beschreven, waarbij telkens een algemene beschrijving gegeven wordt, samen met enkele concrete voorbeelden ter illustratie. Per set van maatregelen is eveneens een inschatting gemaakt van de mate waarin ze een impact hebben op de beschouwde klimaateffecten. De maatregelen zijn gesorteerd op basis van de sector of het beleidsdomein waarin ze toegepast kunnen worden.



Deze maatregelen worden vervolgens vertaald naar een concreet "waterplan". Dit waterplan vormt de overkoepelende visie op waterbeheer in de historische binnenstad. Dit plan wordt verder uitgewerkt in Hoofdstuk 3.

### 2.1 Principes

In het vervolg van dit hoofdstuk wordt de werking en de haalbaarheid van een groot aantal klimaatadaptatiemaatregelen besproken. Op de website [klimaatruimte.be](http://klimaatruimte.be), uitgegeven door het Departement Omgeving van de Vlaamse Overheid, worden deze maatregelen gegroepeerd volgens zes ruimtelijke strategieën:

- Ontharden
- Bebossen
- Ventileren
- Warmteopname beheersen
- Ruimte voor water
- Afschermen

Alhoewel de maatregelen in dit rapport gebaseerd zijn op dezelfde concepten, is voor een iets andere indeling gekozen. In deze eerste sectie wordt per klimaateffect overlopen wat de belangrijkste algemene principes zijn om de impacts ervan op te vangen. Dit laat de lezer toe om de maatregelen die verder besproken worden beter te begrijpen en maakt het mogelijk om zelf bijkomende maatregelen te bedenken. Verderop in dit hoofdstuk worden de adaptatiemaatregelen dan gesorteerd per sector waarin ze van toepassing zijn.

Deze principes zijn ruimer opgevat dan enkel de historische binnenstad, wat de verdere uitrol naar gans Brugge vergemakkelijkt. Overstromingen vanuit rivieren is bijvoorbeeld een problematiek die niet speelt in de historische binnenstad.

### Stedelijke wateroverlast

De meer intense neerslagbuien in de zomermaanden kunnen in de toekomst leiden tot meer frequente en meer extreme wateroverlast in stedelijk gebieden vanwege de beperkte capaciteit van rioleringsystemen. De maatregelen om dit tegen te gaan zijn vrij gelijkaardig aan de maatregelen hierboven, met dien verstande dat ze op andere schaal toegepast worden.



De maatregelen spitsen zich vooral toe op:

- Verharding tegengaan, zodat er minder water richting het rioleringsstelsel stroomt.
- Afkoppeling (en infiltratie) bevorderen, met hetzelfde beoogde effect.
- Tijdelijke buffering van regenwater en vertraagde afvoer, zodat de piekbelasting op het rioleringsstelsel gereduceerd wordt.

### Overstromingen vanuit waterlopen

Tijdens de wintermaanden stijgen de neerslagvolumes en kan de kans op verhoogde afvoeren en overstromingen van waterlopen toenemen. Het vermijden of beperken van de impact van overstromingen gebeurt best via volgend stappenplan:



- De afstroming naar de waterloop terugdringen (via opwaartse berging, vertraagde afvoer, infiltratie, opslag, ...).
- Tijdelijke berging van overtollig water in gecontroleerde overstromingsgebieden en wachtbekkens.
- Installatie van een voorspellings- en waarschuwingssysteem, zodat mensen voorbereid zijn.
- Gevolgen van onvermijdbare overstromingen beperken.

### Droogte

Droogte kan gedefinieerd worden als een tekort aan oppervlakte- en grondwater na langdurige periodes met weinig of geen neerslag en hoge verdamping. Dit zal leiden tot een daling van de beschikbare hoeveelheden water en een impact hebben op verschillende sectoren (drinkwaterproductie, landbouw, koelwater voor industrie, ...).



De maatregelen om de impacts van droogte tegen te gaan omvatten vooral:

- Water zo veel mogelijk laten infiltreren tijdens natte periodes, zodat grondwatervoorraden aangevuld worden.
- Overtollig water tijdens natte periodes opslaan en later gebruiken.
- Het gebruik van drinkwater beperken, zeker in toepassingen waar dit niet nodig is.
- Het verbruik van water terugdringen met behulp van efficiëntere technieken.
- Hergebruik van regenwater en grijs afvalwater.

## Hitte

De stijgende temperaturen zullen zorgen voor thermisch ongemak en hittestress bij mensen, planten en dieren. In verstedelijkte gebieden zal de impact nog groter zijn, als gevolg van het hitte-eilandeffect. Maatregelen om de impacts van stijgende temperaturen draagbaar te maken, zijn:



- Installatie van passieve koeling (isolatie, hoogrendementsglas, ventilatie ...), zodat het binnenklimaat veel trager opwarmt.
- Meer groen in de bebouwde omgeving, wat zorgt voor schaduw, afkoeling en een snellere verdamping.
- Meer waterpartijen in de bebouwde kom, wat eveneens zorgt voor afkoeling.
- Vervangen van planten en bomen die meer resistent zijn aan hoge temperaturen

## 2.2 Domein 1: Herinrichting van publieke ruimte ruimte

### 2.2.1 Concepten

De klimaat- en waterrobuuste (her)inrichting van pleinen, straten en andere open ruimtes is een breed dragende adaptatiestrategie met een grote verscheidenheid aan voordelen en deelaspecten. Ze vertrekt van de filosofie dat de schaarse open ruimte zeer efficiënt benut moet worden en dat er bijgevolg nood is aan multifunctioneel gebruik. Zo kunnen ze naast hun primaire functie, bijvoorbeeld parking, recreatie of groenbeheer, ook gebruikt worden als tijdelijke waterberging en/of infiltratievoorziening. Daarnaast biedt een afstemming met hittestressbeheer, stadsbeleving en gezondheid enorme kansen om de veerkracht van steden en gemeenten te vergroten.

De oplossing bestaat erin om in de open ruimtes de hoeveelheid verharding te verminderen, indien verharding nodig is deze gecontroleerd en doordacht te laten afwateren (het water nuttig gebruiken, afleiden naar groen of open waters, zoals de reien), meer groen te voorzien, in combinatie met laagteberging en infiltratie. Dit heeft een reducerend effect op wateroverlast in bebouwd gebied, verdroging en hittestress. Bovendien heeft het ook een positieve invloed op de leefbaarheid, de luchtkwaliteit en de biodiversiteit. De prioriteiten op vlak van hemelwaterbeheer (zowel in de openbare ruimte als op het privaat domein) worden samengevat door de ladder van Lansink (zie ook §3.3 voor meer uitleg). In volgorde van afnemende prioriteit moet ingezet worden op (1) het ontharden en vermijden van verharding, (2) het nuttig gebruiken van het afstromend water, bijvoorbeeld via regenwaterputten, (3) infiltratie, (4) bufferen en pas vertraagd afvoeren, en (5) afvoeren via de riolering of andere drainage. Volgende paragrafen zijn ook rond die insteek opgebouwd.

#### **Ontharden en vermijden van bijkomende verharding**

Het verwijderen van verharde oppervlaktes en het vergroenen van open ruimtes vermindert de hoeveelheid neerslagafstroming naar de riolering en de waterlopen. Daarnaast zorgt de hogere weerstand er ook voor dat de afstroming vertraagt, wat tot lagere piekafvoeren leidt. De belasting van het rioleringsysteem wordt dus kleiner, waardoor de kans op wateroverlast daalt. Ook zorgen deze maatregelen voor het aanvullen van de grondwatervoorraden, kan er meer water verdampen via groenvoorzieningen wat leidt tot verkoeling, ed.





Figuur 4. Voorbeelden van waterdoorlatende verhardingen: Waterpasserende tegels (Perfora®), grasdallen (Febestral) en oprit in dolomiet (Livios).

Het ontharden van pleinen en open ruimtes kan op verschillende manieren gerealiseerd worden. Op pleinen wordt de verharde oppervlakte zoveel mogelijk vervangen door groenblauwe elementen die het water gedurende langere tijd kunnen vasthouden en eventueel laten infiltreren. Waar mogelijk wordt ook best gebruik gemaakt van doorlatende verhardingen. Ook voor parkings, opritten, terrassen en wandelpaden kan de verharding vervangen worden door waterdoorlatende bestrating en verharding, zoals steenslag, dolomiet, grasdallen of kiezel.

Soms is ontharden niet mogelijk, of is er voor specifieke toepassing verharding vereist (bijvoorbeeld omwille van het historisch karakter van de binnenstad). In dat geval moet verharding gecombineerd worden met andere maatregelen zoals hieronder beschreven. Ook moet gerealiseerd worden dat "waterdoorlatende" verharding in quasi alle gevallen zeer hevige buien bijna integraal zal afvoeren. In de meeste gevallen is de doorlatendheid van het materiaal zelf of van de onderliggende bodem te weinig om die extreme buien onmiddellijk te laten infiltreren. Daarom wordt waterdoorlatende verharding best zodanig uitgevoerd dat het water een tijdje op de waterdoorlatende verharding wordt vastgehouden (zodat het tijd heeft om te infiltreren). Indien dit niet mogelijk is, moet idealiter verzekerd worden dat de waterdoorlatende verharding afwatert richting groenvoorzieningen in plaats van de riolering.

Om het potentieel van het ontharden te onderzoeken, analyseert het opgestelde "waterplan" (zie ook Hoofdstuk 3) verschillende scenario's waarbij verharding wordt afgekoppeld van de riolering. Voor elk scenario werd de impact van afkoppeling op water op straat onderzocht. Hierbij wordt onder "afkoppelen" verstaan dat verharding niet langer aangesloten wordt op de (overbelaste) gemengde riolering, maar afwatert naar bronmaatregelen of de reien. Daarnaast werd ook een "verhardingskaart" opgesteld van de historische Brugse binnenstad, waarbij per perceel de verharding berekend werd. Deze kaart wordt besproken in §5.3. Uit deze kaart blijkt dat er circa 199 hectare verharding is in het historisch centrum (exclusief wegenis en pleinen). Enkel de 20 percelen met de grootste verharding zorgen voor een verharde oppervlakte van reeds 24.8 hectare, oftewel 12% van het totaal. Dit illustreert het belang van prioritair te focussen op de grote verharde oppervlaktes. Meestal is er op die percelen zelf nog ruimte voor infiltratie. De top 50 percelen beslaat een verharde oppervlakte van 37.5 hectare (19%), en de top 100 een verharde oppervlakte van 49.5 hectare (25%).

### **Meer blauw en groen in de stad**

Ondanks het hitte-eilandeffect zijn er in binnenstad toch zones die relatief koel blijven tijdens hittegolven. Niet toevallig zijn deze locaties terug te vinden in de directe omgeving van wateroppervlakken zoals de reien, kanalen of vijvers. Het aanbrengen van blauwe elementen in open ruimtes, zoals vijvers, fontein en vernevelaars zal lokaal zorgen voor extra verkoeling van het stedelijk gebied. Bovendien kunnen dergelijke voorzieningen ook gebruikt worden voor andere functies zoals waterberging (zie verder) en recreatieve doeleinden.

Meer groen in de bebouwde en dichtbevolkte omgeving zorgt voor een beter leefklimaat. Het tempert de opwarming veroorzaakt door de sterke verharding, zeker in de dichtbebouwde gebieden. Daarnaast zorgt het groen ook voor een verbetering van de luchtkwaliteit doordat fijnstof opgevangen wordt, en doordat planten en bomen zuurstof produceren. We voelen ons ook prettiger in een groene buurt. De aanwezigheid van groen creëert immers een rustiger en mooier straatbeeld.

Het verhoogt dus de kwaliteit van de woonomgeving. Dit zorgt voor een waardevermeerdering van de wijk en haar woningen (Daams, 2016). Het bevordert eveneens de sociale interactie en het buitenleven in de wijk.

Naast pleinen en open ruimtes kunnen ook straten klimaat- en waterrobuust ingericht worden. Dezelfde principes als hiervoor beschreven zijn hierbij van toepassing: het vergroten van de sponswerking van de straat (dus meer water bergen en vasthouden), het bovengronds in goede banen leiden van overtollig water en het vergroenen van de straat. Dat laatste kan door bestaande verhardingen te vervangen door onder meer plantvakken, bomen, kruiden- en moestuintjes, grasperkjes, klimplanten,... . Kluck et al. (2017) toont aan dat de klimaatbestendige inrichting van woonstraten veelal eenvoudig is en voor vlakke gebieden zoals de historische binnenstad van Brugge niet duurder hoeft te zijn dan de traditionele inrichting.



Figuur 5. Parken, vijvers en fontein brengen verkoeling (Koningin Astridpark; bron foto: Stad Brugge).

De aanleg van meer groen wordt best gecombineerd met de aanplanting van bomen of eventueel stadsbossen. Bomen beperken immers de hittestress vanwege hun schaduwwerking en zorgen dus voor verkoeling. Dit is vooral in de dichtbebouwde wijken en gebieden van belang. Bovendien verdampen bomen veel water; een volwassen boom kan immers zo'n 400 liter water per dag verdampen (Krafcik et al., 2007). Het voorzien van groen zorgt voor een bijkomende beheers- en onderhoudskost, maar het levert belangrijke baten inzake gezondheid en leefcomfort. Stad Brugge experimenteert reeds met zogenaamde "boombunkers": bomen met een ondergrondse opslagmogelijkheid van water. Op die manier kan er meer water opgevangen worden, en kunnen bomen langere droge periodes overleven. **Paragraaf 5.6 omvat een analyse van de groene ruimte in de historische binnenstad.**



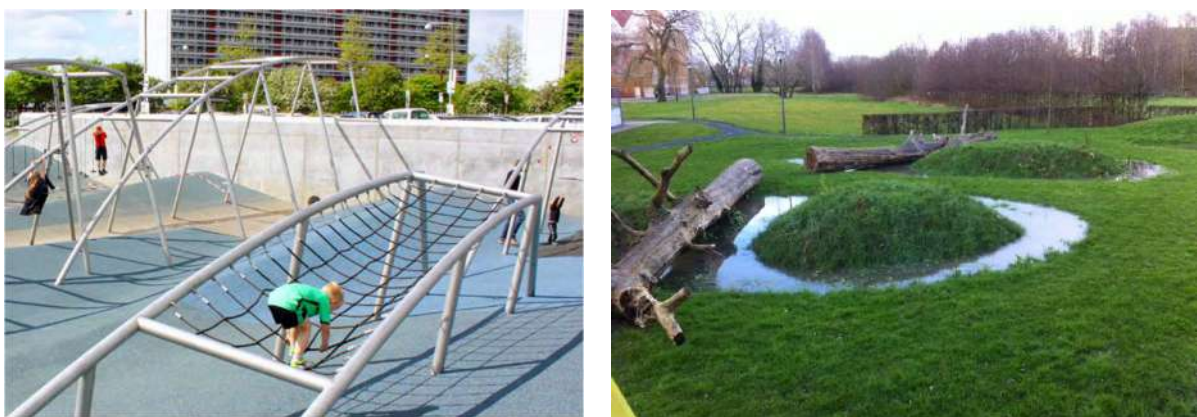
Figuur 6. Voorbeelden van een tuinstraat (Bronnen: City of Portland, Antwerpen aan 't woord)

Daarnaast is bij de aanleg van groen oog nodig voor het verkrijgen van “kwalitatief” groen: groen dat meer en betere ecosysteemdiensten levert. Bijvoorbeeld, oudere en grotere bomen leveren meer diensten dan jongere bomen, en zijn bovendien minder gevoelig voor weersextremen. Hoogstammig groen moet daarom doordacht in het landschap geplaatst worden, zodat het bijvoorbeeld niet na enkele jaren terug verwijderd moet worden voor een heraanleg of reconversie. De stad streeft dus naar het planten van “toekomstbomen” die er meer dan 50 jaar kunnen blijven.

Ook moet rekening gehouden worden met soortenkeuze: sommige soorten zijn beter bestand tegen droogte of hitte. Voor Wallonië werd eerder reeds een inventaris gemaakt van bomen die meer droogteresistent zijn door Petit, zoals bijvoorbeeld de robinia (*Robinia Pseudoacacia*), winterlinde (*Tilia cordata*) en wintereik (*Quercus petraea*). Deze boomsoorten hebben onder andere een diepgaand wortelstelsel. Voor Vlaanderen is dergelijke lijst nog niet opgemaakt. Merk op dat het aanplanten van uitheemse bomen (bijvoorbeeld soorten die in meer Zuiderse en dus warmere en drogere gebieden voorkomen) in Belgische bosgebieden niet noodzakelijk een goede keuze is: de langetermijnpact daarvan is onbekend. Beter wordt ingezet op autochtoon plantgoed dat resistenter is aan droogte en hitte. Ook werd aangetoond dat bepaalde boomsoorten, zoals bijvoorbeeld beuken, beter gedijen in een divers landschap (met verschillende boomsoorten in plaats van monocultuur). Ze groeien niet enkel sneller, maar blijken ook beter droogteresistent te zijn door de verhoogde diversiteit (Schoeters et al., 2019). Men kan verwachten dat een gelijkaardige positieve impact van biodiversiteit ook zal gelden voor andere soorten vegetatie, maar meer onderzoek op dat vlak is nodig.

### Laagteberging en infiltratie van regenwater

Een andere mogelijkheid om de verharding niet rechtstreeks op de riolering aan te sluiten, bestaat erin om het regenwater op een grasstrook – liefst met laagteberging – te laten lopen. In deze lokale verdiepingen in het terrein kan het water dan tijdelijk gestockeerd worden. Dit vraagt echter een doordachte aanleg van lokale ‘kuilen’ in het openbaar domein, zoals bijvoorbeeld langs de weg, of in parken of andere groengebieden (zogenaamde wadi’s), sportterreinen en speeltuinen (zie voorbeelden in Figuur 7). Dankzij de langere verblijftijd van het water in de laagteberging, zeker in vergelijking met doorlatende verharding zonder berging, verhoogt de hoeveelheid regenwater die in de bodem infiltreert. Eventueel wordt een overloop voorzien, zodat bij het bereiken van de maximale bergingscapaciteit de overblijvende neerslagafstroming toch overloopt in de riolering of een waterloop. Mits wat creativiteit en koppeling met landschapsinrichting kan een wadi perfect ingewerkt worden in een klein landschapsparkje of speeltuin. Enkel bij een zware stortbui zal het water er snel in stijgen, waarna het langzaam leegloopt.



Figuur 7. Voorbeeld van herinrichting van een open stedelijke ruimte naar multifunctioneel gebruik als speelzone en voor regenwaterberging en –infiltratie door het voorzien van laagteberging. (Bron: Cities100 & stad Brugge)

Een hydraulische berekening, uitgevoerd met het programma Sirio in het kader van dit klimaatadaptatieplan, toont het potentieel aan van zo'n laagteberging op verdroging. Wanneer bijvoorbeeld 1200 m<sup>2</sup> verharding aangesloten wordt op een groene strook van amper 60 m<sup>2</sup> en 5 cm diep, blijkt 93% van al het regenwater op lange termijn te infiltreren. Uiteraard is dergelijk

buffervolume te klein om wateroverlast te beperken, maar deze groene zones kunnen verdroging en hittestress wel significant tegen gaan. Het voorzien van infiltratiestroken rond bomen langs de weg lijkt vaak relatief eenvoudig te realiseren, en kan bomen (en andere vegetatie) helpen om langere en hetere periodes te overleven. In het huidige straatbeeld komen dergelijke stroken al vaak voor, maar zijn deze vaak voorzien van dorpels rondom. Deze dorpels verhinderen het instromen van water naar de groenstrook. Mits kleine aanpassingen kan dit toch eenvoudig gerealiseerd worden.



Figuur 8. Principes en voorbeeld van infiltratiestroken langs wegen.

Laagteberging en infiltratie zijn goede voorbeelden van duurzame bronmaatregelen. Ze hebben als doel om het regenwater maximaal uit de riolering en de waterlopen te houden, en verdroging en hittestress tegen te gaan. Rioleringsdienen immers in de eerste plaats om afvalwater te verzamelen en af te voeren naar een waterzuiveringsinstallatie. De afvoer van regenwater is een bijkomstig voordeel (soms een nadeel ...), waar te veel op gerekend wordt. In plaats van regenwater zo snel en zo veel mogelijk af te voeren naar de riolering, zou men het eerder zo veel en zo lang mogelijk moeten ophouden en maximaal laten infiltreren waar het kan zoals de Ladder van Lansink voor waterhuishouding voorschrijft. Het maximaal opwaarts bergen en infiltreren van regenwater vermindert niet alleen de kans op wateroverlast, maar verhoogt tegelijkertijd de voeding van het grondwater, wat voor een natuurlijke buffer zorgt tegen waterschaarste tijdens lange droge periodes. Indien in de wijk of straat nog een gemengde riolering aanwezig is, heeft het ontlasten van de riolering via regenwaterberging en -infiltratie hetzelfde effect als afkoppeling (meer gescheiden regen- en afvalwater), met onder meer lagere kosten voor de afvalwaterzuivering.



Figuur 9. Ontlasting van de riolering via regenwaterberging en infiltratie in open Klimaat- & water-robuste (her)inrichting van stedelijke ruimtes met meer groen en blauw tussen of in de plaats van het grijs. (Bron: RIONED)

### Afkoppelen van verharding naar reien en kanalen

De reien en kanalen in en rond de historische binnenstad creëren de opportuniteit om op een duurzame manier hemelwater op te vangen. De klimaatimpactanalyse toonde aan dat de reien sterk geïmpacteerd kunnen worden door klimaatverandering: de aanvoer van water vermindert, er verdampt meer water doordat het warmer wordt, en de waterkwaliteit neemt af doordat het rioleringsstelsel vaker overstort en door de hogere temperaturen. Door op strategische plaatsen (zuiver) hemelwater af te leiden naar de reien in plaats van af te voeren via de riolering, worden deze problemen tegen gegaan. Analyses tonen aan dat de overstromingsrisico's langs de reien en kanalen zeer laag zijn, en deze bijgevolg dit bijkomend water kunnen slikken, zelfs bij extreme regenbuien. Figuur 10 toont de Predikherenrei waar dit bijvoorbeeld toegepast kan worden.



Figuur 10. Voorbeeld waar verharding van de straat afgekoppeld kan worden naar de reien (Predikherenrei; bron: Google Maps).

### Verhoging van de bergingscapaciteit op straat: waterrobuuste straten

Tijdelijke berging van water kan naast pleinen ook in straten gerealiseerd worden. Via een doordachte wegaanleg kan de bergingscapaciteit op straat toenemen, waarbij er dan minder snel schade ontstaat. Een holle weg zal bijvoorbeeld meer water kunnen bergen dan een bolle (zie Figuur 11). Wegen kunnen ook zodanig ingericht worden dat het regenwater afstroomt naar gebieden waar het minder schade veroorzaakt. Afhankelijk van de terreinhelling kan het water via het straatprofiel bovengronds ook afstromen, tot een bepaalde neerslagintensiteit, zonder in de huizen terecht te komen of benedenstrooms voor wateroverlast te zorgen. Het aanbrenge van lokale verhogingen zoals stoepranden en verkeersdrempels kan de bergingscapaciteit van straten nog verder doen toenemen. Zo kan een straat zelf bijvoorbeeld als buffer gebruikt worden. Waterhoogtes van 5 of 10 centimeter op straat veroorzaken in quasi alle situaties geen schade, maar vormen wel een groot buffervolume door de uitgestrektheid van straten. Dit zijn allen relatief eenvoudige en goedkope maatregelen, waarmee de kosten voor beheer en onderhoud gelijk blijven en de waterschadekosten sterk afnemen (Kluck et al., 2017).

Tot slot kan nogmaals opgemerkt worden dat het aanbrenge van groene elementen zoals bomen, geveltuintjes en infiltratievoorzieningen de berging verder zal doen toenemen en de afstroming naar de riolering verkleinen.



Figuur 11. Schade beperken bij water op straat via verdieping van de straat / door het straatprofiel lager en "hol" aan te leggen i.p.v. "bol". (Bron: RIONED)

### Collectieve hemelwaterputten

Alle blauwgroene elementen die hierboven besproken werden, dienen van water voorzien te worden, wat in het gedrang kan komen door de toenemende droogte. Men dient tijdens droge periodes dus voldoende regenwater te voorzien om waterpartijen aan te vullen, om het groen te besproeien of voor elke andere toepassing waarvoor geen zuiver leidingwater noodzakelijk is. Veel

gebouwen in de binnenstad hebben ook de ruimte niet om zelf een hemelwaterput te voorzien. Hiervoor kunnen collectieve hemelwaterputten aangelegd worden als onderdeel van de open ruimte. Zij ontlasten daarnaast ook de riolering en het water kan gebruikt worden als bluswater voor de brandweer. Ook kunnen de collectieve hemelwaterputten gebruikt worden om de omliggende huizen van de wijk van regenwater te voorzien, via een secundair waternet. In dichtbebouwde, verstedelijkte gebieden is het immers soms moeilijk om hemelwaterputten te installeren bij elke privéwoning.

Collectieve hemelwaterputten hebben een lange historie in Brugge. De Brugse binnenstad beschikte in de Middeleeuwen reeds over een ingenieurs waternetwerk dat private en publieke (collectieve) hemelwaterputten met elkaar verbond, en ook water kon opnemen uit de vesten en stadsvijvers: de "moerbuizen". Op quasi elke straathoek was een waterput voorzien waar men water kon aftappen. De moerbuizen waren reeds (deels) uitgebouwd in 1280. Bij het herstellen van historische of bouwen van nieuwe hemelwaterputten, kan dit vaak vergeten aspect van historisch vakmanschap in de verf gezet worden.



Figuur 12. Het traject van moerbuizen uitgezet op de kaart van Marcus Gerards, 1562 (bron: Kaart en Huis, Stad Brugge).

Naast de klassieke hemelwaterput met een vaste overloop naar de riolering zijn er slimme systemen in ontwikkeling die anticiperen op de weersvoorspellingen. Via een automatische intelligente sturing van de doorvoer naar de riolering kan men de hemelwaterput leeg laten lopen om bergingscapaciteit te creëren en het water te verversen wanneer een extreme regenbui voorspeld wordt. Omgekeerd kan het water ook zo lang mogelijk vastgehouden worden, wanneer men lange droge periodes in het vooruitzicht heeft.

### **Integrale aanpak**

Op basis van de beschrijvingen hierboven is het duidelijk dat er verschillende klimaatadaptatiemaatregelen mogelijk zijn in open ruimtes zoals pleinen en straten. Omwille van de beperkte beschikbare ruimte in verstedelijkt gebied is het noodzakelijk dat bij het herinrichten zo veel mogelijk maatregelen gecombineerd worden. Men moet dus op zoek gaan naar maatregelen met co-benefits, die meerdere klimaatimpacts tegelijk mitigeren. Lopende voorbeelden hiervan in de historische binnenstad zijn de herinrichting van Stoer Huus (Bleekweides) en Hof De Jonghe. Stoer Huus is een co-housing project, waarbij een gemeenschappelijke tuin wordt aangelegd, en

(delen van) woningen op palen worden gebouwd om de open ruimte maximaal te bewaren. De inrichting van de Bleekweides gebeurde via een participatief traject met burgers.

### **Gescheiden riolering**

De riolering in de Brugse historische binnenstad is nog bijna volledig gemengd. Dit betekent dat afvalwater en regenwater in eenzelfde leiding worden afgevoerd naar de rioolwaterzuiveringsinstallatie. Aangezien extreme buien vaker voorkomen, zal de capaciteit van de riolering ook vaker te kort schieten om die buien te verwerken. Dit leidt tot meer overstorten naar bijvoorbeeld de reien, en vaker water op straat.

Stad Brugge zet daarom in op een gescheiden stelsel. Dit betekent dat (relatief zuiver) regenwater en afvalwater apart worden afgevoerd in 2 leidingen. Hierdoor is het afvalwater beter te beheersen (het is immers niet of alleszins minder onderhevig aan de variabiliteit van neerslag). Tegelijk is ook de regenwaterafvoer beter te controleren. Men kan bijvoorbeeld het regenwater lozen in de nabijgelegen reien, zonder dit kilometers te moeten afvoeren naar de rioolwaterzuiveringsinstallatie. De wijken buiten de historische binnenstad hebben vaak al een deels gescheiden riolering. De wijk Kristus-Koning, bijvoorbeeld, is bijna volledig voorzien van een gescheiden stelsel.

Het aanleggen van een gescheiden stelsel zelf kan dus gezien worden als een klimaatadaptatiemaatregel (het vermindert het aantal overstorten), maar brengt ook opportuniteiten voor andere klimaatadaptatiemaatregelen (bijvoorbeeld het afleiden van regenwater naar naburige parken of groenblauwe oplossingen). Louter het aanleggen van een gescheiden stelsel is echter niet voldoende: dit moet hand in hand gaan met een integrale visie op hemelwaterbeheer, en de uitbouw van groenblauwe oplossingen om de bergingscapaciteit te verhogen en infiltratie te bevorderen.

### **2.2.2 Uitvoering**

Het is duidelijk dat deze klimaat- en waterrobuuste herinrichting in de historische binnenstad gerealiseerd kan worden. Bovendien heeft Stad Brugge hierin een voorbeeldfunctie: indien de concepten en voordelen duidelijk gecommuniceerd worden naar de inwoners en ze betrokken worden in het ontwerpproces, bestaat de kans dat particulieren ook overgaan tot het herinrichten van private open ruimtes. De beste aanpak is om systematisch bij elk ruimtelijk planningsproject (bijvoorbeeld heraanleg wegen, rioleringen, verfraaiing dorpscentra, herinrichting open ruimtes, groot onderhoud, aanleg van parken, sportterreinen en speeltuinen, ...) de hiervoor beschreven principes toe te passen. Meeliften met zulke projecten van herinrichting en onderhoud zorgen er immers voor dat men de meerkosten beperkt kan houden. Het vraagt wel dat de betrokken diensten (ruimtelijke ordening, waterbeheer, wegen en verkeer, groendienst, enz.) goed opgeleid worden, de toepassing van deze principes opnemen in hun bestekken, en ze meenemen bij het beoordelen van offertes.

### **Aandachtspunten**

De concrete plaatselijke implementatie van de verschillende mogelijke maatregelen vraagt een gedetailleerde analyse en ontwerp, welke mogelijk niet voor handen is bij de diensten van elke gemeente. Bovendien zal het in sterke mate afhangen van de reeds aanwezige infrastructuur. Bij grote infrastructuurprojecten, zoals het aanleggen van pleinen en straten of een geïntegreerde aanpak op wijkniveau, lijkt het daarom aangewezen om te steunen op de kennis van gespecialiseerde studiebureaus. Gemeentebesturen en -diensten hebben hierin wel de verantwoordelijkheid om de principes van een klimaat- en waterrobuust ontwerp na te streven en mee te nemen in de bestekken. Andere, kleinere, maatregelen zoals het voorzien van doorlatende verhardingen of het creëren van multifunctioneel ruimtegebruik (zie bv. Figuur 7) kunnen dan weer wel op eigen initiatief opgestart worden en met behulp van de kennis bij de eigen diensten.

Hieronder volgt een niet-limiterende opsomming van aspecten waarmee men bij het herinrichten van publieke open ruimte best rekening mee houdt:

- Herinrichten van de bebouwde kern zal nauw samenhangen met de **wijktypologie**. In de bredere straten is er ruimte genoeg om water in groenstroken en groengebieden te bergen. Hierbij kan bijvoorbeeld een groene ruimte ingericht worden tussen parkeerplaatsen, vaak zonder drastische ingrepen. In de smallere historische straten zal men eerder moeten inzetten op extra waterberging op straat, zodat water minder snel de woningen binnenstroomt, of doordachte afkoppeling naar de reien. Ook doorlatende verhardingen en andere infiltratievoorzieningen zijn mogelijk om deze gebieden klimaatbestendiger in te richten (Kluck et al., 2017), hoewel dit enkel een impact heeft op verdroging en niet op extreme wateroverlast.
- Er bestaan verschillende systemen **waterdoorlatende verharding** met elk hun eigen voor- en nadelen. Per systeem moet dus nagegaan worden in hoeverre ze daadwerkelijk geschikt zijn voor de gekozen locatie. Voorbeelden hiervan zijn de vereiste stabiliteit van de ondergrond of de maximale belasting die het systeem kan dragen. Ook moet men nagaan of de kans bestaat dat er andere stoffen dan water (vb. benzine of olie) kunnen infiltreren. In dergelijke geval wordt best ook een water zuiverende component voorzien. Merk op dat waterdoorlatende verharding quasi geen impact heeft op stedelijke wateroverlast. Bij dergelijke buien zal vaak immers het waterdoorlatend effect van de verharding te beperkt zijn.
- Bij het **toegankelijk maken van water** zijn er twee aspecten waar grondig over nagedacht moet worden. Enerzijds moet er voldoende water met bepaalde minimum vereisten naar kwaliteit beschikbaar zijn, wat mogelijks problematisch wordt tijdens droogte. Daarnaast moet men er ook rekening mee houden dat zeer grote waterlichamen enkel tijdens de dag voor verkoeling zorgen. 's Nachts koelen ze minder snel af, doordat ze overdag warmte opslaan en dit zeer traag terug afgeven (Heusinkveld et al., 2014).
- Wanneer men extra regenwater laat infiltreren dienen de mogelijke veranderingen in **grondwatercondities** onderzocht te worden. Bijkomende infiltratie kan immers tijdens nattere periodes tot wateroverlast leiden. Hiervoor kan gebruik gemaakt worden van de kaart met infiltratiegevoelige bodems, die onderdeel is van de Watertoets. Deze kaart toont alle gebieden waar hemelwater relatief gemakkelijk kan infiltreren naar de ondergrond. De kaart kan in detail bekeken worden via de Geopunt.be website van de Vlaamse overheid.
- De hoeveelheid **schaduw**, via bomen en groenaanplantingen, die nodig is om een wijk 'volledig' hittestressbestendig te maken is moeilijk in te schatten. Als vuistregel kan men echter stellen dat men moet streven naar grotere aaneengesloten groenoppervlaktes, bij voorkeur in volle grond. De keuze van de planten- en boomsoorten is eveneens belangrijk om de onderhoudskosten te beperken: voor gebieden die in de zon liggen wordt er best voor mediterrane planten gekozen. Gebieden die in de schaduw liggen, zijn dan weer meer gebaat bij schaduw minnende planten.

### Methoden en tools

Het ontwerpen en uitvoeren van adaptatiemaatregelen is, zeker in de beginjaren, geen eenvoudige taak. Uit een rondvraag bij verschillende gemeenten in Vlaanderen (Coninx et al., 2015) blijkt dat gemeenten nood hebben aan ondersteuning op het gebied van kennis en dat ze vrezende zelf onvoldoende ervaring in huis te hebben. Om het adaptatieproces te begeleiden zijn er echter een groot aantal binnenlandse en buitenlandse tools beschikbaar die gemeentebesturen kunnen helpen. Deze tools zetten in op verschillende stappen van het proces, gaande van politiek commitment, over impact analyses tot het selecteren en evalueren van maatregelen. Hieronder volgt een beperkt overzicht van een aantal relevante tools die van toepassing kunnen zijn voor de sector 'herinrichting bebouwde kern'.

Een eerste overzicht beschrijft de tools en databanken die gebruikt kunnen worden bij het zoeken naar concrete geschikte maatregelen. Deze kunnen dienen als uitbreiding en aanvulling van dit rapport:

- **Klimaat en ruimte** is een website van de Vlaamse overheid waar verschillende ruimtelijke strategieën en inrichtingsprincipes besproken worden. Aan de hand van zes strategieën (zie



ook sectie 2.1) en concrete voorbeelden krijgt de gebruiker tips en inzichten voor het klimaatbestendig inrichten van steden of gemeenten (Couderé et al., 2015).

- **Rainproof** is een initiatief van de stad Amsterdam om de stad beter te beschermen tegen extreme neerslag en om de sponswerking van de stad te vergroten. Op de bijhorende website kunnen bezoekers een brede waaier aan maatregelen ontdekken die ze zelf kunnen implementeren of die de stad zal uitvoeren.
- **Climateapp** is een gratis tool, ontwikkeld door het Nederlandse Deltares, die informatie en inspiratie rond adaptatiemaatregelen biedt. Op basis van enkele eenvoudige criteria zoals schaal, landgebruik en type project selecteert en rangschikt de tool mogelijke maatregelen. Gebruikers krijgen hierdoor snel inzicht in de meest relevante of geschikte maatregelen.
- **Groen-blaue netwerken: handleiding voor veerkrachtige steden** is een 600 pagina's tellend boek dat de principes schets en een groot aantal concrete maatregelen toont voor een duurzame en klimaatrobuuste stedenbouw. Het boek is zowel toegankelijk voor ambtenaren, ontwikkelaars, waterbouwkundigen, onderwijzers als andere geïnteresseerden. Het geldt als een belangrijk naslagwerk.
- De Antwerpse **groentool** geeft inzichten over de effecten van groen op de leefomgeving en is bedoeld voor iedereen die bezig is met groen in stads- of dorpscentra. De tool is ontwikkeld voor de stad Antwerpen, maar kan dienen als inspiratiebron voor andere steden en gemeenten.

Een tweede overzicht beschrijft de tools die helpen bij het dimensioneren en het berekenen van de kosten, baten en de effectiviteit van adaptatiemaatregelen:

- De **Sirio-tool**, die het mogelijk maakt om op een eenvoudige en gebruiksvriendelijke manier hemelwaterontwerpen te evalueren. Het dimensioneren van dergelijke grootschalige bergingselementen gebeurt best aan de hand van lange-termijnsimulaties om een idee te krijgen van de tijdsdynamiek (vb. leegstand, overloop, ...). De tool wordt in Vlaanderen door meer dan 60 instanties gebruikt en wordt verder in dit rapport gebruikt voor enkele praktijkvoorbeelden.
- Op de website van het **Burgmeestersconvenant** zijn eveneens een groot aantal mogelijke maatregelen terug te vinden. Per maatregel wordt verduidelijkt op welke klimaatimpacts ze een invloed hebben, of ze een mitigerend effect hebben en of er co-benefits mogelijk zijn. Voor elke maatregel worden ook enkele specificaties en aandachtspunten opgelijst. Tot slot geeft de website ook informatie over financiering, m.n. over de kostprijs van het realiseren en over de financiële return ervan.
- Ook op de website van **groenblauwe netwerken** ([urbangreenbluegrids.com](http://urbangreenbluegrids.com)) is een zeer groot aantal uitgewerkte maatregelen en voorbeelden te vinden. Bij het bespreken van de voorbeelden wordt rekening gehouden met monetaire en niet-monetaire aspecten. Ook wordt gekeken welke andere maatschappelijke behoeften nog ingevuld worden. Bovendien is de website visueel aantrekkelijk en is de informatie eenvoudig te begrijpen en toe te passen.
- Via de **TEEB-stad-methodologie** (Kluck et al., 2017) kunnen de baten van groen ingeschat worden en vergeleken met de meerkosten voor beheer en onderhoud. Bedoeling is dat de baten de kosten ruimschoots compenseren. Indien gezondheidskosten en leefcomfort ook worden meegenomen, wordt verwacht dat de jaarlijkse baten meerdere malen hoger zijn dan de jaarkosten voor de herinrichting.

### 2.2.3 Beoordeling

Tabel 1 vat samen waarop en in welke mate de hierboven beschreven adaptatiemaatregelen een invloed hebben. Net zoals in sectie 2.1 wordt hierbij een onderscheid gemaakt tussen de vier klimaateffecten: overstromingen vanuit waterlopen, stedelijke wateroverlast, droogte en hitte. Voor elke combinatie van maatregel en effect wordt een score tussen 0 en 3 gegeven. Deze scores kunnen als volgt geïnterpreteerd worden: geen effect (0), klein of moeilijk in te schatten effect (1), aanzienlijk effect (2) en meest effectieve maatregel (3).

Tabel 1. Invloed van klimaat- en water-robuuste herinrichting van straten en pleinen op de vier beschouwde klimaateffecten. De gekleurde bolletjes tonen een inschatting van de impact van de maatregel op de verschillende klimaateffecten.

Maatregelen	Overstromingen	Wateroverlast	Droogte	Hitte
Tegengaan van waterdichte verharding	● ○ ○	● ● ○	● ● ○	● ● ○
Meer blauwgroene elementen	● ○ ○	● ● ○	● ● ○	● ● ○
Laagteberging en infiltratie	● ○ ○	● ● ●	● ● ○	● ○ ○
Afkoppelen van verharding naar reien	○ ○ ○	● ● ●	● ○ ○	○ ○ ○
Verhoging bergingscapaciteit	● ○ ○	● ● ○	● ○ ○	○ ○ ○
Collectieve hemelwaterputten	○ ○ ○	● ● ○	● ● ○	○ ○ ○
Gescheiden rioleringsstelsel	○ ○ ○	● ● ●	● ○ ○	○ ○ ○

## 2.3 Domein 2: Klimaatbestendig bouwen en wonen

De historische binnenstad van Brugge is dicht bebouwd. Gebouwen en hun verharding maken logischerwijs een groot deel uit van de binnenstad. Om Brugge weerbaar te maken tegen de gevolgen van klimaatverandering, zijn dan ook ingrepen nodig op private percelen. Dit domein beschrijft mogelijke acties rond klimaatbestendig bouwen en wonen.

### 2.3.1 Concepten

Onderstaande paragrafen beschrijven enkele concepten omtrent klimaatbestendig bouwen en wonen. Deze volgen op vlak van hemelwaterbeheer de "ladder van Lansink" (zie ook §3.3). Dit principe schrijft voor dat ingezet moet worden (in volgorde van afnemend belang) op het vermijden van verharding, het nuttig gebruiken van het afstromend water (bijvoorbeeld via hergebruik van regenwater), infiltratie, bufferen en vertraagd lozen en pas als laatste middel afvoer via riolering.

#### Hergebruik regenwater

Voor de watervoorziening van woningen en gebouwen wordt best watercirculaire principes toegepast. Het gebruik van regenwater via een afzonderlijk grijswater circuit voor alle toepassingen waar geen zuiver drinkbaar water of leidingwater voor nodig is. Voorbeelden hiervan zijn toiletspoeling, de wasmachine, auto's wassen, tuin besproeien, planten water geven, enz. Op dit ogenblik verbruikt een Vlaamse burger gemiddeld 100 liter water per dag, waarvan slechts 40 liter gaat naar toepassingen waar zuiver drinkbaar water voor nodig is. Het opvangen van regenwater kan gebeuren via het aansluiten van verharde oppervlaktes op ondergrondse hemelwaterputten, maar ook door het plaatsen van regentonnen die het water opvangen van kleinere daken zoals tuinhuizen, garages en carports.

Een interessant element in de binnenstad zijn de talloze historische hemelwaterputten. Van veel hemelwaterputten is het bestaan vergeten, maar mogelijks kunnen deze, mits kleine ingrepen, terug in werking genomen worden.

### Afkoppelen van verharde oppervlaktes

Indien de installatie van hemelwaterputten niet mogelijk is omwille van plaatsgebrek of andere redenen zijn er toch nog andere maatregelen die het rioleringsysteem kunnen ontlasten en de droogte problematiek kunnen tegengaan. Deze maatregelen voldoen aan dezelfde principes als hiervoor besproken bij de herinrichting van publieke open ruimtes. De afstroming naar de riolering moet zoveel mogelijk verminderd of vertraagd worden door het afkoppelen van verharde oppervlaktes, het realiseren van tijdelijke berging en de mogelijkheid tot infiltratie voorzien (zie ook de principes van de Ladder van Lansink, §3.3). Het afkoppelen van verharde oppervlaktes van de riolering zal de belasting op het rioleringsysteem verminderen. Bij gemengde rioelstelsels zijn er nog meer voordelen: er wordt minder relatief zuiver regenwater naar de zuiveringsinstallatie afgevoerd; het is minder vaak nodig om vuil water op het oppervlaktewater te lozen; en bij lokale infiltratie wordt het grondwater aangevuld. Men moet er bij het afkoppelen wel rekening mee houden dat het regenwater weggeleid wordt van het gebouw om vochtproblemen te voorkomen.

Om deze afkoppeling te realiseren, zijn er verschillende mogelijkheden. Hierbij moet benadrukt worden dat als ontharding niet mogelijk is, er prioritair ingezet moet worden op het nuttig gebruiken van het afstromend water. Pas als ook dat potentieel maximaal benut is, dringen onderstaande maatregelen zich op (zoals infiltratie, als dat niet mogelijk is buffering, en tot slot afvoer via de reien of desnoods riolering).

Infiltreren van water rond woningen kan door de oprit van doorlatende verharding te voorzien, via een groene voortuin of via een wadi in de tuin (laagteberging) waar het regenwater in loopt. Sinds enkele jaren zijn infiltratie- of buffervoorzieningen, aangesloten op de overloop van de hemelwaterput, eveneens verplicht bij nieuwbouw en renovaties. Wat de aanleg van doorlatende verharding aan de oprit betreft dient wel gelet op de terreinhelling. Voor opritten die geheld zijn en waar het water snel afloopt naar de straat is het voordeel van de doorlatende verharding beperkt. Het regenwater heeft dan niet de tijd om in te sijpelen in de ondergrond; de verblijftijd van het regenwater aan de oppervlakte is daarvoor te kort. Afloop naar een zijwaarts gelegen groene zone of wadi in de tuin zijn dan een beter alternatief. Dit is een uiterst belangrijk aandachtspunt bij alle doorlatende verharding: het water moet altijd tijdelijk vastgehouden worden om infiltratie mogelijk te maken. Een verdieping van enkele centimeters volstaat reeds om het grootste deel van de regen te laten infiltreren.



Figuur 13. Afkoppeling van regenwater van de riolering en infiltratievoorzieningen.

Figuur 14 toont het woonzorgcentrum Ter Potterie in de historische binnenstad. Dit is een van de vele voorbeelden waar afkoppeling naar groen eenvoudig gerealiseerd kan worden. Bovendien liggen de groenzones reeds iets lager dan de weg, waardoor deze een zeker volume kunnen bufferen. Op die manier kan veruit het grootste deel van de neerslag lokaal infiltreren. Hiertoe moeten enkel de regenwaterpijpen aangesloten worden op de groenzone, zonder verdere aanpassingen. In dit concrete geval moet ook geen noodoverlaat voorzien worden: indien bij een zéér extreme bui het bufferend volume niet volstaat, zal dit overlopen naar de straat waar het via de reguliere riolering afgevoerd kan worden.



Figuur 14. Mogelijkheid om zeer eenvoudig afkoppeling naar groen te realiseren (WZC Ter Potterie; bron: Google Maps).

Als hergebruik en infiltratie niet mogelijk is, kan tijdelijke berging uitgebouwd worden. De functie van die berging is om het water lokaal vast te houden bij extreme buien, en slechts vertraagd af te voeren. Tijdelijke berging van regenwater kan zowel op het dak als in de tuin gerealiseerd worden. Waterdaken zijn bijvoorbeeld speciaal ingericht om regenwater tijdelijk op te slaan en vertraagd af te voeren via knijpleidingen, zodat er bij een volgende neerslagbui opnieuw voldoende capaciteit is. De inrichting van zo een waterdak vraagt echter een voldoende sterke dakstructuur, wat moet meegenomen worden in de ontwerpen. Eventueel kan een waterdak ook gecombineerd worden met een groendak (zie verder) om voor extra verkoeling te zorgen.

In de historische binnenstad van Brugge kan daarnaast sterk ingezet worden op het afkoppelen van verharding van gebouwen (publiek en privaat) naar de reien (in plaats van naar de riolering). In geval van gesloten bebouwing kan vaak enkel de achterste dakhelft afgekoppeld worden. Indien zowel afkoppeling naar groen als naar de reien mogelijk is, wordt best gekozen om in te zetten op infiltratie, met een noodoverlaat naar de reien. Op die manier zal het meeste water lokaal kunnen infiltreren en wordt verdroging tegengegaan. Bij zeer hevige buien zal echter het overtollig water naar de reien worden afgevoerd, waardoor lokale wateroverlast vermeden wordt. Sectie 3.2.2 in het technisch waterplan analyseert de afkoppeling van gebouwen naar de reien nader.

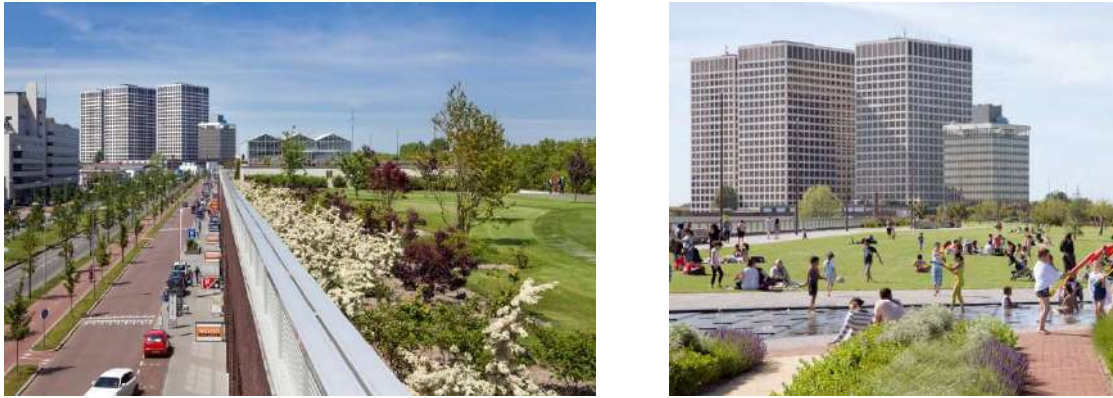


Figuur 15. Veel daken kunnen vaak rechtstreeks (of via een infiltratievoorziening) afgekoppeld worden naar de reien i.p.v. naar de riolering (bron foto: Stad Brugge).

### Groenvoorzieningen

Groene elementen in en rond gebouwen zorgen voor verkoeling via schaduwwerking, maar ook doordat ze de verdampingscapaciteit doen toenemen, waardoor er minder energie in opwarming kan kruipen. Hierdoor zullen groenvoorzieningen een belangrijke maatregel tegen hitte en temperatuurstijging zijn. De meest eenvoudige maatregel is het aanplanten van bomen en struiken, maar ook groendaken en gevelgroen zijn interessante opties. Bovendien bieden deze laatste twee nog extra adaptatiemogelijkheden zoals infiltratie en waterberging.

Groendaken hebben verschillende voordelen: ze houden water vast en ontlasten daardoor de riolering; een deel van dat water wordt opgenomen door de plantengroei op het dak; een deel van dat water zal al dan niet via de planten verdampen wat voor afkoeling zorgt; de planten bieden ook bijkomende isolatie aan het gebouw en verhogen de biodiversiteit. Mits de nodige creativiteit kan het ook gecombineerd worden met het kweken van kruiden, groenten en fruit in de bebouwde kom (daktuin); of zelfs met bomen, struiken en beloopbaar gras. Ook een dakterras of ontspanningsplek tussen het groen (zie Figuur 16) of een combinatie met zonnepanelen zijn mogelijk. Groendaken zullen bovendien een positief effect hebben op het rendement van zonnepanelen doordat ze een lokaal verkoelend effect hebben. Zonnepanelen hebben namelijk een hoger rendement bij lagere temperaturen. Ondertussen zijn er systemen op de markt die groendaken perfect kunnen combineren met zonnepanelen.



Figuur 16. Impressies van Dakpark Rotterdam, een 1 km lang en 85 m breed stadspark boven op een winkelboulevard. (Bron: Cities100)

Er kan een onderscheid gemaakt worden tussen extensieve en intensieve groendaken. Extensieve groendaken bestaan uit een dunne substraatlaag en sedumbegroeiing en ze verhogen de sponswerking van de stad via verdamping en waterberging. Vanwege het lage gewicht en de lage kosten worden deze daken vaak toegepast op bestaande bebouwing, maar ook op nieuwbouw. Een intensief groendak heeft een veel gevarieerdere beplanting en kan daardoor meer regenwater vasthouden. Daarnaast kunnen ze een bijdrage leveren aan een grotere biodiversiteit in de stad, geluidsreductie bevorderen en fijn stof binden. Nadeel is echter dat ze zwaarder en duurder zijn en ook meer onderhoud vragen.

Groene gevels hebben geen impact op wateroverlast, maar leveren grote voordelen op vlak van hittestress en biodiversiteit. Groene gevels verminderen de absorptie van warmte door de gevel in de zomer. Daarnaast kunnen groene gevels regenwater vasthouden en later opnieuw laten verdampen. Net als groendaken zullen ze lokaal ook kunnen zorgen voor betere luchtkwaliteit en een toename van biodiversiteit. Het realiseren van groene gevels kan via verticale gevelbegroeiing zoals klimplanten, via het plaatsen van leibomen, met bakken aan de gevel of het aanbrengen van geveltuinten. Wanneer de planten in volle grond staan, kunnen ze ook nog bijdragen aan het verminderen van de belasting op de riolering doordat ze het regenwater dat tegen de gevel valt opvangen en kunnen laten infiltreren.



Figuur 17. Voorbeeld van gevelgroen in de historische binnenstad (bron: Stad Brugge)



Figuur 18. Voorbeelden van gevelgroen op gebouwen.

### Passieve koeling

Door de stijgende temperaturen zal de vraag naar koeling van het binnenklimaat in woningen en werkplaatsen sterk toenemen. Passieve koeling is te verkiezen boven actieve koeling (zoals airconditioning), aangezien het ook een mitigerend effect heeft. Een goed geïsoleerd gebouw vraagt minder energie voor verwarming en verkoeling en zal zo dus ook leiden tot een daling van de broeikasgasuitstoot.

Passieve koeling van gebouwen kan op verschillende manieren verwezenlijkt worden. De meest bekende vorm is het aanbrengen van extra isolatie in daken, muren en vloeren zodat de hitte buitengehouden wordt. Daarnaast bestaat ook de mogelijkheid tot "esoleren", waarbij een isolerende laag rond de buitenmuren van woningen wordt gelegd. Vooral voor bestaande woningen lijkt dit een zeer doeltreffende en relatief eenvoudige maatregel. Naast het isoleren van daken en muren dienen ook de warmteverliezen langs ramen beperkt te worden. Hiervoor kan men gebruik maken van klassieke (rol)luiken of meer moderne zonneweringstechnieken. Wel moet men opletten bij het inbouwen van screens en andere maatregelen om geen koudebruggen te creëren. Koudebruggen leveren, vanzelfsprekend, geen nadelen op vlak van passieve koeling, maar wel voor het verwarmen van gebouwen in de winter. Ook het gebruik van hoogrendements-beglazing kan voor passieve koeling zorgen. Dit type glas isoleert tot vijf keer beter dan enkel glas en twee tot drie keer beter dan dubbel glas. Tot slot kan ook nog verwezen worden naar warmtepompen die koud grondwater ( $\pm 12$  °C) oppompen en dit door het afgiftesysteem loodsden, waardoor een verlaging van de binnentemperatuur met 4 à 5 °C verwezenlijkt kan worden. Tijdens de wintermaanden kan de pomp ook gebruikt worden om op een energievriendelijke manier voor verwarming te zorgen.

### Klimaatbestendige constructies en materialen

Op die plaatsen waar het voorkomen van water op straat en overstromingen onvoldoende beperkt kan worden, kunnen lokale maatregelen ervoor zorgen dat de schade beperkt blijft. Sommige maatregelen zoals het hoger plaatsen van kwetsbare huisraad of elektrische leidingen, zijn zo eenvoudig dat ze nauwelijks geld kosten. Andere maatregelen, zoals het aanleggen van verhoogde drempels en vloerpeilen (eventueel met helling), het plaatsen van tijdelijke of bewegende schotten en barrières, waterdichte deuren en een doordachte aanleg van het straatprofiel vragen iets meer planning, maar blijven desondanks redelijk eenvoudig. Daarnaast zijn er ook meer structurele waterrobuuste ingrepen mogelijk zoals het waterdicht maken van kelders of het bouwen van drijvende woningen.

Een doordachte materiaalkeuze bij woningen en gebouwen kan ook helpen om de binnentemperatuur niet te veel te laten oplopen. Denk bijvoorbeeld aan lichtgekleurde of reflecterende dak- en gevelbedekkingen. Deze zullen vooral tot een daling van de nachtelijke hittestress leiden. Belangrijke aandachtspunten hierbij is het vermijden van reflectie van de zonnestralen naar de omgeving.



Figuur 19. Voorbeelden van het aanwenden van klimaatbestendige constructies en materialen.

### 2.3.2 Uitvoering

Het realiseren van klimaatbestendige gebouwen en woningen is in de eerste plaats de verantwoordelijkheid van de eigenaar of de bouwheer. Overheden op verschillende niveaus kunnen hier echter een invloed op uitoefenen door het opleggen van verplichtingen in de stedenbouwkundige verordeningen, het uitreiken van subsidies en eventueel ondersteuning bij groepsaankopen. Ook het informeren en sensibiliseren van de inwoners past in dit rijtje. Onderstaande lijstjes geven een overzicht van de zaken waar men rekening mee moet houden bij het realiseren van een klimaatbestendig ontwerp en welke tools hierbij kunnen helpen.

#### Aandachtspunten

Vele van de adaptatiemaatregelen die hierboven besproken werden, zijn nu reeds verplicht bij nieuwbouwwoningen en grondige renovaties of worden gesubsidieerd. Hieronder volgt een lijstje met een overzicht van deze maatregelen en enkele aandachtspunten bij het implementeren ervan.

- **Hemelwaterputten** met een minimaal volume van 5.000 liter zijn verplicht bij gebouwen met een oppervlakte onder 100 m<sup>2</sup>. Voor gebouwen groter dan 100 m<sup>2</sup> bedraagt dit minimaal 50 liter per vierkante meter horizontaal dakoppervlak (met een maximum van 10.000 liter). Ze moeten voldoende groot gedimensioneerd worden om voldoende water beschikbaar te hebben om de frequentere en langere droge periodes te overbruggen. Idealiter gebeurt een dimensioneringsberekening voor het bepalen van de grootte van de hemelwaterput die rekening houdt met de vraag naar regenwater, en de aangesloten dakoppervlakte. Zo'n berekening kan eenvoudig uitgevoerd worden met Sirio (zie verder).
- Bij het dimensioneren van **infiltratievoorzieningen**, zowel onder- als bovengronds, moet men rekening houden met infiltratiecapaciteit van de bodem. Hoe kleiner deze capaciteit, hoe groter het volume van de voorziening moet zijn, omdat het water meer tijd nodig heeft om te bezinken. Daarnaast dient ook gekeken te worden naar de frequentie waarmee de voorziening vol loopt en overstort.
- Bij het plaatsen van **groendaken** moet men eerst en vooral rekening houden met het extra gewicht en de draagcapaciteit van de dakstructuur. Het klassieke groendak op basis van sedumplanten, een vetkruid, weegt 40 tot 80 kg/m<sup>2</sup> en is op de meeste platte daken toepasbaar. Hiernaast zijn er tegenwoordig heel wat andere varianten op de markt. Zo kunnen er naast sedum verschillende soorten grassen, kruiden en bloemen voorzien worden. Grotere planten hebben echter een dikkere substraatlaag nodig, waardoor het gewicht van het dak toeneemt. Een alternatief is het voorzien van een "blauwe" laag onder een groendak: een waterbergende laag die het water opvangt dat uit het groendak stroomt. Dit water kan eenvoudig terugvloeien naar het groendak (opnemen door capillariteit in droge periodes). Experimenten tonen aan dat in dat geval ook grotere planten (of planten die meer water vergen) ook kunnen overleven met een dunne substraatlaag. Groendaken kunnen, indien gewenst, ook gecombineerd worden met zonnepanelen. Door het verkoelend effect van het groendak zal de temperatuur lokaal dalen, wat het rendement van de zonnepanelen ten goede komt.
- Planten die zullen dienen als **gevelgroen** moeten zorgvuldig gekozen te worden: best sterke en vaste planten. Daarnaast zal ook de oriëntatie van de gevel van belang zijn bij de keuze.



Planten die goed tegen de warmte kunnen, zoals mediterrane planten, zijn het best voor gevels georiënteerd naar het zuiden. Gevels naar het westen gericht krijgen best planten die veel regen kunnen verdragen. Voor alle andere gevels gaat de keuze naar planten die goed tegen droogte kunnen. Langs de straatkant, maar meestal ook langs de andere gevels, worden best geen giftige planten of planten met stekels of doornen geplaatst.

### Methoden en tools

Hieronder volgt een overzicht van instrumenten en aanspreekpunten die kunnen helpen bij het selecteren en ontwerpen van maatregelen in het kader van klimaatbestendig bouwen en wonen.

- Bij het dimensioneren van hemelwaterputten is het de bedoeling dat het percentage leegstand – rekening houdend met de dakoppervlakte en het totale verbruik – voldoende laag is. De huidige ontwerprichtlijnen (Code van Goede Praktijk voor het Ontwerp van Rioleringsystemen; CIW, 2012) hier voorlopig nog geen rekening mee. Rekeninstrumenten zoals de **Sirio-tool** kunnen met behulp van lange-termijn simulaties snel informatie bieden over de frequentie van leegstand en overstort.
- Meer details over de dimensionering van infiltratievoorzieningen is te vinden in het '**Technische achtergronddocument** bij de gewestelijke stedenbouwkundige verordening hemelwater'. Men dient er wel rekening mee te houden dat gemeenten en provincies strengere normen mogen opleggen. Bij het ontwerp moet ook telkens een integrale visie nagestreefd worden, in overleg met de betrokken water- en rioleringsbeheerders.
- Het vinden van geschikte planten voor groenvoorzieningen rond gebouwen kan met behulp van de plantenzoeker van VELT: [www.velt.nu/plantenzoeker](http://www.velt.nu/plantenzoeker). Ook de **online groentool**, ontwikkeld door VITO verschaft informatie en voorbeelden over een groot aantal groenmaatregelen en hun impact op verschillende thema's, zoals hittestress, luchtkwaliteit, biodiversiteit en waterhuishouding.
- Inwoners die willen bouwen, verbouwen of grondig renoveren kunnen terecht bij het **Steunpunt Duurzaam Wonen en Bouwen** van de Provincie Westst-Vlaanderen. Zij bieden gratis advies aan over duurzaam bouwen (isolatie, verwarming, ventilatie, zonne-energie en materiaalkeuzes) en over het wooncomfort en de woonkwaliteit van huizen. Op hun website zijn ook een groot aantal brochures over duurzaam bouwen en de technische aspecten ervan te vinden.
- Er wordt ook nog verwezen naar de **Duurzaamheidsmeter** van de Vlaamse overheid. Op deze website kan men een overzicht vinden van de duurzaamheidscriteria en bijhorende indicatoren, waarmee een score kan berekend worden voor elk individueel bouwproject.

### 2.3.3 Beoordeling

Tabel 2 vat samen waarop en in welke mate de hierboven beschreven adaptatiemaatregelen een invloed hebben. Net zoals in de vorige domeinen wordt hierbij een onderscheid gemaakt tussen de vier klimaateffecten. Voor elke combinatie van maatregel en effect wordt een score tussen 0 en 3 gegeven. Deze scores kunnen als volgt geïnterpreteerd worden: geen effect (0), klein of moeilijk in te schatten effect (1), aanzienlijk effect (2) en meest effectieve maatregel (3).

Tabel 2. Invloed van klimaatbestendig bouwen en wonen op de vier beschouwde klimaateffecten. De gekleurde bolletjes tonen een inschatting van de impact van de maatregel op de verschillende klimaateffecten.

Maatregelen	Overstromingen	Wateroverlast	Droogte	Hitte
Passieve koeling en verluchting	○○○	○○○	○○○	●●●
Hergebruik regenwater	●○○	●●○	●●○	●○○
Tijdelijke berging en infiltratievoorzieningen	●○○	●●●	●●○	●○○
Afkoppeling van verharding naar de reien	○○○	●●●	●○○	○○○
Groenvoorzieningen	○○○	●○○	●○○	●●○
Klimaatbestendig constructies en materialen	●●○	●●○	○○○	●○○

## 2.4 Domein 3: Klimaatgezonde scholen

De historische binnenstad van Brugge telt veel scholen. Dit biedt opportuniteiten voor klimaatadaptatie: relatief grote verharde oppervlakken, beheerd door een beperkt aantal personen of instanties. Veel van de concepten die eerder aangehaald werden bij de herinrichting van open ruimtes en gebouwen zijn daarom ook toepasbaar op scholen. Een school kan daarnaast ook dienen als goed voorbeeld van klimaatadaptatie naar de ouders en de buurt waarin ze gelegen zijn. Hieronder zijn enkele aspecten nog verder verduidelijkt.

### 2.4.1 Concepten

#### Groene inrichting speelplaatsen

Deze maatregel houdt in dat speelplaatsen zoveel mogelijk onthard worden en dat er zoveel mogelijke groene (en blauwe) elementen aangebracht worden. Regenwater kan infiltreren in de bodem en ontlast zo het rioleringsysteem. De speelplaats kan eveneens ingericht worden met verschillende niveaus of met een wadi om nog extra berging te creëren. Bomen, planten en grasvelden zorgen ook voor meer verkoeling, minder last van hitte en een veel gevarieerdere speelomgeving (zie Figuur 20).

Naast de terugkerende aspecten van berging, infiltratie en verkoeling zijn er nog extra co-benefits te behalen. Onderzoek wees namelijk uit dat een avontuurlijke en natuurrijke speelplaats tal van positieve effecten heeft:

- Groene speelruimte zet kinderen aan tot beweging, stimuleert een veelzijdige ontwikkeling van de motorische vaardigheden en zorgt dus voor een betere lichamelijke conditie. Schaduw biedt daarnaast ook een verminderde blootstelling aan de zon.
- Op groene schoolspeelplaatsen wordt minder gepest. Door de veelzijdigheid vind iedereen er wel iets om te doen en gaan kinderen zich minder snel vervelen.
- Een groene schoolspeelplaats is er niet alleen voor de 'fun', er is ook ontzettend veel te leren. Kinderen leren er spontaan de natuur kennen, en hun eigen grenzen.
- Elke schoolspeelplaats kan een verscheidenheid aan planten en dieren herbergen en zo een steentje bijdragen tot het behoud van onze biodiversiteit.
- Een groene (speel)ruimte verbetert de leefkwaliteit in de buurt: luchtkwaliteit, temperatuur, geluidshinder, enz. Als de speelplaats ook toegankelijk is voor de buurt, kan ze een motor worden voor ontmoeting, sociale contacten en een collectieve verantwoordelijkheidszin.



Figuur 20. Herinrichting en vergroening van de speelplaats van Basisschool Visitatie in Gent.

Het project 'Pimp je Speelplaats' is een samenwerking tussen MOS (Milieuzorg Op School), ANB (Agentschap Natuur en Bos) en GoodPlanet, met als doel om speelplaatsen boeiender en natuurlijker te maken. Scholen kunnen hierbij kans maken op financiële steun voor het vergroenen van hun speelplaats en op begeleiding bij het concretiseren ervan. Belangrijk in dit proces is dat de verwezenlijking moet steunen op een samenwerking tussen leerkrachten, leerlingen, ouders en buurtbewoners. Ook de Provincie West-Vlaanderen helpt scholen die te weinig tijd, geld, of expertise hebben, bij het vergroenen van hun speelplaatsen via een traject dat ongeveer twee jaar duurt. Deze ondersteuning gebeurt altijd op maat en kent momenteel al veel succes.

### **Hergebruik regenwater**

Schoolgebouwen worden typisch enkel overdag gebruikt, en niet of minder in het weekend. Dit maakt dat sommige klimaatadaptatie maatregelen zeer goed toegepast kunnen worden. Een mooi voorbeeld hiervan is het hergebruik van regenwater, dat op daken en speelplaatsen valt, voor het spoelen van toiletten. Dit is veruit de grootste verbruiker van water op scholen en kan het verbruik van leidingwater dus sterk terugdringen. Bovendien wordt hierdoor ook een grote verharde oppervlakte afgekoppeld van het rioleringsysteem. Eventueel kan het regenwater ook gebruikt worden om via vernevelaars of sproeiers voor verkoeling te zorgen tijdens hete periodes.

De dimensionering van een hemelwaterput moet afgestemd zijn op het verwacht hergebruik en de aan te sluiten oppervlakte. Enkel op basis van berekeningen kan de juiste dimensionering ingeschat worden. Bovendien kan zo'n berekening gebruikt worden om scholen te overtuigen van het nut van regenwaterputten. Immers, zo wordt het snel duidelijk hoeveel er jaarlijks bespaard kan worden op de waterfactuur. Daarom wordt in het Waterplan van dit klimaatadaptatieplan een concreet voorbeeld uitgewerkt voor een school in Brugge: zie paragraaf 3.3.1.2.

De installatie van een hemelwaterput wordt best aangegrepen om ook een infiltratievoorziening te bouwen. Een hemelwaterput alleen kan immers nooit al het water van een gebouw opvangen of nuttig gebruiken. Ook dit wordt verder geconcretiseerd aan de hand van een voorbeeld in paragraaf 3.3.2.2.

### **Klimaateducatie**

Klimaatproblemen kunnen gedeeltelijk aangepakt worden via gedragsverandering. Dit betekent dat kinderen en jongeren zich bewust worden van klimaatverandering en de mogelijke gevolgen en oplossingen. Door hierover gericht les te krijgen, nemen ze deze kennis mee voor de rest van hun leven en kunnen ze ondervinden dat hun eigen acties een verschil kunnen maken. Deze maatregel richt zich op activiteiten die in het lessenpakket kunnen worden opgenomen om al doende jongeren te leren wat klimaatverandering is en op welke manier men aan adaptatie kan doen. Zo kunnen scholieren bijvoorbeeld een namiddag met een smartphone rondlopen in de historische binnenstad om de temperatuur te meten. Op die manier leren de scholieren het belang van natuur, bomen en groen om het hitte effect te verminderen.

Om activiteiten op te zetten voor de scholieren is er samenwerking nodig tussen de scholen, de milieueducatieprogramma's en andere relevante partijen. Die samenwerking kan ook op korte termijn al voordelen hebben omdat ze kunnen leiden tot nieuwe initiatieven om de stad nu al klimaatbestendiger te maken.

## 2.4.2 Beoordeling

Tabel 3 vat samen waarop en in welke mate de hierboven beschreven adaptatiemaatregelen een invloed hebben. Voor elke combinatie van maatregel en effect wordt een score tussen 0 en 3 gegeven. Deze scores kunnen als volgt geïnterpreteerd worden: geen effect (0), klein of moeilijk in te schatten effect (1), aanzienlijk effect (2) en zeer effectieve maatregel (3).

Tabel 3. Invloed van klimaatgezonde scholen op de vier beschouwde klimaateffecten. De gekleurde bolletjes tonen een inschatting van de impact van de maatregel op de verschillende klimaateffecten.

Maatregelen	Overstromingen	Wateroverlast	Droogte	Hitte
Groene herinrichting speelplaats	● ○ ○	● ● ○	● ● ○	● ● ○
Hergebruik regenwater	● ○ ○	● ● ○	● ● ○	● ○ ○
Klimaateducatie	● ○ ○	● ○ ○	● ○ ○	● ○ ○

## 2.5 Domein 4: Een aangepast ruimtelijk beleid

De hoge bevolkings- en bouwdichtheid in Vlaanderen verplicht ons om zeer verstandig om te gaan met de vrije ruimte die ons nog rest. Bij het inrichten of herbestemmen van open ruimte gebruikt men dus best een klimaatrobuuste aanpak die rekening houdt met de eerder beschreven principes.

Hieronder worden nog enkele aspecten, op macroscopische schaal, belicht die eerder nog niet aan bod kwamen. Sommige van die concepten zijn van toepassing op de historische binnenstad, maar de meeste gelden voor een ruimer gebied. De concepten worden toch reeds meegegeven in het adaptatieplan van de binnenstad, om de uitrol naar het omliggend gebied te faciliteren.

### 2.5.1 Concepten

#### Aaneengesloten natuur in stad en buitengebied

Om ervoor te zorgen dat onze natuur de schokken van de klimaatverandering zo goed mogelijk doorstaat, moet er geïnvesteerd worden in het behoud van biodiversiteit. Biodiversiteit is een belangrijke component van het adaptief vermogen van ecosystemen, omdat een hoge diversiteit leidt tot risicospreiding. Hoe groter de verscheidenheid van dieren en planten, hoe beter ecosystemen klimaatschokken zullen kunnen overleven. Gezonde en grote populaties zijn beter bestand tegen schommelingen, doordat er een grotere verspreiding van genen mogelijk is. En vanuit gezonde en groeiende kernpopulaties kunnen en zullen meer individuen migreren, zodat de kans groter is dat er ook veel terechtkomen in gebieden die in de toekomst klimatologische beter geschikt zullen zijn.

Daarnaast is het belangrijk om voor grotere en aaneengesloten groene zones (en natuurgebieden) te zorgen. Grotere aaneengesloten groene zones zijn minder gevoelig voor de druk van buitenaf: de kern ligt verder van de buitenwereld, en er zijn ook veel minder buitengrenzen dan wanneer dezelfde oppervlakte verspreid zou liggen over verschillende versnipperde gebieden. In grotere

gebieden zijn ook meer gradiënten aanwezig. Bijvoorbeeld van zeer droog tot zeer vochtig, zodat de kans groter is dat meer soorten bij wisselende en extreme weersomstandigheden toch nog een geschikte biotoop vinden. Bovendien zorgt voldoende ruimte voor spontane ontwikkelingen en natuurlijke dynamiek die soorten de gelegenheid bieden om in nieuwe combinaties voor te komen. Dit levert nieuwe leefgemeenschappen op, die beter aangepast zijn aan nieuwe omstandigheden (Vonk et al., 2010).

Daarnaast moeten er meer natuurlijke verbingsgebieden komen, zodat soorten kunnen migreren en versnipperde populaties toch nog genen kunnen uitwisselen. Onder natuurverbingsgebieden verstaat men gebieden die van belang zijn voor de migratie van dieren en zelfs planten. Ze bestaan uit een aaneenschakeling van lijnvormige of strookvormige elementen zoals houtkanten, hagen, beken en poelen. Ze zijn nodig omdat kleine natuurgebieden te kwetsbaar zijn en enkel kunnen herstellen vanuit omringende landschappen. Netwerken van ecosystemen zijn dus een belangrijke voorwaarde voor het herstelvermogen na perioden met weersextremen (Vonk et al., 2010).

Naast het in stand houden van de biodiversiteit bieden bos- en natuurgebieden nog andere voordelen voor onze maatschappij. Bossen kunnen een economische functie hebben, doordat ze een relatief duurzame grondstof produceren. Daarnaast kan natuur ook dienen als scherm en buffer. Ze hebben bijvoorbeeld potentieel tot CO<sub>2</sub>-opslag, water- en luchtzuivering, waterbuffering en als buffer voor geluids-, wind- en visuele overlast. De filterende en reinigende werking van natuurgebieden komt vooral tot uiting in grote aaneengesloten gebieden. Bij te kleine en versnipperde gebieden is de impact van vervuilende effecten te groot, zodat zij belangrijke degraderende effecten ondervinden (Vereniging voor Bos in Vlaanderen & Aelous, 2003).

Stad Brugge kent een gevarieerd natuurlandschap waardoor het niet aangewezen is om overal over te gaan tot het aanplanten van bossen. De polders worden gekenmerkt door een groot aantal kreken en zilte poldergraslanden die ontstaan zijn als gevolg van regelmatige overstromingen vanuit zee. Deze gebieden zijn zeer belangrijke leefgebieden voor verschillende vogelsoorten en kunnen bovendien de omliggende dorpen beschermen tegen wateroverlast. Het verdwijnen of vernietigen van deze poldergebieden moet dus vermeden worden.

### **Ruimte geven aan water**

Het herinrichten van de open ruimte biedt ook kansen om meer ruimte te geven aan water. Een voorbeeld hiervan is het opnieuw openleggen van waterlopen in de centra van steden en dorpen, die in het verleden ingebuisd of ingekokerd werden. Stad Brugge maakte recentelijk een deel van de Kapucijnenrei aan 't Zand meer toegankelijk. Op die manier krijgt het water een hogere "belevingswaarde". Ter hoogte van de nieuwe fontein aan het Albertpark (Oostmeers) werd de rei tevens verbreed. In Gent werd de Nederschelde ter hoogte van de Reep en de Bisdomkaai volledig terug opengelegd na jaren gediend te hebben als parkeerplaats. Door meer ruimte te geven aan water, zoals door het open leggen van overwelfde waterlopen of het meer toegankelijk maken ervan, wordt een plaats van rust gecreëerd die tegelijk zorgt voor verkoeling en een aangename leefomgeving. Ook kan dit vaak (eenvoudig) gekoppeld worden aan het uitbouwen van extra buffercapaciteit om zo wateroverlast te vermijden, en het vergroenen van oevers.



Figuur 21: Toegankelijk maken van de Kapucijnenrei aan 't Zand (bron foto: Stad Brugge)

De principes rond waterberging in verstedelijkte gebieden zijn eveneens van toepassing op het landbeheer in stroomgebieden van rivieren. In het verleden werd wateroverlast typisch tegengegaan door het bouwen van dijken en andere constructies om het water in de rivieren te houden. Deze aanpak wordt momenteel zoveel mogelijk afgeraden (hoewel dergelijke oplossing op zeer lokaal niveau en onder specifieke omstandigheden soms nodig blijft): rivieren moeten opnieuw de mogelijkheid krijgen om op gecontroleerde locaties buiten hun oevers te treden en hun winterbed in te nemen. Recent werd een gecontroleerd overstromingsgebied langs de Kerkebeek gerealiseerd in Sint-Michiels. Langs de Chartreuseweg en de Rijselstraat werd een ringdijk gebouwd waarbinnen het water tijdelijk kan opgevangen worden. In het totaal bestrijkt het gebied 25 hectare, met een opvangcapaciteit van 150.000 m<sup>3</sup>.



Figuur 22: Inrichting van een gecontroleerd overstromingsgebied langs de Kerkebeek in Sint-Michiels (bron afbeelding: VMM).

Deze klimaatadaptatiestrategie vraagt, zowel in de stad als in het buitengebied, evenwel een goede integratie van water in het ruimtelijk beleid en een systematische groenblauwe dooradering op macroniveau. Een overzicht van ruimtelijke strategieën en inrichtingsprincipes is te vinden op de website [klimaatruimte.be](http://klimaatruimte.be) van het Departement Omgeving van de Vlaamse overheid.

### **Gemeenschappelijke voorzieningen**

De beperkte beschikbare ruimte in steden en dicht bebouwde kernen zal mensen verplichten om bepaalde invullingen te gaan delen met hun burens en andere personen. We spreken in dit geval van gemeenschappelijke of collectieve voorzieningen.

Tuinen spelen een grote rol in het stadsecosysteem: privétuinen vormen namelijk de grootste hoeveelheid groen in steden (van Zelven, 2007), ook in de Brugse binnenstad. Het creëren van collectieve tuinen brengt een schaalvoordeel met zich mee waardoor deze tuin een veelheid aan functies kan opnemen. In een collectieve tuin kan zowel ruimte zijn voor recreatief gebruik, natuurontwikkeling, stedelijke landbouw en watermanagement. Collectieve tuinen kunnen verkoelend werken voor de omliggende bebouwing door de gebouwen af te schermen met opgaand groen. Inzetten op collectieve tuinen maakt het ook mogelijk om dichter te bouwen en toch een voldoende kwaliteitsvolle groene ruimte aan te bieden aan de bewoners (Couderé et al., 2015). De Brugse binnenstad telt bijzonder veel kloostertuinen. Het openstellen van deze kloostertuinen biedt dan ook veel voordelen.

Om te voorkomen dat door de warmere zomers veel privézwembaden worden aangelegd is het belangrijk om voor een goed alternatief te zorgen. In de Brugse binnenstad lijkt het verder uitbouwen van zwemmen in de reien alvast aantrekkelijk hiervoor.

### **Luchtcirculatieplan**

De historische binnenstad van Brugge is gekenmerkt door vele smalle straten, vaak met weinig verkoelend groen wegens plaatsgebrek. De smalle straten werpen vaak wel veel schaduw, maar verhinderen een goede luchtcirculatie, terwijl de vele verharding bij directe beschijning leidt tot een snelle opwarming. Om deze straten af te koelen lijkt, naast het primair inzetten op groenblauwe oplossingen interessant, net als het proberen geleiden van windstroming vanaf open pleinen of verkoelende stromen vanuit groen.

Langs de ene kant zijn er regionale windstromen die los staan van den aanwezigheid van dicht bebouwd gebied. Het ontstaan van deze stromen kan niet beïnvloed worden, maar de bebouwde omgeving kan wel zodanig ingericht worden dat de wind kan doordringen in het stadswefsel. Bij voldoende hoge windsnelheden wordt de lucht in het bebouwde gebied regelmatig ververs met koelere lucht, waardoor het hitte-eilandeffect met enkele graden kan afnemen. Anderzijds zijn er ook zogenaamde microwindverplaatsingen of briesjes, die worden gegenereerd door hoogte-, temperatuur en drukverschillen. Deze briesjes stromen van koel naar warm, wat de kans biedt om het verkoelend effect van bijvoorbeeld parken verder te verspreiden. De belangrijkste aspecten hierbij zijn het vermijden of wegnemen van windblokkades, het kanaliseren van wind en briesjes en het vrijwaren van de ontstaansgebieden van koele lucht (Couderé et al., 2015).

## **2.5.2 Beoordeling**

Tabel 4 vat samen waarop en in welke mate de hierboven beschreven adaptatiemaatregelen een invloed hebben. Voor elke combinatie van maatregel en effect wordt een score tussen 0 en 3 gegeven. Deze scores kunnen als volgt geïnterpreteerd worden: geen effect (0), klein of moeilijk in te schatten effect (1), aanzienlijk effect (2) en meest effectieve maatregel (3).

Tabel 4. Invloed van een aangepast ruimtelijk beleid op de vier beschouwde klimaateffecten. De gekleurde bolletjes tonen een inschatting van de impact van de maatregel op de verschillende klimaateffecten.

Maatregelen	Overstromingen	Wateroverlast	Droogte	Hitte
Ruimte geven aan water	● ● ●	● ○ ○	● ● ●	● ○ ○
Aaneengesloten natuurgebieden	● ○ ○	○ ○ ○	● ● ●	● ● ●
Gemeenschappelijke voorzieningen	● ○ ○	● ● ○	● ● ●	● ● ●
Luchtcirculatieplan	○ ○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○	● ○ ○

## 2.6 Domein 5: Inzetten op nieuwe technologie

Er gebeurt veel onderzoek naar technologie die ingezet kan worden in het kader van klimaatadaptatie. Omdat niet alle weersextremen op te vangen zijn met bovenstaande maatregelen, worden waarschuwings- en voorspellingssystemen ontwikkeld. Op die manier kunnen de hulpdiensten proactief handelen, en worden burgers gewaarschuwd bij bijvoorbeeld dreigende wateroverlast. Daarnaast richten nieuwe technologieën zich op het opvangen van klimaatverandering zelf. Dit kan bijvoorbeeld door het slim sturen van systemen, zoals waterlopen of zelfs groendaken. Beide categorieën van innovaties worden hieronder kort besproken.

### 2.6.1 Concepten

#### Voorspellen en waarschuwen

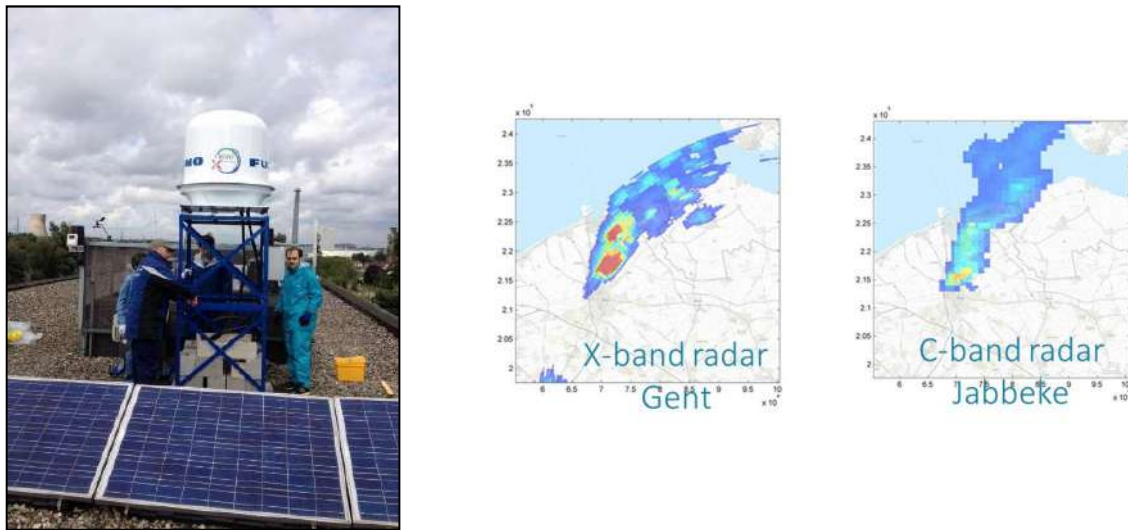
Naast structurele maatregelen houdt klimaatadaptatieplanning ook in dat de bestaande crisisinterventieplannen worden aangepast aan de wijzigende klimaatomstandigheden of dat er nieuwe plannen worden opgemaakt. Voorbeelden hiervan zijn:

- Door de klimaatverandering kunnen bijkomende gebieden wateroverlast ondervinden. Dit vraagt aangepaste routes voor de hulpdiensten in functie van de precieze locatie van de overstroming. Voorspellingssystemen kunnen hier ook een hulp bieden.
- Door de verhoogde kans op warme dagen en hittegolven kunnen problemen ontstaan inzake hittestress. Indien tijdens zulke dagen evenementen doorgaan, dient men voldoende voorbereid te zijn op de hittestress (voldoende drinkwater of watervernevelaars voorzien) of de hittestress te behandelen, bijvoorbeeld door extra capaciteit in EHBO-posten en ziekenhuizen.
- De waterkwaliteit dient opgevolgd te worden en de ecologische en gezondheidsrisico's onder controle gehouden. Dit kan o.a. door een bijkomende zuurstofinbreng via beluchting. In extreme gevallen moet men waterrecreatie verbieden omwille van de aanwezigheid van blauwalgen of de botulismebacterie in het water. Er is reeds enkele malen een zwemverbod op de reien ingesteld door te lage waterkwaliteiten (bijvoorbeeld algenbloei).
- Om het risico op bosbranden te voorkomen, dienen er extra controles georganiseerd te worden aan recreatieparken en -bossen of moet de toegang eventueel zelfs verboden worden. Dit laatste is natuurlijk niet wenselijk want het is net tijdens hittedagen dat mensen verkoeling gaan zoeken in dergelijke recreatieparken en natuurgebieden.

Klimaatverandering zal ook de kans op overstromingen in bebouwde gebieden ten gevolge van hevige buien doen toenemen. Dit werd concreet gekwantificeerd voor de historische Brugse binnenstad in het Waterplan (zie Hoofdstuk 3). Deze overstromingen ontstaan wanneer het rioleringsstelsel deze hevige buien niet kan verwerken. Er zijn op dit ogenblik nog geen overstromingsvoorspellers operationeel in Vlaanderen die zulke wateroverlast kunnen voorspellen.

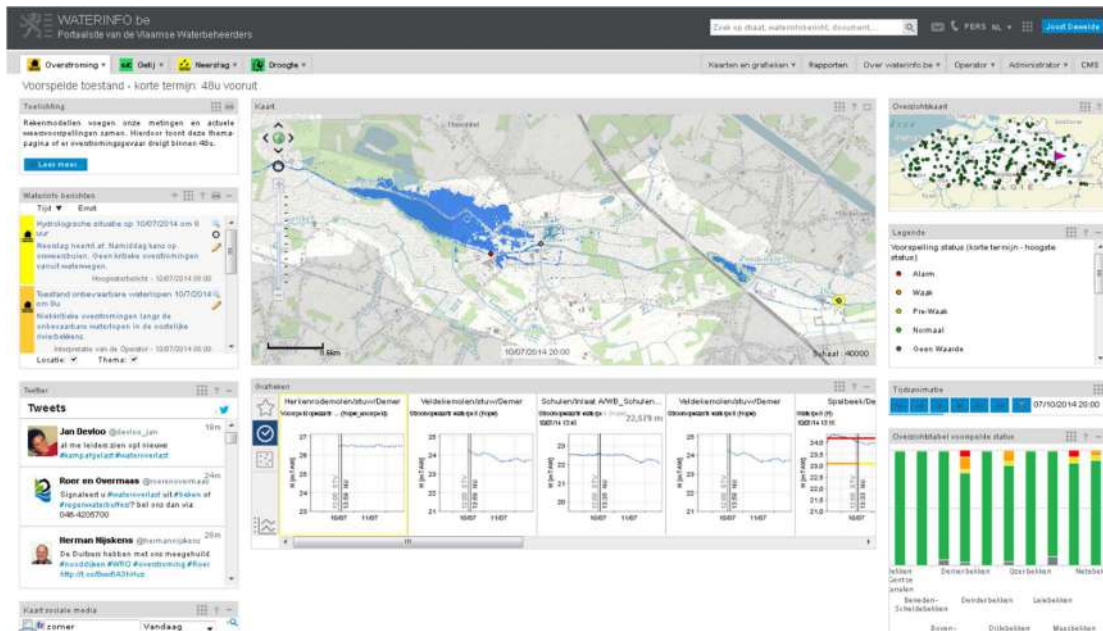


Een van de belangrijkste obstakels is het kunnen voorspellen van extreme buien. Dergelijke buien kunnen snel ontstaan, wat het voorspellen van de exacte locatie en de intensiteiten zeer moeilijk maakt. In Vlaanderen wordt al langer onderzoek gedaan naar het gebruik van stedelijke buienradars. Zo plaatste de KU Leuven eerder een X-bandradar in Leuven en Gent voor experimenteel onderzoek (zie Figuur 23). Dergelijke radar kan neerslagpatronen veel nauwkeuriger in beeld brengen dan de grotere C-bandradars (zoals bijvoorbeeld gepubliceerd op de website [buienradar.be](http://buienradar.be)), maar beslaat een kleiner gebied. De technologie is ondertussen klaar voor toepassing in een operationele stedelijke wateroverlastvoorspeller. Dergelijk systeem kan niet alleen waarschuwen voor wateroverlast en op die manier hulpdiensten de kans geven om proactief bescherming te bieden, maar kan op termijn ook uitgebreid worden met een intelligent sturingssysteem. Wanneer gekoppeld met intelligente sturing kan de bestaande infrastructuur, zoals rioleringskleppen en buffers, geregeld worden om wateroverlast te vermijden.



*Figuur 23. Stedelijke buienradar op basis van X-band radartechnologie (links) die de extreme lokale convectieve neerslagcellen met hogere ruimtelijke precisie registreert (Bron: PLURISK project, FURUNO radar)*

In Vlaanderen zijn er wel reeds verschillende voorspellings- en waarschuwingssystemen operationeel voor wateroverlast langs rivieren. Op de portaalwebsite van de Vlaamse waterloopbeheerders, [Waterinfo.be](http://Waterinfo.be) kan iedereen terecht om in real-time metingen van het watersysteem te bekijken (zie Figuur 24). Men kan hier informatie vinden over neerslag, waterpeilen, debieten, vulling van wachtbekkens, enz. Tweemaal per dag worden er met behulp van gedetailleerde modellen ook voorspellingen gemaakt voor de nabije toekomst. Indien van toepassing, worden hierbij ook overstromingskaarten aangemaakt.

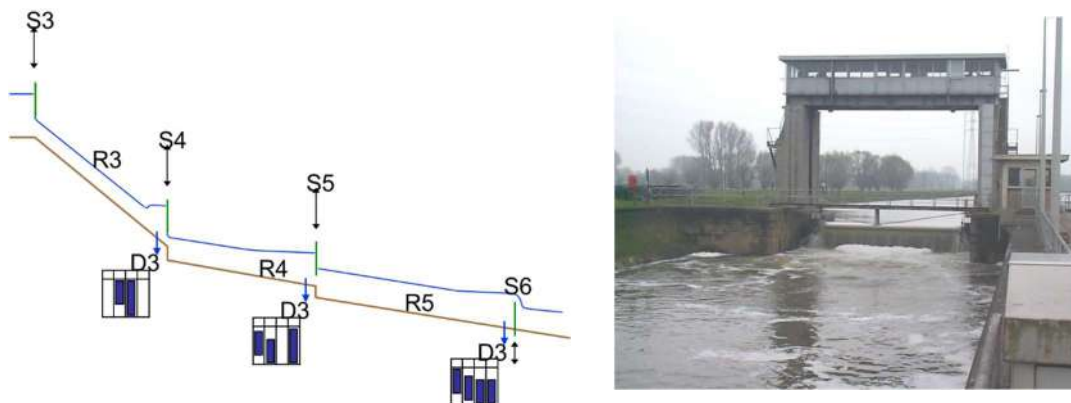


Figuur 24. Waterinfo.be: Vlaams voorspellingsysteem voor waterloopoverstromingen en droogte

Tot slot wordt verwezen naar het BE-Alert alarmeringssysteem, waarmee de overheid de bevolking kan verwittigen in noodsituaties zoals branden of overstromingen. Deze waarschuwingen, en die van de systemen hierboven, moeten de inwoners in staat stellen om zich tijdig voor te bereiden op mogelijke extreme situaties. Op die manier kan getracht worden de schade ervan zo veel mogelijk te beperken.

### Intelligente sturing van de reien

Aan de KU Leuven wordt reeds enkele jaren geëxperimenteerd met een intelligente sturing van waterlopen om de impact van rivieroverstromingen te beperken. Op basis van de huidige toestand van het systeem en korte-termijn voorspellingen van neerslag wordt via modelberekeningen een uitgebreide optimalisatie toegepast. Deze optimalisatie levert regelstrategieën op voor de verschillende waterbouwkundige constructies langsheen het rivierstelsel, zoals stuwen, sluizen en pompen. Dit stelt de waterbeheerder in staat om de waterbewegingen te controleren en het optimale moment voor het vullen en ledigen van wachtbekkens te bepalen. De regelstrategieën worden geoptimaliseerd met de intentie om de totale economische schade van overstromingen te beperken en waar mogelijk te vermijden. Testen op het Demerbekken in de provincies Vlaams-Brabant en Limburg tonen aan dat de techniek in staat is om de totale schadekost tot 30% te reduceren (Vermuyten et al., 2018). Op de Demer wordt dan nu ook dergelijke intelligente sturing toegepast.



Figuur 25. Intelligente sturing van waterlopen en kanalen via stuwen.

Het intelligent sturen van onze waterlopen kan niet alleen leiden tot een daling van de schade als gevolg van overstromingen maar kan mogelijks ook een oplossing bieden tegen droogte. Zo kunnen

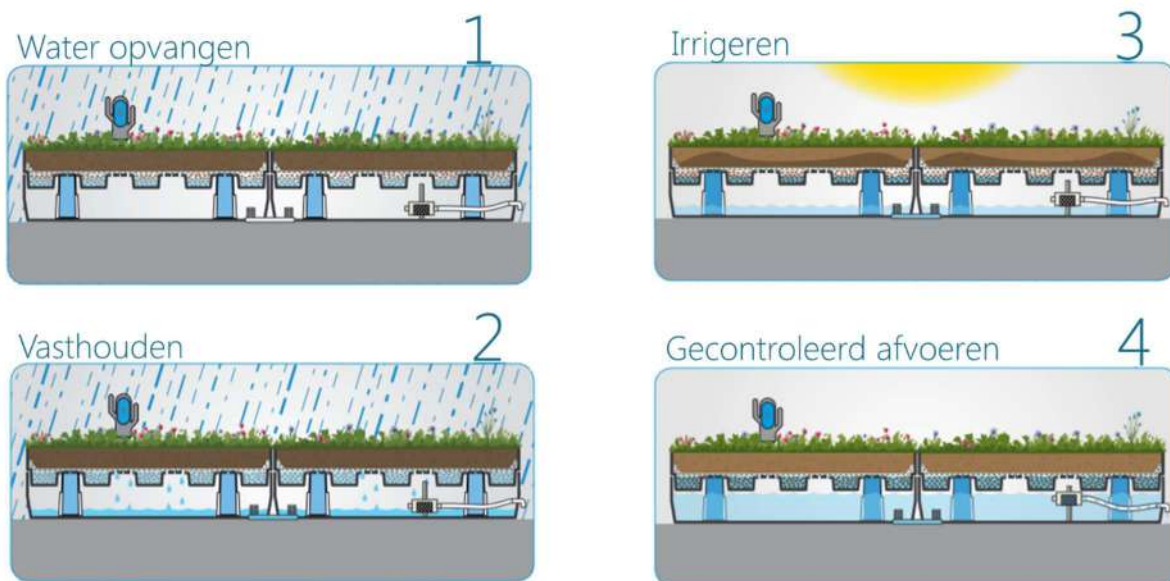
waterpeilen in de winter systematisch hoger gelegd worden zodat er meer water kan infiltreren in de bodem en de grondwaterreserves aangevuld worden. Een andere mogelijkheid is het gecombineerd gebruik van wachtbekkens als spaarbekkens. Momenteel zijn deze gebieden voornamelijk ingericht om grote hoeveelheden water te stockeren tijdens overstromingssituaties. Deze zouden tijdens de zomer eveneens gebruikt kunnen worden om water te stockeren en gecontroleerd te laten leegstromen, zodat de impacts van droogte enigszins beperkt kunnen blijven.

Intelligente sturing toepassen op de reien om wateroverlast te beperken lijkt - op basis van een eerste preliminaire analyse - niet opportuun omwille van verschillende redenen. Ten eerste hebben de reien voldoende capaciteit om zelfs extreme buien te kunnen verwerken. Het risico op wateroverlast is dan ook zeer beperkt. Daarnaast is de capaciteit voor snelle lediging/vulling van de reien beperkt door de nauwe verbindingen met de omliggende kanalen. Aangezien extreme neerslag slechts een beperkte tijd op voorhand (grootteorde één tot enkele uren) voldoende nauwkeurig ingeschat kan worden, is de tijd te kort om hierop te anticiperen.

Het kan wel nuttig zijn om intelligente sturing toe te passen met het oog op droogte en waterkwaliteit. In dat geval moet de ruimere context en omgeving bekeken worden, inclusief de omliggende waterlopen (met de Kerkebeek en het Kanaal Gent-Oostende als de twee belangrijkste). Intelligente sturing zou vervolgens kunnen trachten de waterbeschikbaarheid te optimaliseren, bovendien rekening houdend met de waterkwaliteit. Als bijvoorbeeld de waterkwaliteit in de reien lager is dan dat van het aangevoerd water (vanuit de Gentse Vaart of Binnenvest), zou een automatische sturing hierop kunnen anticiperen door water af te leiden naar de reien. Dit vergt echter nog veel onderzoek vooraleer zo een systeem gerealiseerd kan worden.

### **Intelligente sturing op bronelementen**

Naast grootschalige intelligente sturing van waterlopen, kan dit principe ook toegepast worden op bronmaatregelen, zoals buffer- en infiltratievoorzieningen, of groenblauwe daken. Groenblauwe daken zijn conventionele groendaken waaronder een waterbergingslaag aanwezig is. Verschillende producenten bieden dergelijke technieken aan. Figuur 26 toont schematisch de werking van het groenblauw dak. De waterbergingslaag onder het groendak kan water opvangen tijdens periodes van veel of hevige neerslag, en geeft deze vertraagd terug af aan de planten via een natuurlijk irrigatiesysteem (dat werkt op basis van capillariteit). Op die manier kunnen groendaken langere periodes van droogte overleven. Door dergelijk dak bijkomend uit te rusten met intelligente sturing, kan geanticipeerd worden op aankomende buien. Concreet wordt, in functie van de neerslagvoorspelling, het water onder het groendak geloosd in de riolering. Op die manier wordt bergingscapaciteit vrijgemaakt om de aankomende bui op te vangen. Daardoor komt er tijdens de bui zelf minder water terecht in de riolering, waardoor de kans op wateroverlast langs de riolering afneemt. KU Leuven heeft momenteel een testopstelling in Antwerpen waar deze slimme groene daken uitgebreid gemonitord en getest worden. Uit de eerste resultaten blijkt dat de waterbergingslaag van 50 liter/m<sup>2</sup> in staat is om de vegetatie erboven (een mix van sedum met enkele meer intensieve plantensoorten) gedurende een maand van water te voorzien. De planten ondervinden dus geen stress door watertekorten bij een maand van droogte en hitte. Vanzelfsprekend hangt de precieze duur af van de planten zelf en de intensiteit van droogte (voornamelijk de temperatuur).



Figuur 26. Werking van het intelligent groendak.

Ditzelfde principe kan toegepast worden op regenwaterputten en andere bronmaatregelen. Het intelligent maken van dergelijke bronmaatregelen volstaat niet om de binnenstad klimaatrobuust te maken, maar dit kan wel een nuttige bijdrage leveren op vlak van wateroverlast en -beschikbaarheid, hitte en droogte, maar ook voor biodiversiteit, beleving van de omgeving en het binnenklimaat van gebouwen.

### 2.6.2 Beoordeling

Tabel 5 vat samen waarop en in welke mate de hierboven beschreven adaptatiemaatregelen een invloed hebben. Net zoals in de voorgaande secties wordt hierbij een onderscheid gemaakt tussen de vier klimaateffecten: Overstromingen vanuit waterlopen, stedelijke wateroverlast, droogte en hitte. Voor elke combinatie van maatregel en effect wordt een score tussen 0 en 3 gegeven. Deze scores kunnen als volgt geïnterpreteerd worden: geen effect (0), klein of moeilijk in te schatten effect (1), aanzienlijk effect (2) en meest effectieve maatregel (3).

Tabel 5. Invloed van nieuwe technologieën op de vier beschouwde klimaateffecten. De gekleurde bolletjes tonen een inschatting van de impact van de maatregel op de verschillende klimaateffecten.

Maatregelen	Overstromingen	Wateroverlast	Droogte	Hitte
Monitoring	● ○ ○	● ○ ○	○ ○ ○	● ○ ○
Voorspellen van extremen	○ ○ ○	● ○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○
Intelligente sturing van de reien	○ ○ ○	○ ○ ○	● ○ ○	○ ○ ○
Intelligente sturing van bronmaatregelen	○ ○ ○	● ● ○	● ○ ○	● ● ○



## 3 Waterplan

### 3.1 Inleiding

Water maakt een belangrijk deel uit van de geschiedenis van Brugge. De reien en kanalen vormen nog steeds de structuur van de historische binnenstad. Maar ook voor het opvangen van de toekomstige klimaatverandering kunnen de reien en kanalen een belangrijke rol spelen. Daarom werd een afzonderlijk "waterplan" uitgewerkt als onderdeel van het ruimer klimaatadaptatieplan. Het waterplan wordt in dit hoofdstuk voorgesteld.

Het waterplan beschermt de waterlopen zelf, maar schakelt de reien en kanalen tegelijkertijd in om ook grote delen van de historische binnenstad klimaatrobuust te maken. De uitdaging daarbij ligt vooral in het uitwerken van een coherente en integrale langetermijnvisie, waarbij de reien en waterlopen niet als afzonderlijke elementen beschouwd worden, maar als een centrale as in een uitgebreid groenblauw netwerk doorheen de stad.

Voor de historische binnenstad zijn er, direct gerelateerd aan water, drie belangrijke aandachtspunten: stedelijke wateroverlast, verdroging en duurzaam watergebruik, en de waterkwaliteit van oppervlaktewaters. Het waterplan, als onderdeel van het klimaatadaptatieplan, focust dan ook specifiek op die aandachtspunten door deze te vertalen naar volgende kernvragen:

- **Hoe kunnen we wateroverlast vermijden door een integraal hemelwaterbeheer** met een doordachte afstemming van de reien, kanalen, riolering en inrichting van het publiek en privaat domein?
- **Hoe kunnen we individuele groenblauwe maatregelen ontwerpen en inpassen in die integrale visie?**
- **Hoe kunnen we de waterkwaliteit waarborgen van oppervlaktewaters**, en meer specifiek de reien?

Deze aspecten worden uitgewerkt elk in een aparte paragraaf (§3.2 - §3.4) uitgewerkt.

Hoewel deze kernvragen op het eerste zicht slechts een beperkte scope lijken te hebben, richten ze zich wel degelijk op een breed scala aan klimaatuitdagingen. Het waterplan streeft naar de uitbouw van een groenblauw netwerk doorheen de ganse binnenstad, met onderliggend een robuust en duurzaam stedelijk watersysteem. De uitwerking van zo'n netwerk vergt een doordachte aanpak waarbij alle elementen op elkaar afgestemd worden. Wateroverlast vormt daarbij een centrale uitdaging die alle afzonderlijke elementen met elkaar verbindt. Daarom krijgt wateroverlast ook een prominente plaats in het waterplan. Maar door de uitwerking van zo'n groenblauw netwerk, worden ook andere klimaatuitdagingen aangepakt: verdroging en duurzaam watergebruik, verbeteren en versterken van de biodiversiteit (leveren van zogenaamde "ecosysteemdiensten"), verminderen van hittestress, een verbeterde belevingswaarde van de omgeving, etc.



Figuur 27: Opbouw van het Waterplan rond 3 kernvragen.

## 3.2 Vermijden van wateroverlast door een integraal hemelwaterbeheer (oppervlaktewaters, riolering en individuele maatregelen)

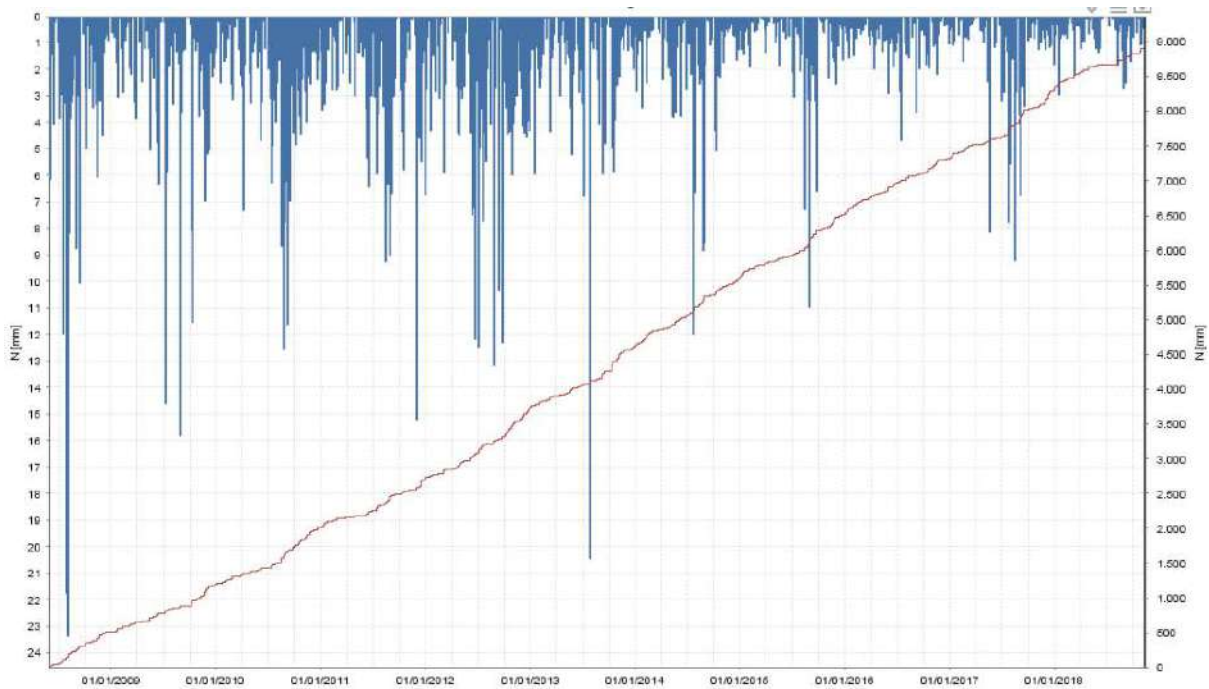
Deze paragraaf werkt een integrale visie uit op hemelwaterbeheer in de historische binnenstad, met als doel het vermijden van wateroverlast. Om tot een efficiënte strategie te komen, is het nodig om de verschillende mogelijke maatregelen tezamen te bekijken, en tegen elkaar af te wegen.

In paragraaf 3.2.1 wordt ingegaan op de historische en toekomstige (de verwachte) wateroverlast. Paragraaf 3.2.2 stelt de verschillende onderzochte scenario's voor, en paragraaf 3.2.3 bespreekt de resultaten daarvan.

### 3.2.1 Historische en toekomstige wateroverlast

Het risico op wateroverlast vormt een van de belangrijkste uitdagingen ten gevolge van klimaatverandering. Door klimaatverandering nemen de neerslagextremen immers sterk toe, waardoor de riolering het water niet meer kan slikken en leidt tot wateroverlast.

Nochtans lijken er op dit ogenblik weinig problemen te zijn met wateroverlast in de binnenstad: de laatste jaren waren er amper meldingen van wateroverlast door korte en hevige buien. De weinige meldingen hadden voornamelijk te maken met verstopte slikkers. Een analyse van de beschikbare neerslagmetingen van het pluviostation "Brugge\_OTT\_P" (gelegen aan Dampoort) leert dat er alleszins sinds 2008 geen extreme buien gevallen zijn boven de historische binnenstad. Figuur 28 toont alle beschikbare neerslagmetingen, en is afkomstig van Waterinfo.be. De meest extreme bui had een intensiteit van 23.4 mm/u en vond plaats op 31 juli 2008. De 2<sup>de</sup> meest extreme bui, met een intensiteit van 21.8 mm/u, vond toevallig slechts 3 dagen daarvoor plaats. Deze buien hebben een terugkeerperiode van 5 à 6 jaar, en zijn bijgevolg zeker niet extreem te noemen. Het rioleringssysteem werd vroeger ontworpen op een bui van 5 jaar (tegenwoordig 20 jaar), waardoor het ook niet verrassend is dat er geen grootschalige wateroverlast is opgetreden het laatste decennium.



Figuur 28: Neerslagmetingen centrum Brugge (bron: Waterinfo.be)

Simulaties met de beschikbare modellen tonen aan dat bij hevige buien wateroverlast zal ontstaan. Dat is ook logisch, aangezien geen enkel rioleringsstelsel buien met terugkeerperiode van meer dan 20 jaar kan verwerken. Het rapport "Risico- en kwetsbaarheidsanalyse voor de historische binnenstad van Brugge onder klimaatverandering" dat voorafgaand aan het klimaatadaptatieplan werd opgesteld, toont de mogelijke impact van klimaatverandering op wateroverlast. De resultaten maken duidelijk dat wateroverlast sterk kan toenemen ten gevolge van klimaatverandering. Voor meer gedetailleerde resultaten wordt de lezer naar dit rapport verwezen.

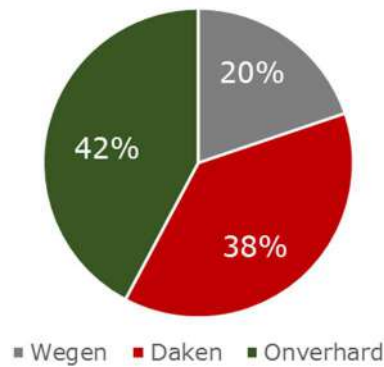
### 3.2.2 Ontharden en afkoppelen van verharding: strategie en scenario's

Wateroverlast wordt veroorzaakt door neerslagafstroming tijdens hevige, korte buien (vaak zeer intense zomeronweders). De historische binnenstad van Brugge telt veel verharde oppervlaktes. Die leiden het water snel naar de rioleringen, die het vervolgens niet meer kunnen verwerken, en wateroverlast ontstaat.

In het kader van het klimaatadaptatieplan, werd een analyse uitgevoerd van de verharding in de Brugse binnenstad. Deze analyse vertrok van het Hydronautmodel (rioleringsmodel), waarin alle oppervlaktes nauwkeurig in kaart werden gebracht. Uit de analyse blijkt dat circa 20% van de Brugse historische binnenstad uit verharde wegenis en pleinen bestaat, 38% uit daken en de overige 42% onverhard is. De oppervlakte van water (zoals de reien) werd niet opgenomen in de analyse. Deze analyse brengt aan het licht dat het klimaatrobuust maken van de Brugse binnenstad een significante inspanning zal vergen op het niveau van gebouwen. Enkel door acties in de publieke open ruimte én op perceelsniveau kan een veerkrachtiger Brugge ontstaan.



### Verharding centrum Brugge



Figuur 29. Verharding centrum Brugge.

Daarnaast werd de verharding ook op een alternatieve manier in kaart gebracht op basis van de waterdoorlatendheidskaart van de Vlaamse Overheid. **De resultaten van die analyse worden apart besproken in §5.3.** Daaruit blijkt dat er circa 199 hectare verharding is in de historische binnenstad (exclusief wegenis en pleinen), en sluit daarbij goed aan bij de cijfers van het Hydronautmodel. Uit de verhardingsanalyse blijkt verder dat de 20 percelen met de grootste verharde oppervlakte in totaal 24.8 hectare verharding omvatten (oftewel 12% van het totaal). De top 50 en 100 percelen beslaan respectievelijk 37.5 en 49.5 hectare (19% en 25%). Dit illustreert het belang van het prioritair focussen op de grote verharde oppervlaktes. Dit werd vertaald naar concrete acties in het Actieplan (zie Hoofdstuk 4).

Om de risico's op wateroverlast te verminderen, moet de afvoer van hemelwater aangepakt worden. De maatregelen beschreven in hoofdstuk 2 tonen opties hiervoor, zoals bijvoorbeeld het ontharden van oppervlaktes, of het bouwen van hemelwaterputten en diverse soorten infiltratievoorzieningen. Al die maatregelen zijn nuttig, maar in deze paragraaf wordt er concreter ingegaan op hoeveel "afkoppeling" nodig is om Brugge klimaatrobuust te maken. "Afkoppeling" verwijst hierbij naar alle maatregelen die ervoor zorgen dat de verharding niet langer aangesloten is op de bestaande gemengde riolering. Hiervoor worden enkele scenario's opgesteld op basis van zowel quick-wins als langetermijnstrategieën die nagestreefd kunnen worden. **Deze scenario's richten zich vooral op opportuniteiten aanwezig in de Brugse binnenstad. Belangrijk om op te merken is dat als er zich andere opportuniteiten voordoen dan opgenomen in dit waterplan, deze zeker ook aangewend moeten worden.** Het uitvoeren van maatregelen moet in de praktijk dus zeker niet beperkt blijven tot de hier voorgestelde strategieën, maar elke mogelijkheid moet aangegrepen worden om aan klimaatadaptatie te doen. Een voorbeeld hiervan is de mogelijkheid om (kostenefficiënt) een gescheiden stelsel aan te leggen bij wegeniswerken die sowieso uitgevoerd moeten worden. Groenblauwe oplossingen, zoals infiltratievoorzieningen bijvoorbeeld, moeten ook uitgebouwd worden overal waar mogelijk.

Het waterplan stelt volgende 8 afkoppelingsscenario's voor. Deze zijn ook samengevat in Figuur 30. Er wordt nog niet ingegaan op de praktische realisatie van deze scenario's. Dat komt aan bod in §3.3 en in de vooropgestelde acties van het klimaatadaptatieplan.

- **Scenario 1: Afkoppeling van wegenis naar de reien en kanalen**

Zoals beschreven in de concepten voor herinrichting van de open ruimte (zie Hoofdstuk 2), bieden de reien de unieke opportuniteit voor grootschalige afkoppeling van wegenis. Door de afwatering van straten rechtstreeks af te koppelen naar de reien (mits eventuele zuivering), worden de rioleringssystemen ontlast. Bovendien komt er meer (relatief zuiver) water toe in de reien, wat problemen rond watertekorten en te slechte waterkwaliteit in de zomer tegengaat. Dit scenario beschouwt enkel de afkoppeling van wegen die onmiddellijk langs de reien liggen.

- **Scenario 2: Afkoppeling van wegenis en daken (50%) naar de reien en kanalen**

Dit scenario bouwt verder op scenario 1, maar betreft daarbij ook de achterste dakhelft van de gebouwen die grenzen aan de reien en kanalen. Vaak kan mits beperkte inspanning een dakdeel afwateren naar de oppervlaktewaters. Veel gebouwen wateren reeds (deels) af naar de reien. Het klimaatadaptatieplan brengt dit via een actie beter in kaart (zie verder). Ook dit scenario kan verwezenlijkt worden zonder (of met een zeer beperkte) aanleg van gescheiden riolering. Eens een gescheiden stelsel gerealiseerd is, kan ook de voorste dakhelft afgekoppeld worden naar de reien.

- **Scenario 3: Doorgedreven afkoppeling van omliggende straten en gebouwen naar de reien en kanalen**

Dit scenario bouwt opnieuw verder op hetzelfde concept, maar doet dit op een veel ruimere schaal. In plaats van enkel de straten en gebouwen die direct aan de oppervlaktewaters liggen te selecteren, beschouwt dit scenario ook de wegenis en gebouwen die tot circa 150 meter (gemeten via het stratenpatroon) liggen van de oppervlaktewaters. De redenering hierbij is dat op die locaties gemakkelijker een gescheiden stelsel aangelegd kan worden dan op locaties die verder gelegen zijn van de reien. Immers, om een goed functionerend gescheiden stelsel te hebben, moet dit uiteindelijk kunnen afwateren in een oppervlaktewater. Hoe verder dit gelegen is van het open water, hoe langer het stelsel moet zijn, en dus hoe meer straten opgebroken moeten worden om een aaneengesloten stelsel te realiseren. Om dit scenario te realiseren moet ingezet worden op een gescheiden stelsel (voor de wegenis en het opvangen van de voorste dakhelften van gesloten bebouwingen), én de uitbouw van individuele maatregelen voor het afkoppelen van daken (voornamelijk achterste dakhelften).

- **Scenario 4: Afkoppeling van omliggende straten, pleinen en gebouwen naar parken en groen**

De historische binnenstad telt enkele grote publieke parken. Hemelwater uit de onmiddellijke omgeving kan ook, mits ingrepen, afwateren naar deze parken, in plaats van afgevoerd te worden naar de rioolwaterzuiveringsinstallatie. Dit scenario beschouwt daarom 3 parken (stadspark prof. dr. Sebrechts, het Koningin Astridpark, en de parken in de omgeving van het Guido Gezellemuseum). Indien er opportuniteiten zijn om ook af te wateren naar andere parken, bijvoorbeeld Hof De Jonghe of de Bleekweides, moeten die zeker ook benut worden.

- **Scenario 5: Saneren en afkoppelen van de overwelfde Annuntiatenrei en Kraanrei**

De historische binnenstad van Brugge telt verschillende overwelfde reien. Zoals besproken onder het concept "ruimte geven aan water" in Hoofdstuk 2, bieden ook de overwelfde reien een unieke opportuniteit voor afkoppeling. Door deze reien te saneren en opnieuw te scheiden van het gemengd rioleringsstelsel, kan ook hier de omliggende verharde oppervlakte afgekoppeld worden. Dit kan ofwel door de reien ondergronds in te richten (met bijvoorbeeld een buis-in-buis systeem), of door ze daadwerkelijk terug open te leggen waar mogelijk.

- **Scenario 6: Enkele opportuniteiten van grote sites**

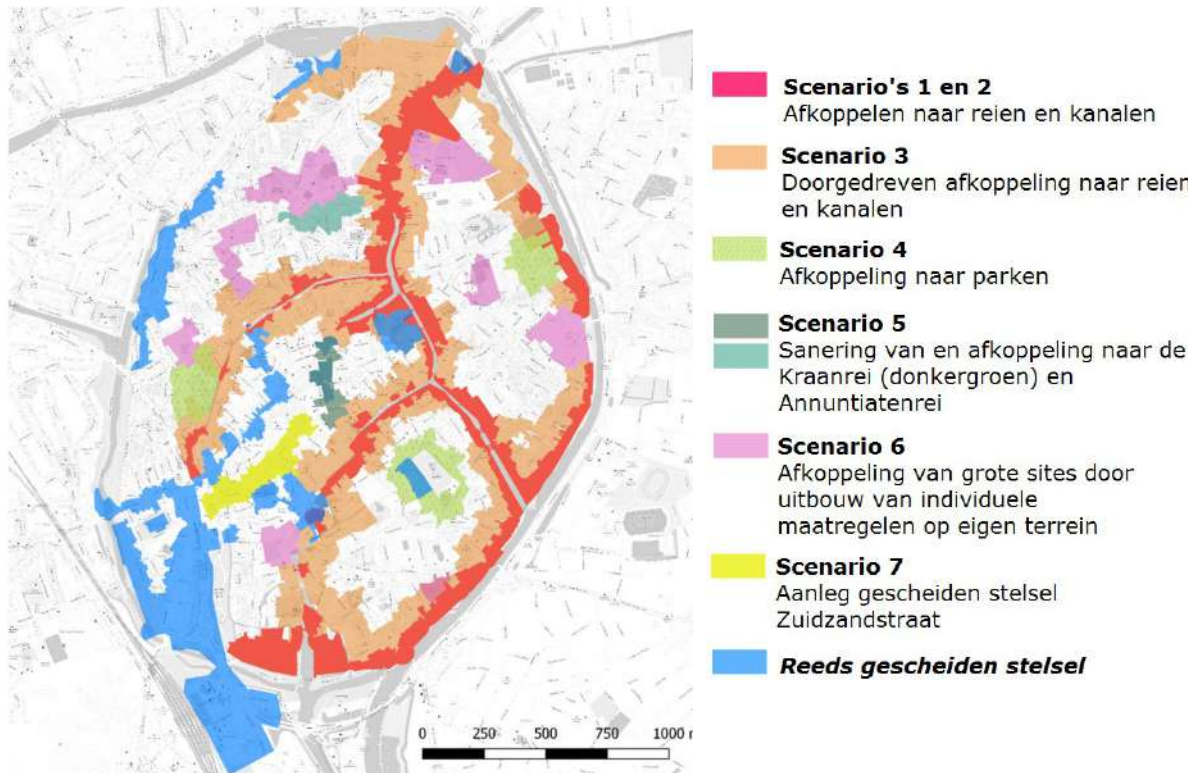
De historische binnenstad telt enkele zeer grote sites die nog quasi volledig afwateren naar de gemengde riolering. Deze sites hebben veel verharding, maar hebben ook nog groen waarnaar afgekoppeld kan worden. Dit scenario selecteert enkele van deze sites (o.a. scholen, het gerechtsgebouw en de site Oud-Sint-Jan; zie aanduiding op Figuur 30), waar mits zeer beperkte investeringen infiltratievoorzieningen uitgebouwd kunnen worden (zie Hoofdstuk 2 - concepten "klimaatbestendig bouwen en wonen"). De kaarten in §5.3 gaat dieper in op alle grote sites.

- **Scenario 7: Aanleg gescheiden stelsel Zuidzandstraat**

De Noordzandstraat werd recentelijk voorzien van een gescheiden stelsel. Gelijkaardig hieraan kan, op termijn, bij een herinrichting van de Zuidzandstraat ook hier een gescheiden stelsel aangelegd worden. Dit biedt de mogelijkheid om de grote verharde oppervlaktes van aangrenzende winkels af te koppelen, en vormt tegelijk een grotere as naar de overwelfde reien onder t' Zand (waar het zuiver hemelwater geloosd kan worden). Door deze grote assen te creëren, kunnen ook de gebieden daarrond op termijn gemakkelijker aangesloten worden op de

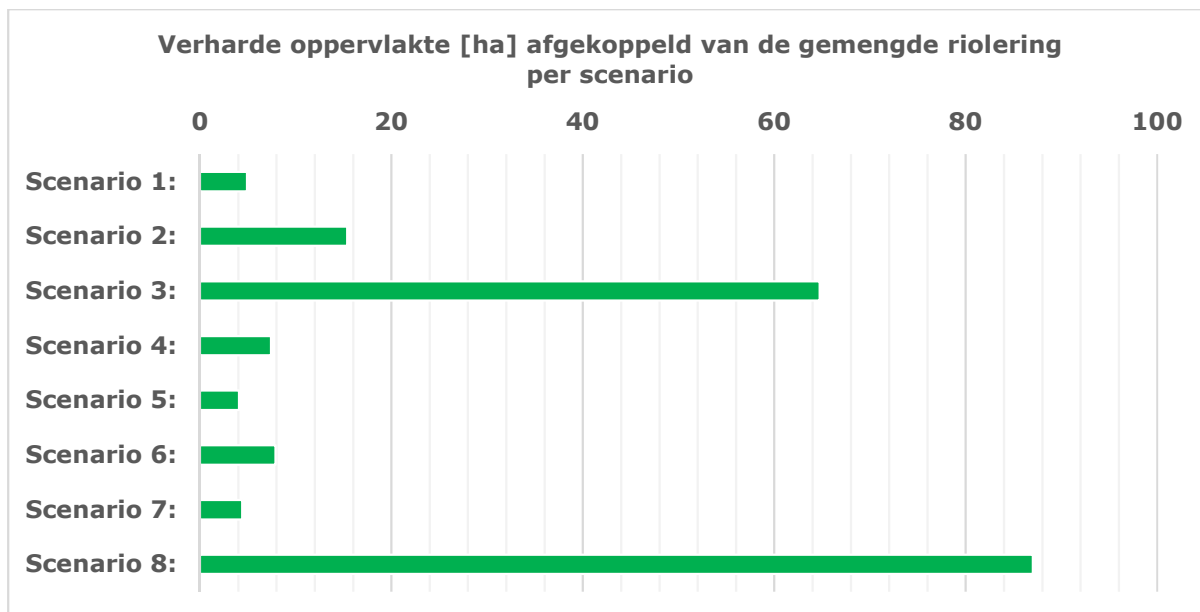
oppervlaktewaters. Belangrijk is hierbij wel dat deze assen voldoende groot gedimensioneerd worden (initiële overdimensionering), zodat nog meer oppervlaktes aangesloten kunnen worden op termijn.

- **Scenario 8: Combinatie van alle voorgaande scenario's**  
Dit scenario combineert alle voorgaande maatregelen.



Figuur 30: Beschouwde afkoppelingsscenario's.

Deze 8 scenario's leiden tot verschillende afgekoppelde oppervlaktes. Figuur 31 vat deze samen. In het totaal streeft het waterplan naar een afkoppeling van 87 hectare verharde oppervlakte. Belangrijk om te weten is dat dit ongeveer 34% van de huidige aangesloten verharding is, dus de bij **implementatie van deze scenario's dus ruwweg een derde minder dan vandaag afwatert naar de gemengde riolering**. Scenario 3 zorgt veruit voor de grootste vermindering van afwaterende oppervlakte. Deze maatregel is voornamelijk gebaseerd op de uitbouw van een gescheiden stelsel in de onmiddellijke omgeving van de Brugse reien, en de implementatie van individuele maatregelen op perceelsniveau.



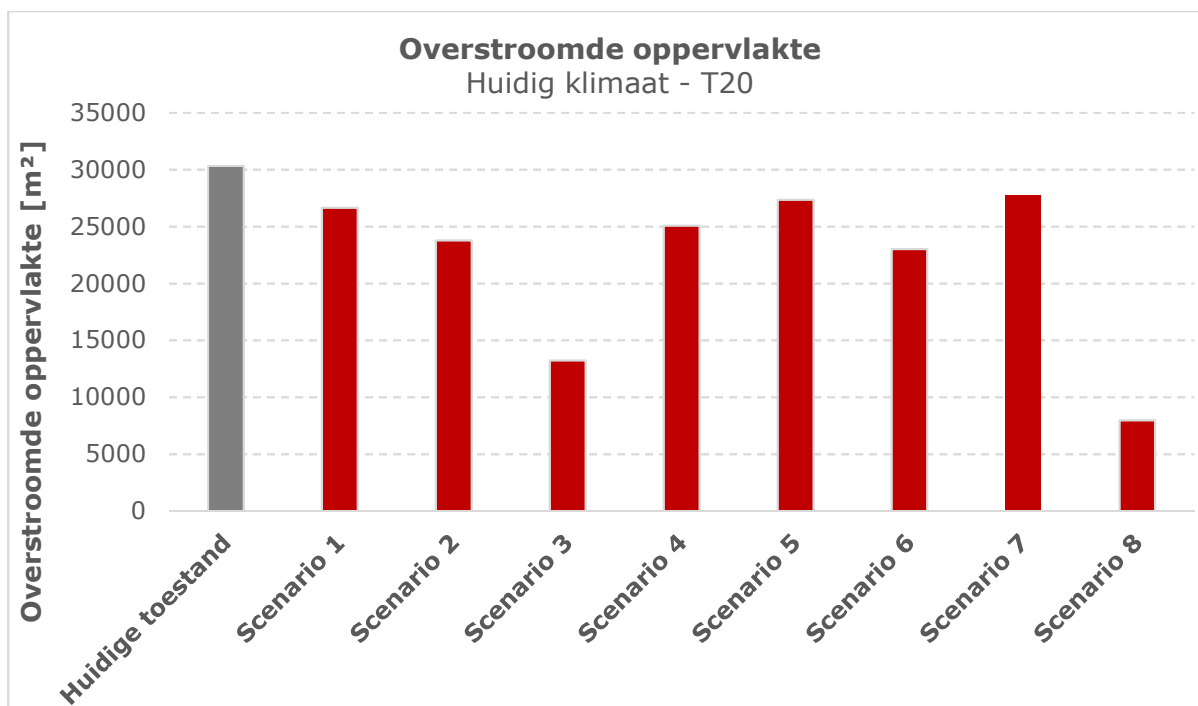
Figuur 31: Verharde oppervlaktes afgekoppeld van de gemengde riolering per scenario [hectare].

Deze scenario's bieden voordelen op vlak van wateroverlast, maar zorgen ook direct voor verminderde overstorten van het gemengd rioleringsstelsel (en zorgt dus rechtstreeks voor een betere waterkwaliteit in de reien en kanalen), vergroten de algemene waterbeschikbaarheid, gaan verdroging tegen door de uitbouw van infiltratievoorzieningen op perceelsniveau, en resulteren in een grotere biodiversiteit en afname van hittestress door meer groen. Zoals reeds eerder aangehaald, wordt in §5.3 een analyse uitgevoerd van de verharding van elk perceel. Op basis daarvan werden prioritaire acties afgebakend.

### 3.2.3 Impact op wateroverlast: simulatieresultaten

Bovenstaande scenario's werden allen geïmplementeerd in de aangemaakte modellen. Vervolgens werden extreme buien gesimuleerd die representatief zijn voor het huidige en het toekomstig klimaat.

Figuur 32 toont de gesimuleerde oppervlakte met meer dan 10 cm water op straat in het huidige klimaat. Zo blijkt in de huidige toestand circa 3 hectare, dus 30.000 m<sup>2</sup>, te overstromen. Door het uitbouwen van de verschillende scenario's daalt de wateroverlast. Zoals te verwachten die is die afname het sterkste voor scenario 3, aangezien dat scenario ook in de meeste afkoppeling voorziet. Wanneer alle maatregelen gecombineerd worden, is de overstromde oppervlakte gereduceerd tot circa 8.000 m<sup>2</sup>. Dit betekent dus dat, voor een afkoppeling van verharde oppervlaktes van 34% van de riolering, de overstrooming bij een gebeurtenis met terugkeerperiode van 20 jaar met 75% gereduceerd kan worden ten opzichte van vandaag.

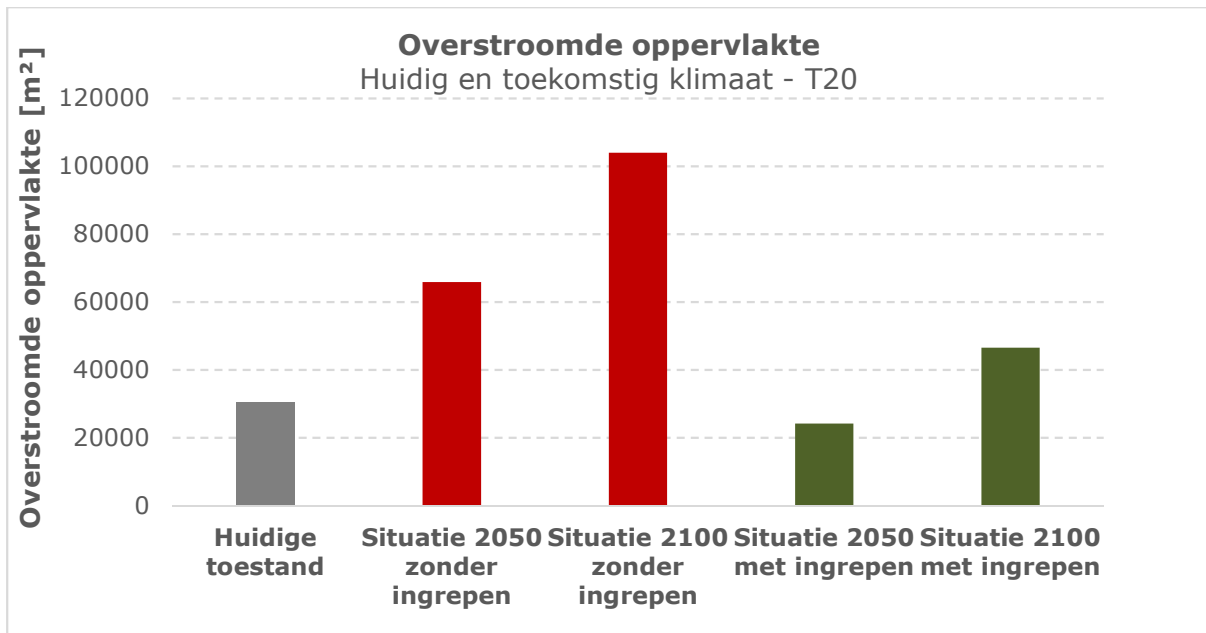


Figuur 32: Gesimuleerde overstroomde oppervlakte (>10 cm water) voor het huidig klimaat

Voor het toekomstig klimaat werden buien gesimuleerd volgens de klimaatscenario's die de bovengrens vormen van de te verwachten klimaatverandering. De werkelijke klimaatverandering zal zich dus met grote waarschijnlijkheid tussen de gesimuleerde overstromingen van het huidig en het toekomstig klimaat bevinden. Dit zijn dezelfde scenario's als gebruikt voor het analyseren van de impact van klimaatverandering: zie rapport "Risico- en kwetsbaarheidsanalyse voor de historische binnenstad van Brugge onder klimaatverandering".

Figuur 33 toont de gesimuleerde oppervlaktes met meer dan 10 cm water op straat voor het toekomstig klimaat. In de huidige toestand en klimaat overstroomt, volgens de simulaties, circa 30.000 m<sup>2</sup> wanneer een extreme bui met terugkeerperiode 20 jaar over de Brugse binnenstad trekt. Wanneer er niet ingegrepen wordt, kan dat mogelijks stijgen tot 66.000 m<sup>2</sup> in 2050 en zelfs 104.000 m<sup>2</sup> in het jaar 2100. Deze waarden zijn conform het "hoge impact" klimaatscenario. Wanneer de strategieën van het waterplan uitgevoerd worden (dus nog exclusief ingrepen op kleinschalige percelen zoals de bouw van hemelwaterputten en infiltratievoorzieningen), zien we dat de gesimuleerde overstroomde oppervlakte slechts 24.000 m<sup>2</sup> is in het jaar 2050. Dit is minder dan de huidige toestand, zelfs wanneer klimaatverandering ingerekend wordt. De overstroomde oppervlakte in het jaar 2100 kan circa 46.500 m<sup>2</sup> bedragen, en is daarmee nog steeds hoger dan de huidige toestand.

Naast deze globale cijfers zijn ook gedetailleerde overstromingskaarten beschikbaar voor elk scenario. Merk op dat de gerapporteerde overstroomde oppervlaktes van de huidige toestand verschillen van de cijfers in de bijhorende risico- en kwetsbaarheidsanalyse. Dit komt louter door beoordeling van wat overstroomd is en wat niet. De risico- en kwetsbaarheidsanalyse rapporteert alle gebieden met minstens 5 cm water op straat, terwijl de impactanalyse focust op de gebieden met minstens 10 cm water op straat. De impactanalyse richt zich op grotere waterhoogtes, omdat die (meer) schade veroorzaken. Het is dus vooral van belang om die overstromingen te beperken. Het overstromingsmodel en simulaties zijn echter identiek.



Figuur 33: Gesimuleerde overstroomde oppervlakte (>10 cm water) voor het huidig klimaat

**Hieruit blijkt dat het mogelijk is om met dit plan de historische binnenstad op vlak van wateroverlast "climate proof" te maken tegen 2050.** Wanneer alle maatregelen uitgevoerd worden (dus scenario 8), daalt de gesimuleerde overstroomde oppervlakte in 2050 in vergelijking met vandaag.

Uiteraard zal de werkelijke uitrol van het waterplan verschillen van de hier voorgestelde scenario's. Het uitvoeren is immers afhankelijk van beschikbare budgetten, gewenste klemtonen van beleidsmakers en de mogelijkheid om maatregelen uit te voeren met andere geplande werken. Maar belangrijk is dat de 34% afkoppeling van verharding hierbij als streefdoel behouden kan blijven. Immers, met één derde afkoppeling van verharde oppervlakte van de riolering kan de historische binnenstad van Brugge voorbereid worden op wateroverlast t.g.v. klimaatverandering. Deze afkoppeling kan ook op andere manieren gerealiseerd worden, door bijvoorbeeld massaal in te zetten op kleinschalige decentrale bronmaatregelen bij particulieren.

**De beste aanpak is inzetten op verschillende fronten:** het uitvoeren van deze integrale visie op basis van bovenstaande scenario's, én klimaatadaptatie promoten bij burgers, én zich specifiek richten tot de grote verharde oppervlaktes om te ontharden (via sensibilisering, wetgeving, eventueel subsidies) én elke opportuniteit aangrijpen om aan klimaatadaptatie te doen. Dit komt ook tot uiting in de **actiepunten** (Hoofdstuk 4).

### 3.3 Individuele groenblauwe maatregelen ontwerpen

Klimaatverandering brengt naast extreme neerslag ook langere periodes van droogte en hitte. De toenemende verharding in steden versterkt deze effecten nog meer. Groenblauwe oplossingen, of bronmaatregelen in het algemeen, zijn een van de sleutels voor een klimaatrobuuste stad. Hoofdstuk 2 geeft reeds een overzicht van mogelijke maatregelen. Het is belangrijk om overal waar mogelijk deze groenblauwe maatregelen te implementeren. Gelet op de lange levensduur van projecten in het openbaar domein en de over het algemeen trage verandering van patrimonium, vergen stedelijke transformaties tijd. Daarom moet nu reeds elke opportuniteit aangegrepen worden om klimaatadaptatiemaatregelen te voorzien.

Groenblauwe inrichting is een vorm van "bronmaatregelen". Dit zijn maatregelen die water zo lang mogelijk aan de "bron" vasthouden, in plaats van dit bijvoorbeeld af te voeren. In dit geval is de

“bron” de verharding waarop het hemelwater valt. Deze tekst gaat kort in op de algemene principes van bronmaatregelen, aangezien groenblauwe inrichting daar zeer dicht aan gelinkt is. Bij het ontwerp van bronmaatregelen moet, naar analogie met de afvalsector, de Ladder van Lansink gevolgd worden.



Figuur 34: Ladder van Lansink, toegepast op bronmaatregelen (CIW, 2017).

De ladder van Lansink stelt volgende prioriteiten voorop:

- In de eerste plaats moet men **afstroming vermijden door te ontharden**, of bij nieuwe projecten minder verharding te voorzien. Belangrijk in deze context is de doordachte plaatsing van waterdoorlatende verharding. Dergelijke verharding zal inderdaad al water kunnen laten infiltreren van de meeste buien, maar bij de meest extreme buien watert dergelijke oppervlakte vaak wel nog af naar de riolering (of andere bronmaatregelen). Dit vergt een zeer doordachte helling van het lokale terrein. Paragraaf 5.3 stelt een analyse van de verharding voor in de historische binnenstad. Deze analyse vormt de basis voor actiepunten om te ontharden waar mogelijk, en verharde oppervlaktes af te koppelen van de riolering.
- Na het vermijden van afstroom, moet als 2<sup>de</sup> prioriteit ingezet worden op **hergebruik** van regenwater. Het ontwerpen van hemelwaterputten wordt in paragraaf §3.3.1 hieronder toegelicht. Het is immers cruciaal om de grootte van de hemelwaterput af te stemmen op de afwaterende oppervlakte en het gewenste hergebruik. Dit wordt toegepast op een concreet voorbeeld.
- De 3<sup>de</sup> prioriteit is het uitbouwen van **infiltratievoorzieningen**. Dit wordt verder toegelicht in paragraaf §3.3.2 hieronder aan de hand van een concreet voorbeeld.
- Enkel indien infiltratie niet mogelijk is, moet ingezet worden op **bufferen en vertraagd afvoeren**. Het historisch centrum van Brugge vergt door het erfgoed en de aanwezigheid van de reien en kanalen mogelijks een aangepaste aanpak. In veel gevallen kan verharding relatief eenvoudig aangesloten worden op de reien en kanalen. Aangezien deze reeds een zeer grote capaciteit hebben en het overstromingsrisico klein is, is een vertraagde lozing naar de reien wellicht niet nodig. In zo'n specifieke gevallen, waarbij rechtstreeks aangesloten kan worden op de reien of kanalen, is de uitbouw van buffers dus veelal niet nodig en wenselijk.
- Pas als laatste middel (dus, in volgorde van dalende prioriteit, na het maximaal voorzien van doorlatende verharding en ontharding van bestaande infrastructuur, het maximaal inzetten op hergebruik, infiltratie, het uitbouwen van buffers met vertraagde afvoer of afkoppelen naar de reien), mag **aangesloten worden op de riolering**. Idealiter wordt gewerkt met een gescheiden stelsel, waarbij de RWA-streng kan uitgeven op de reien of kanalen (liefst na filtering om eventuele vervuiling op te vangen).

### 3.3.1 Opvangen en gebruiken van hemelwater

#### 3.3.1.1 Principes

Vlaanderen heeft een van de laagste waterbeschikbaarheden van Europa. Volgens internationale normen is Vlaanderen zelfs een regio met een "ernstig watertekort" (Mira-T, 2008). In Europa kampen enkel Tsjechië en Italië met nog grotere risico's op een watertekort. Klimaatverandering brengt langere en meer intense droogtes, waardoor het risico op watertekorten zelfs nog toeneemt. Iedereen kan zich (deels) wapenen tegen dit watertekortrisico door het **hemelwater van eigen of naburige verharding op te vangen en te hergebruiken**. Niet alleen zorgt dit voor een meer duurzaam gebruik van water (drinkwater wordt immers bespaard), tegelijk creëren we buffers om extreme neerslag (weliswaar beperkt) op te vangen. Indien dit water bovendien in open bekkens verzameld wordt, wordt hittestress tegengegaan door bijkomende verdamping en kan dit zorgen voor een toename van de biodiversiteit, vooral wanneer hierbij aanplanting voorzien wordt. Afhankelijk van de precieze configuratie kunnen bijgevolg verschillende klimaateffecten en -impacten aangepakt worden.

Dergelijke constructies kunnen uitgerold worden op verschillende niveaus:

- Kleinschalige buffers bij burgers en lokale handel (bijvoorbeeld regenwaterputten van 3.000 tot 10.000 liter);
- Gebouwen van de stad voorzien van (grotere) buffers voor hergebruik;
- Grote (publieke) verhardingen afkoppelen naar hemelwatertanks voor hergebruik door een of meerdere lokale verbruikers (zoals bijvoorbeeld een school, hotel, maar evengoed een collectief van woningen). Dit zou veel burgers en partijen toegang geven tot hemelwater die dit momenteel niet kunnen voorzien. Door het unieke patrimonium en erfgoed in de Brugse binnenstad is de bouw van hemelwaterbuffers immers niet overal mogelijk. Veel burgers hebben dan ook geen toegang tot hemelwater, en zijn enkel aangewezen op drinkwater.

Een mooi voorbeeld van dit laatste is de samenwerking tussen de dienst Ruimtelijke Ordening (DRO) van Brugge en de school Jozefienen (langs de Speelmansrei). De school heeft niet de mogelijkheid om op het eigen terrein een hemelwaterput te voorzien. Stad Brugge heeft daarop een erfdienstbaarheid gegeven om op een naburig terrein een hemelwaterput van 10.000 liter te plaatsen en de verschillende (bestaande) verharding en watersystemen met elkaar te verbinden. Zo kan een groot deel van de verharding (weliswaar deels) afgekoppeld worden van de riolering in de Artoisstraat, en wordt het opgevangen hemelwater duurzaam gebruikt.

Om partijen te overtuigen om zo'n hemelwatertanks te installeren is een onderbouwde kosten-batenanalyse nodig. Vanzelfsprekend hangt deze analyse nauw samen met de (correcte) dimensionering van het systeem. De volgende paragraaf beschrijft daarom de te volgen aanpak bij het ontwerpen van dergelijke systemen.

#### 3.3.1.2 Ontwerp

Het dimensioneren van hemelwatervoorzieningen gebeurt best aan de hand van langetermijnreeksen die representatief zijn voor het huidige klimaat. Door langetermijnreeksen te simuleren kan een zeer gedetailleerde analyse gemaakt worden van de hoeveelheid beschikbaar water (die uiteraard sterk afhangt van de neerslagvariabiliteit en de capaciteit van de hemelwaterput) en de vraag naar water (die eveneens sterk tijdsafhankelijk kan zijn). Een handberekening op basis van maandgemiddelde neerslag en vraag naar hemelwater wordt sterk afgeraden, aangezien die geen rekening kan houden met de variabiliteit van neerslag en de vraag. Dit kan leiden tot een grote overschatting van de hoeveelheid potentieel hergebruik.

Om dit praktisch te realiseren, ontwikkelde Sumaqua de software "Sirio". Dit is een software tool die specifiek als doel heeft om "bronmaatregelen", zoals hemelwatertanks met hergebruik, te



ontwerpen. Deze tool werd in 2017 gelanceerd, en wordt ondertussen door 60 organisaties in Vlaanderen gebruikt.



Figuur 35: Sirio tool voor het ontwerpen van installaties voor het opvangen en hergebruiken van hemelwater aan de hand van langetermijnsimulaties en statistische analyses.

Het ontwerp van een hemelwaterput met hergebruik voor een gekozen site vereist volgende stappen:

1. In kaart brengen van de verharde oppervlaktes die aangesloten kunnen worden op de hemelwaterput.
2. Een inschatting maken van het gevraagd hergebruik. Indien een grote variabiliteit in de vraag verwacht wordt (zoals bijvoorbeeld voor een school, waar er geen hergebruik verwacht wordt in het weekend en in de zomermaanden), wordt die best apart genoteerd.
3. Simulaties in Sirio van verschillende configuraties.
4. Berekenen van de return on investment (ROI): inschatten van de kosten en besparingen.

Ter illustratie wordt hieronder een voorbeeldontwerp uitgewerkt.

### 3.3.1.3 Voorbeeld

Als voorbeeld wordt het Koninklijk Atheneum Brugge-centrum gekozen om een hemelwaterput te ontwerpen (KA1 Brugge, Sint-Clarastraat 46, 8000 Brugge). De auteurs van de studie hebben geen weet van specifieke interesse vanuit deze school voor het installeren van een hergebruikssysteem, en hebben deze locatie dan ook louter gekozen als voorbeeld. Scholen beschikken typisch over veel verharde oppervlakte, voldoende ruimte voor het installeren van een hemelwaterput en hebben veel vraag naar hemelwater (bijvoorbeeld voor het spoelen van de toiletten). Scholen vormen dan ook een interessante groep om deze maatregel te promoten. Het doel van dit voorbeeld is het illustreren van de verschillende stappen die nodig zijn om een effectieve hemelwaterput te ontwerpen.

#### **Stap 1: Inschatten van de afwaterende dakoppervlakte.**

Deze eerste analyse beschouwt 3 opties zijn voor het aansluiten van dakoppervlakte op een (centrale) hemelwaterput:

- De volledige dakoppervlakte (circa 4.600 m<sup>2</sup>)
- Enkel de voorste dakhelften (circa 565 m<sup>2</sup>; zie blauwe aanduiding op Figuur 36)
- De dakdelen rond de speelplaats (circa 1.944 m<sup>2</sup>)

De dakoppervlaktes kunnen snel ingeschat worden op basis van een GIS-programma.

Enkel de 3<sup>de</sup> optie, waarbij enkel de dakdelen rond de speelplaats naar een centrale hemelwaterput worden geleid, wordt verder uitgewerkt. Het aansluiten van de volledige dakoppervlakte zou grote investeringen vragen, terwijl enkel de voorste dakhelften te klein zijn om voldoende hemelwater op te vangen voor het gevraagd volume (deze berekening werd ook uitgevoerd, maar niet opgenomen in deze tekst).



Ganse oppervlakte (4600 m<sup>2</sup>)

Voorste dakdelen (565 m<sup>2</sup>)

Dakdelen rond speelplaats (1944 m<sup>2</sup>)

Figuur 36: Aanduiding van de dakdelen die aangesloten worden op een hemelwaterput in de analyse.

### Stap 2: Inschatten van het gewenst hergebruik.

Er zijn geen concrete cijfers beschikbaar van het gewenst hergebruik. Daarom werd een arbitraire inschatting gemaakt:

- maandag - vrijdag (behalve woensdag): 2.500 liter/dag
- woensdag: 500 liter/dag
- weekend en zomervakantie: 0 liter/dag

Het is belangrijk om dergelijke variaties mee op te nemen in de verdere analyse.

### Stap 3: Simulaties in Sirio

Vervolgens kunnen hydraulische simulaties uitgevoerd worden in Sirio. Hierbij worden verschillende groottes van hemelwaterputten getest: 10 m<sup>3</sup> (10.000 liter), 15 m<sup>3</sup>, 20 m<sup>3</sup>, 25 m<sup>3</sup> en 30 m<sup>3</sup>. Voor elk van deze configuraties wordt berekend hoeveel water geleverd kan worden volgens het gewenst hergebruik, en hoeveel de leegstand zal zijn (en de verdeling van de leegstand over de maanden van het jaar). Dit vormt vervolgens de basis voor een kosten-baten analyse (stap 4). We gaan niet in op de details van deze simulaties. Daarvoor wordt verwezen naar de ingebouwde instructievideo's, of de handleiding.



Figuur 37: De 5 opties gemodelleerd in Sirio.

Een simulatie met Sirio levert de massabalans in Tabel 1. De massabalans toont de volumes in een gemiddeld jaar. De neerslagafstroming, dit is het volume regenwater dat in de put terecht komt, is

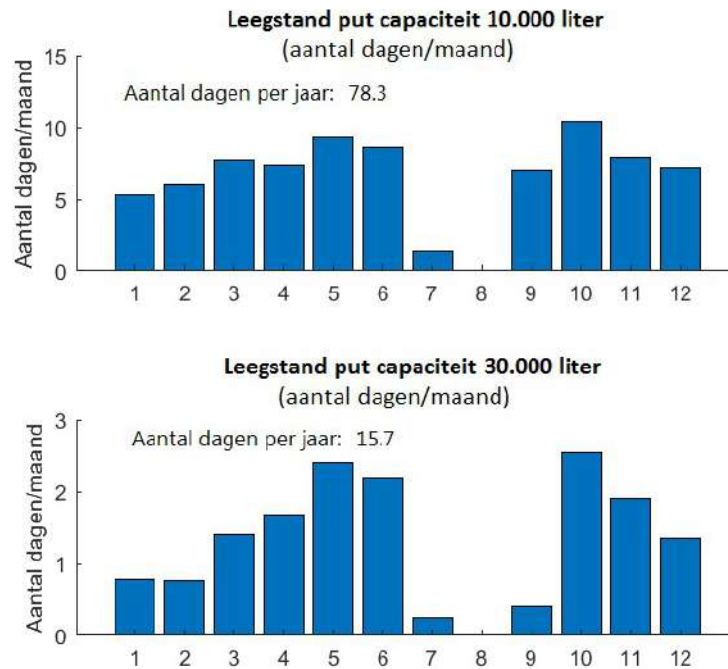
uiteraard hetzelfde voor elke configuratie. In een gemiddeld jaar komt er zo'n 1146 m<sup>3</sup> regenwater in de hemelwaterput terecht. Het gewenste hergebruik is eveneens hetzelfde voor elke configuratie, en werd in stap 2 bepaald (§0). Hoeveel er echter effectief hergebruikt kan worden, verschilt wel per configuratie: hoe groter de regenwaterput, hoe meer er hergebruikt kan worden. Met een put van 10.000 liter (V=10m<sup>3</sup>) kan er in een gemiddeld jaar 343 m<sup>3</sup> water hergebruikt worden volgens het gevraagd hergebruik (dus rekening houdend met de dagelijkse en maandelijks variatie in vraag). Dit komt overeen met zo'n 75% van het gewenste hergebruik. Met de grootste put met inhoud 30.000 liter zou zo'n 433 m<sup>3</sup> per jaar hergebruikt kunnen worden. Zo'n put kan 95% van de vraag naar hemelwater afdekken. De tabel geeft tot slot ook de hoeveelheid hemelwater die overstort (naar de riolering, of een infiltratievoorziening). Op het moment van overstort is de hemelwaterput volledig gevuld.

Tabel 1: Samenvattende massabalans voor de 5 geanalyseerde volumes van de hemelwaterput

	V=10 m <sup>3</sup>	V=15 m <sup>3</sup>	V=20 m <sup>3</sup>	V=25 m <sup>3</sup>	V=30 m <sup>3</sup>
<b>Neerslagafstroming [m<sup>3</sup>/jaar]</b>	1146	1146	1146	1146	1146
<b>Gewenst hergebruik [m<sup>3</sup>/jaar]</b>	455	455	455	455	455
<b>Effectief hergebruik [m<sup>3</sup>/jaar]</b>	343 (75%)	381 (84%)	406 (89%)	422 (93%)	433 (95%)
<b>Overstort [m<sup>3</sup>/jaar]</b>	803	765	740	724	713

Uit deze cijfers valt op dat het verschil in potentieel hergebruik tussen een put van 20 m<sup>3</sup> en 30 m<sup>3</sup> relatief gering is: in een gemiddeld jaar kan er slechts zo'n 27 m<sup>3</sup> extra verbruikt worden. Met de kleinste put (van 10 m<sup>3</sup>) kan, ondanks de relatief grote vraag naar hemelwater, toch zo'n 75% van de volledige vraag afgedekt worden. Welke put uiteindelijk best geplaatst wordt, is afhankelijk van de installatiekosten en de wensen van de opdrachtgever (bijvoorbeeld voor het behalen van gestelde eisen op vlak van duurzaamheid).

Sirio geeft nog meer resultaten, zoals bijvoorbeeld de te verwachten leegstand van de hemelwaterput doorheen het jaar. Dit wordt getoond in Figuur 38. De put met capaciteit 10.000 liter staat gemiddeld zo'n 78.3 dagen leeg per jaar. Dit betekent dat er tijdens 78.3 dagen water bijgevoerd moet worden vanuit het stadsnet. In de maanden juli en augustus daalt de leegstand logischerwijs: er is dan geen hergebruik ingesteld. De put van 30.000 liter heeft slechts zo'n 15.7 dagen per jaar leegstand. Hierbij valt op dat er in september significant minder leegstand is. Dit is logisch, aangezien de put in de maanden juli en augustus kan bijvullen.



Figuur 38: Te verwachten gemiddeld aantal dagen leegstand per maand voor een put met capaciteit 10.000 liter (boven) en capaciteit 30.000 liter (onder).

**Deze cijfers zijn niet te veralgemenen naar andere situaties of sites.** Elke situatie moet apart geanalyseerd worden. De combinatie gevraagd hergebruik - toevoerende oppervlakte - capaciteit - randvoorwaarden vergt een aanpak op maat. Elke situatie moet bijgevolg gesimuleerd worden in een programma, zoals bijvoorbeeld Sirio. Daarom dat een tool zoals Sirio wordt voorgesteld in dit plan.

Merk op dat dergelijke hemelwaterput nog altijd veel overstort: zo'n 60 tot 70% van het regenwater van de aangesloten verharde oppervlaktes wordt in de beschouwde opstelling niet hergebruikt en wordt dus afgevoerd naar afwaarts. **Daarom is het van belang afwaarts ook maatregelen te voorzien om de overstort van de hemelwaterput op te vangen.** Dit kan bijvoorbeeld door het voorzien van infiltratievoorzieningen, wadi's of een aansluiting op de reien (zie ook §3.3.2 - Groenblauwe inrichting van open ruimte).

We raden aan om klimaatverandering voor het ontwerpen van de grootte van een hemelwaterput (nog) niet op te nemen in de kosten-batenanalyse (zie ook volgend element). Door de onzekerheden rond klimaatverandering zou dit kunnen leiden tot verwarring bij geïnteresseerde partijen. Bovendien streeft dergelijke hemelwaterput niet in hoofdzaak naar het "beveiligen" van een systeem, waardoor de risico's bij een te kleine dimensionering eerder een beperkte financiële impact of risico's met zich meebrengen.

#### Stap 4: Kosten-baten analyse

Tot slot moet een kosten-batenanalyse uitgevoerd worden om de optimale grootte van de hemelwaterput te bepalen. Idealiter gebeurt er een volledige analyse van alle mogelijke baten, waarbij bijvoorbeeld ook de maatschappelijke voordelen op vlak van duurzaam watergebruik, eventueel hittestress en biodiversiteit worden beschouwd. Bovendien houdt een volledige kosten-batenanalyse rekening met de inflatie, afschrijvingen en andere monetaire factoren. In de praktijk is dergelijke analyse echter vaak niet mogelijk voor elk project. Voor dit eenvoudig voorbeeld wordt dan ook een beperkte kosten-batenanalyse uitgevoerd om snel het potentieel duidelijk te maken van een hemelwaterput.

Tabel 2 toont een eenvoudige kosten-batenanalyse voor elke configuratie. We veronderstellen dat het hergebruikt hemelwater stadswater vervangt, en veronderstellen een prijs van €5/m<sup>3</sup> stadswater (inclusief taksen voor lozing). De jaarlijkse besparing op de waterfactuur loopt dan ook op van €1714 in een gemiddeld jaar voor een put met capaciteit 10 m<sup>3</sup>, tot €2163 voor een put van capaciteit 30 m<sup>3</sup>. De veronderstelde installatiekosten omvatten een vast deel (€3.000) voor het aanpassen van het leidingwerk om hergebruik mogelijk te maken (bijvoorbeeld de aansluiting naar de toiletten) en een kleine pompinstallatie, en een variabel deel dat afhankelijk is van de grootte van de put. Merk op dat hierbij bedragen verondersteld werden. De terugverdientijd van dergelijke investering ligt bijzonder laag: van 3.2 jaar voor de kleinste put, tot 4.4 jaar voor de grootste.

Wat uiteindelijk de ideale grootte is van de hemelput, is afhankelijk van het budget van de opdrachtgever, de gewenste return on investment en duurzaamheidsdoelstellingen. In ieder geval kan dergelijke eenvoudige berekening wel reeds helpen om geïnteresseerde partijen te overtuigen voor het plaatsen van een hemelwaterput met hergebruik. Sirio laat toe om het potentieel hergebruik precies te kwantificeren, en hieraan een kosten-baten analyse te koppelen.

Tabel 2: Beperkte kosten-batenanalyse

	V=10 m <sup>3</sup>	V=15 m <sup>3</sup>	V=20 m <sup>3</sup>	V=25 m <sup>3</sup>	V=30 m <sup>3</sup>
<b>Effectief hergebruik [m<sup>3</sup>/jaar]</b>	343 (75%)	381 (84%)	406 (89%)	422 (93%)	433 (95%)
<b>Besparing waterfactuur [€/jaar]</b>	€1714	€1906	€2031	€2111	€2163
<b>Investering installatie [€]</b>	€5000	€5500	€6000	€7000	€8000
<b>Onderhoud [€/jaar]</b>	150	200	250	300	350
<b>Terugverdientijd [jaar]</b>	3.2	3.2	3.4	3.9	4.4

### 3.3.2 Groenblauwe inrichting van open ruimte

Een doordachte groenblauwe inrichting van de open ruimte is cruciaal voor het klimaatrobuust maken van een stad. Groenblauwe inrichting verwijst onder andere naar het uitbouwen van infiltratievoorzieningen, grachten, open waters en waterdoorlatende verharding. Groenblauwe inrichting, de voordelen en concrete voorbeelden werden reeds besproken in Hoofdstuk 2.

#### 3.3.2.1 Ontwerp

Deze paragraaf gaat in op het dimensioneren van infiltratievoorzieningen en buffers met een vertraagde doorvoer. Afhankelijk van de grootte van de site worden 2 aanpakken voorgesteld:

- Gebruik van **richtlijnen** voor het ontwerpen van kleinschalige voorzieningen, zoals bijvoorbeeld bij eengezinswoningen of kleinhandel.
- **Ontwerpen op maat op basis van berekeningen** voor grotere projecten, of projecten waar ingezet wordt op vertraagde lozing via buffers.

Voor zeer kleinschalige projecten, zoals bronmaatregelen bij eengezinswoningen, is het praktisch moeilijk realiseerbaar om telkens een ontwerp op maat uit te werken op basis van individuele

berekeningen. In dergelijke gevallen is het verdedigbaar om te werken met algemene **richtlijnen** zoals gepubliceerd door de Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid. Hierbij zijn volgende twee bronnen het meest relevant (beide raadpleegbaar via de website <http://www.integraalwaterbeleid.be>):

- Code van Goede Praktijk voor het ontwerp, de aanleg en het onderhoud van rioleringsystemen
- Leidraad ontwerp van bronmaatregelen

De belangrijkste basiswaarden worden weergegeven in Tabel 3. Deze zijn overgenomen uit de Code van Goede Praktijk. Dit zijn slechts richtinggevende waarden waarvan, mits motivatie, van afgeweken kan worden.

Tabel 3. Basiswaarden voor het dimensioneren van infiltratie- en buffervoorzieningen.

Infiltratievoorziening	Infiltratieoppervlakte	4 m <sup>2</sup> /100 m <sup>2</sup> verharding
	Infiltratiebuffervolume	250 m <sup>3</sup> /ha verharding
Buffervoorziening	Doorvoerdebiet	20 l/s.ha verharding
	Buffervolume	250 m <sup>3</sup> /ha verharding

In geval van grotere projecten, zoals wegenwerken, grotere bouwprojecten of renovaties, de inrichting van publieke ruimtes, etc., is **een aanpak op maat nodig**. In deze gevallen loont het altijd de moeite om het **ontwerp numeriek te berekenen en verder te optimaliseren**. Zeker wanneer ingezet wordt op buffers met vertraagde doorvoer, zijn vaak optimalisaties mogelijk tegen een zeer geringe kostprijs, zoals het bepalen van de ideale hoogte van de doorvoeropening of knijpconstructie. Omdat deze voorzieningen traag ledigen, zijn langetermijnsimulaties nodig. Het is immers ook nodig om rekening te houden met voorgaande buien: deze kunnen de voorziening reeds voor een deel gevuld hebben. Door de trage lediging is de kans groot dat de volledige capaciteit nog niet volledig terug beschikbaar is om een nieuwe bui op te vangen. Deze langetermijnsimulaties houden inherent rekening met de opeenvolging van buien, en dus het mogelijks niet volledig leeg zijn van voorzieningen bij losbarsten van nieuwe buien.

Om langetermijnreeksen snel te kunnen simuleren en dus dit soort ontwerpen praktisch realiseerbaar te maken, ontwikkelde Sumaqua de software "Sirio". Deze software werd eerder reeds besproken in §3.3.1.2. Ook voor het ontwerpen van hemelwaterputten en berekenen van het potentieel hergebruik zijn immers dergelijke langetermijnsimulaties nodig. **Gelet op de uitgebreidheid en specifieke vereiste expertise voor de realisatie van grote projecten, zullen veelal externe studiebureaus deze ontwerpen uitwerken. Hieronder wordt een voorbeeld uitgewerkt om de belangrijkste principes te illustreren, en te wijzen op enkele aandachtspunten.** Met Sirio beschikken de stadsdiensten wel over de middelen om dergelijke analyse ook zelf uit te voeren.

### 3.3.2.2 Voorbeeld

In paragraaf 3.3.1.3 werd een deel van het dak van de school **Koninklijk Atheneum Brugge-centrum** afgekoppeld naar een hemelwaterput. Dergelijke hemelwaterput kan nooit al het afstromend water opvangen. Er zal altijd nog een overloop of "overstort" gebeuren naar een afwaarts systeem. In §3.3.1.3 werd gekwantificeerd dat jaarlijks ongeveer 2/3<sup>de</sup> van het afstromend water van de daken nog zal overstorten. Daarom is het nodig om afwaarts nog een bijkomende maatregel te voorzien (zie ook het principe van de "Ladder van Lansink"). Idealiter wordt daarom ingezet op infiltratie. Hierdoor wordt het water lokaal vastgehouden (in plaats van af te voeren), en wordt de grondwatertafel aangevuld. Wanneer de reien nabij zijn, kan ook gekozen worden om rechtstreeks af te voeren naar de reien (hoewel infiltratie zeker te verkiezen is).

Om dit te realiseren kunnen bijvoorbeeld **wadi's** gebouwd worden. Wadi's zijn open, ondiepe en "natuurlijke" infiltratievoorzieningen. Meestal zijn wadi's (artificieel gecreëerde) verdiepingen in het terrein, en zijn deze dan ook zeer goedkoop te realiseren. Stad Brugge zet reeds in op de bouw van dergelijke wadi's in speelomgevingen. Figuur 39 toont zeer geslaagde realisaties hiervan. Dit soort maatregelen kunnen, eventueel kleinschaliger, ook uitgebouwd worden op speelplaatsen.

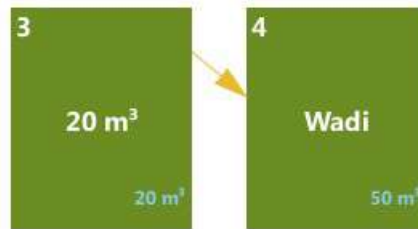


Figuur 39: Voorbeelden van de integratie van wadi's in speelomgevingen in Brugge (links: Park Ten Pele, Sint-Pieters; rechts: Koude Keuken, Sint-Andries).

Dit voorbeeld bouwt verder op de uitwerking in §3.3.1.3. We veronderstellen een hemelwaterput van 20 m<sup>3</sup> met het vooropgestelde hergebruik. Het Sirio model uit §3.3.1.3 wordt uitgebreid met een wadi. De overloop van de hemelwaterput wordt aangesloten op deze wadi. De overloop van de wadi zelf kan aangesloten worden op de riolering, maar nog beter is om deze uit te laten geven op de speelplaats zelf, of een omliggend grasterrein. Op die manier is de verharding volledig afgekoppeld van de riolering. Dit moet altijd het streefdoel zijn bij het voorzien van groenblauwe oplossingen.

Bij het ontwerp van infiltratievoorzieningen is het van belang een goede inschatting te kunnen maken van de infiltratiecapaciteit van de grond. Hoe groter de capaciteit, dus hoe meer water kan infiltreren, hoe kleiner de infiltratievoorziening ontworpen kan worden om eenzelfde effect te krijgen. In dit voorbeeld gaan we uit van een infiltratiecapaciteit van 30 mm/u bij gebrek aan metingen. Voor elk project wordt echter ten stelligste aangeraden om voldoende infiltratieproeven uit te voeren. De Vlaamse Milieumaatschappij heeft onlangs uitgebreid onderzoek verricht naar het meten van infiltratiecapaciteiten, en heeft richtlijnen geformuleerd rond het uitvoeren van dergelijke metingen (zie VMM (2016)).

Conform de richtlijnen van de Code van Goede Praktijk wordt een **eerste ontwerp** opgesteld van de wadi. Deze heeft een totaal volume van 50 m<sup>3</sup>, een bodemoppervlakte van 150 m<sup>2</sup>. Deze wadi kan gebouwd worden als een grasvlakte met een glooiende verdieping van zo'n 30 cm over 150 m<sup>2</sup>. Het water kan dan ook maximum zo'n 30 cm hoog komen te staan. Er kunnen wandelpaden doorheen de wadi voorzien worden. Deze kan dus perfect geïntegreerd worden in de rest van de omgeving, en kan naast waterbuffer ook gebruikt worden voor andere doelen. Het wordt altijd sterk aangeraden om open en bovengrondse infiltratievoorzieningen te voorzien indien mogelijk. Dergelijke open infiltratievoorzieningen bevorderen ook de biodiversiteit, en zorgen voor afkoeling in tijden van hittestress.



Figuur 40: Uitbreiding van het Sirio model: hemelwaterput (links, met 20 m<sup>3</sup> berging) met overstort naar een wadi.

**In Sirio kunnen vervolgens deze aspecten onderzocht worden:**

- De massabalans: hoeveel water wordt er nog afgevoerd naar de riolering? Hoeveel gaat er naar hergebruik en infiltratie?
- De overstorten: hoe vaak komt de wadi volledig vol en zal deze overstorten (naar de riolering, of naar een naburig grasveld)?
- Tijdsdynamiek: hoe vaak staat de wadi leeg? Hoe lang duurt het eer de wadi volledig leeg is?

Tabel 4 geeft de **massabalans** zoals berekend in Sirio. Hieruit is af te leiden dat jaarlijks circa 406.000 liter regenwater zal hergebruikt worden, wat overeenkomt met 35% van de afstroming van het dak. In een gemiddeld jaar zal er vervolgens 740.000 liter water overstorten van de hemelwaterput naar de wadi. Hiervan zal quasi alles infiltreren: 739.000 liter. Dit toont het grote belang aan van bronmaatregelen: **quasi al het regenwater (>99%) kan hergebruikt worden of infiltreren op eigen terrein**. Enkel bij extreme neerslag zal dit ontwerp niet volstaan om het water op te vangen in de hemelwaterput en wadi. Uiteindelijk stort minder dan 1% over naar een ander systeem (de riolering, of een naburig grasveld, of speelplaats, ...)

Tabel 4: Massabalans van het ontwerp met hemelwaterput en wadi.

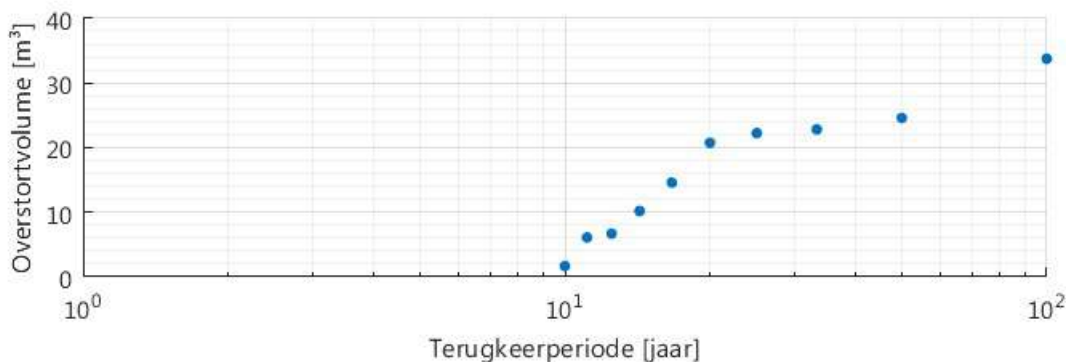
	Ontwerp
<b>Afstroming van het dak [m<sup>3</sup>/jaar]</b>	1146
<b>Hergebruik [m<sup>3</sup>/jaar]</b>	406 (35%)
<b>Infiltratie [m<sup>3</sup>/jaar]</b>	739 (65%)
<b>Overstort [m<sup>3</sup>/jaar]</b>	1 (<1%)

Deze wadi zal bijgevolg af en toe **overstorten** (of **overstromen**). Sirio voert een statistische analyse uit op de simulatieresultaten van de 100-jarige neerslagreeksen. De resultaten hiervan worden getoond in Figuur 41. Elk puntje op deze grafiek is een overstortgebeurtenis (dus een gebeurtenis waarbij de capaciteit van de wadi niet toereikend is om alle neerslag op te vangen). Op de horizontale as zien we de terugkeerperiodes (op een logaritmische schaal). De verticale as geeft de bijhorende overstortvolumes. Hieruit blijkt dat de wadi eens in de 10 jaar zal overlopen. Alle buien met een terugkeerperiode kleiner dan 10 jaar zullen bijgevolg opgevangen kunnen worden. De volumes die overstorten worden uiteraard groter voor extremere buien. Voor buien die gemiddeld eens per 10 jaar voorkomen (in het huidige klimaat) is dit volume slechts enkele m<sup>3</sup>'s, maar voor buien die gemiddeld eens per eeuw voorkomen loopt dit volume op tot 34 m<sup>3</sup>.

Zoals eerder besproken zijn er verschillende opties om om te gaan met deze overloopvolumes. In het beste geval wordt er geen overloop voorzien naar de riolering. Als de capaciteit van de wadi overschreden wordt, zal deze gewoon overstromen naar de omgeving. Als de wadi op de speelplaats voorzien wordt, zal dit naar alle waarschijnlijkheid geen schade veroorzaken. Zoals berekend hierboven zal eens per 100 jaar een volume van 34 m<sup>3</sup> op de speelplaats komen te staan. Als deze bijvoorbeeld een oppervlakte heeft van 1000 m<sup>2</sup>, resulteert dit in een overstromingshoogte van

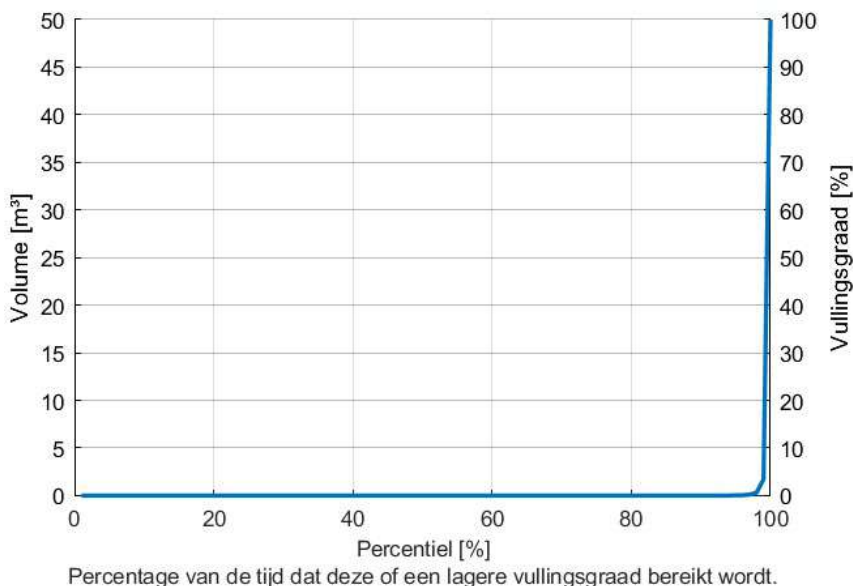


slechts 3.4 cm (als het water gelijkmatig verspreid wordt). Indien zo'n situaties niet toelaatbaar zijn, kan overwogen worden de overloop aan te sluiten op de riolering. Deze kan dan wel elders wateroverlast veroorzaken.



Figuur 41: Onafhankelijke overstortvolumes van de wadi over 100 jaar.

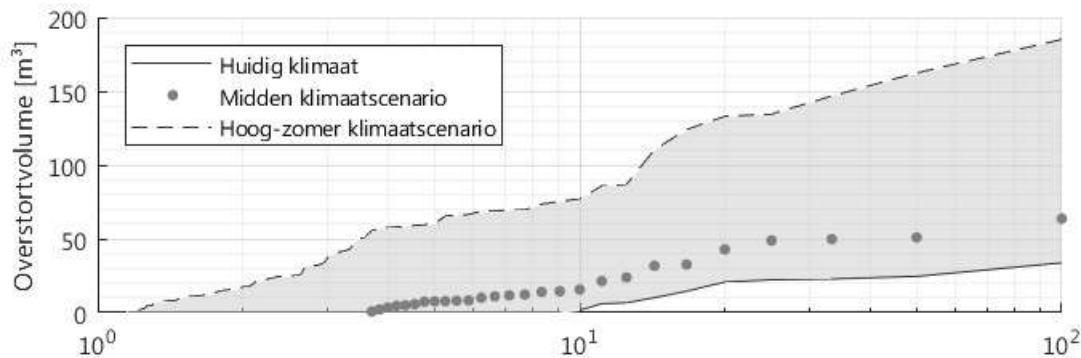
Tot slot wordt de tijdsdynamiek bekeken van de wadi. Figuur 42 toont de vullingsgraad van de wadi. Dit is eveneens gebaseerd op een statistische analyse op de simulatieresultaten, die automatisch uitgevoerd wordt door Sirio. Hierop is te zien dat **96% van de tijd de wadi leeg zal staan**. Enkel in tijden van hevigere neerslagbuien zal de wadi gevuld worden. Door de grote infiltratieoppervlakte en de veronderstelde goed doorlatende grond zal de wadi bovendien zeer snel ledigen: in 10u kan een volledig gevulde wadi leegstromen door infiltratie. **Dit illustreert dat de waterbergingsfunctie zeer goed gecombineerd kan worden met een andere invulling, zoals speeltuigen of zitbanken.**



Figuur 42: Vullingspercentage van de wadi.

Tot slot wordt klimaatverandering mee in beschouwing genomen. **Er wordt aangeraden om het de capaciteit van de wadi af te stemmen op het huidig klimaat, maar indien mogelijk reeds groter uit te bouwen.** Hiervoor wordt aangeraden om klimaatverandering mee te simuleren na het ontwerp. Hiertoe werd ook het toekomstig klimaat (met tijdshorizon 2100) opgenomen in Sirio. Verwacht wordt dat de massabalans (dus de hoeveelheid infiltratie, ...) en de tijdsdynamiek (dus het percentage leegstand, hoe snel de wadi kan legen, ...) niet sterk zullen wijzigen door klimaatverandering. Doordat extreme buien frequenter zullen voorkomen en bovendien intenser worden door klimaatverandering, zal de overstromingsproblematiek wel sterk kunnen veranderen. Er wordt dan ook aangeraden om de overstorten (of overstromingen) te evalueren onder

klimaatverandering. Figuur 43 toont de overstortvolumes onder het huidig klimaat, en het toekomstig klimaat in 2100. Hiervoor worden 2 scenario's getoond: het midden en het hoogzomer klimaatscenario. Welk van deze scenario's werkelijkheid wordt, is niet te voorspellen. Aangeraden wordt om naar beide scenario's te kijken, en reeds ruimte te voorzien om de wadi in de toekomst uit te breiden indien nodig. Dit kan bijvoorbeeld door rond de wadi een grasterrein te voorzien. Deze ruimte wordt in de toekomst best vrijgehouden.



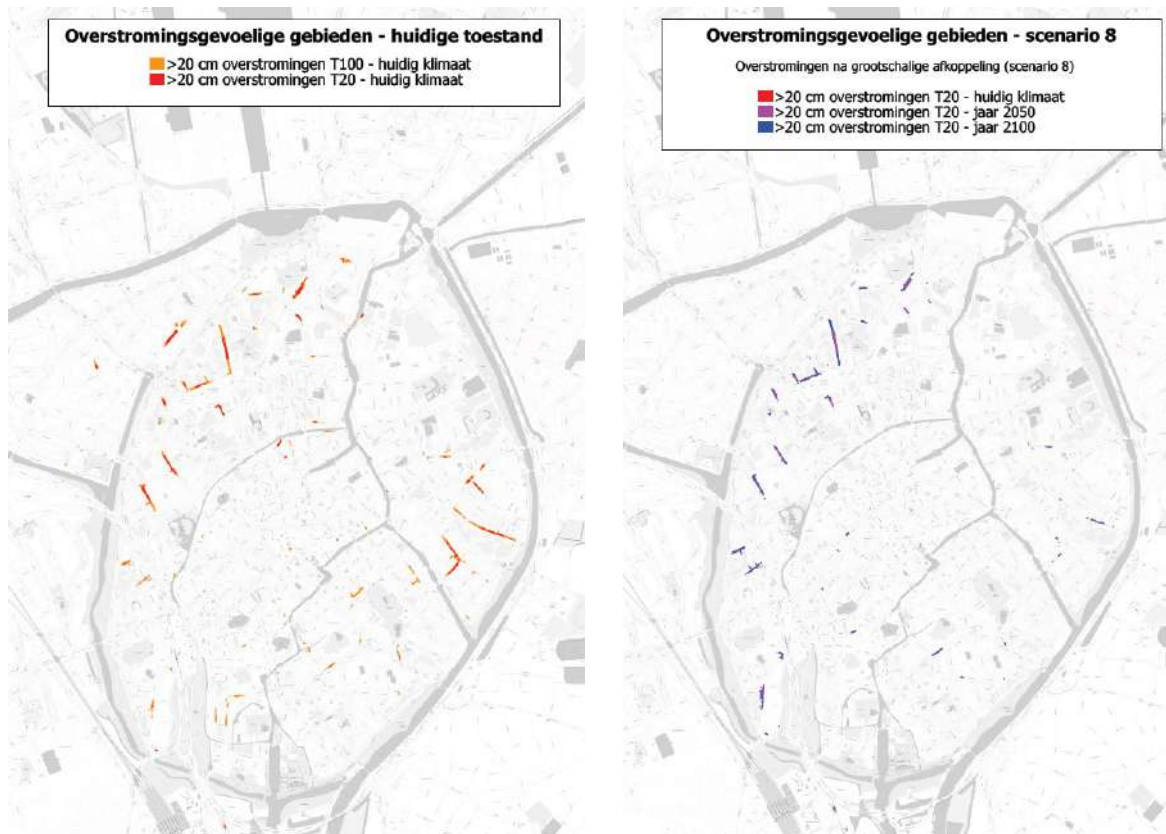
Figuur 43: Overstortvolumes (of overstromingen) onder klimaatverandering.

De resultaten van dit voorbeeld zijn opnieuw niet te veralgemenen. **Het ontwerpen van groenblauwe oplossingen vergt altijd een ontwerp op maat**, dat gestaafd moet worden met berekeningen. Bij het ontwerpen van infiltratievoorzieningen is de infiltratiecapaciteit van de grond zeer belangrijk. Deze groenblauwe inrichting kan zowel op klein- als grootschalige projecten uitgebouwd worden, van eengezinswoningen tot projecten zoals de bouw van de nieuwe Museumsite.

### 3.3.3 Lokale wateroverlast verminderen door een waterrobuuste straatinrichting

Soms is wateroverlast niet te vermijden. Zeker bij zeer extreme buien zal er (lokaal) altijd wateroverlast optreden. Straten die lager liggen, of met knelpunten in het rioleringsysteem (zoals lokale vernauwingen of verstoppingen, zijn gevoeliger. Het is daarom belangrijk om naast de algemene uitrol van groenblauwe maatregelen ook specifieke aandacht te hebben voor "waterrobuuste" straten. Dit zijn straten waar gecontroleerd water op straat kan optreden zonder dat dit schade veroorzaakt. Idealiter wordt dit soort straatinrichting overal toegepast, en niet enkel op de meest kwetsbare locaties. In een eerste fase kan echter specifiek gefocust worden op de meest gevoelige straten.

Figuur 44 toont de gebieden die volgens de modelsimulaties het meest gevoelig zijn voor wateroverlast. De linkerfiguur toont de huidige toestand voor extreme buien die gemiddeld eens om de 20 of 100 jaar in het huidig klimaat voorkomen. De rechterfiguur toont de situatie na uitvoering van de verschillende scenario's van het waterplan. Hierdoor zijn alle kritieke punten voor het huidig klimaat met een terugkeerperiode van 20 jaar weggewerkt. Voor het toekomstig klimaat (anno 2050 en 2100) ontstaan opnieuw meer kwetsbare zones. Hierbij moet opgemerkt worden dat, net als in de andere delen van de klimaatrisicostudie en het -adaptatieplan, het "hoge impact"-klimaatscenario gesimuleerd werd. Dit scenario toont de bovengrens van de te verwachten klimaatverandering. Bijgevolg zal de reële impact van klimaatverandering met grote waarschijnlijkheid tussen het huidig en het gerapporteerde toekomstig klimaat liggen. Deze kaarten werden ook in groter formaat toegevoegd in Hoofdstuk 5.



Figuur 44: Meest gevoelige gebieden volgens de modelsimulaties voor wateroverlast. Links: huidige toestand. Rechts: na uitvoering van het waterplan voor het huidig en toekomstig klimaat. Deze kaarten zijn ook op groter formaat toegevoegd in Hoofdstuk 5.

Waterrobuuste straten combineren groenblauwe elementen om maximaal infiltratie toe te laten, strategisch gekozen locaties waar water tijdelijk geborgen kan worden, en verhogingen van het terrein om de meest kostbare infrastructuur te beschermen. Dit vergt een doordachte inrichting van de straat, zodat zelfs bij zeer extreme buien de neerslag niet afwatert in de richting van gebouwen, kelders of inritten voor ondergrondse garage. Om water tijdelijk vast te houden bij rioleringsoverstromingen, kan bijvoorbeeld gewerkt worden met waterberging tussen verkeersdrempels. Op die manier kan een groot volume gecontroleerd worden, terwijl dit geïntegreerd kan worden met de andere straatfuncties. Hoofdstuk 2 geeft een overzicht van mogelijke maatregelen die genomen kunnen worden bij de transformatie tot waterrobuuste straat. Bij de inrichting wordt niet alleen wateroverlast aangepakt, maar wordt ook ingezet op infiltratie en bijkomend groen. Hierdoor hebben deze waterrobuuste straten ook een positieve impact op hittestress en verdroging.

Net zoals bij de individuele groenblauwe maatregelen, kan de ontwerptool Sirio helpen bij het dimensioneren van de waterrobuuste straat. Dezelfde ontwerpprincipes gelden als hiervoor toegelicht (zie §3.3.2.1).



Figuur 45: Voorbeeld van een waterrobuuste straat (Kopenhagen): verhoogde stoepen die afwateren naar een bufferzone met groen.

### 3.4 Waterkwaliteit en -beschikbaarheid reien verbeteren

Klimaatverandering kan een zeer grote impact hebben op de reien. De waterkwaliteit in de reien zelf kan afnemen door de hogere temperaturen, en doordat rioleringsoverstorten vaker in werking zullen treden door de extremere neerslag. Inname vanuit de omliggende kanalen is vaak geen oplossing, aangezien die oppervlaktewaters ook lijden aan een slechte waterkwaliteit. Dit was bijvoorbeeld nog het geval in de (zeer droge) zomer van 2018: waterinname vanuit de vesten werd bewust verhinderd, en blauwalgen kwamen overal voor. Daarnaast vormt de klimaatverandering ook een bedreiging op vlak van waterbeschikbaarheid. Het Stadslabo heeft gemeten dat het waterpeil in de reien tijdens de zomer van 2018 met ongeveer 1 cm per dag afnam. Bij langere droge periodes en verhinderde inname van andere waterlopen (omwille van te slechte kwaliteit) vormt dit een reële bedreiging voor de fauna en flora van de reien, maar belemmert dit ook recreatie en toerisme. Een te lage (grond-)waterstand dient vermeden te worden. Het is dus van groot belang om het peil van de reien, en bij uitbreiding ook de grondwatertafel, voldoende hoog te kunnen houden.

Deze paragraaf bouwt daarom verder op de integrale visie uitgestippeld in het waterplan, en zoomt in op de waterkwaliteit- en waterbeschikbaarheid. Meer bepaald worden volgende 2 aspecten onder de loep genomen:

- **Verbeteren van de waterkwaliteit door het verminderen van de overstortwerking.** Dit wordt onderzocht door de overstortdrempels structureel te verhogen, en door verharding af te koppelen van de riolering. Hierdoor wordt de riolering minder sterk belast, met minder overstorten als gevolg.
- **Verbeteren van de waterbeschikbaarheid** door meer (relatief zuiver) hemelwater rechtstreeks af te koppelen van de riolering naar de reien.

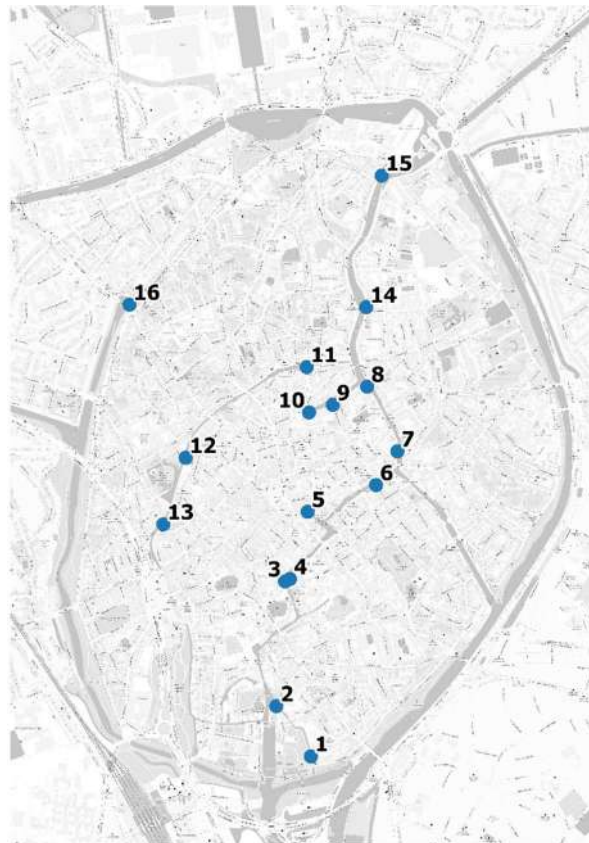
#### 3.4.1 Verbeteren van de waterkwaliteit

Rioleringsoverstorten vormen wellicht de grootste bedreiging op vlak van waterkwaliteit van de reien. Deze overstorten lozen bij hevige neerslag gemengd rioleringswater in de reien, waardoor de waterkwaliteit sterk kan afnemen. Daarom is het belangrijk om de overstortwerking te verminderen. Hierbij worden volgende strategieën op basis van modelsimulaties geëvalueerd:

- Verhogen van de overstortdrempels
- Afkoppelen van verharding (conform scenario 8 uit het waterplan)

Uiteraard zijn naast deze strategieën ook andere maatregelen mogelijk om de waterkwaliteit te verbeteren, zoals een actief visbeheer, het voorzien van beluchters, het genereren van stroming of het uitbouwen van (kleinschalige) waterzuivering op de reien. Aangezien die maatregelen echter geen specifieke dimensionering vergen, wordt hier niet verder op ingegaan. Om de waterkwaliteit van de reien te waarborgen, moet evenwel ingezet worden op een combinatie van al deze maatregelen.

Voor het verhogen van de overstortdrempels worden uniforme verhogingen toegepast van +10, +20 en +30 cm. Elke overstortdrempel wordt dus evenveel verhoogd. Dit is uiteraard een zeer simpele benadering die verder verfijnd moet worden voor de uitvoering, maar het toont alleszins wat haalbaar is. Bovendien wordt de verhoging enkel toegepast op overstorten van het gemengd rioleringsstelsel. Figuur 46 toont de geselecteerde riooloverstorten. Dit zijn alle gemengde riooloverstorten in het centrum die naar de reien leiden (en 1 naar de vesten; op die plaats is minder stroming en is het systeem bijgevolg ook gevoelig op vlak van waterkwaliteit).



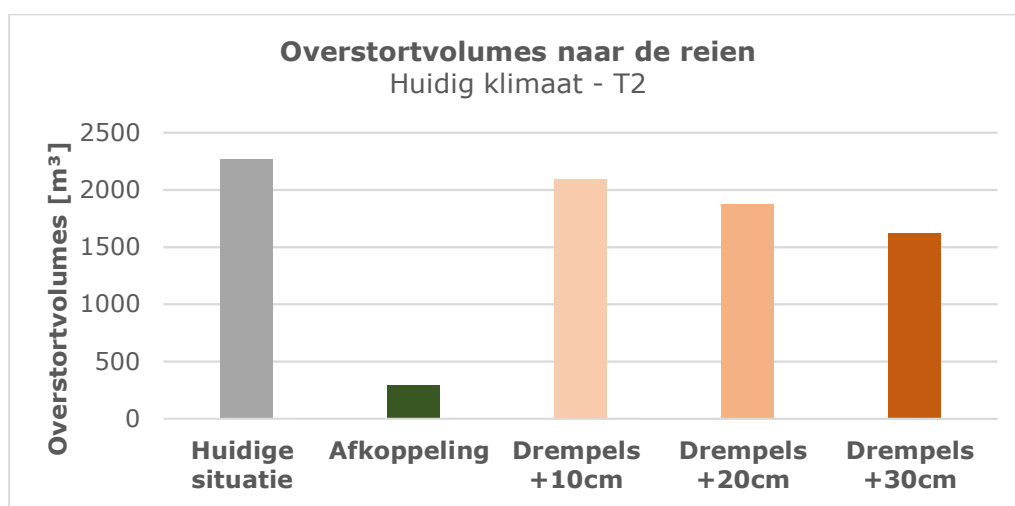
Figuur 46. Alle gemengde riooloverstorten waarop de uniforme drempelverhoging werd toegepast.

Figuur 47 toont de gesimuleerde overstortvolumes naar de oppervlaktewaters voor een bui met terugkeerperiode 2 jaar in het huidige klimaat. In de huidige toestand komt op die manier zo'n 2250 m<sup>3</sup> gemengd rioolwater in de reien terecht. Aangezien de totale reien een volume van ongeveer 80.000 tot 100.000 m<sup>3</sup> herbergen, kan dit overstortvolume als significant beschouwd worden. Metingen op de reien tonen ook aan dat de kwaliteit onmiddellijk (sterk) afneemt wanneer de overstorten in werking treden.

Wanneer ingezet wordt op een doorgedreven afkoppeling van verharding van de riolering (scenario 8 uit het waterplan; zie ook §3.2.2), neemt het overstortvolume af met bijna een factor 10. Dit is bijgevolg een zeer effectieve strategie. Buien die hoogfrequent voorkomen, bijvoorbeeld enkele

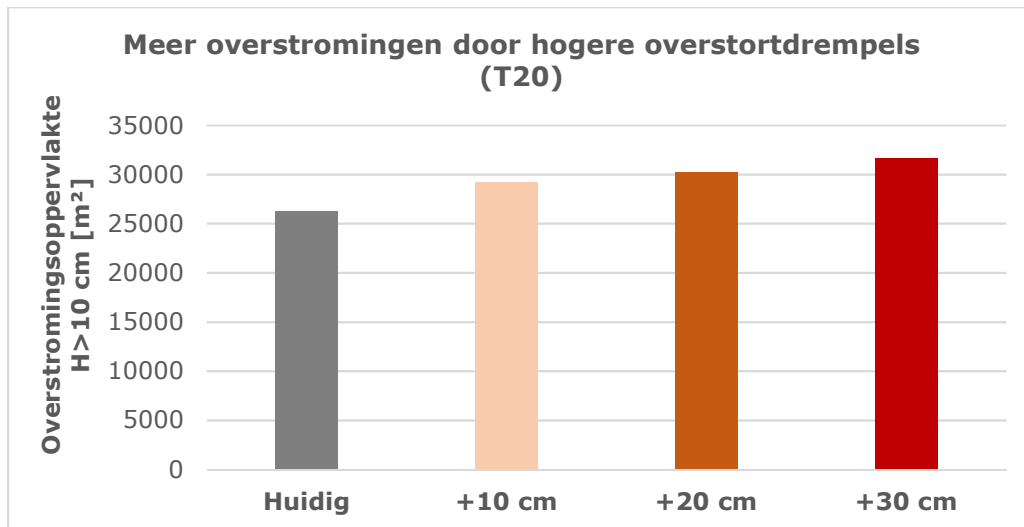
keren per jaar, leiden mogelijks geheel niet meer tot overstorten. Uiteraard vergt het realiseren van dergelijke afkoppeling (34% van de huidige aangesloten verharde oppervlakte) significante inspanningen en tijd.

De 2<sup>de</sup> beschouwde strategie daarentegen, het verhogen van de overstortdrempels, kan zeer eenvoudig, snel en goedkoop gerealiseerd worden. De simulatieresultaten tonen aan dat als alle overstorten met 10 cm verhoogd worden, de impact op de overstortwerking zeer beperkt blijft. Bij een verhoging van 20 of 30 cm nemen de overstorten meer af, maar dit zal alleszins geen oplossing vormen voor de overstortproblematiek. Wel kunnen eventuele quick-wins gerealiseerd worden met overstorten die nu zeer vaak in werking treden. Dit vergt echter specifiek onderzoek. Recentelijk hebben de stadsdiensten enkele strategisch gekozen overstorten (o.a. langs de Coupure) verhoogd. De overstorten traden hierdoor minder vaak in werking, met een positief effect op de waterkwaliteit.



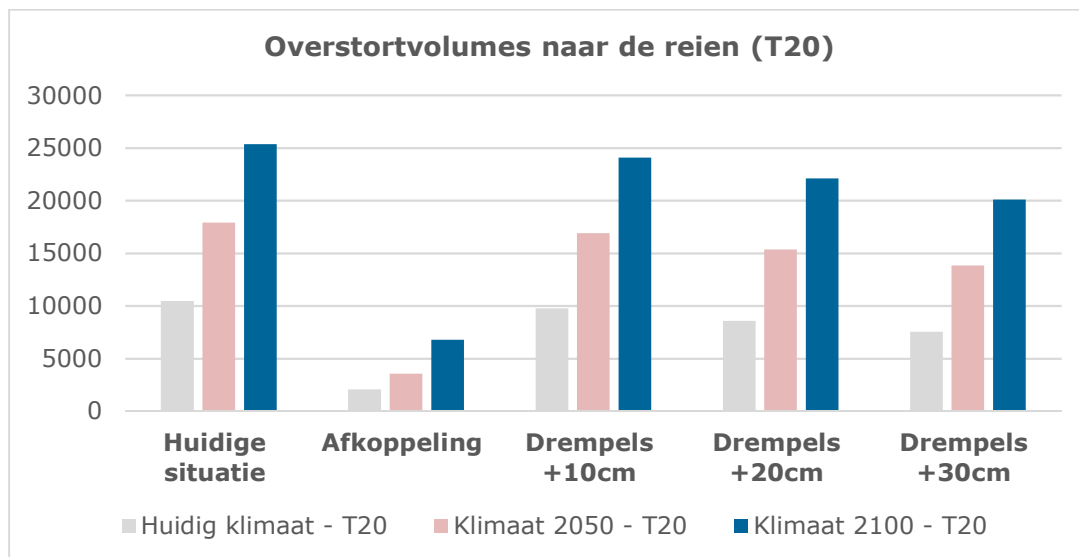
Figuur 47: Gesimuleerde overstortvolumes bij buien met een terugkeerperiode van 2 jaar in het huidig klimaat.

Een belangrijk rechtstreeks gevolg van het verhogen van de overstortdrempels is dat wateroverlast vaker zal voorkomen. De overstorten zorgen immers voor een "ontlasting" van het rioleringsstelsel. Door de overstortdrempels te verhogen, neemt dus ook de druk op het rioleringsstelsel toe. Figuur 48 toont de gesimuleerde overstroomde oppervlaktes (met een waterhoogte van 10 cm of meer) voor een bui met terugkeerperiode van 20 jaar in de huidige toestand en na verhoging van de overstortdrempels. Het uniform verhogen van alle drempels met 10 cm leidt bijgevolg direct tot een toename van de overstroomde oppervlakte met ongeveer 10%. Bijgevolg moet een afweging gemaakt worden tussen het verminderen van de overstortwerking (en verbeteren van de waterkwaliteit) en meer water op straat. Om hier een correcte uitspraak over te doen, is meer onderzoek en debat nodig. Op basis van deze eerste berekening wordt alvast aangeraden om niet zonder grondige bijkomende analyses de overstortdrempels te verhogen, maar dit (gericht) verder te onderzoeken in samenwerking met de rioleringsbeheerder Farys.



Figuur 48: Gesimuleerde overstromde oppervlakte voor een bui met terugkeerperiode van 20 jaar.

Figuur 49 toont de gesimuleerde overstortvolumes voor een extremere bui met terugkeerperiode 20 jaar in het huidig en toekomstig klimaatscenario (jaren 2050 en 2100). Opnieuw wordt opgemerkt dat de klimaatscenario's gebeuren conform het "hoge impact"-klimaatscenario. Deze geven dus eerder de bovengrens van de te verwachten klimaatverandering aan. De werkelijke impact van klimaatverandering zal wellicht tussen deze van het huidig klimaat en het gesimuleerd toekomstig klimaat liggen. De resultaten tonen aan dat zonder actie, de overstortvolumes mogelijks meer dan verdubbelen ten opzichte van het huidig klimaat, met een nefaste impact op waterkwaliteit als gevolg. Bij deze resultaten valt ook op dat in het scenario "afkoppeling" de overstortvolumes zelfs in het toekomstig klimaat 2100 lager liggen dan in het huidig klimaat. Afkoppeling vormt dus een belangrijke optie voor het verminderen van de overstortwerking, zelfs onder klimaatverandering.



Figuur 49: Gesimuleerde overstortvolumes bij buien met een terugkeerperiode van 20 jaar in het huidig klimaat.

De lezer wordt verwezen naar de kaart in §5.5 die per overstort weergeeft wat de impact is van de scenario's.

### 3.4.2 Verbeteren van de waterbeschikbaarheid van de reien

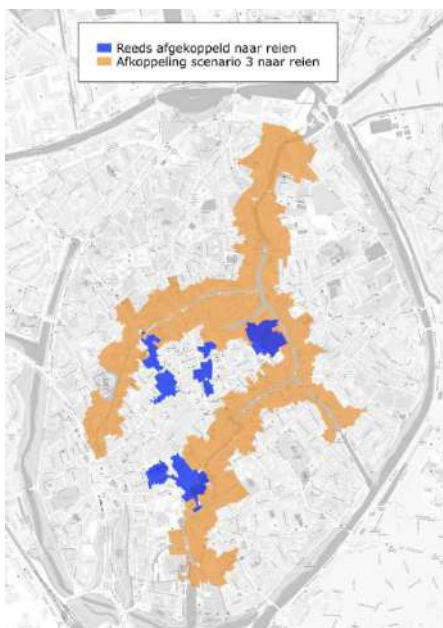
Metingen tonen aan dat tijdens droge en warme periodes de waterhoogte van de reien met circa 1 cm per dag daalt. Klimaatverandering brengt meer van dat soort periodes, en bovendien wordt de inname van water vanuit de kanalen en vesten moeilijker omwille van waterkwaliteitsaspecten. Deze paragraaf bekijkt daarom apart hoe de waterbeschikbaarheid van de reien verbeterd kan worden.

Om de daling van de waterbeschikbaarheid te onderzoeken, werd een waterbalansmodel opgesteld van de reien. Dit model is een vereenvoudigde weergave van de werkelijkheid, waarmee onderzocht wordt hoe "zelfredzaam" de reien zijn: idealiter is er tijdens de hydrologische zomerperiode (van mei tot en met oktober) geen inname van water nodig. Op die manier kunnen de reien als een geïsoleerd systeem werken indien gewenst. Als de waterkwaliteit in de reien daarenboven gewaarborgd kan blijven (door een verminderde overstortwerking, het uitbouwen van lokale zuivering d.m.v. bijvoorbeeld drijvende rietvelden, etc.), is verzekerd dat de reien "gezond" zijn in de zomerperiode.

Dit waterbalansmodel gaat bijgevolg uit van een extreme situatie: geen water inname van mei tot en met oktober, en een afname van 1 cm/dag tijdens zeer warme en droge dagen. Een analyse wees uit dat die daling grotendeels te wijten kan zijn aan verdamping: verdamping op zich kan de waterhoogte al tot 6 mm doen dalen. Verwacht wordt dat andere verliezen, zoals drainage naar het grondwater, de overige daling verklaart. Dit is aannemelijk, aangezien in die zeer droge periodes vermoedelijk de grondwaterhoogte ook sterk afneemt. Daarom werd als verliesterm de verdamping vermenigvuldigd met een factor 1.67, zodat een daling van 1 cm per dag verkregen wordt. Uiteraard is dit slechts een grove benadering, maar deze laat wel toe om langetermijnsimulaties uit te voeren met het waterbalansmodel, en zo de kans op watertekorten te kwantificeren. De voeding van de reien is uitsluitend afkomstig van neerslag die direct op de reien valt, en de neerslagafstroming van verharde oppervlaktes die via het gescheiden stelsel terecht komt in de reien.

Figuur 50 toont de oppervlaktes die nu reeds afgekoppeld zijn via een gescheiden stelsel (in het blauw), en de oppervlaktes die bijkomend afgekoppeld worden in scenario 3 van het waterplan (oranje). In de huidige toestand watert op die manier 5.04 hectare verharding af naar de reien. De gebouwen die vlak langs de reien liggen en rechtstreeks hiernaar afwateren, zitten niet vervat in het "huidig" scenario omdat hun oppervlakte niet gekend is. Deze is alleszins een grootteorde kleiner dan de bijkomende afkoppeling volgens scenario 3. In scenario 3 is er een bijkomende verharde oppervlakte van 40.87 hectare die afgekoppeld wordt naar de reien. Dit brengt het totaal op bijna 46 hectare die zou afwateren naar de reien.

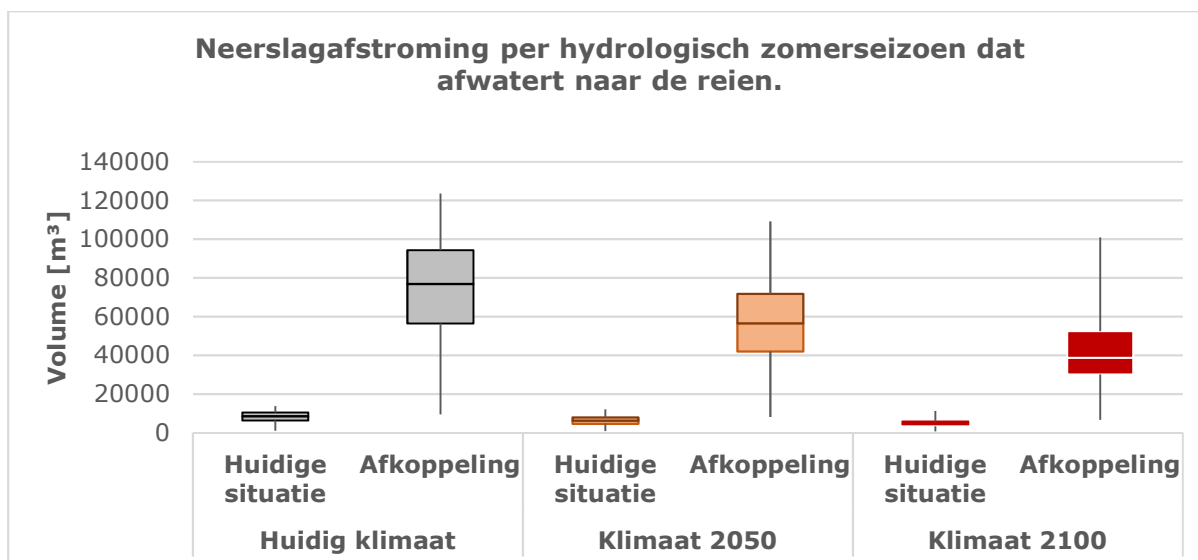




	Afgekoppelde oppervlakte naar reien [ha]
<b>Huidige toestand</b>	5.04
<b>Toekomstige toestand: scenario 3</b>	40.87 + 5.04

Figuur 50: Reeds afgekoppelde oppervlaktes (blauw) en nieuw af te koppelen oppervlaktes naar de reien conform scenario 3 van het waterplan.

Met dit model werden 100-jarige tijdreeks doorgerekend van neerslag en verdamping die representatief zijn voor het huidige en het toekomstig klimaat. Dit werd zowel voor de huidige als geplande toestand uitgevoerd. Vervolgens werd voor elk hydrologisch zomerseizoen berekend welk volume neerslagafstroming er in de reien terecht komt. Figuur 51 toont de resultaten in de vorm van een boxplot, aangezien de neerslag in elk jaar variabel is. In de huidige toestand en het huidige klimaat is er een gemiddelde neerslagafstroming naar de reien van ongeveer 10.000 m<sup>3</sup> van mei tot en met oktober. Door de klimaatverandering kunnen deze hoeveelheden nog verder afnemen. Wanneer er meer verharde oppervlakte afgekoppeld wordt naar de reien, kan er in scenario 3 ("Afkoppeling") tot gemiddeld 80.000 m<sup>3</sup> terecht komen in de reien. In het toekomstig klimaat kan ook dit volume evenwel licht afnemen. Deze 80.000 m<sup>3</sup> is wel alvast voldoende om het ganse volume van de reien minstens 1 keer te verversen. Er is wel een zeer grote spreiding merkbaar op de resultaten: in de meest droge jaren komt er, zelfs bij grootschalige afkoppeling, slechts 10.000 m<sup>3</sup> in de reien terecht. Dit betekent dat, zelfs met massale afkoppeling naar de reien, er relatief weinig zuiver water naar de reien stroomt tijdens zeer droge jaren (zoals bijvoorbeeld 2018). Dit heeft als gevolg dat om de waterkwaliteit op peil te houden ook andere maatregelen bekeken zullen moeten worden, zoals bijvoorbeeld het voorzien van lokale waterzuivering. Enkel door én de overstortwerking te verminderen, én bijkomende afkoppeling van relatief zuiver hemelwater te voorzien, én lokale waterzuiveringsmaatregelen te installeren de kwaliteit voldoende zal blijven.

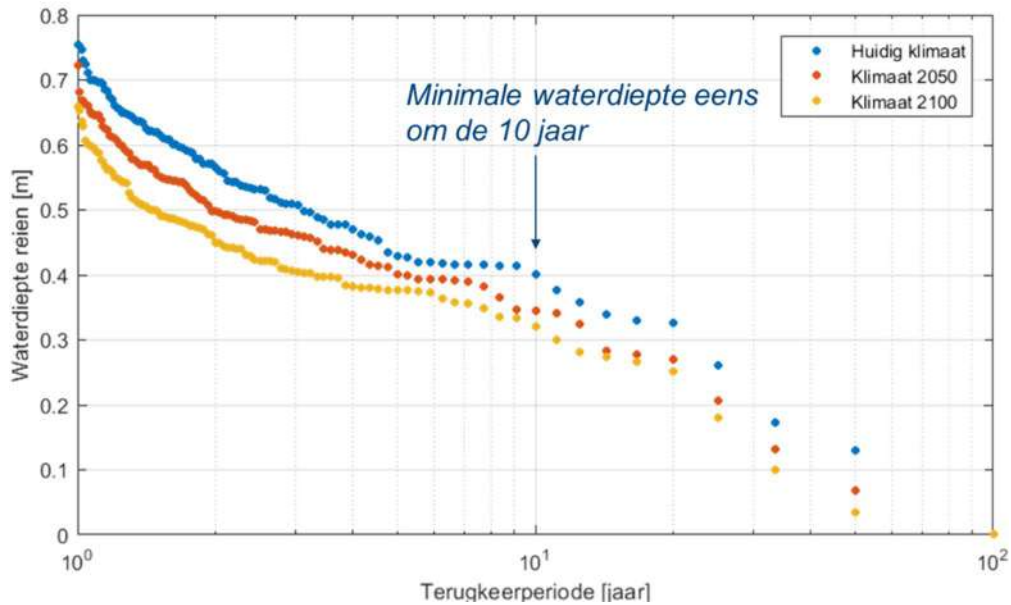


Figuur 51: Neerslagafstroming per hydrologisch zomerseizoen dat afwatert naar de reien.

De reien beslaan ongeveer een oppervlakte van 80.000 m<sup>2</sup> in de Brugse binnenstad. De gemiddelde diepte schommelt tussen de 1 en 1.2 meter, waardoor de reien in een gemiddelde situatie naar schatting tussen de 80.000 en 100.000 m<sup>3</sup> water bevatten. Op basis van deze gegevens werd ook een rudimentaire simulatie gemaakt van het waterpeil. Opnieuw werd hierbij verondersteld dat er geen inname is van water van externe bronnen (zoals de kanalen en vesten) van mei tot en met oktober. Dit is bijgevolg een scenario dat de zelfredzaamheid van de reien kan onderzoeken. In de simulatie werd het maximaal waterpeil bovendien afgetopt op 100.000 m<sup>3</sup>: bij meer volume, is de waterhoogte zo hoog dat er overstort zal plaatsvinden over de stuwen.

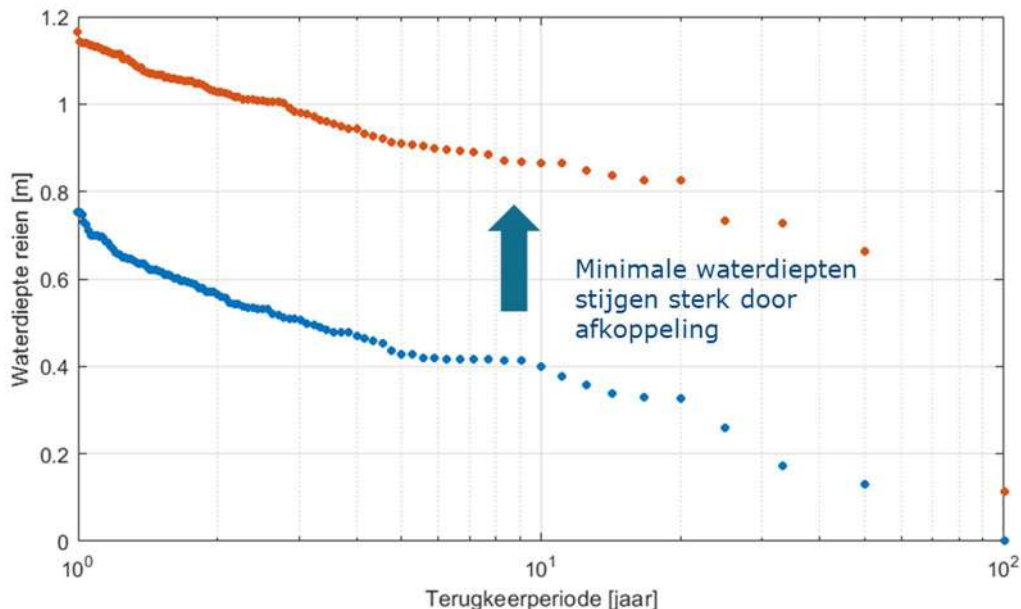
Figuur 52 toont de gesimuleerde minimale waterdiepten in de reien in elk hydrologisch zomerseizoen. Hiervoor werden de neerslag- en verdampingsreeksen van de voorbije 100 jaar (gecorrigeerd zodat deze representatief zijn voor het huidig klimaat dat de laatste decennia extremer werd) volledig gesimuleerd. De resultaten zijn opgemaakt voor de huidige neerslagafstromingsvolumes. **Zoals verwacht zijn de reien op dit ogenblik helemaal niet zelfvoorzienend**: er zijn (significante) volumes nodig om het waterpeil voldoende hoog te houden. Kortom, zonder inname van extern zou het waterpeil dikwijls ontoelaatbaar sterk dalen. Eens in de 20 jaar zou het waterpeil bijvoorbeeld dalen tot slechts 25 centimeter. Uiteraard zijn dit slechts hypothetische situaties: tegen dan zou al lang water ingenomen zijn vanuit de kanalen. Maar deze analyse is net bedoeld om de onafhankelijkheid van de reien te onderzoeken, omdat (1) de omliggende kanalen en vesten in de toekomst mogelijks ook met tekorten kampen en (2) de waterkwaliteit van die waterlopen zeer slecht kan zijn.

Hierbij moet wel opgemerkt worden dat de verliestermen mogelijks te groot zijn (en er dus te veel water uit het systeem verdwijnt) bij de laagste waterhoogten. Mogelijks vindt er een stabilisatie plaats door grondwaterafvoer. Het is echter niet mogelijk om te weten hoe het systeem in realiteit zich zal gedragen bij deze lage waterpeilen. Daarom is het een veilige aanname om de verliestermen ongewijzigd in te rekenen.



Figuur 52: Gesimuleerde minimale waterdiepten in elk hydrologisch zomerseizoen wanneer er geen inname gebeurt van extern van mei tot en met oktober in de huidige situatie.

Figuur 53 toont de minimale gesimuleerde waterdiepten wanneer de verharde oppervlakte afgekoppeld wordt conform scenario 3. Hieruit blijkt dat de waterdiepten zeer vaak tegen de "maximale" waterdiepte van 1.2 meter blijven. Slechts eens in de 10 jaar zou de waterhoogte dalen tot onder de 0.9 meter. Eens in de 50 jaar komt het waterpeil op 0.7 meter in de simulatie, en eens in de 100 jaar zouden de reien bijna droogvallen wanneer totaal geen water ingenomen wordt van extern van mei tot en met oktober. **Deze simulaties tonen aan dat de bijkomende afkoppeling voorzien in het waterplan de reien zelfredzaam kan maken: zelfs bij geen inname van mei tot en met oktober blijft het waterpeil relatief stabiel.**



Figuur 53: Gesimuleerde waterdiepten voor het huidige klimaat nadat de verharde oppervlaktes afgekoppeld werden conform scenario 3.

Naast het afkoppelen van bijkomende verharding naar de reien zijn er nog andere strategieën mogelijk die evenwel bijkomend onderzoek vergen: intelligente sturing, en watercaptatie om de reien te spoelen

Een automatisch en intelligent sturingssysteem kan bijvoorbeeld op basis van sensoren beslissen om water in te nemen wanneer de kwaliteit dit zou toelaten. Op die manier kan bijvoorbeeld snel na een hevige bui (wanneer de waterkwaliteit van de omliggende kanalen en vesten mogelijks beter is) kortstondig water ingenomen worden. Een automatisch en intelligent systeem kan dit beter regelen dan manuele interventies. Een intelligent systeem voor het vermijden van wateroverlast langs de reien lijkt niet opportuun: daarvoor zijn de risico's op wateroverlast langs de reien veel te klein.

Daarnaast kunnen ook buffers gecreëerd worden die water van relatief goede kwaliteit opslaan om later te gebruiken om de reien te spoelen. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat de nodige volumes bijzonder groot zijn om een effect te hebben. Het bouwen van een centrale en grootschalige buffer is daarom niet opportuun: dat zou enorme investeringen vergen, en mogelijks te weinig impact hebben. De inzet van vele kleinschalige buffers lijken daarom veel relevanter: bijvoorbeeld hemelwaterputten met overloop naar de reien. Ook kan onderzocht worden of bijvoorbeeld het minnewater en de binnenvestingsgrachten gebruikt kunnen worden als buffer. Door het voorzien van enkele bijkomende stuwten en/of het aanpassen van bestaande stuwten kan hier een grote hoeveelheid water opgeslagen worden, om hiermee vervolgens de reien te spoelen. Deze ingreep vergt eveneens bijkomend onderzoek en kan aanzienlijke investeringen vragen. Toch werd dit idee omwille van het potentieel vertaald naar een actiepoint in het adaptatieplan.

### 3.5 Samenvatting

Het waterplan omvat een ambitieuze en integrale visie op hemelwaterafvoer in de historische Brugse binnenstad. Het streeft naar de uitbouw van een groenblauw netwerk, waarin de oppervlaktewaters, riolering en bronmaatregelen op elkaar afgestemd zijn om op een zo efficiënt mogelijke wijze de binnenstad weerbaar te maken tegen klimaatverandering.

Het waterplan gaat concreet in op het voorkomen van wateroverlast door het uitstippelen van 8 scenario's waarbij water afgekoppeld wordt van de gemengde riolering. In totaal wordt zo één derde van de verharde oppervlakte afgekoppeld tegen een minimale investering. Simulaties met gedetailleerde modellen tonen aan dat dit de historische binnenstad climate-proof maakt op vlak van wateroverlast tegen 2050. Bij de uitvoering van het waterplan kan uiteraard afgeweken worden van de vooropgestelde scenario's, maar het streefcijfer van 1/3<sup>de</sup> afkoppeling van verharde oppervlaktes moet behouden blijven.

Daarnaast zoomt het waterplan in op het ontwerpen van individuele bronmaatregelen op perceelsniveau. Het reikt de nodige tools aan om dergelijke maatregelen te dimensioneren op een objectieve manier. Concreet wordt ingegaan op het bepalen van de optimale grootte van een hemelwaterput met hergebruik, het dimensioneren van groenblauwe maatregelen en de inrichting van waterrobuuste straten.

Tot slot focust het plan op een derde specifieke uitdaging van de historische binnenstad: klimaatgezonde reien. Klimaatverandering creëert immers uitdagingen op vlak van waterbeschikbaarheid en -kwaliteit. Via simulaties werd aangetoond dat de reien bij uitvoering van het waterplan "zelfvoorzienend" kunnen worden op vlak van waterbeschikbaarheid: inname vanuit omliggende kanalen is dan niet meer nodig om droge periodes te overbruggen. Bovendien dalen ook de overstortvolumes vanuit de riolering, waardoor de waterkwaliteit minder aangetast worden in de reien.

Voorliggend plan focust voornamelijk op het kwantificeren van enkele veelbelovende strategieën om het watersysteem klimaatrobuust te maken. Vanzelfsprekend gaat het klimaatadaptatieplan veel ruimer, en focust dit plan dan ook op een veel breder scala aan klimaatadaptatiemaatregelen. Het doel van dit waterplan was dan ook om te verzekeren dat de verschillende strategieën op elkaar

afgestemd zijn, en de historische binnenstad ook daadwerkelijk klimaatrobuust kunnen maken op vlak van water. De berekeningen tonen aan dat dit alvast het geval is.





## 4 Actieplan

Vertrekkende van de klimaatadaptatiemaatregelen en –concepten uit het vorige hoofdstuk, het individuele overleg met de stadsdiensten, en de inputs en feedback die naar voren kwamen op de verschillende workshops werd een lokaal klimaatadaptatieplan opgesteld voor de historische binnenstad van Brugge. De focus van dit plan ligt op water, maar de acties zijn zodanig opgevat dat deze ook een positieve impact hebben op andere aspecten, zoals bijvoorbeeld hittestress, biodiversiteit of beleving van de ruimte.

De verschillende actiepunten zijn onderverdeeld in zeven pijlers of actiedomeinen:

- Politiek draagvlak, beleid en afstemming van stadsdiensten
- Kennisopbouw rond klimaatverandering en de impacten op de Brugse binnenstad
- Kennisopbouw rond klimaatadaptatie
- Implementatie
- Communicatie en sensibilisering
- Netwerk en partnerships
- Monitoring en evaluatie

Aangezien een klimaatrobuust beleid veel facetten heeft en de integratie van verschillende domeinen vereist, is het uiteraard mogelijk dat sommige maatregelen bij meerdere actiedomeinen terugkomen. Het is eveneens belangrijk om op te merken dat de hieronder voorgestelde actiepunten geen vast en afgelijnd plan voor de volgende jaren en decennia beschrijven. Wanneer meer kennis over klimaatverandering en -maatregelen beschikbaar wordt, geeft dit de mogelijkheid om het plan aan te passen, verder te verfijnen of te concretiseren. Dit benadrukt dus nogmaals het belang van flexibele en adaptieve maatregelen, en het monitoren en evalueren van het klimaatadaptatieplan. Wel omvat dit actieplan maatregelen die in de komende legislatuur uitgevoerd kunnen worden.

### 4.1 Politiek draagvlak, beleid en afstemming van stadsdiensten

Doordachte beleidskeuzes en een afstemming van de administratieve diensten op verschillende niveaus zijn vermoedelijk de belangrijkste componenten voor het uitstippelen en verwezenlijken van klimaatadaptatiemaatregelen. Deze eerste pijler bundelt een aantal actiepunten die helpen bij het opstellen en uitvoeren van een klimaatrobuust beleid.

<p><b>Actiepunt 1.1 Benoemen van de ambitie om een klimaatrobuuste stad te zijn in het volgende meerjarenplan</b></p>	<p><b>Termijn</b> 2025</p>
<p>Het huidige Brugse meerjarenplan vermeldt verschillende beleidsdoelstellingen die bijdragen tot klimaatadaptatie (zoals het uitbouwen van groenvoorzieningen, streven naar het verhogen van de leefbaarheid, inrichten van duurzame gebouwen), maar klimaatadaptatie zelf wordt nog niet expliciet benoemd. Het expliciet opnemen van klimaatadaptatie is een krachtig signaal van de stad naar alle lokale en regionale actoren, en geeft aan dat klimaatadaptatie hoger op de agenda geplaatst wordt. In deze context wordt ook verwezen naar actiepunt 1.2 (het opnemen van klimaatadaptatiemaatregelen in de budgettering van het volgend meerjarenplan), en actiepunt 1.3 (het ondertekenen van het vernieuwde Burgemeestersconvenant met meer aandacht voor klimaatadaptatie).</p>	<p><b>Kosten</b> 0 - €</p> <p><b>Impact</b> %</p>



**Actiepunt 1.2 Budgetteren van de investerings- en beheerskosten, en opnemen in de meerjarenplanning****Termijn**  
2020

Het klimaatrobuust maken van de historische binnenstad vergt aanzienlijke inspanningen op vlak van inzet van personeel en middelen. Daarom moet het aanleggen en beheren van de klimaatrobuuste inrichtingen ook een wezenlijk onderdeel uitmaken van de meerjarenbeheer- en onderhoudsprogramma's van de stad. Hiervoor moeten beheersafspraken gemaakt worden tussen de verschillende stadsdiensten en externe actoren, en moeten de nodige budgetten voorzien worden om de nieuwe ontwerpen en het grotere waterplan te realiseren en te laten functioneren.

**Kosten**  
0 - €**Impact**  
% % %

Een eerste en belangrijke stap hierin is het vertalen van de acties onder de categorie "Implementatie" (zie verder) naar concrete locaties, het opstellen van een bijhorende timing en het identificeren van trekkers. Dit is dan ook een actie met absolute prioriteit, die om een vervolgtraject vraagt.

**Actiepunt 1.3 Ondertekenen van het vernieuwde Burgemeestersconvenant****Termijn**  
2020

Stad Brugge ondertekende het (originele) Burgemeestersconvenant op 24 november 2014. Het convenant is een initiatief van de Europese Commissie. Met de ondertekening engageert Brugge zich om op het ganse grondgebied de CO2 uitstoot met minstens 20% terug te dringen tegen 2020. In het kader van het Burgemeestersconvenant stelde Brugge reeds een stedelijk energie-actieplan op waarin werd afgebakend hoe de stad deze ambitieuze doelstelling op vlak van CO2 reductie zal verwezenlijken.

**Kosten**  
0 - € € €**Impact**  
% % %

Sindsdien werd het Europese Burgemeestersconvenant verder aangescherpt: nieuwe ondertekenaars streven naar een reductie van 40% van de broeikasgassen tegen 2030 en het implementeren van klimaatadaptatiemaatregelen om de gevolgen van klimaatverandering op te vangen. Dit laatste is een nieuw element ten opzichte van het originele Burgemeestersconvenant dat Brugge ondertekende. Door het ondertekenen van dit vernieuwd Burgemeestersconvenant kan de Stad Brugge zijn klimaatsdoelstellingen ambitieuzer maken en expliciteren.

Trekker: Dienst Leefmilieu

### **Actiepunt 1.4 Vertalen van het klimaatadaptatieplan naar ruimtelijke plannen.**

**Termijn**  
Continu

Het klimaatadaptatieplan (en daarbij horend waterplan) beschrijft een visie en traject voor het klimaatrobuust maken van de reien, de riolering, straatinrichting en gebouwen. Het is belangrijk om dit plan en bij uitbreiding de principes daarachter verder te vertalen naar en te concretiseren in diverse ruimtelijke plannen voor de binnenstad en de rand. Hierbij moeten niet enkel specifieke maatregelen worden opgenomen, maar ook algemenere, meer principiële en brede bepalen rond klimaatverandering en -adaptatie. Dit moet ontwerpers en ingenieurs aanzetten om klimaatrobuustheid standaard mee op te nemen in hun opdrachten.

**Kosten**  
0 - €

**Impact**  
% %

Deze actie omvat het **onderzoeken** van de onthardingsmogelijkheden bij studies en plannen op perceel niveau en bij het herinrichten van (delen van) straatinrichting. Ontharden is immers een van de belangrijkste klimaatadaptatiemaatregelen: het gaat zowel wateroverlast, droogte als hittestress tegen.

Bij de opmaak van de ruimtelijke deelplannen wordt tevens gestreefd naar het **planjuridisch beschermen van groene ruimtes**, inclusief het onderzoeken van een planschaderegeling.

De **vertaling naar ruimtelijke plannen houdt rekening met het resultaat van andere acties en principes uit het klimaatadaptatieplan**: onder andere de perceelsgebonden normering (Actiepunt 1.6), het maximaal vermijden van het aansnijden van niet-bebouwde ruimte voor nieuwe bebouwing, het maximaal streven naar ontharding (zie studie in deze actie) en het uitbouwen van meer groen (Actiepunten: 4.11 en 4.12 meer groenvoorzieningen en groenblauwe netwerken uitbouwen).

Trekker: Dienst Ruimtelijke Ordening

### **Actiepunt 1.5 : Streven naar hemelwaterneutrale stadsprojecten: vermijden van 95% afstroming** (zie ook actiepunt 1.8).

**Termijn**  
Continu

Met dit actiepunt toont stad Brugge het goede voorbeeld door te streven naar hemelwaterneutraliteit voor alle nieuwe stadsprojecten. In het bijzonder beoogt dit actiepunt dat grotere projecten klimaatadaptief ontworpen en gerealiseerd worden, aangezien deze een belangrijke impact kunnen hebben op het klimaatrobuust maken van ganse wijken.

**Kosten**  
€ €

**Impact**  
% - % %

Concreet streeft Stad Brugge in het kader van dit actiepunt naar het **hergebruiken en infiltreren van 95% van het hemelwater van verharding van gebouwen en bijhorende verharding**. Brugge gaat op die manier verdroging en hittestress tegen, promoot duurzaam watergebruik en versterkt biodiversiteit door meer groen. Om dit te realiseren spoort Stad Brugge alle betrokken ontwerpers aan om op basis van modelberekeningen de hemelwaterneutraliteit van elk project aan te tonen. Stad Brugge onderzoekt hiervoor het gebruik van specifieke berekeningstools (zie ook actiepunt 3.3). Daarnaast neemt de stad ook specifieke (cijfermatige) eisen op in bestekken omtrent duurzaamheidsdoelstellingen, zoals een maximaal toegelaten percentage afstroming naar de riolering of het kunnen voorleggen van ambitieuze gerealiseerde projecten (bijvoorbeeld het ontwerp van waterrobuuste straten).

Trekkers: Dienst Patrimonium, de hoofdcoördinator en trekkers van individuele projecten

### **Actiepunt 1.6 Uitwerken van een (ruimtelijk) normeringsinstrumentarium voor duurzaam hemelwater- en groenbeheer**

Stad Brugge werkt een perceelsgebonden normering uit met oog voor hemelwater- en groenbeheer.

De Gewestelijke Stedenbouwkundige Verordening Hemelwater vormt een goede basis voor **normering rond verharding en hemelwater**. Voor veel percelen zijn er echter extra ingrepen mogelijk met geen of een beperkte bijkomende inspanning die een grote impact hebben op vlak van klimaatadaptatie. Voor percelen die grenzen aan de reien bijvoorbeeld, kan de achterste dakhelft vaak eenvoudig rechtstreeks afgekoppeld worden naar de reien in plaats van een aansluiting te voorzien op de riolering. Ook is dikwijls een afkoppeling van hemelwater mogelijk naar een naburig park, waardoor een aansluiting (van een dakdeel) van hemelwaterafvoer op de riolering niet meer nodig is.

Op vlak van groenbeheer streeft het instrumentarium naar het beschermen en kwalitatief verbeteren van bestaand groen en, waar mogelijk, het uitbreiden van groen. Zo streeft de normering naar het **behoud van minstens 60% van groen bij alle reconversies en nieuwbouwprojecten**.

Concreet wordt in het kader van dit actiepunt een **ruimtelijk instrumentarium uitgewerkt dat de normering voor alle percelen in de Brugge binnenstad vastlegt op basis van objectieve criteria**. Vooral bij grote percelen of percelen gelegen op strategische locaties (langs de reien, stadskwartieren met beperkt publiek groen, ...) kunnen bijkomende normen opgelegd worden. De normering wordt gespecificeerd per perceelstype (naar grootte, ligging, ...).

De stad geeft het goede voorbeeld bij eigen projecten. Het herbestemmen van de school in de **Sint-Jorisstraat** wordt gekoppeld aan de aanleg van een collectieve hemelwaterput, en bij de **reconversie van de stadsdrukkerij** worden onthardingseisen opgelegd. Op termijn kan ook de subsidieregeling van de stad afgestemd worden op dit ruimtelijk instrumentarium.

Trekker: Cluster Openbaar Domein en DRO voor wat betreft hun eigen beleidsdomeinen .

**Kosten**  
€ €

**Impact**  
% % %

### **Actiepunt 1.7 Uitbouwen van handhaving**

Stadsdiensten bemerken nu reeds dat het niet eenvoudig is om de voorschriften in de verschillende beleidsinstrumenten in de praktijk te controleren en te handhaven. In de toekomst zal de complexiteit van en nood aan handhaving nog toenemen door de scherpere eisen en strengere regelgeving. Stad Brugge bekijkt daarom via dit actiepunt hoe handhaving verder uitgebouwd kan worden, en welke externe actoren hierbij betrokken kunnen worden. Voor riolerings-afkoppelingsprojecten op privéterrein is bijvoorbeeld een nauwere samenwerking met VLARIO mogelijk. Daarnaast kan het aanwerven van een handhavingsambtenaar de uitbouw van handhaving versterken.

Naast het uitbouwen van handhaving is het nog belangrijker om in te zetten op positief sensibiliseren rond klimaatadaptatie, en de opgelegde eisen duidelijk te kaderen. Daarom zet dit plan ook sterk in op communicatie en sensibilisering (zie §4.5 met verschillende acties).

Trekker: Cluster omgeving

**Termijn**  
Lange  
termijn

**Kosten**  
€ € €

**Impact**  
% - % %

**Actiepunt 1.8 Gemeentelijke verordening**

"Screening van de stedenbouwkundige verordening op het vlak van klimaatadaptatieve maatregelen en waar nodig aanpassingen doorvoeren".

Trekker: Cluster omgeving

**Kosten**  
0 -€

**Impact**  
% - % %

**Actiepunt 1.9 Bijsturen van bestaand premiestelsel woondienst**

Het eerder goedgekeurde Klimaatplan Brugge beoogt de volledige heroriëntering van het premiestelsel in de stad Brugge. Het vorige stelsel dat gebaseerd is op renovatie werd/wordt herwerkt in een nieuw stelsel. Het Klimaatplan Brugge streeft naar een klemtoon op energiereductie, maar daarnaast moeten ook aspecten rond klimaatadaptatie meer aandacht krijgen. Concreet gaat dit om afkoppeling van het hemelwater van de riolering (bijvoorbeeld naar infiltratie, reien), het vermijden of ontharden van verharding, het inzetten op hemelwaterhergebruik, het voorzien van groendaken of gevelgroen, het uitbouwen van passieve koeling, etc. Een voorbeeld van een aanpassing aan het premiestelsel is het enkel kunnen toekennen van premies indien het goed maximaal afgekoppeld is.

Trekker: Woondienst

**Termijn**  
2020

**Kosten**  
0 - €

**Impact**  
% - % %

**Actiepunt 1.10 Promoten van regenwaterhergebruik bij stadsdiensten**

De historische binnenstad van Brugge is voor een zeer groot deel verhard, waarvan hellende daken een belangrijk deel van uitmaken. Dergelijke hellende daken met pannen zijn uitermate geschikt om hemelwater op te vangen, en vervolgens te hergebruiken. Dit creëert de opportuniteit om in de binnenstad duurzaam hemelwaterhergebruik sterk uit te bouwen, en minder afhankelijk te worden van (schaars) drinkwater.

Met dit actiepunt toont Stad Brugge alvast het goede voorbeeld, en zet de stad in op het promoten van hergebruik bij stadsdiensten. Concreet houdt deze actie in dat elke stadsdienst de mogelijkheden onderzoekt om (meer) hemelwater te hergebruiken, locaties identificeert waar nieuwe collectieve hemelwaterputten gebouwd kunnen worden, een praktisch kader creëert dat collectief hergebruik over verschillende stadsdiensten mogelijk maakt (bijvoorbeeld voor de cluster openbaar domein en evenementen), en consequent hemelwaterputten voorziet bij nieuwe projecten die een doorgedreven (collectief) hergebruik mogelijk maken.

De stad geeft alvast het goede voorbeeld door het bouwen of herstellen van hemelwaterputten aan gebouwen (zie Actiepunt 4.1).

Trekker: Dienst Patrimonium

**Termijn**  
Continu

**Kosten**  
€

**Impact**  
%

**Actiepunt 1.11 Afstemmen van noodplanning op klimaatverandering**

Klimaatverandering brengt meer wateroverlast en hittestress. De klimaatrisicostudie van de historische binnenstad van Brugge brengt nieuwe inzichten in de mogelijke impact van klimaatverandering op vlak van wateroverlast en hittestress. De bestaande noodplanning van Stad Brugge wordt hieraan aangepast.

Trekker: Noodplanningsambtenaar

**Termijn**  
continu

**Kosten**  
0 - €

**Impact**  
%

**Actiepunt 1.12 Aanwerven van waterexpert**

Het aanwerven van een waterexpert kan de Stad Brugge op verschillende manieren helpen bij het klimaatrobuust maken van de stad. De waterexpert kan een belangrijke rol spelen bij het verwezenlijken van klimaatadaptatiemaatregelen gelinkt aan water, zoals bijvoorbeeld het coördineren van afkoppelingsprojecten van stadsgebouwen, het uitbouwen van hemelwaterhergebruik, of het uitwerken van de beoogde perceelsgebonden normering. De functie van deze waterexpert is dan ook in de eerste plaats het coördineren en uitvoeren van projecten vanuit de stad en het uitwerken van klimaatadaptatiemaatregelen rond water in het beleid.

Trekkers: Cluster Openbaar Domein, Dienst Leefmilieu, Dienst Patrimoniumbeheer en DRO

**Termijn**  
2020-2025

**Kosten**  
€ €

**Impact**  
% - % %

## 4.2 Kennisopbouw klimaatverandering en -impacten

Klimaatverandering kan grote gevolgen hebben voor de maatschappij. Het is daarom belangrijk om de impact van klimaatverandering op de Brugse binnenstad goed in te kunnen inschatten. De klimaatrisicostudie onderzocht alvast de mogelijke impact op wateroverlast, droogte en hittestress. Deze analyse gaat uit van modelsimulaties die bovendien de langere termijn onderzoeken, en zijn bijgevolg onzeker. Daarom is het minstens zo belangrijk om ook via monitoring te bepalen wat de concrete impacten van klimaatverandering zijn. Door in beeld te brengen wat de belangrijkste impacten en kwetsbaarheden zijn, en over welk adaptief vermogen de binnenstad nu reeds beschikt, kunnen we een gepast klimaatadaptatiebeleid uitstippelen.

### **Actiepunt 2.1 Installeren van een automatisch meetnet op overstorten op de reien**

**Termijn**  
2020-2025

De Brugse reien zijn een uniek en kostbaar gegeven in de binnenstad. Klimaatverandering heeft echter verschillende negatieve impacten op de waterkwaliteit en -beschikbaarheid van de Brugse reien, wat onder andere zwemmen op de reien of rondvaarten bedreigt. Concreet zal de waterkwaliteit afnemen door de toename van de temperatuur, en kan er minder water ingenomen worden vanuit de omliggende kanalen. Bovendien brengt klimaatverandering hevigere neerslagbuien, waardoor de overstorten van de riolering vaker en langer in werking zullen treden. Ook dit heeft een grote negatieve impact op de waterkwaliteit van de reien, aangezien de meeste overstorten nog gemengd rioleringswater lozen.

**Kosten**  
€ - € €

**Impact**  
%

Cluster Openbaar Domein (Wegendienst) van Brugge bemeet een groot deel van de rioleringsoverstorten nu reeds via een eenvoudig systeem en het Stadslabo meet de waterkwaliteit in de reien ter hoogte van de overstorten. Samen zoeken ze op basis van deze meetgegevens continu naar oplossingen om de overstortwerking te verminderen. Aangezien de overstortwerking in de toekomst een nog grotere problematiek wordt, is het automatiseren van dit meetnet een belangrijk instrument in het verminderen van de overstortwerking, en zo het klimaatrobuust maken van de reien. Concreet is het de bedoeling een automatisch meetnet uit te bouwen dat niet alleen de frequentie van overstorten meet, maar ook een inschatting geeft van de hoeveelheid overgestort water. Dit laat toe om de problematiek beter in kaart te brengen, en maakt het mogelijk om meer gerichte maatregelen te ondernemen.

Trekker: Stadslabo

**Actiepunt 2.2 Installeren van een automatisch meetnet van de waterkwaliteit****Termijn**  
2020-2025

Aansluitend op Actiepunt 2.1 streeft Stad Brugge naar de uitbouw van een automatisch meetnet van de waterkwaliteit van de Brugse reien, maar ook de omliggende kanalen. Het Stadslabo onderzoekt nu reeds de waterkwaliteit van de waterlopen op basis van staalnames (onder andere ter hoogte van riooloverstorten), maar een meer uitgebreid en automatisch meetnet biedt meer mogelijkheden. Dergelijk meetnet kan helpen om kwetsbaarheden beter in kaart te brengen, zoals bijvoorbeeld de opkomst en groei van blauwalgen. Het meetnet kan ook gebruikt worden om preciezer te bepalen wanneer er nog water ingekomen kan worden vanuit de kanalen, en biedt ondersteuning bij het uitstippelen van het beleid. Maar daarnaast kan een automatisch meetnet ook gekoppeld worden aan communicatiecampagnes naar burgers toe. Zo kan de burger zelf de actuele "gezondheid" zien van de Brugse reien (bijvoorbeeld via een website, of via infopanelen in het straatbeeld, ...), wat bijdraagt aan sensibilisering en bewustwording. De opkomst van nieuwe en goedkopere waterkwaliteitssensoren maakt dergelijk meetnet tegenwoordig praktisch realiseerbaar.

**Kosten**

€ €

**Impact**

%

Trekker: Stadslabo**Actiepunt 2.3 Verbeteren van het zelfreinigend vermogen van de reien****Termijn**  
Continu

Gelet op de langere droge periodes (waardoor minder "zuiver" water ingenomen kan worden naar de reien), de toenemende temperatuur en de verwachte stijging van het aantal overstortgebeurtenissen van rioleringen naar de reien, is het van belang dat het zelfreinigend vermogen van de reien hersteld wordt. Dit actiepunt verbetert het zelfreinigend vermogen via onderzoek naar en implementatie van, onder andere, een actief vis- en watervogelpopulatiebeheer, gerichte inzet van waterplanten, oeverbeheerprojecten en exotenbestrijding.

**Kosten**

€

**Impact**

%

Onderzoek van INBO in 2018 toonde aan dat het wellicht beter en beter gaat met het visbestand in de Brugse reien, maar bracht ook aan het licht dat tienduizenden Chinese wolhandkrabben er hun thuis hebben. Klimaatverandering maakt het dergelijke exoten vaak gemakkelijker, terwijl het een bedreiging kan vormen van de inheemse waterfauna en -flora. Ook Blauwalgen zullen vaker en langer voorkomen, zoals reeds waargenomen in de Brugse binnenstad in de zomers van 2017 en 2018. Blauwalg vormt een gevaar voor de zwanen, ganzen en eenden die in de reien leven, en verhindert zwemmen in de reien in de zomer. Dit actiepunt richt zich daarom op het vermijden en bestrijden van dergelijke exoten en plagen, en sluit hierbij aan op Actiepunt 2.5 waarin exoten systematisch geïnventariseerd worden. Voor blauwalgen kan bijvoorbeeld de effectiviteit van ultrasone behandeling (wordt nu reeds getest door het Stadslabo van Brugge) fosforbinder (Phoslock), vlokmiddelen, behandeling met waterstofperoxide en een actief beheer van het visbestand onderzocht worden. Voor de bestrijding van de Chinese Wolhandkrab kunnen sleuven voorzien worden om krabben te vangen, zoals recentelijk zeer succesvol getest werd door de VMM in Grobbendonk. Concreet wordt daarom de bouw onderzocht van dergelijke sleuf op plaatsen waar water ingenomen wordt naar de reien.

Trekker: Cluster Openbaar Domein

### **Actiepunt 2.4 Opzetten van een mobiel meetnet voor hittestress/luchtkwaliteit/...**

Klimaatverandering zorgt voor warmere temperaturen, en brengt op die manier meer hittestress. Hoewel de reien, groen en parken zorgen voor verkoeling, zijn vele smalle historische straten in de Brugse binnenstad kwetsbaar voor hittestress. Het opzetten van een (eenvoudig) mobiel net voor het meten van temperatuur en hittestress kan op verschillende manieren nuttig zijn. Door het meten van de temperatuur in verschillende straten worden de meest kwetsbare locaties in kaart gebracht. Ook kunnen metingen voor en na ingrepen, zoals het voorzien van groen, duidelijk maken welke strategie het beste is. Daarnaast kan een mobiel meetnet voor hittestress ingeschakeld worden om mensen bewust te maken van de problematiek, en hen op die manier aansporen om zelf actie te ondernemen.

Trekker: Stadslabo

**Kosten**

€

**Impact**

%

### **Actiepunt 2.5 Inventariseren van wateroverlast en andere klimaatimpacten**

Door klimaatverandering komen extreme buien vaker voor, met meer wateroverlast als gevolg. De klimaatrisicostudie toonde dat in de laatste 10 jaar er geen extreme buien gevallen zijn boven de historische binnenstad, waardoor er slechts weinig meldingen zijn van structurele wateroverlast. Toch is het belangrijk om te starten met een structurele inventarisatie van alle gemelde wateroverlast op het ganse Brugse grondgebied. Dergelijke info is bijzonder waardevol voor het valideren van simulatiemodellen, die dan weer aan de basis liggen van een gericht beleid tegen wateroverlast. Het is zeer nuttig om ook andere klimaatimpacten, zoals droogteverschijnselen en de opkomst van exoten, stelselmatig bij te houden.

Stad Brugge werkt via dit actiepunt een systeem uit voor het inventariseren van wateroverlast en andere klimaatimpacten. Ontsluiting in een GIS-omgeving, aanduiding van exact moment van waarneming en (in geval van wateroverlast) de vermoedelijke oorzaak worden hierbij opgenomen.

Trekkers: Noodplanningsambtenaar en de brandweer.

**Termijn**  
continu

**Kosten**

€

**Impact**

%



## 4.3 Kennisopbouw klimaatadaptatie

Klimaatadaptatie is een relatief nieuw thema. De grote principes van klimaatadaptatie zijn vaak wel gekend (zoals uitgebreid beschreven in Hoofdstukken 1 en 2), maar er rijzen nog veel vragen: welke maatregelen zijn het meest kosteneffectief? Wat met het beheer van maatregelen op lange termijn? Wat zijn de technische randvoorwaarden voor een goede uitvoering? Kennisopbouw is dan ook een belangrijke schakel in het proces om de binnenstad klimaatrobust te maken.

Deze kennisopbouw is onderverdeeld over 3 thema's:

- Kennisopbouw bij stadsdiensten
- Toegepast studiewerk
- In kaart brengen van opportuniteiten en noden rond klimaatadaptatie

Voor elk van deze thema's werden acties geselecteerd.

### 4.3.1 Kennisopbouw stadsdiensten

#### **Actiepunt 3.1 Verderzetting van de kennisuitbouw rond klimaatadaptatie bij stadsdiensten**

De stad breidt voortdurend haar kennis uit rond de impact van klimaatverandering en mogelijke adaptatiemaatregelen. De stadsdiensten nemen deel aan interne en externe workshops en volgen opleidingen, en de stad participeert actief in ambitieuze Europese projecten (bijvoorbeeld Water Resilient Cities). Deze initiatieven worden allen verdergezet om de kennis verder uit te bouwen. Daarnaast verbindt Stad Brugge zich ertoe regelmatig interne vormingsmomenten te voorzien, die afgestemd zijn op de noden en werking van de betrokken diensten. In het bijzonder is er extra aandacht nodig voor nieuwe technische tools die ontwikkeld worden, zodat de Stad de gewenste tools ook in de operationele werking kan opnemen.

Trekker: Dienst Leefmilieu, Strategische cel.

**Termijn**  
Continu

**Kosten**  
€

**Impact**  
%

### **Actiepunt 3.2 Versterken van de interne communicatie en samenwerking rond klimaatadaptatie**

Het klimaatrobuust maken van Stad Brugge lukt enkel als alle stadsdiensten samenwerken en op de hoogte zijn van elkaars projecten. Afstemming tussen de verschillende stadsdiensten is cruciaal om win-wins te identificeren over de verschillende beleidsdomeinen heen (zoals bijvoorbeeld het inschakelen van een groene zone of speeltuin als tijdelijke waterbuffer bij extreme neerslag).

Stad Brugge stimuleert samenwerking en kennisuitwisseling door technische vorming (zie ook Actiepunt 3.1), maar ook door onder andere het Intranet van Stad Brugge te gebruiken, lunchgesprekken te organiseren, of workshops of werkgroepen op te zetten. Hierbij werken verschillende stadsdiensten samen rond een concreet gepland project of uitdaging, en brengt elk vanuit hun eigen expertise kennis en oplossingen aan. Daarnaast worden meer ludieke acties georganiseerd, zoals bijvoorbeeld een wandel- of fietstocht langs klimaatadaptatieprojecten van de stad. Deze wandel- of fietstocht kan bijvoorbeeld aangeboden worden als keuzeactiviteit op de sportdag, of op vraag als dienst- of teamactiviteit. Op die manier worden de inspanningen van de stad en aandachtspunten bij het ontwerp en uitvoering van maatregelen zichtbaarder en concreter gemaakt, en wordt de synergie tussen stadsdiensten versterkt.

Trekker: Dienst Leefmilieu

**Termijn**  
Continu

**Kosten**  
€

**Impact**  
% %

### **Actiepunt 3.3 Opnemen van een rekeninstrument om gebouwen en terreinen hemelwaterneutraal in te richten**

Stad Brugge streeft met Actiepunt 1.5 naar een hemelwaterneutrale inrichting van stadsprojecten. Concreet schuift dat actiepunt naar voren dat 95% van het hemelwater nuttig gebruikt moet worden, of kan infiltreren. Om dit te realiseren en te evalueren is een rekeninstrument nodig. In binnen- en buitenland werden recent tools gelanceerd die dit mogelijk maken (bijvoorbeeld Sirio, dat ook bij het opstellen van het klimaatadaptatieplan gebruikt werd). Via dit actiepunt onderzoeken de stadsdiensten of dergelijke tool opgenomen kan worden voor het ontwerpen en evalueren van stadsprojecten. De tool kan vervolgens gebruikt worden door de stadsdiensten zelf en/of externe studie bureaus. Op die manier wordt verzekerd dat de doelstelling van hemelwaterneutraliteit behaald wordt, en kunnen bestaande gebouwen en installaties geëvalueerd en verbeterd worden, vaak mits kleine ingrepen.

Trekkers: Dienst Patrimonium, Cluster Openbaar Domein

**Termijn**  
continu

**Kosten**  
€

**Impact**  
% %

## 4.3.2 Toegepast studiewerk

**Actiepunt 3.4 Studie naar het verminderen van riooloverstorten door aangepaste pompregeling of ophogen van overstortmuren**

Het verminderen van de werking van (gemengde) riooloverstorten naar de Brugse reien en kanalen is belangrijk om een goede waterkwaliteit te realiseren en behouden. Recentelijk werd de pompregeling in de riolering aangepast langs de Sint-Annarei, wat geleid heeft tot een sterke afname van het aantal overstorten. Kort bij de Coupure werd een overstortmuurtje opgehoogd, zodat de overstort minder snel in werking treedt. Ook deze maatregel was succesvol. Via dit actiepunt wordt onderzocht of riooloverstorten verder verminderd kunnen worden door andere pompregelingen aan te passen, of door nog meer overstortmuren op te hogen. Dit klimaatadaptieplan heeft reeds een structurele (gelijkmatige) verhoging van alle overstorthoogtes onderzocht en de impact op overstortwerking gekwantificeerd, maar een meer individuele aanpak is nodig voor een optimaal resultaat. Belangrijk hierbij is om de wateroverlastrisico's ook te beschouwen, aangezien het verhinderen (of bemoeilijken) van overstorten leidt tot een hogere belasting van de riolering. In die context is ook een debat wenselijk over de risico's rond wateroverlast versus verminderde overstortwerking.

Trekker: cluster Openbaar Domein

**Termijn**  
continu

**Kosten**  
€

**Impact**  
% - % %

### **Actiepunt 3.5 Opmaak van een meer gedetailleerd waterbalansmodel om scenario's uit te werken**

#### **Termijn**

Lange termijn

#### **Kosten**

€

#### **Impact**

% - % %

De zomers van 2017, 2018 en 2019 maakten duidelijk dat water ook in Vlaanderen een schaars goed is. Deze studie identificeerde verschillende concrete uitdagingen rond droogte voor de binnenstad. Het zelfvoorzienend maken van de reien op vlak van waterkwantiteit (en -kwaliteit) is daarbij een belangrijk streefdoel (zie ook het waterplan §**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**, p.**Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**). Om de vooruitgeschoven acties verder te concretiseren, is een meer gedetailleerde waterbalansmodel nodig. Dit model kan de waterbeschikbaarheid (en bij uitbreiding de waterkwaliteit) simuleren op de Brugse binnenwateren, omliggende (open) waters en buffers. Op basis van dat model worden onderstaande 3 elementen geconcretiseerd.

Ten eerste brengt de studie mogelijke bronnen, opslaglocaties en "verbruikers" (zowel natuurlijk als antropogeen) van water in kaart. Op die manier worden vraag en aanbod in de binnenstad beter op elkaar afgestemd. Actie 3.6 (het in kaart brengen van historische waterputten) en Actie 3.7 (het in kaart brengen van alternatieve waterbronnen en promoten van circulair watergebruik) vormen hierbij een onderdeel.

Ten tweede worden specifieke ingrepen in meer detail onderzocht, zoals het bouwen van bijkomende stuwen rond het Minnewater. Het Minnewater is een groot volume water gelegen tussen de vesten en de Brugse binnenreien. Aangezien de waterbeschikbaarheid en -kwaliteit van de reien vermindert door klimaatverandering, kan het nuttig zijn om het Minnewater als strategische waterbuffer in te schakelen. Concreet wordt hierbij onderzocht of door de bouw van bijkomende stuwen of de heraanleg van bestaande stuwen in de omgeving van de Poertoren, het Minnewater en eventueel de binnenvestingsgrachten afgesloten kunnen worden van de omliggende kanalen en kan dienen als buffer van relatief zuiver water. Op die manier kan water van relatief goede kwaliteit in het voorjaar ingenomen worden in het Minnewater en de binnenvestingsgrachten, en vervolgens geloosd worden in de reien. Eventueel kan ook een natuurlijke waterzuivering uitgebouwd worden op het Minnewater. Zo kan kanaalwater van lage kwaliteit verzameld worden in het Minnewater (zoals nu de situatie effectief is in de zomer), waarna dit op natuurlijke wijze gezuiverd wordt om vervolgens te lozen op de binnenreien. Nauw overleg met de dienst onroerend erfgoed is essentieel om te verzekeren dat de onderzochte scenario's realiseerbaar en inpasbaar zijn in de huidige omgeving.

Ten derde wordt op basis van dit model de impact van klimaatverandering op grondwater meer gedetailleerd in kaart gebracht. Hierbij worden ook de brede gevolgen van grondwaterveranderingen t.g.v. het wijzigend klimaat gekwantificeerd.

Trekker: Cluster Openbaar Domein (coördinatie van een eventuele externe studie)

### 4.3.3 In kaart brengen van opportuniteiten en noden

#### **Actiepunt 3.6 In kaart brengen van bestaande waterputten**

Sinds de middeleeuwen heeft de Brugse bevolking stelselmatig waterputten aangelegd om zelfvoorzienend te zijn. Hoogtepunt hierbij was de uitbouw van een ingenieus ondergronds waternet bestaande uit waterputten, moerbuizen en publieke fonteinen. Dit netwerk voorzag de ganse bevolking van water. Recent werd nog zo'n put gevonden bij de graafwerken in de Ganzenstraat. De start van de bouw van dit netwerk dateert alleszins van voor 1280.

**Kosten**  
€

**Impact**  
% %

Vandaag zijn veel van deze putten vergeten, maar bestaan ze nog steeds. Deze actie tracht de bestaande (historische en recente) waterputten grotendeels in kaart te brengen, en locaties te identificeren waar het gebruik van dergelijke historische putten hersteld kan worden voor privaat en/of publiek gebruik. De actie richt zich prioritair op hemelwaterputten op eigen terrein. Met het herstel van putten aan stadsgebouwen of onder de openbare weg kan Brugge het goede voorbeeld tonen, en bovendien het historisch en ingenieus Brugs watersysteem in de verf zetten. Dit actiepunt zorgt dus voor een meer bewust en duurzaam gebruik van hemelwater, en kan via een communicatiecampagne anderen aanzetten tot actie en tegelijk het uniek historische karakter van de stad uitspelen.

De Dienst Monumentenzorg en Erfgoedzaken beschikt over historisch kaartmateriaal dat als aanzet voor dit actiepunt gebruikt kan worden. De figuur hieronder toont bijvoorbeeld een knipsel uit de kaart Bronwaterputten uit 1895. Vermoedelijk zijn er in realiteit nog veel meer historische bron- en regenwaterputten dan vervat in deze kaarten.



Figuur 54. Knipsel uit de Kaart Bronwaterputten (1895).

**Trekkers:** Dienst Patrimonium, Dienst Erfgoed

### **Actiepunt 3.7 In kaart brengen (en gebruiken) van alternatieve waterbronnen en promoten van circulair watergebruik**

De stadsdiensten en lokale actoren gebruiken voor hun dagelijkse werking nog vaak kostbaar leidingwater. Voor veel toepassingen is dergelijke hoge kwaliteit echter niet nodig. Deze actie richt zich op het in kaart brengen van alternatieve waterbronnen, zoals het effluent van industrieën of de RWZI, hemelwaterputten, bufferbekkens, ... Mogelijke voorbeelden in de historische binnenstad zijn effluentwater uit de productieprocessen van brouwerij De Halve Maan of de industrie Genencor, en water van grote verharde oppervlaktes. Deze actie wordt niet enkel voor de historische binnenstad uitgevoerd, maar ook voor de randgebieden en in het bijzonder waar veel industriële activiteiten zijn. Daar zijn immers vaak de grootste opportuniteiten: grote dakoppervlaktes om water van te capteren en te gebruiken in de landbouw of andere productieprocessen, of water uit industriële processen. Deze actie richt zich niet enkel op de waterkwantiteit (het beschikbaar hebben van water), maar ook op de recuperatie van eventuele stoffen in of warmte van het water.

Trekkers: Cluster Openbaar Domein (waterexpert), Dienst Leefmilieu

**Kosten**

€

**Impact**

%

### **Actiepunt 3.8 In kaart brengen van de klimaatrobuustheid van stadsgebouwen**

Veel gebouwen in eigendom van de stad hebben een historisch karakter, maar zijn hierdoor nog niet klimaatrobuust: ze zijn bijvoorbeeld kwetsbaar voor hittestress door een beperkte isolatie, hebben geen regenwaterrecuperatiesysteem, of voeren nog al het regenwater af naar de riolering in plaats van naar infiltratievoorzieningen of rechtstreeks naar de reien. Deze actie spitst zich toe op het onderzoeken van de klimaatrobuustheid van stadsgebouwen en linkt hierbij oa de instrumenten en doelstellingen uit 2 andere actiepunten: het promoten van hergebruik van regenwater bij de stadsdiensten (Actiepunt 1.10) en het in kaart brengen van bestaande hemelwaterputten doorheen de stad (Actiepunt 3.6). Uit deze inventarisatie wordt een prioritering opgesteld, en worden acties ondernomen bij minstens 20 stadsgebouwen (zie Actiepunten 4.1 en 4.5).

Trekker: Dienst Patrimonium

**Kosten**

€

**Impact**

%

## 4.4 Implementatie en activering

Het realiseren van een klimaatresistente maatschappij en samenleving zal vermoedelijk een werk van lange adem zijn. Dit neemt echter niet weg dat men nu al acties in de goede richting kan ondernemen. Indien de gekozen maatregelen van het 'no-regret' principe zijn, zullen ze nu reeds een positief effect hebben en direct bijdragen aan klimaatadaptatie. Via het opstarten van demonstratieprojecten kunnen de principes van klimaatadaptatie bekend worden bij de bevolking, stijgt de bewustwording en worden eigen initiatieven opgestart. Deze vierde pijler bespreekt praktische zaken die gerelateerd zijn aan de implementatie van adaptatiemaatregelen en stelt mogelijke pilootprojecten voor.

Om te slagen in een klimaatresistente maatschappij moet adaptatie een wezenlijk onderdeel worden van elk planningsproces op kleine of grote schaal. Het is onbegonnen werk om het komende decennium alles om te gooien en overal grootschalige werken te gaan uitvoeren. Men moet eerder gebruik maken van opportuniteiten en kansen, zoals het heraanleggen van pleinen of het grondig renoveren van gebouwen, om tegelijkertijd de principes van klimaatadaptatie toe te passen. Dit beperkt de meerkost van de maatregelen, levert nu al voordelen op en zorgt ervoor dat investeringen van nu ook klimaatrobuste investeringen voor de toekomst zijn. Infrastructuur die nu gebouwd wordt, zal namelijk nog vele decennia moeten meegaan.

### 4.4.1 Stadspatrimonium

Stad Brugge beheert een uitgebreid patrimonium in de binnenstad. **De stad maakt via grotere renovatieprojecten het patrimonium "water resiliënt" en duurzaam, en waarborgt dat grote nieuwbouwprojecten frontrunner zijn op vlak van klimaatadaptatie in Vlaanderen.** Telkens wordt hemelwater in totaliteit bekeken (ontharden, inzetten op opvangen en hergebruik van regenwater, infiltreren van hemelwater of aansluiten op de reien en kanalen). Tegelijk worden ook andere aspecten op vlak van duurzaamheid en klimaatrobustheid meegenomen, zoals bijvoorbeeld het uitbouwen van passieve koeling, het reduceren van energieverbruik, etc. Via dergelijke totale benadering kunnen werken (aan de gebouwen, maar ook met het openbaar domein) beter afgestemd worden op elkaar. Dit leidt tot efficiëntiewinsten en besparingen, en finaal een hogere klimaatrobustheid. Vanzelfsprekend worden ook quick-wins opgespoord en uitgewerkt, zoals het voorzien van infiltratiestroken in plaats van afwatering naar rioleringen.

Leidraad bij het realiseren van deze ambitie zijn onder andere de **beleidsinstrumenten** opgenomen in dit actieplan onder §4.1:

- Actiepunt 1.5: "hemelwaterneutrale stadsprojecten": in het ontwerp moet aangetoond worden dat minstens 95% van het hemelwater van gebouwen hergebruikt, geïnfiltreerd of rechtstreeks in de reien geloosd moet worden. Maximaal 5% van het regenwater mag afgevoerd worden via de riolering.
- Actiepunt 1.10: Promoten van regenwaterhergebruik bij stadsdiensten, waarbij elke dienst de mogelijkheden voor duurzaam watergebruik (inclusief regenwaterhergebruik) bekijkt.

Deze ambities worden vertaald in onderstaande actiepunten (actiepunten 4.1-4.5). Concrete grotere **renovatieprojecten** waar deze acties geïmplementeerd worden zijn onder andere:

- Renovatie van het conservatorium in de Sint-Jakobsstraat
- Restauratie van het Belfort
- Renovatie van het gemeentehuis (Sint-Andries)
- Renovatie van het voormalig politiegebouw tot veiligheids-campus (Coiseaukaai, Sint-Pieters)
- Renovatie van de voormalige kaarsenfabriek tot Erfgoeddepot (Kleine Pathoekeweg, Sint-Pieters)

### **Actiepunt 4.1 Bouwen of herstellen van hemelwaterputten aan stadsgebouwen**

**Termijn**  
continu

Stad Brugge promoot duurzaam watergebruik. De historische binnenstad van Brugge biedt zeer veel opportuniteiten om hemelwater te hergebruiken en op die manier kostbaar drinkwater te besparen. Zo kunnen daken aangesloten worden op nieuw te bouwen hemelwaterputten, of historische hemelwaterputten opnieuw in gebruik genomen worden. Dit laatste sluit naadloos aan op Actiepunt 3.6, waarin de bestaande historische waterputten doorheen de stad in kaart worden gebracht.

**Kosten**  
€ €

**Impact**  
%

Met dit actiepunt streeft Stad Brugge naar het bouwen of herstellen van hemelwaterputten stadsgebouwen, en het nuttig gebruiken van het opgevangen water.

Trekker: Dienst Patrimonium

### **Actiepunt 4.2 Afkoppeling van verharding van stadsgebouwen van de riolering ( zie ook actie 1.8)**

**Termijn**  
continu

Stad Brugge streeft naar het maximaal afkoppelen van verharding (zoals daken, parkings, terreinverharding, ...) van stadspatrimonium van de riolering. Hierdoor wordt het rioleringssysteem veel minder sterk belast tijdens extreme buien (met minder wateroverlast als gevolg). Afhankelijk van de manier van afkoppelen worden bijkomende voordelen gecreëerd. Afkoppeling kan vaak zeer eenvoudig gerealiseerd worden naar groen (infiltratie) of de reien.

**Kosten**  
€ €

**Impact**  
%

De historische binnenstad beschikt over veel (o.a. kleinschalig) groen. Zeer vaak kan door eenvoudige ingrepen verharding afgekoppeld worden van de riolering, en afwateren naar groen. Wanneer het groen 5 à 10 cm lager wordt aangelegd dan het omliggend oppervlak, kan dit volume (afhankelijk van de aangesloten oppervlakte) zeer grote buien volledig opvangen. Op die manier wordt de riolering minder belast met minder wateroverlastrisico's als gevolg, maar het groen gaat door de infiltratie ook verdroging tegen en zorgt voor afkoeling. Stad Brugge streeft met dit actiepunt naar het toepassen van dit systeem bij alle nieuwe stadsgebouwen en renovatieprojecten van stadspatrimonium.



Figuur 55: Voorbeeld van mogelijke afkoppeling van regenwaterpijpen naar groen.

Trekker: Dienst Patrimonium



### **Actiepunt 4.3 Voorzien van minstens 5.000 m<sup>2</sup> groenblauwe daken**

Stad Brugge streeft naar het bouwen van groenblauwe daken waar mogelijk, met het nodige respect voor de erfgoedvoorschriften (maatwerk noodzakelijk). Enkel bestaande platte daken bieden hiervoor opportuniteiten aangezien het dakenlandschap met hellende daken in de UNESCO zone één van de kenmerken zijn in de statement of outstanding values.

Groenblauwe daken zijn zeer vergelijkbaar met gewone groendaken, maar beschikken over een waterbufferende laag onder het eigenlijke groendak. Hierdoor kan water opgevangen worden onder het groendak, en kan dit terug opgenomen worden door de planten. Hierdoor kunnen planten langere droge periodes overleven, kan er meer water verdampen wat zorgt voor afkoeling, en door de berging neemt de kans op wateroverlast in de ontvangende riolering af. Daarnaast wordt ook de uitbouw van groenblauwe daken op niet-stadsgebouwen gepromoot (onder Actiepunt 4.16 en Actiepunt 5.6).

Trekker: Dienst Patrimonium

**Termijn**  
2020-2030

**Kosten**  
€ €

**Impact**  
%

### **Actiepunt 4.4 Uitbouwen van ondergrondse infiltratievoorzieningen**

Indien er geen opportuniteiten zijn om verharding af te koppelen naar bovengrondse infiltratievoorzieningen (zoals groen) of de reien, wordt bij nieuwbouw en renovatie ingezet op ondergrondse infiltratievoorzieningen. Op die manier kan de stad alsnog de doelstelling van 95% hemelwaterneutraliteit halen voor elk project (zie ook Actiepunt 1.5).

Stad Brugge voorziet het nieuwe **beurs- en congresgebouw** een ondergrondse infiltratievoorziening (infiltratieriolering) van minstens 50.000 liter, met een nuttige infiltratieoppervlakte van 143 m<sup>2</sup>. Berekeningen tonen aan dat hierdoor 98% van het hemelwater van het beurs- en congresgebouw lokaal zal hergebruikt worden of infiltreren. Bijgevolg moet slechts 2% van de neerslag (een deel van de meest extreme buien) afgevoerd moeten worden via de riolering. Deze maatregel gaat verdroging tegen.

Trekker: Cluster Openbaar Domein

**Termijn**  
Continu

**Kosten**  
€ € €

**Impact**  
%

### **Actiepunt 4.5 Uitbouwen van passieve koeling op stadsgebouwen**

De historische gebouwen in Brugge hebben vaak beperkte isolatie, en zijn daardoor minder goed bestand tegen hittestress. Aansluitend op Actiepunt 3.8 (inventarisatie van de klimaatrobustheid van het stadspatrimonium) worden gebouwen in beheer van de stad geselecteerd waar passieve koeling voorzien wordt. Dit kan gaan om isoleren, esoleren (isolatie voorzien langs de buitenkant en integreren in de gevel) cfr collegebeslissing 2015\_CBS\_01300, tot het uitbouwen van groen in de onmiddellijke omgeving van het gebouw.

Trekker: Dienst Patrimonium

**Termijn**  
Continu

**Kosten**  
€ € €

**Impact**  
%

#### 4.4.2 Inrichting openbare ruimte en parkings

### **Actiepunt 4.6 Afkoppelen van minstens 20.000 m<sup>2</sup> verharding van parkings en straten naar de reien**

**Termijn**  
2020-2030

**Kosten**  
€ €

**Impact**  
% % %

De Brugse reien vormen een unieke kans om grote verharde oppervlaktes af te koppelen van de riolering, zonder nood aan een volledig gescheiden stelsel. Stad Brugge streeft naar het afkoppelen van 20.000 m<sup>2</sup> verharding van de riolering op middellange termijn (2020-2025). Concreet loopt de afwatering van deze verharding na uitvoering van deze actie rechtstreeks (of via een beperkt ondergronds systeem) naar de reien. Dit heeft als voordeel dat de riolering ontlast wordt, dure investeringen in een volledig gescheiden stelsel vermeden worden, en de reien in tijden van droogte meer gevoed worden. Een eerste analyse geeft aan dat in totaal circa 49.000 m<sup>2</sup> op deze manier afgekoppeld kan worden naar reien en kanalen.

De afwatering naar de reien kan op verschillende manieren gerealiseerd worden, afhankelijk van de omstandigheden. Een optie is bijvoorbeeld afstroming over het straatoppervlak zelf, waarbij het terrein licht hellend aangelegd wordt richting de reien om deze afwatering te leiden. Door openingen (goten) te voorzien in de ommuring van de reien (indien aanwezig) kan het water de reien bereiken. Een andere optie is het direct aansluiten van de (bestaande) straatkolken op de reien. Dit vergt uiteraard wel grondwerken, waardoor dit best gecombineerd wordt met de (eventueel geplande) heraanleg van een straat. Een derde optie is het voorzien van een (beperkt) ondergronds stelsel van leidingen die niet noodzakelijk aangesloten zijn op de riolering, waarna minder doorvoeropeningen naar de reien gemaakt moeten worden. Merk op dat dergelijke verbindingen met de reien ook onder het wateroppervlak gerealiseerd kunnen worden, zodat deze niet zichtbaar zijn.

Deze maatregel wordt gecombineerd met andere acties om mensen bewust te maken dat dit water afwatert naar de reien (zie ook Actiepunt 5.1), en dit bijgevolg niet vervuilen. Ook wordt bij de eerste projecten de kwaliteit van het afstromend water geregeld geïnspecteerd om de mogelijke vervuiling in te schatten.

Volgende locaties zullen op termijn worden onderzocht:

- Grauwwerkersstraat (zie foto)
- Coupure
- Augustijnenrei
- Gouden-Handrei
- Potterierei
- Steenhouwersdijk (aan de Vismarkt)
- Parking langs de Langerei
- St. Annaplein



Trekker: Cluster Openbaar Domein

**Actiepunt 4.7 Opzetten van een collectieve hemelwaterputten**

Dit actiepunt voorziet de aanleg van collectieve hemelwaterputten waar mogelijk. Eerst wordt onderzocht of er reeds historische hemelwaterputten aanwezig zijn (zie ook Actiepunt 3.6). Indien niet wordt een nieuwe hemelwaterput gebouwd. De overstort wordt aangesloten op de reien.

Het beschikbaar water kan gebruikt worden voor het reinigen openbaar domein , voor het gebruik van water voor het onderhoud van het openbaar domein, of tijdens evenementen.

Trekker: Dienst Patrimonium en Cluster Openbaar Domein

**Kosten**

€ €

**Impact**

% %

### **Actiepunt 4.8 Inrichten van minstens 3 waterrobuuste straten**

**Termijn**  
2020-2030

**Kosten**  
€ € €

**Impact**  
% % %

Sommige straten in de Brugse binnenstad zijn gevoelig voor wateroverlast, bijvoorbeeld omdat deze straten iets lager gelegen zijn dan de omgeving. Met dit actiepunt streeft Stad Brugge naar de aanleg van minstens 3 waterrobuuste straten in de binnenstad (met uitrol naar alle straten op langere termijn).

Een waterrobuuste straat laat gecontroleerd water op straat toe, zodat zelfs bij hevige buien geen schade ontstaat aan omliggende gebouwen.

Dit wordt gerealiseerd door de (strikt noodzakelijke) verharding slim te gebruiken. Deze leidt het water af naar lokale verdiepingen waar water tijdelijk vastgehouden kan worden, zoals bijvoorbeeld groenvoorzieningen of parkingplaatsen die iets dieper (of hellend) aangelegd worden. Bij die verdiepingen wordt infiltratie maximaal mogelijk gemaakt. Daarnaast wordt de straat idealiter minstens 15 cm dieper aangelegd dan de stoepranden. Indien de straat hellend is, worden verkeersdrempels aangebracht zodat er toch water op straat gebufferd kan worden bij zeer extreme neerslag. Er wordt extra aandacht besteed aan de uitvoering, zoals het verzekeren dat de afwatering in de juiste richting (naar groenvoorzieningen en lokale verdiepingen) gebeurt.

Een voorbeeld van straten die in aanmerking komen voor dergelijk ontwerp:

- De **Vlamingdam**. Door de lagere ligging, vooral ter hoogte van het midden van de straat, is deze locatie gevoelig voor wateroverlast. Bovenstaande principes worden toegepast in deze straat. Ook gebeurt bij het ontwerp afstemming met de rioleringsbeheerder door het uitvoeren van simulaties in het Hydronautmodel om de overstromingen van rioleringen preciezer te karteren. Verkeersdrempels kunnen de afstroming naar het midden (laagst gelegen deel) van de straat verhinderen.
- De **Visspaanstraat**. Deze straat heeft lagere wateroverlastrisico's dan Vlamingdam, maar kan anders ingericht worden met een betere waterhuishouding. Concreet kan de straat ook hier minstens 15 cm onder de stoeprand aangelegd worden, en licht hellend weg van de huizen. Ook worden minstens 1 of 2 parkeerplaatsen getransformeerd naar dieper gelegen groenzones. De verharding watert af naar deze groene zones, waar het water kan infiltreren. Berekeningen tonen aan dat met slechts 60 m<sup>2</sup> groen te voorzien dat dieper ligt dan de omgeving (en de verharding die hiernaar afwatert), reeds 95% van al het regenwater van de straatoppervlakte kan infiltreren. Eventuele straatkolken treden enkel in werking bij zeer extreme neerslag.
- De **Balsemboomstraat**. Deze straat kent, net als de Vlamingdam, volgens modelsimulaties grotere wateroverlastrisico's. Dezelfde principes als hierboven omgeschreven worden toegepast.
- De **Haarakkerstraat**. Dezelfde principes worden toegepast.



Figuur 56: Vlamingdam (links) en Visspaanstraat (rechts)

Trekker: Cluster Openbaar Domein

**Actiepunt 4.9 Afkoppelen van minstens 25.000 m<sup>2</sup> wegenis en pleinen naar (bijkomende) groenvoorzieningen (zie ook actie 1.8.)**

**Termijn**  
2020-2030

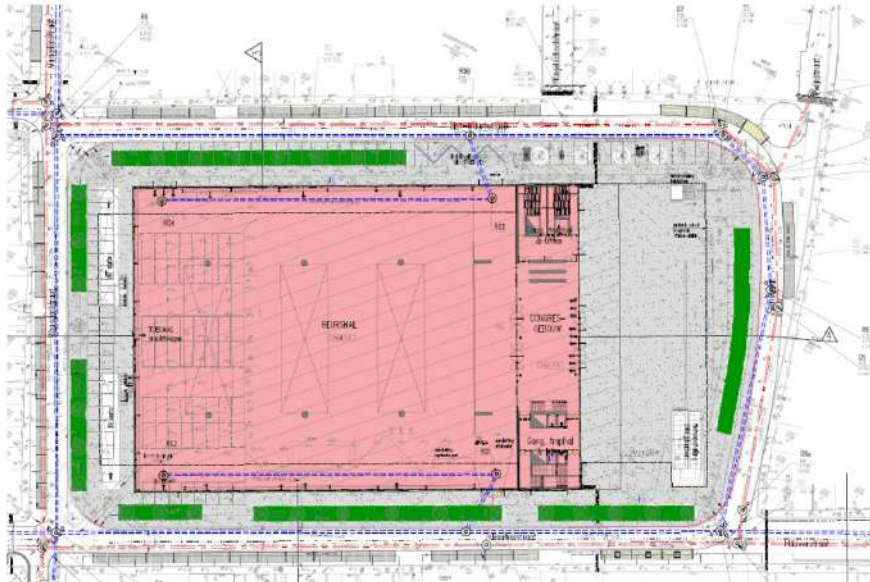
**Kosten**  
€ € €

**Impact**  
% % %

Wegenis en pleinen beslaan ongeveer 20% van de Brugse binnenstad (gebouwen 38%, en 42% is onverhard). Verharding leidt onder andere tot wateroverlast, verdroging, meer hittestress en een verlies aan biodiversiteit. Door het historisch karakter van de Brugse binnenstad is ontharden echter niet altijd mogelijk. Daarom is het van belang om zoveel mogelijk verharding te laten afwateren naar groenvoorzieningen, zoals infiltratiestroken en andere groenvoorzieningen. Wanneer de groenvoorzieningen voldoende groot zijn, kan de verharding volledig afgekoppeld worden van de riolering. Op die manier wordt wateroverlast vermeden (in de afgekoppelde straten en pleinen zelf, maar zeker ook op andere locaties op- en afwaarts langs het rioolstelsel). Door de verdamping van het groen wordt hittestress tegen gegaan, en krijgt biodiversiteit kansen.

Deze actie wordt toegepast op onder andere volgende locaties:

- **Het Beursplein.** De afwatering van het nieuw aangelegde Beursplein kan deels gebeuren naar infiltratiestroken rondom het plein (zie afbeelding hieronder). Door de verharding lichtjes hellend uit te voeren richting het groen, kan meer water infiltreren. Bomen aangeplant in de infiltratiestroken krijgen op die manier ook een grotere watertoevoer wanneer het regent.



Figuur 57: Conceptschets van de mogelijke inrichting met infiltratiestroken rond het Beursplein.

- De **parking Oud-Sint-Jan.** De boordstenen rond de groenvoorzieningen kunnen (deels) verwijderd worden, zodat het water hiernaartoe kan vloeien. Lokaal wordt de parking onthard, en de straatkolken toegemaakt.
- **Julius Maurits Sabbestraat.** Deze straat wordt voorzien van groen (combinatie van bomen ter verkoeling en laaggroen als infiltratiestroken). Boordstenen rond groen worden verwijderd, en de straatverharding wordt onder lichte helling voorzien zodat deze afwatert naar groen. De inrichting wordt verbonden met de Bleekweides en project Stoer Huus om een groenblauw lint te creëren.

Trekker: Cluster Openbaar Domein in samenwerking met cluster omgeving

### **Actiepunt 4.10 Inrichting van minstens 1 waterrobuust en multifunctioneel plein**

Waterpleinen of -parken zijn publieke ruimtes die tijdens hevige neerslag gebruikt worden om tijdelijk water te bufferen. Na extreme buien infiltreert het water, waarna er een andere functie aan de ruimte gegeven kan worden, zoals een speelzone. Ook kunnen (permanent) omliggende daken afgekoppeld worden naar zo'n park, plein of parking in plaats van naar de riolering. Door de gewijzigde waterhuishouding kan dit evenwel een impact hebben op bomen. Daarom wordt bij de inrichting van een waterrobuust plein of park rekening gehouden met de mogelijke impact op vegetatie.

Stad Brugge past deze principes toe bij de herinrichting van de **Oosterparking**, en het speelplein langs het **Vuldersreitje**. De Oosterparking wordt zodanig ingericht dat er geen afwatering naar de riolering nodig is, maar al het water lokaal opgevangen kan worden en kan infiltreren. Dit gebeurt door het slim gebruiken van het terrein (afwatering richting groene zones) in combinatie met laagteberging (lokale verdiepingen, wadi's). Daarnaast wordt onderzocht of de parking gebruikt kan worden om water van omliggende verharding op te vangen bij extreme neerslag.

**Termijn**  
2020-2030

**Kosten**  
€ €

**Impact**  
%



Figuur 58: Huidige inrichting van de Oosterparking.

Trekker: Cluster Openbaar Domein

### **Actiepunt 4.11 Meer (kwalitatieve) groen-voorzieningen uitbouwen**

**Termijn**

Continu

**Kosten**

€ € €

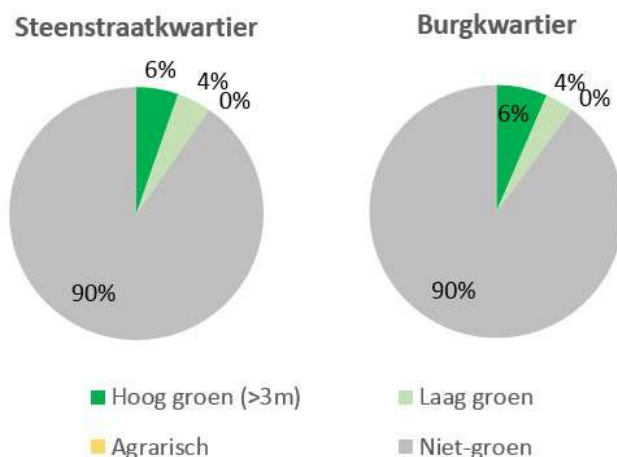
**Impact**

% % %

De historische binnenstad van Brugge kleurt, vergeleken met andere historische steden, nog erg groen. Toch zijn er grote uitdagingen, zoals het **onder druk staan van de groene ruimtes** door (private) initiatieven, het **sterk versnipperd en ongelijkmatig verdeeld** zijn van groen over het centrum, en **extremere weersomstandigheden** met impact op de vegetatie. Daarom is het van belang om groenvoorzieningen te beschermen (zie §5.6 voor een olijsting van relevante actiepunten die hierop ingaan), en verder uit te bouwen. Deze actie richt zich op het uitbreiden van groenvoorzieningen.

Een analyse van het aanwezig groen (zie §5.6) toonde aan dat er vooral weinig groen aanwezig is in het Steenstraatkwartier en Burgkwartier: slechts 10% van de totale ruimte is groen. Om aan de groennormen voor stedelijk gebied van Agentschap Natuur en Bos te voldoen, zou bij benadering respectievelijk **15.500 m<sup>2</sup> en 10.000 m<sup>2</sup> groen extra voorzien** moeten worden, enkel al in het Steenstraatkwartier en Burgkwartier. Dit actiepunt streeft dan ook naar het maximaal voorzien van bijkomend groen, **prioritair voor deze kwartieren**, maar ook doorheen het ganse centrum. **De stad verbindt zich ertoe om elke opportuniteit aan te grijpen om maximaal (kwalitatieve) groenvoorzieningen uit te bouwen.**

Deze actie bouwt verder op het "Beleidsplan voor de open ruimte in de historische binnenstad" (2012), en werkt een coherent plan uit rekening houdend met de verschillende types groen (woon-, buurt-, wijk-, stadsdeel- en stadsgroen). Ook wordt continu onderzocht welke groene ruimtes verworven kunnen worden door de stad. **Deze actie sluit ook aan op andere acties van voorliggend Klimaatadaptatieplan om meer groen te voorzien:** studie naar het ontharden van ruimtes en vertaling naar ruimtelijke uitvoeringsplannen (zie Actiepunt 1.4), het uitwerken van een ruimtelijk normeringsinstrumentarium dat groene ruimtes van minstens 60% van de perceelsgrootte oplegt voor bepaalde typen percelen (zie Actiepunt 1.6), inzetten op de uitbouw van kwalitatief groen voor nieuwe en bestaande stadsprojecten en het uitbouwen van groenblauwe netwerken die groene ruimtes op een kwalitatieve manier met elkaar verbinden (zie Actiepunt 4.12).



Figuur 59: Percentages landbedekking in het Steenstraatkwartier en Burgkwartier (zie §5.6 voor meer resultaten en duiding).

Trekker: Cluster Openbaar Domein



### **Actiepunt 4.12 Groenblauwe netwerken creëren en versterken in woongebied**

Stad Brugge creëert groenblauwe netwerken doorheen de woongebieden. Groenblauwe netwerken zorgen onder andere voor verkoeling, verhogen de belevingswaarde van de omgeving, gaan verdroging tegen, verbeteren de luchtkwaliteit en kunnen wateroverlast (ook elders) verminderen. Deze actie sluit aan op Actiepunt 4.11, waarbij gestreefd wordt naar het uitbouwen van groen in de binnenstad.

Recentelijk richtte Stad Brugge **Hof De Jonghe** opnieuw in met o.a. oog voor klimaatadaptatie. Via dit actiepunt wordt onderzocht of ook omliggende percelen en straten aangesloten kunnen worden op Hof De Jonghe (bijvoorbeeld voor het opvangen van hemelwater).

Ook bouwt Stad Brugge mee aan groenblauwe maatregelen voor het cohousing project **Stoer Huus**, gelegen naast de historische **Bleekweides**. Via een burgerparticipatietraject wordt een nieuwe groenblauwe invulling gegeven aan de Bleekweides, mee afgestemd op het aangrenzende cohousing project. Deze groenblauwe elementen worden doorgetrokken tot in de **Julius en Maurits Sabbestraat**, wanneer die heraangelegd zal worden. Dit actiepunt onderzoekt ook of kloostertuinen mee verweven kunnen worden in dit groenblauw netwerk, en benadert de Kerkfabriek voor het openstellen van de vele kloostertuinen. Zo wordt getracht om aaneengesloten groenblauwe netwerken te creëren.



Figuur 60: Hof De Jonghe (bron: De Standaard)

Trekker: Dienst Openbaar Domein

#### **Termijn**

Continu

#### **Kosten**

€ €

#### **Impact**

% % %

### **Actiepunt 4.13 Verderzetting proefproject: bouw van boombunkers**

Het proefproject rond boombunkers wordt verdergezet. Boombunkers worden standaard toegepast. Water van de omliggende verharding wordt geleid naar deze boombunkers, waar het ondergronds kan infiltreren en opgenomen kan worden door de boom. Op die manier wordt wateroverlast, verdroging en hittestress tegengegaan. Na de uitvoering wordt de groei van de boom gemonitord en vergeleken met de groei van gelijkaardige bomen die in volle grond geplant werden. Ook wordt onderzocht tijdens het proefproject in welke mate strooizouten de boom aantasten en hoe dit opgelost kan worden.

#### **Termijn**

2020-2030

#### **Kosten**

€ €

#### **Impact**

%

Trekker: Cluster Openbaar Domein

## 4.4.3 Riolering

**Actiepunt 4.14 Gerichte uitbouw van het gescheiden rioleringsstelsel****Termijn**  
Lange termijn**Kosten**  
€ € €**Impact**  
% % %

Stad Brugge zet verder in op de aanleg van een gescheiden stelsel. Klimaatverandering brengt grotere piekbuien, waardoor het gemengd stelsel vaker onder druk zal komen te staan. Dit leidt tot bijkomende overstorten naar de reien (met een grote negatieve impact op waterkwaliteit en het leven de reien), en meer wateroverlast. Door in te zetten op een gescheiden stelsel worden afval- en regenwater apart afgevoerd. Hierdoor treden de overstorten minder vaak in werking, en is de waterafvoer beter beheersbaar. Bovendien zorgt een gescheiden rioolstelsel dat afwatert naar de reien ook voor een grotere aanvoer van (zuiver) water, wat de reien weerbaar maakt tegen langere droge periodes. Het gericht uitbouwen van een gescheiden rioleringsstelsel is dus een zeer belangrijk element in het weerbaar maken van de binnenstad tegen klimaatverandering. **Het aanleggen van een gescheiden stelsel is dan ook een prioriteit binnen het klimaatadaptatieplan.**

De uitbouw van het gescheiden stelsel gebeurt gericht aan de hand van modelsimulaties, en rekening houdend met de vele kanalen en reien waarnaar afgewaterd kan worden. De aanwezigheid van de kanalen en (soms overwelfde) reien bieden immers unieke kansen voor de aanleg van een gescheiden stelsel. Hierdoor is, zelfs in de historische binnenstad, open water zelden veraf. **Het gescheiden stelsel wordt preferentieel (eerst) volgens grote assen aangelegd**, zodat gebieden die verder gelegen zijn van de reien toch aangesloten kunnen worden op de reien. Voorbeelden van grote assen die gerealiseerd of onderzocht kunnen worden zijn de **Sint-Jorisstraat, Katelijnestraat, Nieuwe Gentweg, Gentpoortstraat, Schaarstraat en Langestraat**. Vooral deze laatste is interessant, aangezien de wijk rond de Langestraat hogere wateroverlastrisico's heeft en verder gelegen is van de reien. Door onder de Langestraat een grotere as van een gescheiden stelsel aan te leggen, kunnen ook de omliggende straten hiernaar afwateren. Bij de aanleg van nieuwe gescheiden riolering wordt de bestaande maar nog niet aangesloten gescheiden riolering maximaal hieraan gekoppeld. Ook worden daken en andere verharding maximaal afgekoppeld naar het gescheiden stelsel na aanleg (bijvoorbeeld dakdelen van de Onze-Lieve-Vrouwekerk bij heraanleg van het Onze-Lieve-Vrouwekerkhof-Zuid).

Daarnaast kunnen de **overwelfde reien** een belangrijke rol spelen in het gescheiden rioleringsstelsel (zie ook het volgend actiepunt). Een voorbeeld hiervan is de Kraanrei, die vandaag als gemengde riolering dienstdoet. Door deze rei te saneren, kunnen veel omliggende grote verharde oppervlaktes, waaronder de Burg, grote daken in de Hoogstraat en op termijn ook de Markt, afgekoppeld worden naar de reien. Merk op dat het openleggen van de overwelfde reien niet strikt nodig is voor deze actie. Het openleggen van de reien biedt wel bijkomende voordelen op vlak van beleving en ecosysteemdiensten, maar is niet overal mogelijk of wenselijk.

Trekker: Cluster Openbaar Domein

**Actiepunt 4.15 Proefproject infiltratieriool**

Een proefproject wordt opgezet rond infiltrerende riolering. Dergelijke riolering in een gescheiden stelsel combineert de transportfunctie met infiltratie. Dit proefproject wordt uitgevoerd in de straat **Park**. Het voordeel is dat als de infiltrerende functie minder goed werkt dan verwacht en er dus minder buffervolume/capaciteit beschikbaar is dan geanticipeerd, er toch snel geloosd kan worden naar de reien zonder elders risico's te creëren. Het proefproject wordt, in samenwerking met de rioleringsbeheerder, uitgewerkt en periodiek opgevolgd. Zo kan de snelheid van leeglopen (door infiltratie) gemonitord worden via hoogtemeting met ultrasone sensoren, en op die manier onderzoek gevoerd worden naar verstopping op langere termijn. De resultaten worden breed gecommuniceerd, o.a. via samenwerking met VLARIO.

Trekker: Cluster Openbaar Domein

**Termijn**  
2020-2030

**Kosten**  
€ €

**Impact**  
%

## 4.4.4 Stimuleren van implementatie op privaat domein

**Actiepunt 4.16 Activeren van (grote) verharde oppervlaktes: afkoppeling van 250.000 m<sup>2</sup> verharding van de riolering.**

De historische binnenstad is voor circa 38% verhard door gebouwen en private percelen. De Stad wil verharde oppervlaktes "activeren" en klimaatrobuust inrichten. Dit gebeurt door sensibilisering (zie pijler 5), het aanbieden van technische ondersteuning voor het uitwerken en implementeren van maatregelen (Actiepunt 1.8 en Actiepunt 1.12), te verplichten met perceelsgebonden normering (Actiepunt 1.6), gerichte subsidiëring (Actiepunt 1.9) en partnerships (zie pijler 6).

Dit actiepunt coördineert al deze initiatieven en werkt een strategie uit voor prioritering. Een eerste prioritering werd reeds uitgewerkt in het klimaatadaptatieplan op basis van een analyse van de verharde oppervlakte van elk perceel in de Brugse binnenstad. Uitgangspunt hierbij is dat in de eerste fase vooral de grootste verharde oppervlaktes geactiveerd moeten worden. Op die manier wordt een maximale impact beoogd met een beperktere inspanning. Dit wordt verder geconcretiseerd in §5.3. Uit een analyse van de verharde oppervlakte blijkt dat de 20 percelen met de grootste verharde oppervlaktes reeds 12% van de totale verharding van de Brugse binnenstad (exclusief wegenis) uitmaken. De top 50 percelen beslaan 375.000 m<sup>2</sup> verharding (19%) en de top 100 in totaal 495.000 m<sup>2</sup> verharding (25%).

Trekker: Cluster Openbaar Domein

**Termijn**  
Continu

**Kosten**  
€ €

**Impact**  
% % %

### **Actiepunt 4.17 Vergroenen en waterbewuste inrichting van minstens 2 speelplaatsen in de historische binnenstad**

De scholen in de historische binnenstad worden bijna allen gekenmerkt door zeer grote verharde oppervlaktes met weinig groen. Deze actie beoogt het vergroenen van minstens 2 speelplaatsen, in combinatie met inzet op duurzaam watergebruik en waterrobuuste inrichting. Het vergroenen vermindert risico's op hittestress, promoot biodiversiteit, en biedt kansen voor bijkomende infiltratie. De waterrobuuste inrichting streeft, net als de projecten van de stad, naar een hergebruik en infiltratie van 95% van het regenwater. De ontwerpen hiervoor worden getoetst en geoptimaliseerd aan de hand van simulaties. Een voorbeeld voor een school werd toegevoegd aan dit klimaatadaptatieplan. De stad benadert, onder andere, de **Hotel- en Toerismeschool Spermalie, het Koninklijk Atheneum Brugge-centrum, de Middenschool Brugge-centrum, Howest, Academie, basisschool De Springplank** en **basisschool Sint-Leo Hemelsdaele** voor het geven van technische ondersteuning en advies.

**Termijn**  
Continu

**Kosten**  
€ € €

**Impact**  
% % %

Trekker: Cluster Openbaar Domein

### **Actiepunt 4.18 Afkoppelen van 55.000 m<sup>2</sup> verharding van private gebouwen naar de reien (zie ook actiepunt 1.8.)**

De Brugse reien bieden de opportuniteit om omliggende daken, terrassen en opritten van gebouwen af te koppelen naar de reien in plaats van naar de riolering. Een eerste analyse toont aan dat circa 105.000 m<sup>2</sup> verharding van gebouwen op die manier kan afwateren naar de reien (en vesten). Deze analyse hield enkel rekening met de achterste dakhelften van gebouwen, en is exclusief straten en pleinen.

De Stad Brugge stimuleert private eigenaars om gebouwen af te laten wateren naar de reien. Het streefcijfer is om minstens de helft (55.000 m<sup>2</sup>) van alle gebouwen op die manier te ontkoppelen van de riolering op korte termijn. Met Actiepunt 4.2 toont Stad Brugge alvast het goede voorbeeld (bijvoorbeeld met de doorgedreven afkoppeling van de daken van het **Stadhuis** en het **AC Brugse Vrije**).

Veel van die verharding is nu al afgekoppeld naar de reien of tuinen (voor infiltratie). Daarom wordt in het kader van deze actie een inschatting opgemaakt per rei hoeveel daken reeds afgekoppeld zijn. Op basis daarvan wordt een prioritering uitgewerkt. De eigenaars van percelen worden aangespoord om hun (achterste) dakhelft af te koppelen naar een (nieuw te plaatsen) hemelwaterput, een infiltratievoorziening in de tuin (bijvoorbeeld een eenvoudige open wadi of vijvertje) of rechtstreeks naar de reien. Indien een dak afwatert naar een hemelwaterput, wordt de overloop van de hemelwaterput verbonden met de reien (in plaats van de riolering). Deze actie is gekoppeld aan Actiepunt 1.6 (perceelsgebonden normering voor renovatie en nieuwbouw), Actiepunt 1.7 (uitbouw van handhaving) en Actiepunt 1.9 (herzien van woonpremies en subsidies) en actiepunt 1.8. gemeentelijke verordening. Deze actie gaat ook hand in hand met sensibiliseringscampagnes en partnerships met actoren met grote verharde oppervlaktes (zoals de Kerkfabriek).

Trekker: Dienst Patrimonium en Woondienst

**Termijn**  
2020-2030

**Kosten**  
€ € €

**Impact**  
% % %

## 4.5 Communicatie en sensibilisering

### **Actiepunt 5.1 Klimaatadaptatie zichtbaar maken in het straatbeeld**

Door klimaatadaptatie zichtbaarder te maken in het straatbeeld, sensibiliseert Brugge burgers en andere lokale actoren. De Stad toont op deze manier het goede voorbeeld en inspireert anderen op een positieve manier om actie te ondernemen.

Bij de geplande implementatieacties, zoals het herstellen van historische hemelwaterputten of de bouw van nieuwe collectieve putten; het afkoppelen van verharding van stadsgebouwen, straten en pleinen; of de aanleg van klimaatrobuuste straten worden tijdelijk (discrete) **infopanelen** aangebracht. Deze infopanelen kaderen de actie in het ruimer klimaatadaptatieverhaal, zijn voldoende concreet, brengen een positief verhaal en verwijzen naar de bevoegde stadsdiensten (bijvoorbeeld het klimaatteam) voor meer informatie. Ook worden de geplande pilootprojecten voorzien van infoborden.

Naast deze tijdelijke acties bekijkt de Stad ook meer permanente maatregelen. Een voorbeeld hiervan is de aanleg van **straatkolken met de boodschap "Hier beginnen de reien"**. Op die manier wordt benadrukt dat regenwater naar de reien stroomt, en afval niet thuisloopt op de openbare weg of riolering.

**Trekkers:** Dienst Communicatie samen met de Cluster Openbaar Domein, Dienst Leefmilieu en City Marketing.

#### **Termijn**

Continu

#### **Kosten**

€

#### **Impact**

% - % %

### **Actiepunt 5.2 Brede communicatiecampagne rond het klimaatadaptatieplan**

Na de goedkeuring van het klimaatadaptatieplan wordt het plan breed gecommuniceerd. Hierbij zal Stad Brugge inzetten door de **klimaatwebsite** van de stad uit te bouwen (klimaat.brugge.be), dit op te nemen in de **nieuwsbrief**, **filmpjes** te lanceren, en een apart **klimaat**event te organiseren. Daarnaast wordt aansluiting gezocht bij de lopende initiatieven, zoals het **Brugs klimaatplatform**, het tonen van "**Prikkelmaatregelen**" die burgers zelf kunnen ondernemen (zoals nu de Prikkelwoningen in het Energieactieplan), de Facebookpagina **Brugge Klimaatneutraal** en gepaste communicatie tijdens extremen (bijvoorbeeld wateroverlast, droogte, ...). Ook wordt een **klimaatadaptatiewandeltocht** georganiseerd langsheen de pilootprojecten en ingrepen doorheen de Brugse binnenstad.

De communicatiediensten van de stad bekijken hoe het klimaatadaptatieverhaal voldoende duidelijk en "menselijk" gebracht kan worden vanuit een positieve invalshoek (zoals bijvoorbeeld het "zwemmen in de reien"). In alle communicatie wordt de nodige nuance gebracht: klimaatadaptatie helpt ons voor te bereiden op extremen, maar kan niet voorkomen dat alle toekomstige gebeurtenissen opgevangen kunnen worden. Het risico op wateroverlast bijvoorbeeld blijft bestaan, en dus moeten mensen zich ook individueel voorbereiden op dergelijke extremen.

**Trekkers:** Dienst Leefmilieu en Dienst Communicatie

#### **Termijn**

Continu

#### **Kosten**

€ € €

#### **Impact**

% % %

**Actiepunt 5.3 Uitwerken van een online en interactief klimaatportaal**

De website **klimaat.brugge.be** wordt verder uitgebouwd met een interactief luik. Bezoekers krijgen op een zeer visuele manier meer informatie over klimaatverandering en de impacten op de binnenstad, zoals bijvoorbeeld de website [www.meetjeslandklimaatgezond.be](http://www.meetjeslandklimaatgezond.be). Daarnaast wordt sterk ingezet op het klimaatadaptatieluik, waarbij getoond wordt wat de overkoepelende visie en doelstelling is van het klimaatadaptatieplan, getoond wordt wat de stad onderneemt, en vooral wat burgers ook zelf kunnen ondernemen.

Concreet geeft de website weer wat de actuele status is op vlak van klimaatadaptatie (bijvoorbeeld 30% van de doelstellingen behaald, 8.000 m<sup>2</sup> verharding afgekoppeld van de riolering, ...), en via een interactieve kaart waar welke maatregelen ondernomen worden. Er wordt ook een overzicht gegeven van concrete maatregelen die burgers kunnen ondernemen om hen te stimuleren. Burgers kunnen hun eigen acties ook aanmelden, zodat een "klimaat community" ontstaat, en zelf ideeën voor eigen en publiek domein aanbrengen. Inspiratie hiervoor kan gehaald worden van bijvoorbeeld Rainproof Amsterdam ([www.rainproof.nl](http://www.rainproof.nl)).

Trekker: Dienst Leefmilieu

**Termijn**  
2020-2025

**Kosten**  
€ €

**Impact**  
% - % % %

**Actiepunt 5.4 Communicatie gericht naar scholen**

Dit actiepunt omvat 2 soorten communicatie.

Ten eerste worden leerlingen en leerkrachten bewust gemaakt van het veranderend klimaat, de gevolgen op Brugge en het thema klimaatadaptatie en -mitigatie. Stad Brugge werkt daarvoor actief samen met scholen via de MOS **Klimaatbende**. Dit is een tweejarig traject op maat van de school waarbij leerlingen en leerkrachten worden aangezet tot duurzaam denken en handelen. Met dit actiepunt wordt het klimaatadaptatieplan rechtstreeks gelinkt aan de MOS Klimaatbende: de gevolgen van klimaatverandering op Brugge worden concreet gemaakt aan leerlingen en leerkrachten, en de leerlingen kunnen actief de verschillende maatregelen leren kennen (bijvoorbeeld via een klimaatwandeltocht in de historische binnenstad).

Daarnaast focust de communicatie op het duurzaam maken van de school zelf door ingrepen op eigen terrein. Daarbij is dit actiepunt zeer sterk gelinkt aan Actiepunt 4.17, waarbij Stad Brugge streeft naar het vergroenen en klimaatbewust inrichten van minstens 2 speelplaatsen in de Brugge binnenstad.

Trekkers: Stedelijke educatieve centra Beisbroek en Zeven Torentjes, samen met de Dienst Leefmilieu.

**Termijn**  
Continu

**Kosten**  
€

**Impact**  
% - % %

**Actiepunt 5.5 Opzetten van ludieke acties met lokale handelaars, horeca en industrie**

Het bruisende winkelcentrum van Brugge trekt jaarlijks miljoenen bezoekers. Samen met de lokale handelaars, horeca en industrie zet Stad Brugge ludieke campagnes rond klimaatadaptatie op, waarbij ook het lokaal vakmanschap gepromoot wordt. Mogelijke acties zijn het brouwen van een "Hemels bier" op basis van opgevangen regenwater, of het serveren van **groenten geteeld via urban farming** (uit bijvoorbeeld Hof De Jonghe) in toprestaurants. Door samenwerking met Unizo en andere verenigingen worden ideeën verzameld en concreet uitgewerkt.

Trekkers: Dienst Leefmilieu en Dienst Lokale Economie

**Termijn**

Continu

**Kosten**

€

**Impact**

%

**Actiepunt 5.6 Uitwerken van een voorbeeldfolder met "good practices" rond klimaatadaptatie**

Stad Brugge stelt een laagdrempelige folder op rond maatregelen die burgers op eigen terrein kunnen nemen. De nadruk ligt vooral op quick-wins: maatregelen die meestal gerealiseerd kunnen worden met een beperkte financiële inspanning, zoals bijvoorbeeld het afkoppelen van een regenwaterpijp naar de tuin, regenwatervijver of reien, het voorzien van gevelgroen, of het planten van bloemensoorten om biodiversiteit te promoten. Voor grotere ingrepen, zoals het ontharden van tuinen, het voorzien van een hemelwaterton of een blauwgroen dak, biedt de Stad technische ondersteuning aan en wijst de eigenaar naar eventuele subsidies. Deze folder wordt verspreid onder de bevolking en gecommuniceerd aan architecten. De folder wordt opgesteld in samenwerking met het Provinciaal Steunpunt Duurzaam Bouwen en Wonen, en gelinkt aan de Duurzaamheidsmeter.

Trekker: Dienst Leefmilieu

**Termijn**

2020-2025

**Kosten**

€

**Impact**

% - % %

**Actiepunt 5.7 Promoten van klein- en grootschalig burgeronderzoek**

Stad Brugge betreft burgers actief voor zowel klein- als grootschalige experimenten om de impact van klimaatverandering en het effect van adaptatiemaatregelen te onderzoeken. Met dergelijk "Living Lab" worden burgers betrokken bij klimaatverandering en -adaptatie, wat sterk sensibiliserend werkt.

Het stadslabo werkt een traject uit voor burgeronderzoek. Mogelijkheden voor grootschalig onderzoek zijn onder andere het meten van de waterkwaliteit door eigenaars van percelen die grenzen aan de reien om bijvoorbeeld de invloedssfeer van overstorten te bepalen (gelijkaardig aan het "Schone Waterexperiment" uitgevoerd in Amsterdam), het opzetten van een amateurpluviomeetnet, of natuurvertellingen in samenwerking met Natuurpunt. Daarnaast worden ook kleinschalige proefprojecten door burgers actief gepromoot, zoals het testen van nieuwe soorten waterdoorlatende verharding, proeven rond infiltratie of het testen van sensoren (bijvoorbeeld het automatisch meten van de waterbeschikbaarheid in een hemelwaterput).

Stadslabo onderzoekt daarnaast de mogelijkheid om een OpenData platform te ontwikkelen voor Brugge om nieuwe ontwikkelingen door burgers en ondernemers te stimuleren, en bekijkt of dit gelinkt kan worden aan de succesvolle Hackatons in Brugge.

Trekkers: Stadslabo en Dienst Leefmilieu

**Termijn**

Continu

**Kosten**

€ - € €

**Impact**

%

## 4.6 Netwerk en partnerships

### **Actiepunt 6.1 Verder verbreden van het professioneel netwerk rond klimaatadaptatie**

Stad Brugge breidt het netwerk rond klimaatadaptatie verder uit door een intensere samenwerking uit te bouwen met onder andere kennisinstellingen (zoals KU Leuven, Vives, HOWEST, instituut voor duurzame ontwikkeling, ...) , hogere overheden (zoals de provincie West-Vlaanderen, Vlaamse Milieumaatschappij, De Vlaamse Waterweg, Afdeling Natuur en Bos, het Departement Leefmilieu, Natuur en Energie (LNE) en Ruimte Vlaanderen), rioleringsbeheerder Farys, andere steden en gemeenten (o.a. via de VVSG), de ondernemerswereld en het middenveld. Door actieve participatie in het netwerk van het Europese Burgemeestersconvenant worden nieuwe contacten gelegd met andere steden. Ervaringen worden uitgewisseld via deelname van alle stadsdiensten aan studiedagen en workshops, zodat een netwerk wordt uitgebouwd op alle niveaus van de stadsdiensten.

Trekkers: Dienst Leefmilieu en Strategische Cel

### **Actiepunt 6.2 Verderzetten van participatie in Europese projecten**

Stad Brugge is reeds zeer actief in innovatieve Europese projecten rond klimaatadaptatie, en streeft ernaar deze participatie verder te zetten en uit te bouwen. Zo speelt de Stad reeds een trekkersrol in het Interreg project Water Resilient Cities (WRC), waarin onderzocht wordt hoe historische steden weerbaar gemaakt kunnen worden tegen hevigere neerslag. Voorliggend klimaatadaptatieplan werd opgemaakt binnen dit WRC-project. Ook volgen de stadsdiensten andere projecten zeer nauw op door regelmatig overleg, zoals de Interregprojecten SCAPE en SPONGE.

Trekkers: Europese Cel, Dienst Leefmilieu en Cluster Openbaar Domein



### **Actiepunt 6.3 Opzetten van een specifiek participatietraject voor grotere perceelseigenaars**

Enkele actoren bezitten of beheren opmerkelijk veel percelen in de historische binnenstad. Deze actoren dragen dan ook een grotere verantwoordelijkheid voor het klimaatrobuust maken van de binnenstad. De Stad Brugge zet voor volgende actoren een specifiek participatietraject op, waarbij voor elke partij op maat bekeken wordt hoe elk een bijdrage kan leveren en welke winsten dit kan opleveren voor de actoren zelf:

- De **Kerkfabriek**. Daken van kerken kunnen vaak eenvoudig afgekoppeld worden naar groenvoorzieningen, of kloostertuinen kunnen water van eigen en naburige percelen opvangen met behoud van de waarde en inrichting van de tuinen. Ook wordt samen met de Kerkfabriek bekeken of kloostertuinen geopend kunnen worden voor het publiek (permanent, of voor bijvoorbeeld **erfgoedwandelingen**), en zo deel kunnen uitmaken van een groenblauwe dooradering in de historische binnenstad.
- Het **OCMW** en woonzorgcentra (WZC). Veel woonzorgcentra, zoals het **WZC Minnewater**, **WZC Ter Potterie**, **WZC Engelandale** en **WZC Jeruzalem Brugge** zijn omringd door groen. De tuinen van deze WZC bieden opportuniteiten voor hemelwateropvang.
- **Huisvestingsmaatschappijen**, zoals Vivendo en de Brugse Maatschappij voor huisvesting.
- **Scholen**.

Deze actie is ook gelinkt aan Actiepunt 4.17 (Activeren van grote verharde oppervlaktes: afkoppeling van 250.000 m<sup>2</sup> verharding van de riolering).

Trekker: Cluster Openbaar Domein

### **Actiepunt 6.4 Versterken van burgerparticipatie**

Bij grote infrastructuurwerken is het zeer belangrijk om burgers te betrekken. Zeker wanneer deze werken rekening houden met de klimaatadaptatieconcepten, welke mogelijks nog onvoldoende gekend zijn bij de bevolking. Indien omwonenden betrokken worden bij het ontwerpproces of bij de keuze uit een aantal alternatieven vergroot dit bovendien het draagvlak. Concreet wordt een burgerparticipatietraject opgezet voor de **Biekorf** en de **Bleekweides** naast **Stoer Huus**.

Trekker: Dienst Communicatie en City Marketing

### **Actiepunt 6.5 Ondersteunen van een expertenopleiding voor bouwprofessionals**

Bouwprofessionals, zoals architecten, projectontwikkelaars en aannemers, spelen een belangrijke rol in het klimaatrobuust maken van de Stad Brugge. Naast gerichte communicatie (zoals het verspreiden van technische documentatie rond klimaatadaptatie en "good practices"), ondersteunt Stad Brugge ook actief expertenopleidingen voor bouwprofessionals. Hiervoor werkt de Stad actief samen met organisatoren van opleidingstrajecten en workshops, zoals VLARIO of het Steunpunt Duurzaam Wonen en Bouwen. Stad Brugge organiseert ook zelf workshops, informatiesessies en plaatsbezoeken met actoren waarmee regelmatig samengewerkt wordt. Er wordt aandacht besteed aan mogelijke maatregelen, hoe de maatregelen ontworpen moeten worden, en de goede realisatie van de maatregelen.

Trekkers: Dienst Leefmilieu en Dienst Lokale Economie

### **Actiepunt 6.6 Groenbeheer ondersteunen**

Hoewel de historische binnenstad van Brugge, vergeleken met andere historische steden, groen kleurt, is er extra aandacht nodig voor groen. Klimaatverandering zorgt voor weersextremen die een impact hebben op groen (hittestress en droogte). De groene ruimtes zijn ongelijkmatig verspreid en versnipperd, worden bedreigd door (vaak private) initiatieven en zijn vaak niet toegankelijk. **Met dit actiepunt zet stad Brugge in om groenbeheer te ondersteunen, en tegelijk deze uitdagingen rond groenvoorzieningen aan te pakken.**

Concreet bekijkt Stad Brugge of het mogelijk is om samen met het **Regionaal Landschap advies op maat te geven aan perceeleigenaars** (zowel burgers, maar ook grotere percelen, zoals die van de Kerkfabriek) met betrekking tot het beheer van groene ruimtes.

Daarnaast onderzoekt dit actiepunt het opzetten van een **erfpachtregeling in functie van het openstellen van groene ruimtes** voor het publiek. Zo kan het beheer een verantwoordelijkheid worden van de stad in ruil voor het openstellen van het terrein.

Trekkers: Dienst Leefmilieu

## 4.7 Monitoring en evaluatie

### **Actiepunt 7.1** Permanente monitoring van indicatoren rond klimaatadaptatie

Om de voortgang van het klimaatadaptatieplan te monitoren, wordt gebruik gemaakt van enkele indicatoren. Deze indicatoren worden periodiek (bijvoorbeeld jaarlijks) geëvalueerd.

Volgende indicatoren worden voorgesteld, maar deze lijst wordt tijdens de uitvoering uitgebreid:

- Het aantal **gerealiseerde en nog te realiseren acties** uit voorliggend plan.
- Het aantal **m<sup>2</sup> verharding van stadspatrimonium dat afgekoppeld is** van de riolering
- Het aantal **m<sup>2</sup> groen-** (of groenblauwe) **daken** (streefcijfer: minstens 5.000 m<sup>2</sup> extra)
- Het aantal **m<sup>2</sup> verharding van wegen en pleinen dat afgekoppeld is** van de riolering (streefcijfer: minstens 20.000 m<sup>2</sup> extra)
- Het aantal **m<sup>2</sup> verharding van alle gebouwen dat afgekoppeld is** van de riolering (streefcijfer: minstens 250.000 m<sup>2</sup> extra)
- Het aantal **m<sup>2</sup> groen** in de stad (streefcijfer: minstens in totaal 25.500 m<sup>2</sup> extra in het Steenstraatkwartier en in het Burgkwartier)
- Het aantal **m<sup>3</sup> regenwaterputten** in beheer van de stad, en/of het aantal **stadsgebouwen met hemelwaterputten** die actief gebruikt worden
- Het aantal **acties van burgers**

De meeste van deze indicatoren kunnen relatief eenvoudig bijgehouden worden door de stadsdiensten door stelselmatig ingrepen te inventariseren in een centrale database. De ingrepen door burgers worden best geregistreerd in een interactief webplatform (zie ook Actiepunt 5.3 - uitwerken van een interactief Klimaatportaal). Voor het bepalen van de hoeveelheid groen in de stad kan gewerkt worden op basis van GIS-algoritmes en satellietbeelden (zoals ook uitgevoerd bij opmaak van het klimaatadaptatieplan).

De indicatoren worden gepubliceerd op het op te richten klimaatportaal van Brugge.

Trekkers: Datacel en GIS

### **Actiepunt 7.2** Bijsturing van het klimaatadaptatieplan

Het klimaatadaptatieplan van de Brugse binnenstad is een "levend" document. Dit betekent dat het plan periodiek (bijvoorbeeld jaarlijks) wordt geëvalueerd. Het klimaatteam van de stad neemt hiervoor het voortouw, maar voert dit uit samen met de andere stadsdiensten. Minstens 1 keer per jaar wordt een overlegmoment georganiseerd waarin alle stadsdiensten participeren en samen het klimaatadaptatieplan bijsturen. Waar nodig worden acties toegevoegd of gewijzigd, en ervaringen gedeeld.

Trekker: Klimaatteam (dienst overschrijdend)



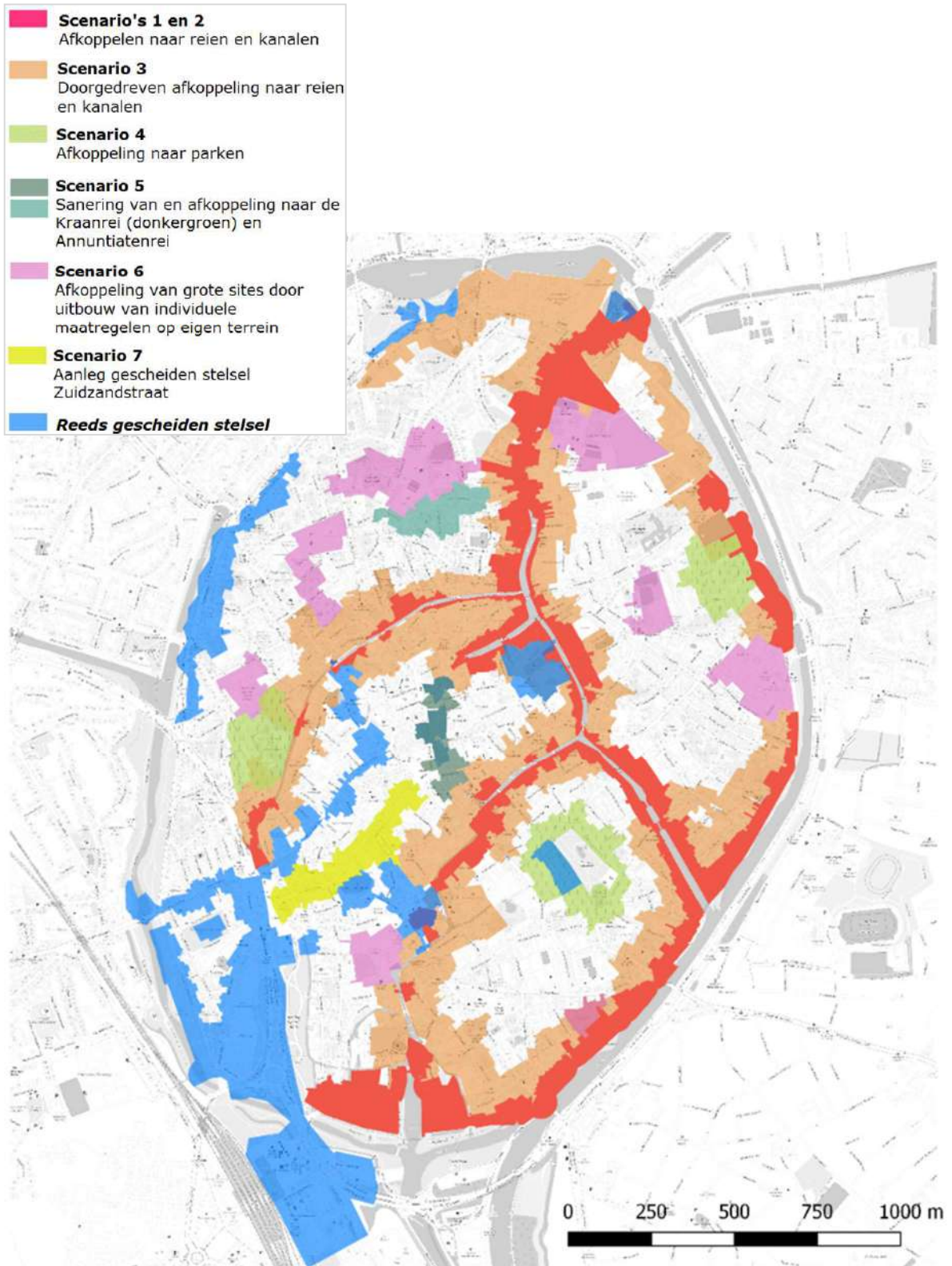
## 5 Ondersteunende analyses en kaartmateriaal

Dit hoofdstuk toont verschillende kaarten ter ondersteuning van het klimaatadaptatieplan:

- Een samenvattende kaart van de **afkoppelingsscenario's** van het waterplan.
- Een samenvattende kaart met de **belangrijkste acties** uit het klimaatadaptatieplan.
- Kaarten met de individuele **percelen met grootste verharde oppervlaktes**. Deze percelen worden prioritair benadert voor afkoppeling.
- Kaarten met **gesimuleerde wateroverlast** onder het huidig en toekomstig klimaat voor verschillende scenario's van het waterplan.
- Kaarten die de impact tonen van verhoogde overstortdrempels op **overstortvolumes** en wateroverlast.
- Analyses van **groen** in de historische binnenstad.

## 5.1 Waterplan: prioriteitszones voor afkoppeling

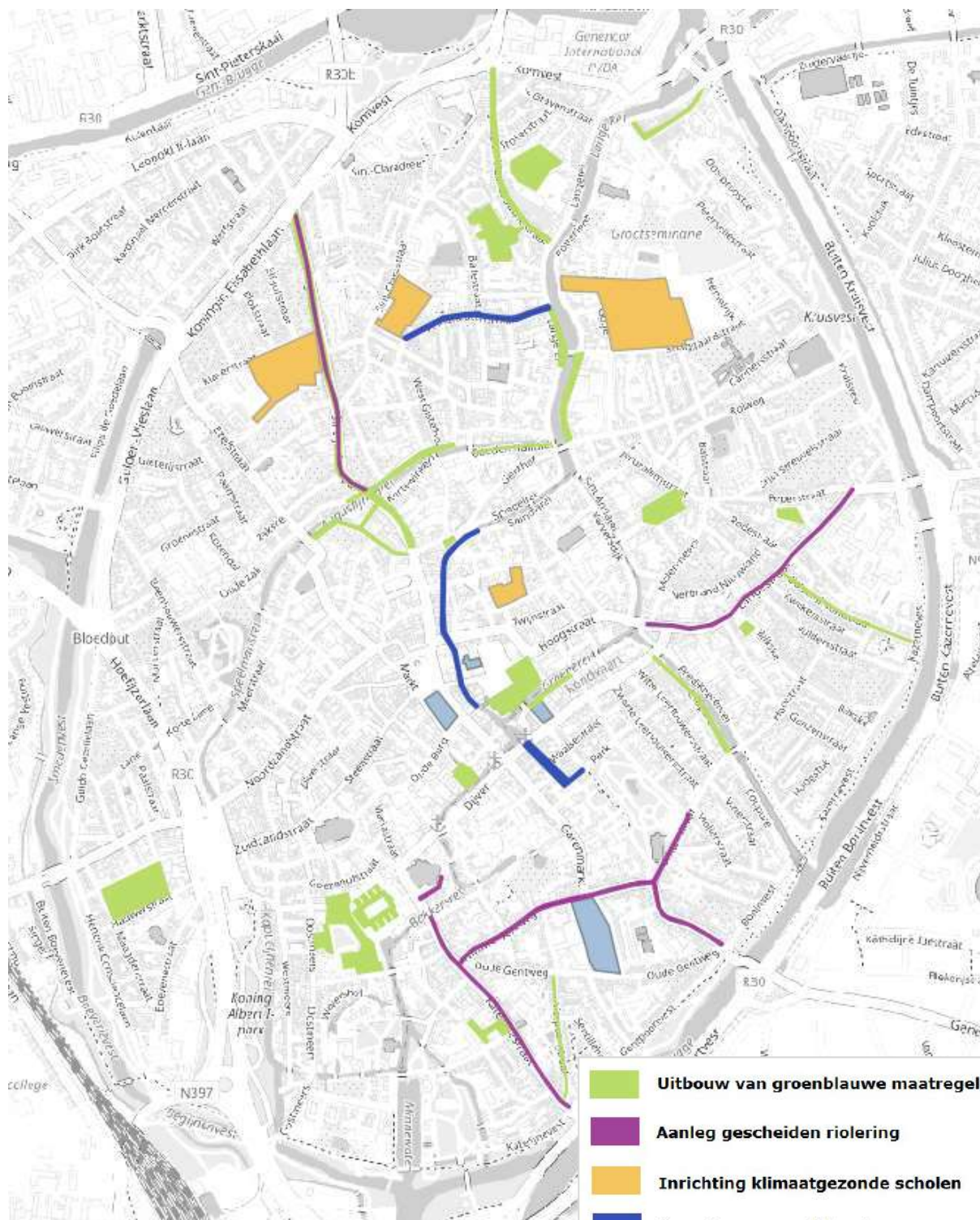
Deze kaart toont de verschillende prioriteitszones voor afkoppeling. Deze scenario's worden in meer detail besproken in §3.2.2 van het waterplan.



## 5.2 Samenvatting acties op korte termijn uit het klimaatadaptatieplan

Onderstaande kaart toont een samenvatting van enkele concrete acties uit het klimaatadaptatieplan die in de komende jaren nader onderzocht en gerealiseerd worden. Belangrijk om op te merken is dat deze kaart louter enkele zeer concrete projecten samenvat. Voor een meer globaal overzicht van maatregelen van bijvoorbeeld afkoppeling en de uitbouw van een gescheiden stelsel wordt verwezen naar de prioriteitenkaart van het waterplan (5.1).

- De uitbouw van **groenblauwe maatregelen**: zie o.a. Actiepunt 4.2, Actiepunt 4.3, Actiepunt 4.6, Actiepunt 4.8, Actiepunt 4.9, Actiepunt 4.10, Actiepunt 4.11 en Actiepunt 4.18. In totaal beogen de acties een afkoppeling van minstens 60.000 m<sup>2</sup> verharding naar groenblauwe maatregelen, een afkoppeling van minstens 50.000 m<sup>2</sup> verharding naar de reien, de bouw van minstens 5.000 m<sup>2</sup> groenblauwe daken en de aanleg van verschillende waterrobuuste straten en pleinen. Deze kaart toont louter enkele zeer concrete projecten.
- De aanleg van (collectieve) **hemelwaterputten** voor het promoten van duurzaam hergebruik van regenwater: zie o.a. Actiepunt 4.1 en Actiepunt 4.7.
- De aanleg van een **gescheiden riolering**.
- De inrichting van **klimaatgezonde scholen**.
- Het saneren van enkele **overwelfde reien**.



- Uitbouw van groenblauwe maatregelen**
- Aanleg gescheiden riolering**
- Inrichting klimaatgezonde scholen**
- Sanering overwelfde reien**
- Aanleg (collectieve) hemelwaterputten**



### 5.3 Verharde oppervlaktes

De historische binnenstad van Brugge omvat percelen die bijzonder groot en tegelijk deels verhard zijn. Door primair te focussen op deze verharde oppervlaktes, kan door het overtuigen van een klein aantal actoren een grote impact verwezenlijkt worden. Bovendien zijn de grootste percelen meestal voldoende ruim om groenblauwe maatregelen, zoals infiltratievoorzieningen, in te richten, waardoor deze volledig afgekoppeld kunnen worden van de riolering. Op die manier wordt zowel wateroverlast, droogte als hittestress tegen gegaan. **Actiepunt 4.16** focust specifiek op het “activeren” van deze verharde oppervlaktes.

Om de percelen met het meeste verharding te identificeren, werd een analyse uitgevoerd op basis van de “waterdoorlatendheidskaart” (op een resolutie van 5 bij 5 meter) van de Vlaamse overheid in combinatie met kadastrale kaarten. Zo werd voor elk individueel perceel de verhardingsgraad berekend en de totale verharding. Voor kleine percelen (bijvoorbeeld eengezinswoningen) is deze berekening mogelijk onnauwkeurig door de relatief hoge resolutie van de waterdoorlatendheidskaart, maar voor grotere percelen levert dit een relatief nauwkeurige inschatting van de verharding.

Uit de analyse blijkt dat ongeveer **199 hectare in de historische binnenstad verhard is** (wegenis en pleinen niet inbegrepen). Dit leunt overigens dicht aan bij de gegevens uit het beschikbare Hydronautmodel (170 hectare), wat de consistentie tussen de verschillende berekeningswijzen aantoont. Wanneer de percelen naar maximale verharde oppervlakte gerangschikt worden, komt de enorme impact naar boven van het overtuigen van de grootste percelen om in te zetten op groenblauwe maatregelen:

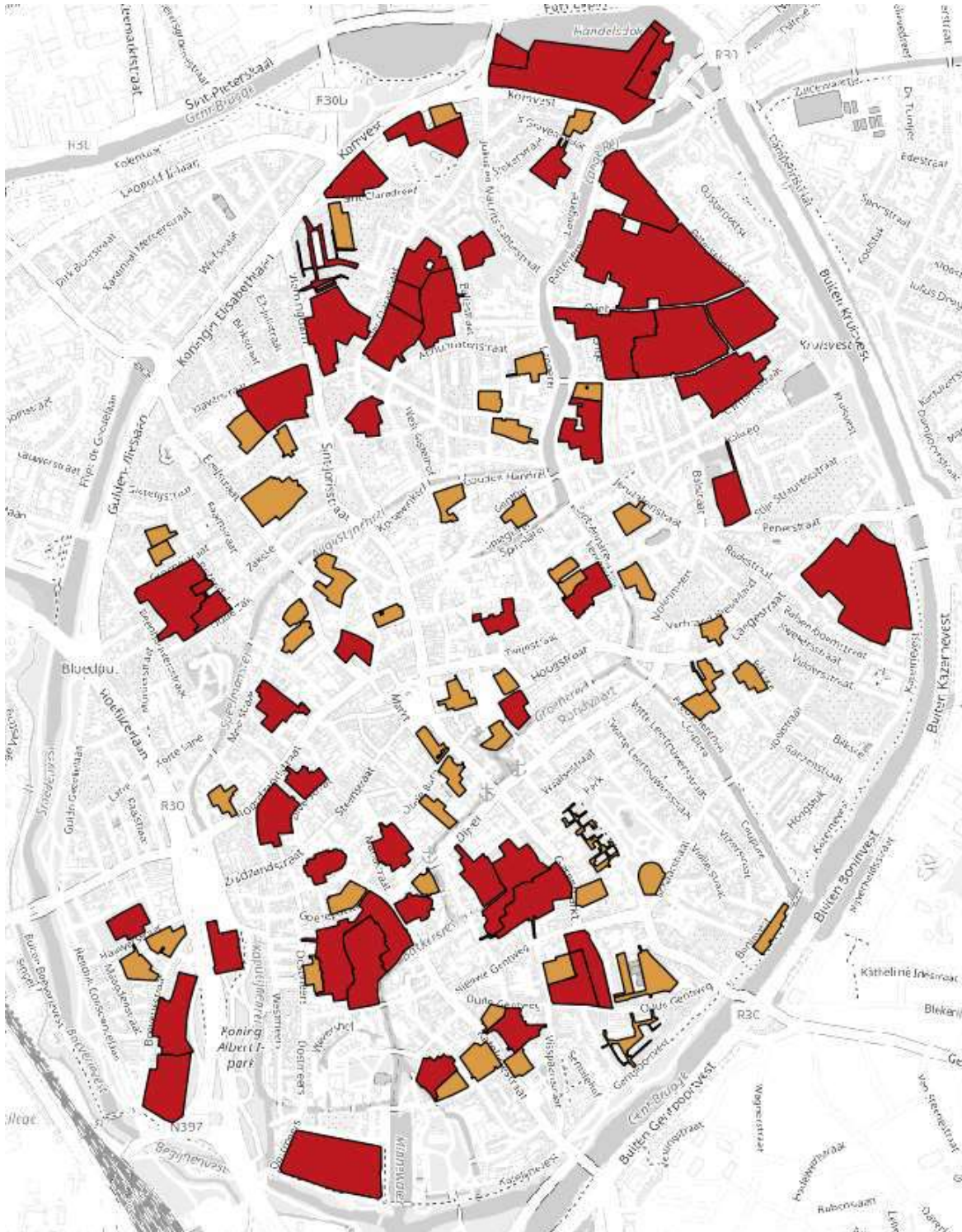
- De **20 percelen** met het meeste verharding in de historische binnenstad zijn goed voor maar liefst 24.8 hectare verharding. Dit is ongeveer 12% van de totale verharding (exclusief wegenis) van de binnenstad. De gemiddelde perceelsverhardingsgraad van die percelen is 75%. Dat betekent dat (gemiddeld) 25% van de perceelsoppervlakte onverhard is, en kan dienen om hemelwater op te vangen. Dit volstaat om voldoende infiltratievoorzieningen uit te bouwen om het hemelwater volledig af te koppelen van de riolering. Ook moet onderzocht worden of de verhardingsgraad op perceelsniveau niet teruggeschroefd kan worden.
- De “**top 50**” omvat een verharde oppervlakte van 37.5 hectare, oftewel bijna 19% van de totale verharde oppervlakte (excl. wegenis). De gemiddelde perceelsverhardingsgraad bedraagt eveneens 75%.
- De “**top 100**” beslaat een verharde oppervlakte van 49.5 hectare, zijnde bijna 25% van de totale verharde oppervlakte (excl. wegenis). De gemiddelde perceelsverhardingsgraad stijgt hierbij tot 80%.

Het waterplan streeft naar een afkoppeling van verharde oppervlaktes van in totaal 87 hectare (zie §3.2.2). Indien dit cijfer behaald wordt, blijkt de historische binnenstad alvast klimaatrobuust te zijn op vlak van wateroverlast voor 2050, en al grotendeels voor het klimaat in 2100 (zelfs onder de “hoge impact” klimaatscenario’s). Wanneer de 100 percelen met het meeste verharding dus afgekoppeld kunnen worden, is dit doel voor een zeer groot deel behaald. Daarnaast moet uiteraard ook ingezet worden op maatregelen in het publiek domein (wegenis en pleinen), en op een kleinschaliger niveau (burgers). Enkel door op al deze sporen in te zetten kan het streefdoel van 87 hectare afkoppeling behaald worden.

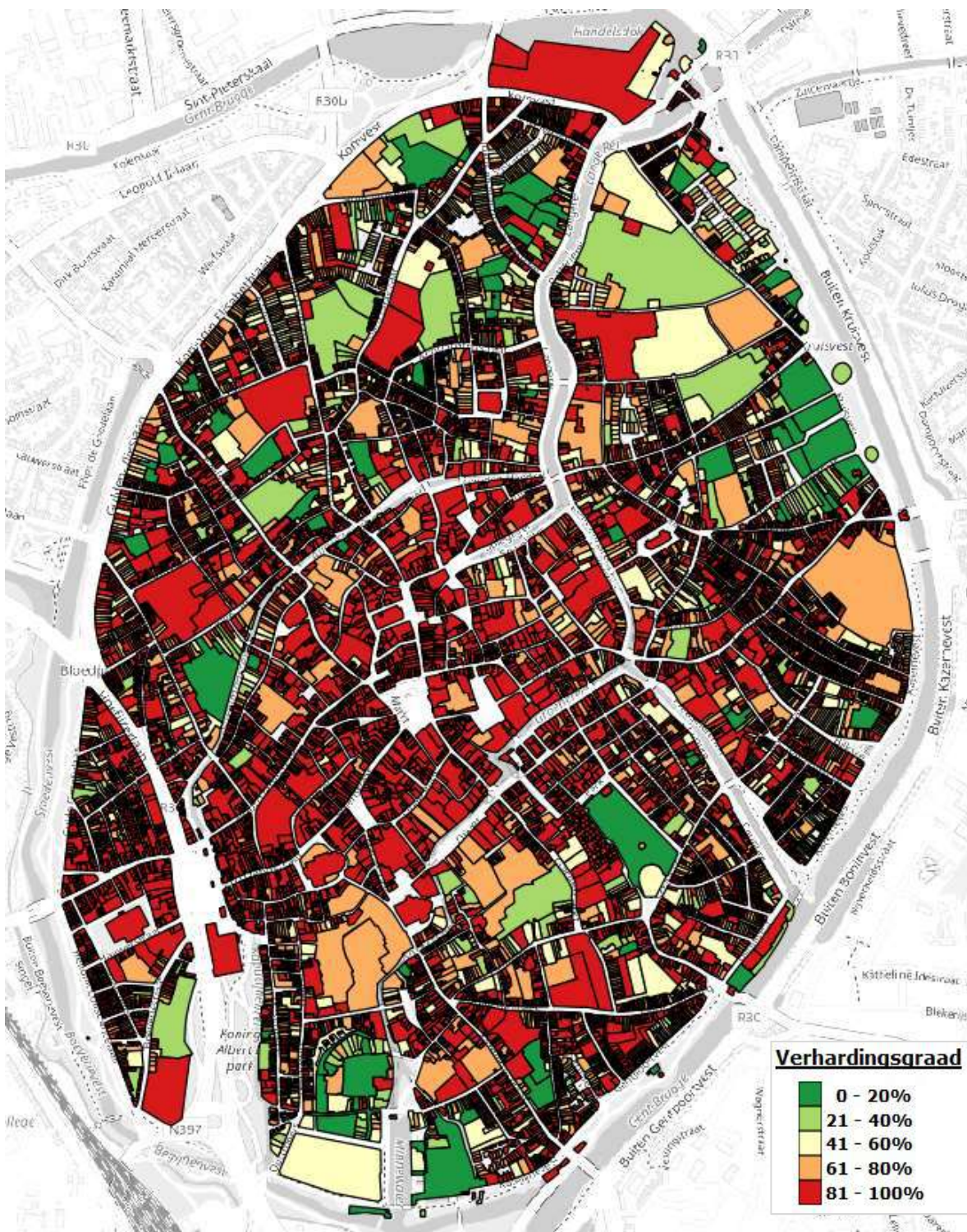
Tot slot moet hierbij opgemerkt worden dat per perceel nagekeken moet worden of het perceel afwatert naar de riolering, of naar de reien of kanalen. Sommige percelen zullen immers reeds afwateren naar de reien. Die percelen tellen niet mee in het streefdoel van 87 hectare.

Hieronder worden volgende kaarten getoond:

- De top 50 percelen met de grootste verharde oppervlakte.
- De top 100 percelen met de grootste verharde oppervlakte.
- Een graduele verhardingskaart die het percentage verharding toont op perceelsniveau. De verhardingsgraad kan onnauwkeurig zijn voor kleine percelen omwille van de hogere resolutie van de waterdoorlatendheidskaart (5 bij 5 meter).



Figuur 61: Top 100 percelen met de grootste verharde oppervlaktes (rood: top 50; oranje: top 51-100).



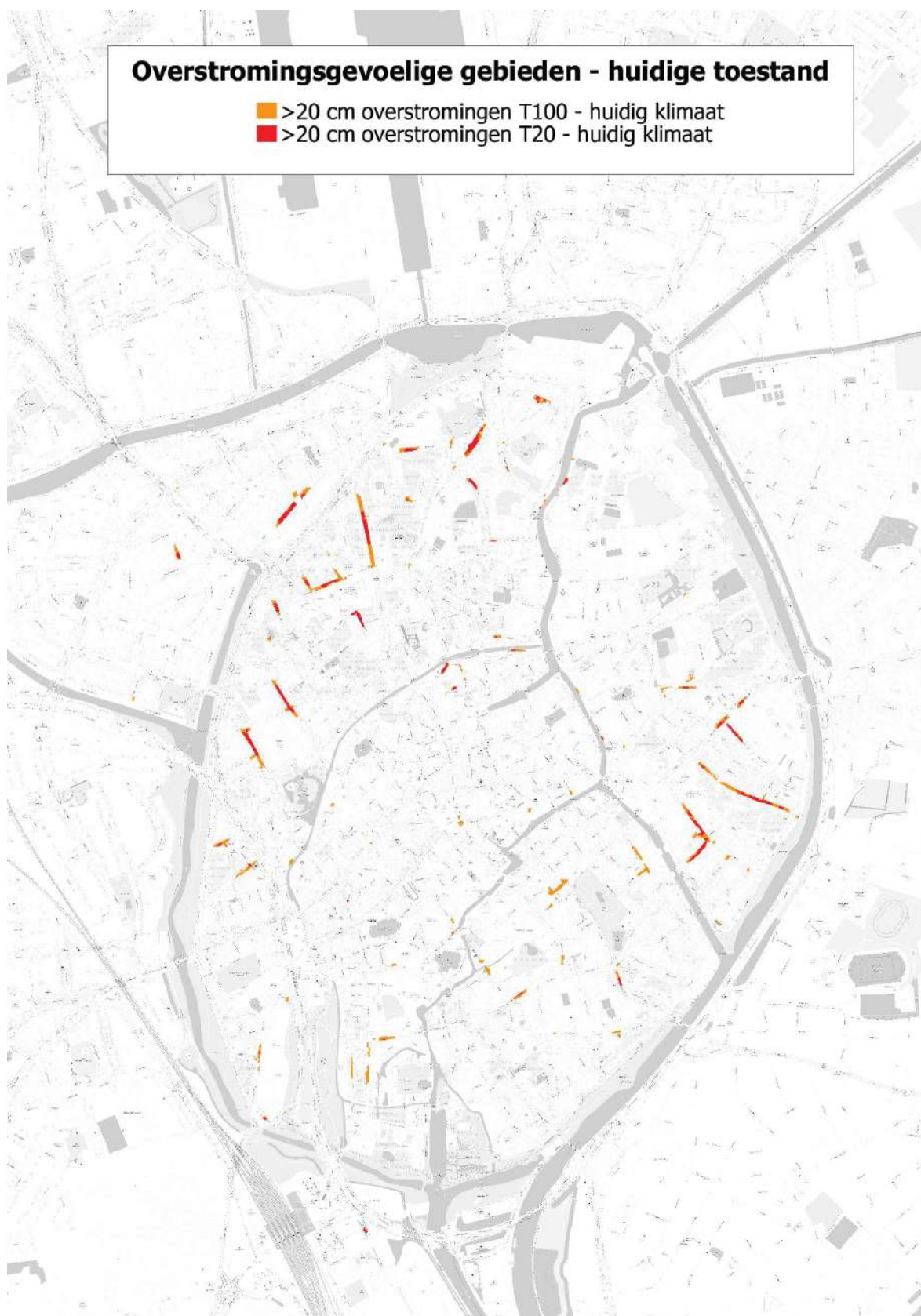
Figuur 62: Graduele verhardingskaart die de verhardingsgraad per perceel toont. Kleine percelen kunnen door de berekeningswijze onnauwkeurige resultaten opleveren.

## 5.4 Risico op water op straat

### 5.4.1 Huidige situatie onder het huidig en toekomstig klimaat

De kaarten die de gesimuleerde wateroverlast tonen voor de huidige toestand onder het huidig en toekomstig klimaat werden uitgebreid beschreven in het rapport "Risico- en kwetsbaarheidsanalyse voor de historische binnenstad van Brugge onder klimaatverandering". De lezer wordt verwezen naar dat rapport voor een afdruk van de kaarten.

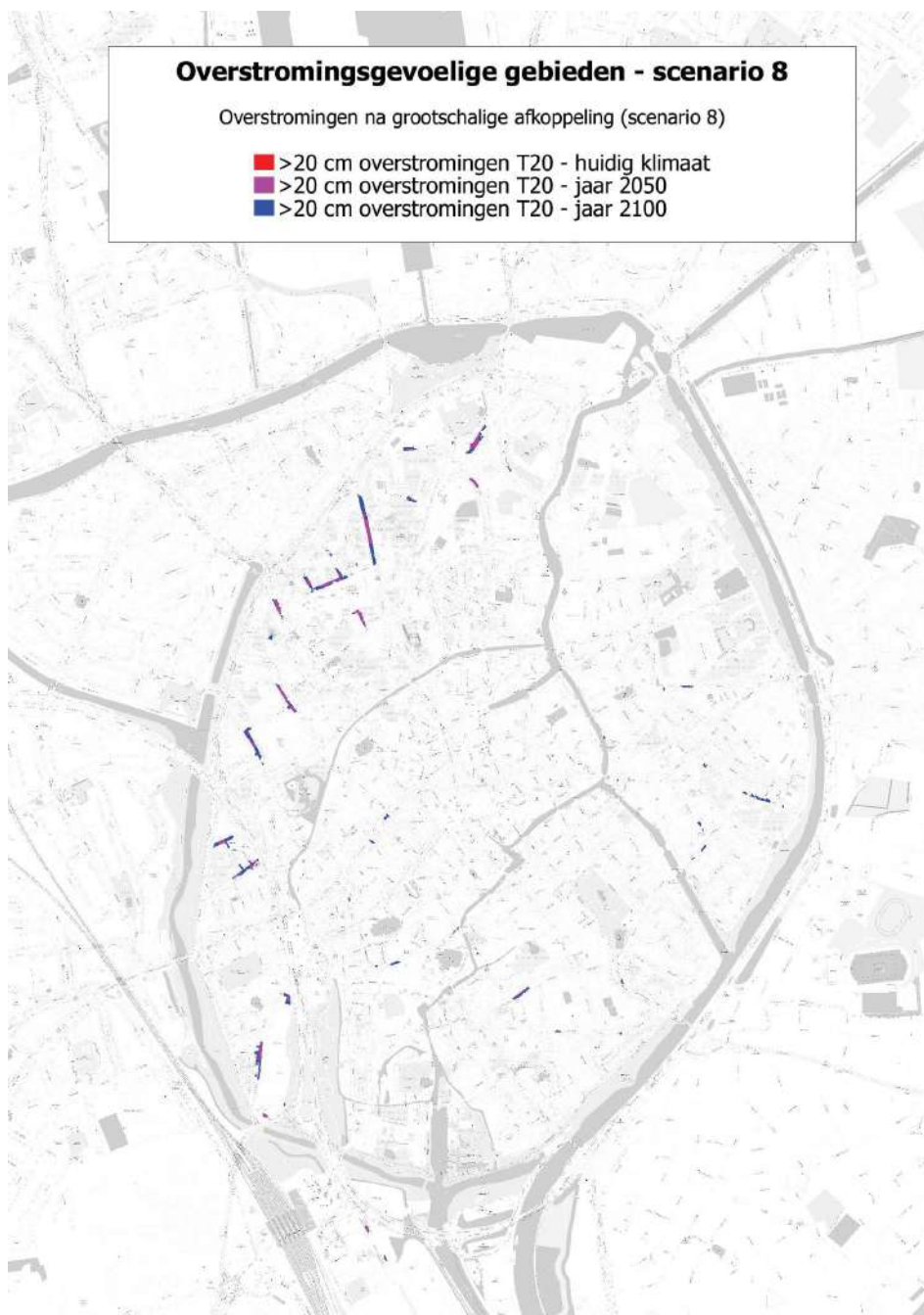
Enkel de kaart voor de overstromingsgevoelige gebieden voor een terugkeerperiode van 20 en 100 jaar onder het huidig klimaat wordt hieronder ter referentie getoond. Deze kaarten bevatten enkel locaties met 20 cm waterdiepte of meer. De kaarten zijn ook digitaal beschikbaar zodat deze in detail bekeken kunnen worden.



Figuur 63: Gesimuleerde overstromingsgevoelige gebieden voor de huidige toestand voor een terugkeerperiode van 20 (rood) en 100 (geel) jaar onder het huidig klimaat.

### 5.4.2 Afkoppeling

Het waterplan stelt 8 scenario's voor waarbij verharding wordt afgekoppeld van het rioleringsstelsel. Elk scenario werd afzonderlijk gesimuleerd, zodat de impact op water op straat duidelijk werd. De kaart hieronder is het resultaat wanneer alle scenario's gecombineerd werden (=scenario 8). Deze kaart toont de overstromingsgevoelige gebieden met meer dan 20 cm water op straat voor het huidige en toekomstige klimaat. Voor het toekomstige klimaat werden de "hoge impact"-klimaatscenario's gesimuleerd. De reële impact van klimaatverandering ligt met grote waarschijnlijkheid tussen het huidige en het gerapporteerde toekomstige klimaat. Voor meer informatie over de afkoppelingsscenario's wordt verwezen naar §3.2.2. De kaarten zijn ook digitaal beschikbaar in hogere resolutie. Ook zijn de gesimuleerde overstromingskaarten (met waterdiepten) voor elk afzonderlijk scenario beschikbaar.

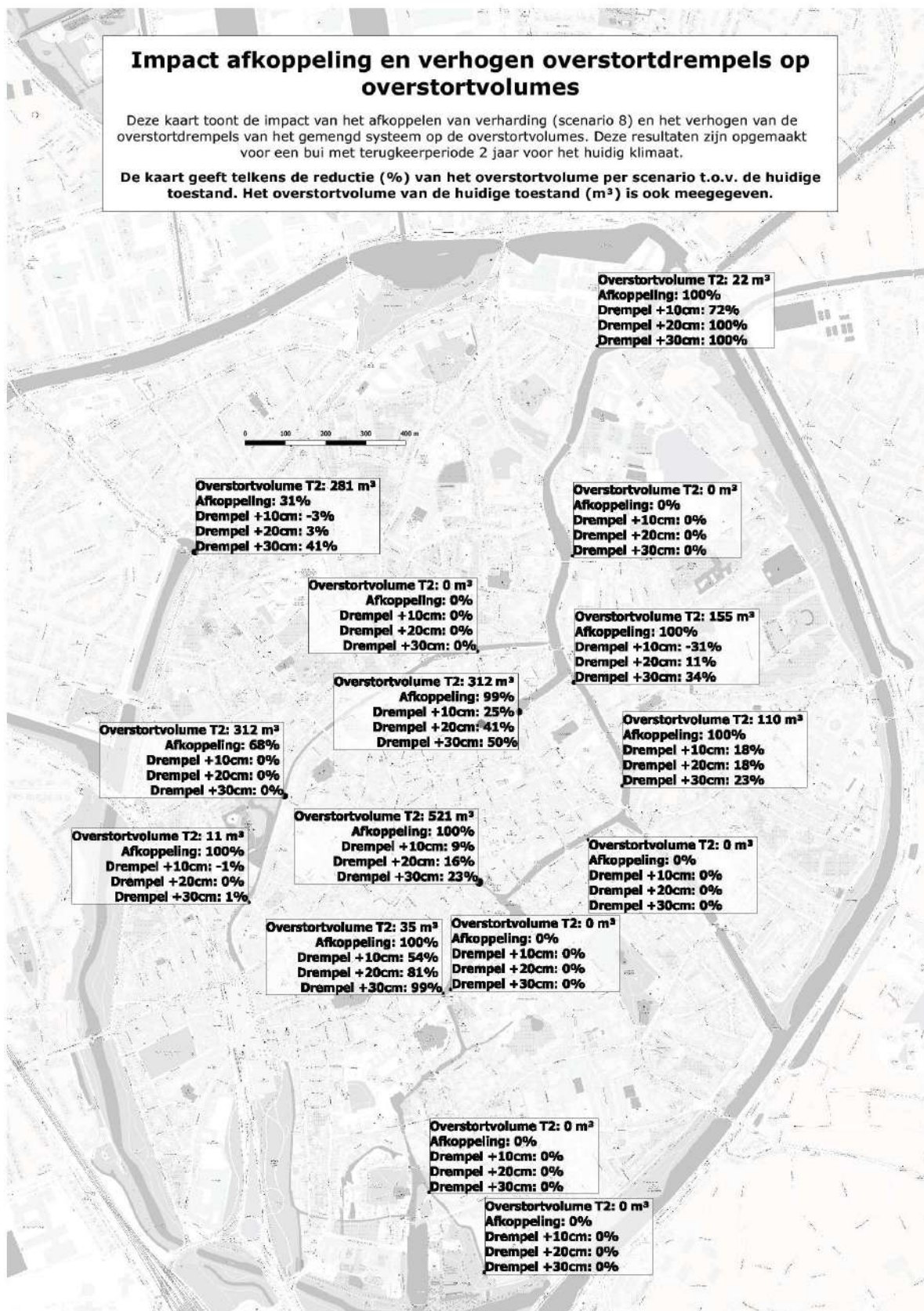


Figuur 64: Gesimuleerde overstromingsgevoelige gebieden na uitvoering van scenario 8 (zie §3.2.2) voor een terugkeerperiode van 20 jaar voor het huidige en toekomstige klimaat.

## 5.5 Impact van verhoogde overstortdrempels op overstortvolumes

Het waterplan beschouwt een scenario waarbij de overstortdrempels uniform verhoogd worden met +10, +20 en +30 cm. Hierdoor treden de overstromen minder vaak in werking (maar neemt de kans op wateroverlast toe). Paragraaf 3.4.1 beschrijft dit scenario en de resultaten in meer detail.

Onderstaande kaart toont de overstortvolumes voor een composietbui met een terugkeerperiode van 2 jaar onder het huidig klimaat. De volumes worden getoond voor de huidige toestand. Daarnaast geeft de kaart ook de reducties van het overstortvolume weer t.g.v. de beschouwde afkoppeling van verharding van de riolering, en door het verhogen van de overstortdrempels.



Figuur 65: Gesimuleerde overstortvolumes ( $m^3$ ) bij een bui met terugkeerperiode van 2 jaar (huidig klimaat) en de reductie van de overstortvolumes (%) door de beschouwde maatregelen.



## 5.6 Analyse groene open ruimten

### 5.6.1 Kwantitatieve analyse

Deze paragraaf analyseert de aanwezigheid van groene open ruimten in de historische binnenstad. Hiervoor wordt de groenkaart uitgegeven door de Vlaamse Overheid gebruikt. Deze analyse levert inzichten in de hoeveelheid groen in elk stadskwartier, en maakt het mogelijk om te bepalen waar en hoe een coherent en aaneengesloten groen netwerk gecreëerd kan worden.

De **groenkaart** heeft een zeer hoge resolutie van 1 bij 1 meter en is opgesteld op basis van een segmentclassificatie van een zomervlucht boven de regio. De kaart werd opgesteld door het Agentschap van Geografische Informatie (AGIV) in opdracht van het Agentschap voor Natuur en Bos, en is vrij beschikbaar op GeoPunt. De kaart bevat de klassen "niet groen", "landbouw", "laag groen" en "hoog groen". Laaggroen is hierbij groen met een hoogte van minder dan 3 meter. Merk op dat er ook een kaart "Stedelijk groen" uitgegeven werd door de Overheid. Die classificatie levert zeer gelijkaardige informatie op.

De groenkaart werd gecombineerd met de indeling in **stadskwartieren**, gemaakt door de GIS cel van Stad Brugge. Figuur 66 toont de opdeling in stadskwartieren met benaming. Merk op dat sommige stadskwartieren volgens deze definitie gedeeltelijk buiten de historische binnenstad vallen. Die delen werden echter wel meegenomen in deze analyse.



Figuur 66. Indeling in stadskwartieren.

**Figuur 67 toont de groenkaart per stadskwartier** in de historische binnenstad. De kleuren geven het type bodemgebruik aan: grijs staat voor niet-groen, de kleur groen voor hoge vegetatie (>3 meter), lichtgroen voor lage vegetatie (<3 meter) en geel voor agrarisch gebied. Figuur 68 vergelijkt een klein stukje van de groenkaart met een satellietfoto voor het gebied rond en net ten zuiden van het Seminarie. Hierop is duidelijk de goede overeenkomst te zien tussen de realiteit en de groenkaart. Bijgevolg wordt de groenkaart nauwkeurig genoeg geacht om verder te gebruiken binnen dit kader.



Figuur 67. Groenkaart met aanduiding van de stadskwartieren (grijs = niet-groen; groen = hoog groen (>3 meter); lichtgroen = laag groen (<3 meter); geel = agrarisch).

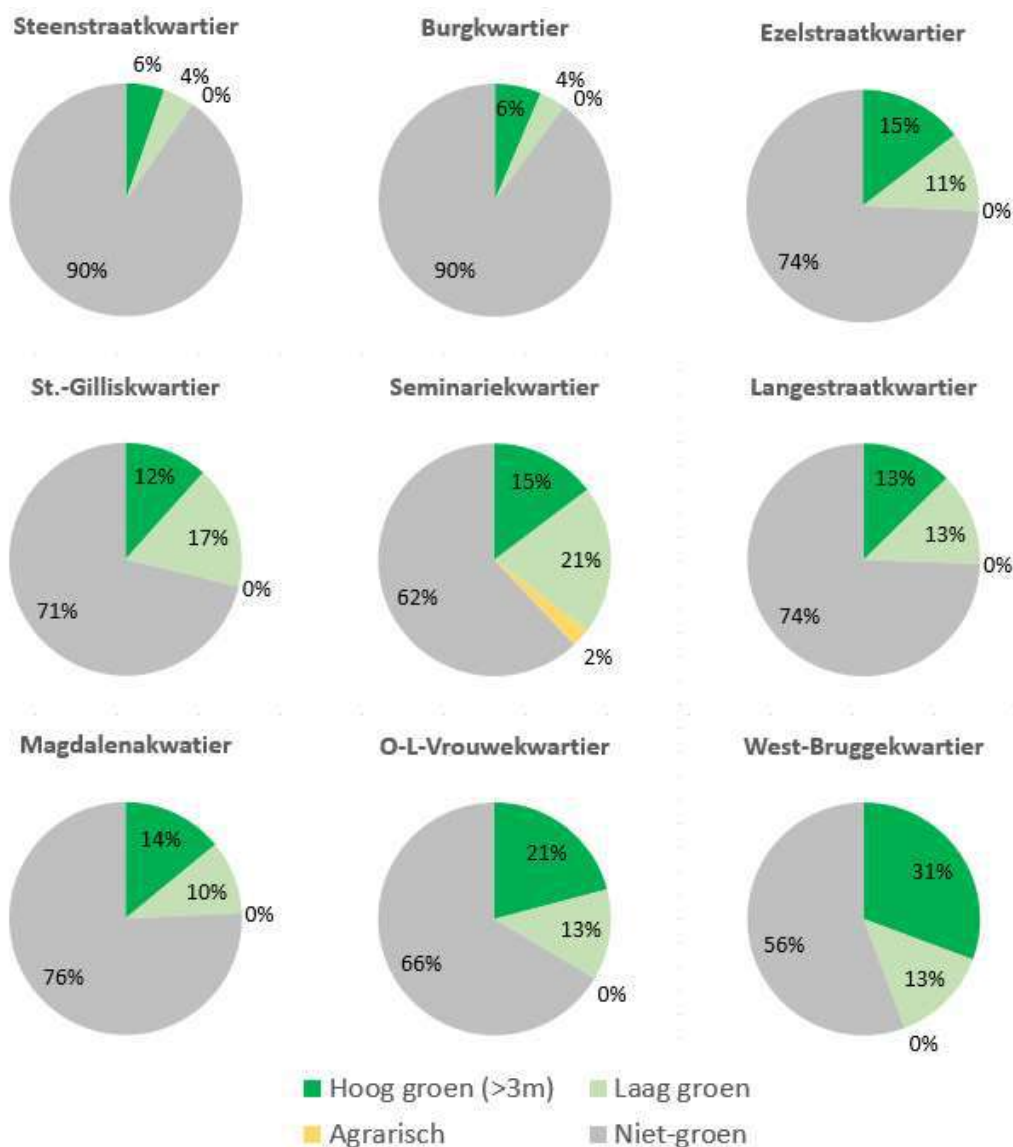


Figuur 68. Vergelijking van een satellietfoto (links; bron: Bing) met de groenkaart (rechts).

Figuur 69 toont per stadskwartier hoeveel groen (en van welk type) er aanwezig is. Hieruit blijkt dat er **zeer grote verschillen zijn over de stadskwartieren**. De drie meest groene stadskwartieren zijn respectievelijk het "West-Bruggekwartier" (44% groen), het "Seminariekwartier" (38%) en het "Onze-Lieve-Vrouwekwartier" (33%). Merk op dat het West-Bruggekwartier en het Onze-Lieve-Vrouwekwartier tot net buiten de historische binnenstad reiken. **De kwartieren met het minst groen zijn respectievelijk het "Steenstraatkwartier" (10%), het "Burgkwartier" (10%)** en, met significant meer groen, het "Magdalenakwartier" (24%). Deze eerste 2 kwartieren zijn het meest bebouwd, en vormen de kern van de historische binnenstad. Hierdoor is het ook niet mogelijk om stadsparken uit te bouwen in deze kwartieren. Deze kwartieren zijn dan ook aangewezen op kleinschalige groenvoorzieningen, omliggende stadsparken en groene verbindingen naar die ruimtes.

Het is interessant om deze cijfers te koppelen aan die van de **groennormen** opgesteld door het Agentschap Natuur en Bos (ANB). Die normen bestaan uit 2 aspecten. Vooreerst is er een globale streefnorm, uitgedrukt als een ideaal aantal m<sup>2</sup> groen per inwoner. Gelet op de woondichtheid in de historische binnenstad geldt een minimumwaarde van **30 m<sup>2</sup> groen/inwoner als streefcijfer**. Daarnaast zijn er normen die speciëren wat de maximum afstand tot groen mag zijn voor een inwoner in functie van het soort groen (gaande van woongroen tot stadsgroen). Dit zijn geen wettelijke of bindende normen, maar richtcijfers. Deze werden in 1993 opgesteld, en verder verfijnd in 2000.

In deze analyse wordt enkel de hoeveelheid groen per m<sup>2</sup> ruw ingeschat. De afstand tot groen wordt bijgevolg niet in beschouwing genomen. Bij gebrek aan meer gedetailleerde gegevens wordt voor deze analyse uitgegaan van een gemiddeld van 47 inwoners per hectare (afgeleid op basis van het bevolkingscijfer in de historische binnenstad en de oppervlakte). Merk op dat dit slechts een ruwe benadering is, en verfijningen mogelijk zijn. Gecombineerd met het streefcijfer van 30 m<sup>2</sup> groen/inwoner en het reeds aanwezige groen, blijken 2 stadskwartieren niet te voldoen. **Het Steenstraatkwartier zou minimaal 15.500 m<sup>2</sup> extra groen vereisen, het Burgkwartier 10.000 m<sup>2</sup>**. De andere kwartieren voldoen wel aan dit streefcijfer (wat zeker niet wegneemt dat ook daar gestreefd moet worden naar meer groen, aangezien de streefcijfers klimaatadaptatieaspecten niet in rekening brengen). **Deze analyse houdt geen rekening met het publiek/privaat karakter van groen: veel groen in de historische binnenstad is immers niet toegankelijk, waardoor de reële cijfers voor nodig extra groen hoger liggen.**



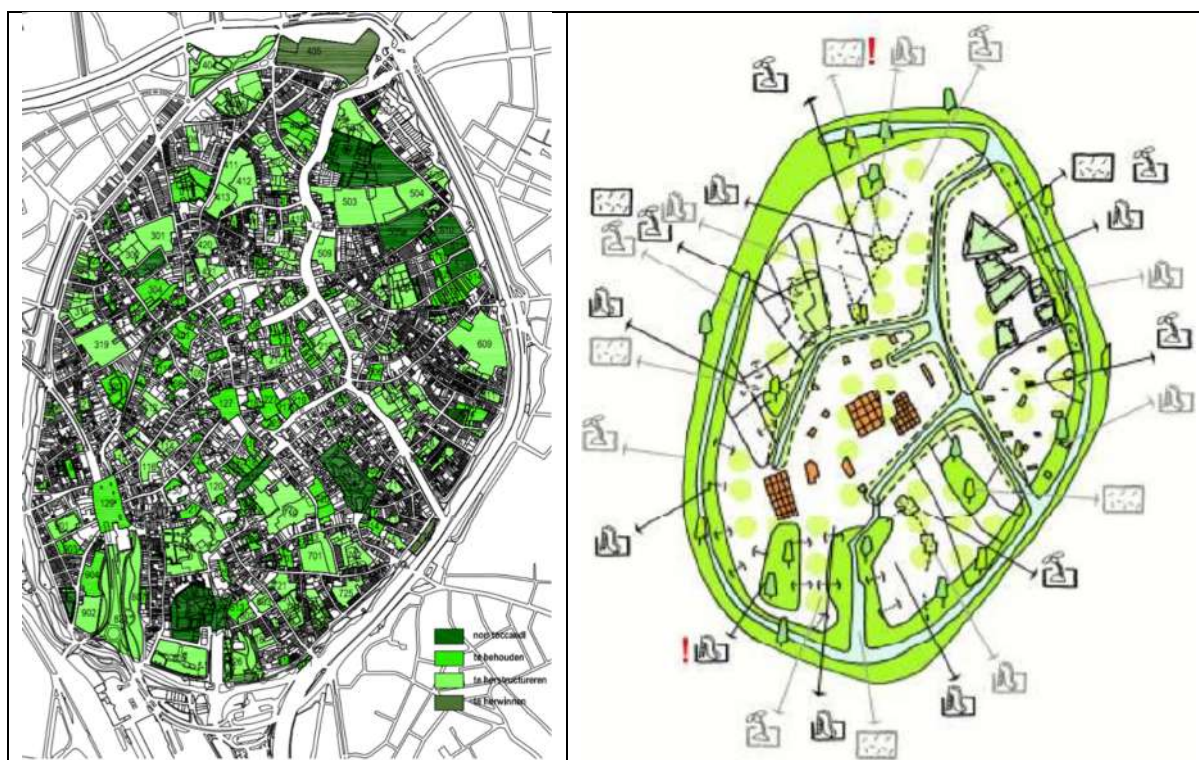
Figuur 69. Percentage van elk groentype aanwezig in de stadskwartieren.

De historische binnenstad kleurt, vergeleken met andere historische steden, nog erg groen. Deze eigenschap maakt de binnenstad aantrekkelijk voor wonen en recreatie. **Maar de groene ruimtes staan vaak ook onder druk door (private) initiatieven, extremer weer ten gevolge van klimaatverandering en bovendien zijn de ruimtes erg ongelijkmatig verdeeld en versnipperd.** Het is daarom van groot belang de groene ruimtes te beschermen, en zoveel als mogelijk uit te bouwen. Groenvoorzieningen zijn immers een belangrijk klimaatadaptatiemiddel door de talrijke ecosystemendiensten die ze leveren. Groene zones infiltreren en verdampen het water dat ter plekke valt, maar kunnen bijvoorbeeld ook vaak gebruikt worden als infiltratievoorziening voor omliggende verharding of neerslagafstroming. Zo wordt de grondwatertafel aangevuld, maar bij een doordachte dimensionering en inpassing in het stedelijk weefsel kunnen ze ook bufferend werken bij extreme neerslag. Zo wordt ook wateroverlast tegen gegaan. Daarnaast geeft groen verkoeling (door verdamping en via slagschaduw), versterkt het de biodiversiteit en verhoogt het de leefbaarheid van de stad. Kortom, groenvoorzieningen kunnen de 3 belangrijkste klimaateffecten deels opvangen (wateroverlast - droogte - hitte).

**Het klimaatadaptatieplan streeft dan ook naar het beschermen en uitbouwen van groen in de historische binnenstad.** Het is van groot belang dat gestreefd wordt naar "kwalitatief" groen, doordacht ingepast in de open ruimte en afgestemd op andere initiatieven.

Groenvoorzieningen in de historische binnenstad moeten aansluiting vinden met groene ruimtes erbuiten via een coherent netwerk.

Om dit te realiseren sluit het klimaatadaptatieplan aan op het **Beleidsplan voor de open ruimte in de binnenstad** (2012). Dit beleidsplan bakent na een grondige analyse een globale visie op de gewenste openruimtestructuur voor de binnenstad, aangevuld met concrete aanbevelingen en acties voor geselecteerde openruimtecases. Geïdentificeerde **knelpunten** in het beleidsplan zijn o.a. (1) de ongelijkmatige spreiding van de open ruimten, (2) de aanwezigheid van groene ruimten met weinig kwalitatieve inrichting, (3) de aanwezigheid van weinig toegankelijke open ruimte, (4) de gebrekkige bescherming van (waardevolle) open ruimten, (5) de versnippering van grotere openruimtegehelen en (6) het onder druk staan van de open ruimten. Het beleidsplan formuleert daarom concrete acties en beleidsaanbevelingen. Deze zijn samengevat in Figuur 70.



Figuur 70. Extract uit het Beleidsplan voor de Open Ruimte (2012): actieplan (links), synthese gewenste openruimtestructuur (rechts).

### 5.6.2 Samenvatting van de acties

Om de uitdagingen rond groenvoorzieningen op te vangen en tegelijk groen effectief in te schakelen als klimaatadaptatiemiddel, neemt voorliggend plan acties. Deze worden hier kort opgelijst:

- **Actiepunt 1.4:** Vertalen van het klimaatadaptatieplan naar **Ruimtelijke Uitvoeringsplannen**: (1) studie voor het **ontharden** en bijkomend inplanten van groen; (2) **planjuridisch** beschermen van groen.
- **Actiepunt 1.6:** Uitbouwen van **perceelsgebonden normering** met oog voor duurzaam groenbeheer. De normering streeft o.a. naar het **behoud van minimaal 60% van de groene ruimte** bij reconversies.
- **Actiepunt 4.3:** Voorzien van minstens **5.000 m<sup>2</sup> groenblauwe daken**.

- **Actiepunt 4.8:** Inrichten van minstens **3 waterrobuuste straten**, waarbij (bijkomende) groenelementen een cruciale rol opnemen.
- **Actiepunt 4.9:** Afkoppelen van minstens **25.000 m<sup>2</sup> verharding naar (bijkomende) groenvoorzieningen**.
- **Actiepunt 4.10:** Inrichting van minstens **1 waterrobuust plein met afwatering naar (bijkomende) groenvoorzieningen**.
- **Actiepunt 4.11: Kwalitatieve groenvoorzieningen uitbouwen** met prioriteit voor het Steenstraatkwartier en het Burgkwartier.
- **Actiepunt 4.12: Groenblauwe netwerken** creëren in woongebieden.
- **Actiepunt 4.13:** Bouw van **boombunkers** om de kwaliteit van groen te waarborgen.
- **Actiepunt 4.18: Vergroenen van minstens 2 speelplaatsen** in de historische binnenstad.
- **Actiepunt 6.3:** Specifieke participatietrajecten voor grote perceelseigenaars omtrent klimaatadaptatie. Hierbij wordt o.a. de Kerkfabriek benaderd voor het **openstellen** van kloostertuinen.
- **Actiepunt 6.6: Ondersteunen van groenbeheer.** Hierbij wordt o.a. gepoogd een samenwerking op te zetten met Regionaal Landschap om advies op maat te verlenen aan percee-eigenaars omtrent duurzaam en klimaatrobuust groenbeheer. Ook wordt bekeken of een erfpachtregeling opgezet kan worden in functie van het openstellen van groene ruimtes.

Deze acties sluiten nauw aan op die van het Beleidsplan voor de open ruimte in de binnenstad. Het Klimaatadaptatieplan en dit Beleidsplan dienen ook tezamen ingepland en uitgevoerd worden.

## 6 Referenties

- Baguis, P., Boon, W., Kampkuiper, S., Rosenboom, R., Verbout, A., Verwij, L., van de Vijver, H. (2012). Klimateffectschetsboek West- en Oost-Vlaanderen. KMI en Bodemkundige Dienst van België vzw in opdracht van Provincies West-Vlaanderen en Oost-Vlaanderen.
- Downing, J. A., Watson, S. B., McCauley, E. (2001). Predicting Cyanobacteria dominance in lakes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2001, 58(10), 1905-1908, <https://doi.org/10.1139/f01-143>.
- Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid (CIW) (2017). Leidraad ontwerpen van bronmaatregelen. Geraadpleegd via <http://www.integraalwaterbeleid.be/nl/publicaties/code-goede-praktijk-rioleringsystemen/leidraad-ontwerpen-van-bronmaatregelen/view> op 2 november 2018. 15 pp.
- Mira-T, (2008). Milieurapport Vlaanderen Indicatorrapport.
- Schoeters, L., Vannoppen, A., Muys, B. (2019). Boomsoortendiversiteit verhoogt de groei van beuk en beïnvloedt zijn fysiologische droogte-respons. *Vakblad natuur bos landschap*, editie januari 2019.
- Sumaqua (2020). Risico- en kwetsbaarheidsanalyse voor de historische binnenstad van Brugge onder klimaat. Studie uitgevoerd door Sumaqua in opdracht van Stad Brugge in het kader van het Interreg project Water Resilient Cities.
- VMM (2016). Opstellen van richtlijnen voor het meten van de infiltratiecapaciteit en het modelmatig onderbouwen voor de dimensionering van infiltratievoorzieningen. Studie uitgevoerd door IMDC nv in samenwerking met de Bodemkundige Dienst van België vzw in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij. p. 423.

