



# Klimaatadaptatieplan Turnhout

-

Stad Turnhout

19 mei 2021

**Project** Klimaatadaptatieplan Turnhout  
**Opdrachtgever** Stad Turnhout  
**Team** Ive Van Bouwel & Katrijn Driesen

**Document** Rapport  
**Status** Definitief  
**Datum** 19 mei 2021  
**Referentie** 121593/meut3/006

**Projectcode** 121593  
**Projectleider** Stefanie Dens  
**Projectdirecteur** Sofie Depauw

**Auteur(s)** Anna Goede, Lies Huitema, Joris Timmermans, Stefanie Dens, Olivia Coomans, Sophie Baelemens  
**Gecontroleerd door** Lies Huitema, Kato De Roos, Stefanie Dens  
**Goedgekeurd door** Stefanie Dens

**Paraaf**

**Adres** Witteveen+Bos Belgium N.V.  
Maatschappelijke zetel: Posthoflei 5-1  
2600 Antwerpen-Berchem  
België  
+32 (0)3 286 75 75  
[www.witteveenbos.be](http://www.witteveenbos.be)  
RPR Antwerpen

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos Belgium N.V. is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos Belgium N.V.

Niets uit dit document mag worden veeelvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos Belgium N.V. noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos Belgium N.V. aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos Belgium N.V. geleverde document.

## INHOUDSOPGAVE

<b>INLEIDING - EEN STEDELIJK KLIMAATADAPTATIEPLAN VOOR TURNHOUT</b>	<b>1</b>
<b>LEESWIJZER</b>	<b>2</b>
<b>1 PREPARING THE GROUND FOR ADAPTATION - HET TURNHOUTS STADSLANDSCHAP</b>	<b>4</b>
1.1 Het huidig Turnhouts landschap	4
1.2 Een beknopte ontwikkelingsgeschiedenis	6
1.2.1 Turnhout- 1715: een nederzetting tussen bossen, heideland en waterlopen	6
1.2.2 De middeleeuwse stad – 1775: over de Warande, het kasteel, de kloosters, de kerken en de markt	11
1.2.3 De industriële stad – 1854: over het kanaal, het spoor en de buurtspoorwegen	11
1.2.4 De Ringstad – 1930. Over de compacte stad en wonen in het interbellum	12
1.2.5 De autostad in het zuiden – 1970. Over de snelweg en bedrijventerreinen	12
<b>2 ASSESING RISKS AND VULNERABILITIES - KLIMAATKWETSBAARHEDEN WATEROVERLAST &amp; HITTE</b>	<b>14</b>
2.1 Klimaatverandering in Turnhout	14
2.2 Wateroverlast	14
2.2.1 Overstromingskaarten	15
2.2.2 Afstromingskaart	18
2.2.3 Terreinkennis wateroverlast	20
2.3 Hittestress	23
2.3.1 Inleiding klimaatscenario hitte	23
2.3.2 Hittestress in het stedelijk gebied	23
2.3.3 Kwetsbare groepen en voorzieningen in Turnhout	24
2.3.4 De gevoelstemperatuur (PET) kaart voor Turnhout	26
2.3.5 De koele plekken kaart Turnhout	31
2.3.6 Terreinkennis hittestress	34
<b>3 IDENTIFYING ADAPTATION OPTIONS - DOELSTELLINGEN EN ONTWERPPRINCIPES</b>	<b>37</b>
3.1 Doelstellingen	37
3.1.1 Referenties uit andere klimaatadaptatieplannen	37
3.1.2 Referenties uit de literatuur	39

3.1.3	Doelstellingen voor Turnhout	40
3.2	Ontwerpprincipes wateroverlast & hitte	40
3.2.1	Stedelijke waterbouwstenen	40
3.2.2	Hittebouwstenen	54
3.4	Doelstellingen en maatregelen per Turnhoutse gebiedstypologie	61
3.4.1	Radicaal lokaal adapteren in het verharde historische centrum en de stedelijke woonwijken	61
3.4.2	Porositeit voor de buurten met lage dichtheid (de dorpskernen en lintbebouwing langs radiale invalswegen)	64
3.4.3	Bufferen op de bedrijfsterrainen (de bedrijvige randstad en haar weg- en waterinfrastructuur)	65
3.4.4	Ruimte voor water in de natuurlijke en onbebouwde omgeving	66
<b>4</b>	<b>ASSESSING ADAPTATION OPTIONS - DE PROEFPROJECTEN &amp; BELEID</b>	<b>68</b>
4.1	Opmaak en realisatie van wijkadaptatieplannen	69
4.2	Watermakelaar	70
4.3	Meetcampagne grachtenstelsel	71
4.4	Elk straatprofiel klimaatrobuust (her)aanleggen bij straatwerken	71
4.5	Rioolplan afstemmen op het klimaatadaptatieplan	72
4.6	Opmaak klimaatrobuust vegetatiepallet	73
4.7	Circulaire waterketens op gebouwniveau	74
4.8	Hitteplan met zachte maatregelen tijdens hittegolf	74
4.9	Initiatieven ontharden voortuinen en vergroenen parkeerdaken	75
4.10	(Her)bebossingscampagne	75
<b>5</b>	<b>IMPLEMENTATION - REALISATIE VAN DE AMBITIES</b>	<b>76</b>
5.1	Realisatie van de klimaatadaptatie ambities via het Water- en Groenplan	76
5.2	Realisatie van de klimaatadaptatie ambities via andere plannen	76
<b>6</b>	<b>MONITORING AND EVALUATION - HET DASHBOARD</b>	<b>77</b>
6.1	Proces en output indicatoren	77
6.2	Indicatoren voor het meten van de kwetsbaarheden	79
6.3	Indicatoren voor het meten van impact op de sectoren	80
<b>7</b>	<b>CONCLUSIES</b>	<b>82</b>
<b>8</b>	<b>BIBLIOGRAFIE</b>	<b>83</b>



Laatste pagina

83

**Bijlage(n)**

**Aantal pagina's**

I

Werkateliërs

4



## INLEIDING - EEN STEDELIJK KLIMAATADAPTATIEPLAN VOOR TURNHOUT

Het klimaatplan van Turnhout bestaat uit 2 luiken: een adaptatieplan en een mitigatieplan. Waar mitigatie inzet op het voorkomen van verdere klimaatverandering door het verminderen van de uitstoot van CO<sub>2</sub> emissies, zet klimaatadaptatie in op het milderen van de effecten van, en het voorkomen van schade door klimaatverandering (hittestress, wateroverlast, droogte en overstroming). Omdat Turnhout een stad wil zijn waar het in de toekomst ook prettig wonen, werken en recreëren is, heeft Turnhout zich geëngageerd aan de doelstelling 'Turnhout klimaatneutraal en -robuust in 2050'. Om in 2050 een klimaatbestendige stad te zijn, moeten Turnhout samen met haar bewoners en stakeholders in de versnelling. Dit klimaatadaptatieplan vormt een eerste aanzet voor deze versnelling.

Voor elk stedelijk klimaatadaptatieplan zijn er drie klimaateffecten belangrijk om te bestuderen: hittestress, wateroverlast en droogte. Om adequaat zicht te krijgen op de locaties in Turnhout waar deze effecten spelen is gebruik gemaakt van dataverzameling. Of een klimaateffect daadwerkelijk een risico vormt hangt af van de vraag of er kwetsbare groepen en/of voorzieningen op deze locatie aanwezig zijn. Zo vormt hittestress een groter gevaar op plekken waar veel oudere mensen zich bevinden, mensen geen eigen tuin of airco hebben of plekken waar vaak jonge kinderen buitenspelen. Voor wateroverlast geldt dat sommige publieke ruimtes perfect een paar uur onder water kunnen staan terwijl andere instellingen (zoals ziekenhuizen) absoluut ten allen tijde droog moeten blijven. Op welke plekken wateroverlast, hitte en droogte in Turnhout voor risico's zorgen is te vinden in de kwetsbaarheidsanalyse.

De stad adapteren aan de gevolgen van klimaatverandering is een ruimtelijk proces dat altijd locatie specifiek dient te gebeuren. Het klimaatadaptatieplan surft daarnaast mee op (stads)vernieuwings- of (stads)ontwikkelingsprojecten: door in lopende projecten in te zetten op klimaatadaptatie middels het milderen van hittestress en wateroverlast treedt er een win-win situatie op waarvan zowel de stad als geheel als het project beter wordt.

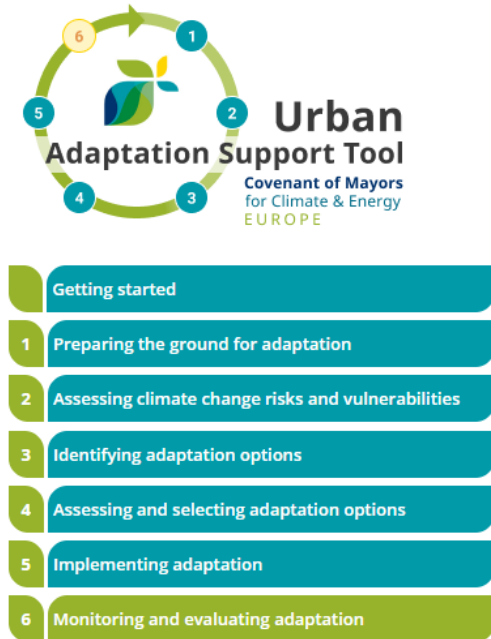
Verder is het belangrijk om reeds aan de start van het klimaatadaptatieplan er op te wijzen dat klimaatverandering een traag maar zeker proces is doordat de klimaateffecten die wereldwijd merkbaar zijn en zich laten voelen, een gevolg zijn van de broeikasgassen die 40 tot 50 jaar geleden werden uitgestoten. Hoe hevig klimaatverandering zich komende jaren zal manifesteren wordt bepaald door de hoeveelheid CO<sub>2</sub> emissies die we de komende jaren nog gaan uitgestoten. De mate waarin we aan klimaatadaptatie moeten werken is dus één op één afhankelijk van de effectiviteit van ons mondiale en lokale mitigatiebeleid. Dit plan gaat om met deze onzekerheid door nu het plan uit te tekenen op basis van de vandaag gekende zekerheden en het besef dat er nog een heleboel onzekerheden zijn in de klimaatwetenschap van morgen. Echter is het om deze reden heel belangrijk dat het klimaatadaptatieplan een 'levend plan' wordt dat minstens per legislatuur een verdieping of een herziening krijgt, geijkt aan de inzichten die klimaatwetenschappers in de loop van de tijd nog zullen leveren. Bovendien moet dit plan aantakken op het integraal groen- en waterplan dat nog opgemaakt moet worden. Beiden zijn cruciaal in het klimaatadaptatieverhaal.

Turnhout is een stad te midden van het groen waar de bewoners dichtbij alles kunnen vinden wat ze nodig hebben. De stad nam in de loop van haar 800-jarige geschiedenis opmerkelijk vaak een voortrekkersrol op in het toepassen van, en experimenteren met nieuwe stedenbouwkundige modellen. Markante parkstructuren, arbeiderswijken en sociale huisvestingsexperimenten drukten hun stempel op het stadsweefsel. Ook het tuinstadconcept werd geprojecteerd op de stad (Nolf et al., 2012). Met dit klimaatadaptatieplan positioneert de stad zich in de stadsgeschiedenis van Vlaanderen wederom als pionier en geeft aan deze keer voortrekker te willen zijn op het gebied van klimaatadaptatieve stadsontwikkeling.

## LEESWIJZER

Het klimaatadaptatieplan, en dus dit rapport, is opgebouwd volgens de structuur van de Europese Adaptation Support Tool. Het is een proces dat in 6 stappen, hier hoofdstukken, doorlopen wordt en iteratief doorgaat tot alle adaptatiedoelstellingen bereikt zijn.

Afbeelding 0.1 The Urban Adaptation Support Tool - Covenant of Mayors (bron: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/knowledge/tools/urban-ast/step-0-0>)



### Hoofdstuk 1 - preparing the ground for adaptation

Dit is het hoofdstuk waarin we op zoek gaan naar het DNA van de stad Turnhout en haar omgeving. Dit doen we aan de hand van een beknopte terugblik in de geschiedenis en de ontwikkeling van de stad. Inzicht in het verleden en de ruimtelijke structuur van de stad geeft immers doorblik naar waar en hoe we aan klimaatadaptatie kunnen werken.

### Hoofdstuk 2 - assesing risks and vulnerabilities

De klimaateffecten van hittestress en wateroverlast worden hier onder de loep genomen. Deze klimaatkwetsbaarheden worden begroot en op kaart geanalyseerd via een gevoelstemperatuur- of PET-kaart (met complementair de koeltekaart), en een wateroverlastkaart inclusief de afbakening van hydrologisch ruimtelijke eenheden. Op deze manier weten we welke klimaateffect waar in de stad speelt en in welke mate.

### Hoofdstuk 3 - identifying adaptation options: doelstellingen en ontwerpprincipes

Dit is het hoofdstuk waarin de doelstellingen of ambities vastgelegd worden en de ontwerpprincipes voor klimaatadaptatie worden toegelicht. Ook wordt er per gebiedstypologie gekeken welke klimaatadaptatieve maatregelen het meest effectief en passend zijn. Met deze doelstellingen en oplossingsrichtingen kunnen de stad, de burger en privé partijen samen aan de slag om Turnhout verder klimaatrobuust te maken.

### Hoofdstuk 4 - assesing and selecting adaptation options: de proefprojecten en beleidsaanbevelingen

Proefprojecten en beleidsaanbevelingen illustreren hoe het klimaatadaptatieplan uit de startblokken kan schieten. Deze lijst aan proefprojecten zijn voor een groot deel opgehaald en besproken in de werkateliers met stakeholders en daarmee echt eigen product van de stad. Het zijn projecten en aanbevelingen die voornamelijk technisch ingestoken zijn en waar mogelijk zijn gekoppeld aan locaties. Op deze manier geven ze handvaten aan het klimaatadaptatieplan, zonder daarmee het volledige plan al uit te voeren.

### **Hoofdstuk 5 - implementation: realisatie van de doelstellingen**

Dit hoofdstuk schetst in grote lijnen hoe het klimaatadaptatieplan verwezenlijkt zal moeten worden via het integraal Groen- en Waterplan, het Mobiliteitsplan en moet worden geïntegreerd met vele andere plannen.

### **Hoofdstuk 6 - monitoring and evaluating adaptation**

Monitoring en evaluatie vormt de laatste stap in het adaptatieproces en gaat over het meten van de effectiviteit van het adaptatiebeleid door te kijken naar de mate waarin deze bijdragen aan het halen van de opgestelde adaptatie doelstellingen en ambities. Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de SECAP indicatoren die gebruikt kunnen worden om adaptatiebeleid te monitoren en evalueren.

# 1

## PREPARING THE GROUND FOR ADAPTATION - HET TURNHOUTS STADSLANDSCHAP

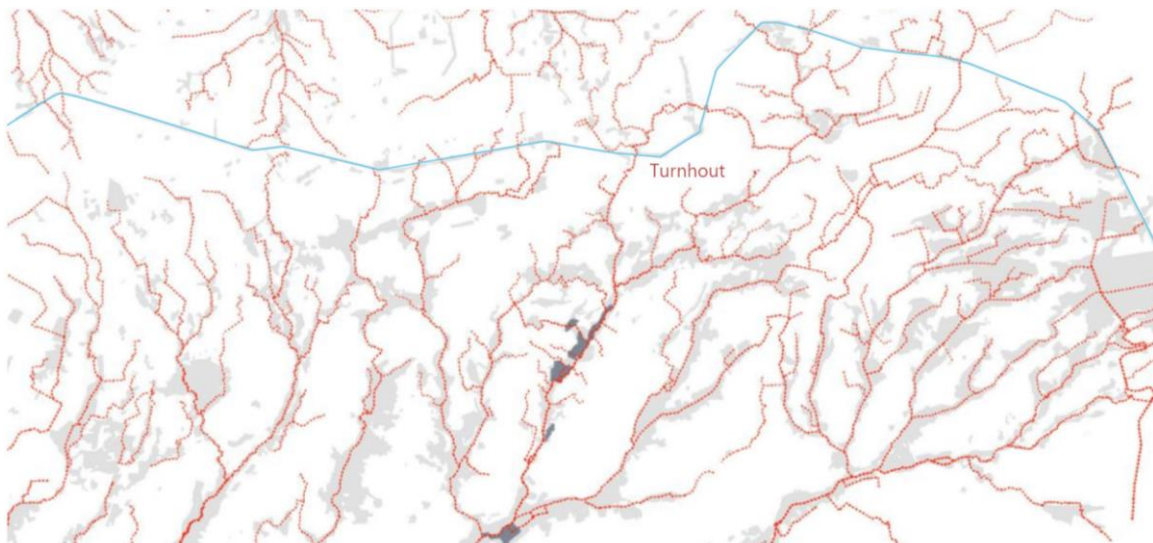
Klimaatadaptatie is een maatwerk, waarbij kennis van het territorium centraal staat. Om de stad aan een veranderend klimaat te kunnen adapteren moeten we weten waar de grootste knelpunten zich afspelen, en wat de oorzaak hiervan is. Daarom duikt hoofdstuk 2 beknopt de landschapsgeschiedenis in en focust het op de topografie, het waterlandschap, de groenstructuren, infrastructuren en tot slot de processen van verstedelijking en dus verharding.

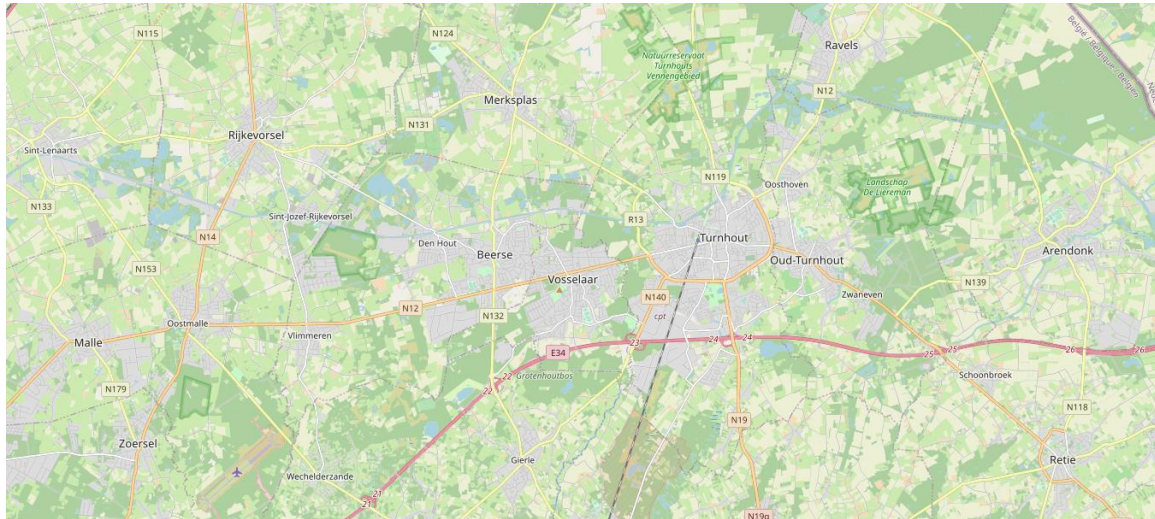
Bovendien wordt Turnhout zelf erg gekenmerkt door de open ruimte en natuur. Door het feit dat Turnhout omringd is door open ruimte, ontstaat het denkbeeld van een 'groene' stad. Turnhout heeft een rijke collectie van aaneengesloten bos-, moeras- en vennengebieden, beekvalleien van de Aa, de Visbeek, de Grote Caliebeek, bos- en drevenstructuren in het noorden, heidegebieden, kasteeldomeinen, de verschillende vijvers en plassen en ten slotte natuurlijk ook het grote Stadspark in het zuiden. Dit zijn belangrijke groene troeven van de stad welke Turnhout ook in grote mate onderscheid van andere grote omliggende steden waar groen veel minder aanwezig is. Het erkennen en versterken van deze groene landschapsstructuren in en rondom de stad zal niet alleen bijdragen aan de ontwikkeling van een klimaatadaptieve stad, ook zal het bijdragen aan een versterkte identiteit van Turnhout.

### 1.1 Het huidig Turnhouts landschap

Turnhout ligt te midden van noord-zuid georiënteerde waterlopen, die haast loodrecht worden doorkruist door oost-westelijke infrastructuren zoals het Kanaal Dessel-Schoten, de E34 die Antwerpen met Eindhoven verbindt, en de N12 die overgaat in de Merodelei - Otterstraat - Steenweg op Mol in het centrum van Turnhout.

Afbeelding 1.1 Turnhout ligt in het midden van noord-zuid georiënteerde waterlopen (bovenste kaart) en oost-westelijke infrastructuren zoals het Kanaal, de snelweg en de steenweg (onder) (bron (Nolf, 2014) Open Street Map)





Turnhout ligt met andere woorden op de grens van twee verschillende landschappen. Het noorden van de stad rust op de tip van het zogenaamde Kempens Plateau. Het plateau vormt de scheiding tussen twee grote stroomgebieden, dat van de Schelde en de Maas. De arme en waterdoorlatende bodem van het Kempens Plateau zorgde ervoor dat het landschap bestond uit een zanderige heidevlakte. De desolate regio was slechts met veel moeite ontginbaar voor landbouw en zou pas in de late 19<sup>e</sup> eeuw transformeren dankzij een intensieve en systematische herbebossingscampagne van voornamelijk dennenbomen.

In het zuiden van Turnhout daarentegen bevinden we ons in het Netebekken. Een reeks van brede en parallelle valleien lopen daar in zuidwestelijke richting. Met hun humusrijke bodem en zeldzame 'zwarte gronden' in het voor de rest steriele zandgebied waren deze valleien de ideale bakermat voor nederzettingen. De rivieren hebben geen duidelijk aanwijsbare bronnen en zijn zeer neerslaggevoelig. Ze kenden daarom ook een grillig verloop en een vluchtig regime. Overstromingen teisterden regelmatig de eerste nederzettingen en beperkten de landbouw in de vallei. De kaart van de 'natuurlijke structuur' toont aan hoe deze twee landschappen in elkaar verstrengelen ter hoogte van Turnhout. De bovenstad, gelegen op het Kempens Plateau, is omringd door twee armen van het Netebekken: de Visbeek in het westen en de Aa in het zuidwesten. Met een kroon van landbouwgrond in de valleien, die gemakkelijk bereikbaar was vanaf de veilige heuvel, combineerde Turnhout de voordelen van beide landschappen. 'Uitgeploegd door twee blinde ossen': zo werd het traject van de Aa aanvankelijk beschreven omwille van zijn bijzonder kronkelende loop. De rivier onderging in haar geschiedenis tal van transformaties. Haar bedding werd herhaaldelijk rechtgetrokken, verdiept en verbreed. De meeste van haar zijrivieren, die het Kempens Plateau oorspronkelijk van noord naar zuid doorsneden, zijn vandaag verdwenen. Vanaf het begin van de 20<sup>e</sup> eeuw werden deze beken en riviertjes begraven onder de uitdijende verstedelijking. Hun loop werd hierbij systematisch ingekokerd en vervangen door het rioleringsstelsel.

Naast deze bescheiden rivieren of beken vinden we ook een aantal waterlichamen (vijvers en plassen) terug in het Turnhoutse landschap. De 'vennen' zijn een soort van ondiepe waterplassen van natuurlijke oorsprong. Ze ontstonden in het typisch 'hobbelige' microreliëf ten noorden van Turnhout. Oppervlaktewater verzamelde er zich in de ondiepe kleilenzes. De andere waterlichamen zijn meestal kunstmatig van oorsprong. Het gaat bijvoorbeeld om de overblijfselen van overstroomde veen- en kleiwinningen of relictten van grachten en oude irrigatiekanaaltjes. Maar ook grote infrastructuurwerken boetseerden het Turnhoutse waterlandschap. Het kanaal Dessel-Turnhout-Schoten bijvoorbeeld, werd oorspronkelijk ontworpen als een irrigatiesysteem dat water van de Maas tot in de onvruchtbare Kempen moest brengen. Toch heeft het kanaal ter hoogte van Turnhout, op een paar overstorten na, weinig verbindingen met het natuurlijke rivierensysteem. Ook de 'E3-vijver', de grote plas naast Melle Bos, is het resultaat van het grondverzet bij de aanleg van de huidige E34 snelweginfrastructuur (vroeger E3 genaamd).

De natuurlijke structuur van Turnhout wijzigde sterk in de loop van de geschiedenis. Vandaag is die structuur nog maar moeilijk herkenbaar. Toch zijn het deze onderliggende natuurlijke structuren die vele eeuwen geleden de locatie bepaalden van de eerste nederzettingen en op die manier de grote lijnen van de huidige vorm van de stad mee hebben vastgelegd. (Nolf et al., 2012)

Het centrum van Turnhout bevindt zich geografisch gezien op een vrij strategische locatie omgeven door waterlopen: de Galgebeek in het noorden, de Visbeek in het westen, de Bentelloop, de Hoge loop en de Oosthovense loop in het oosten en de Aa als markante grens in het zuiden.

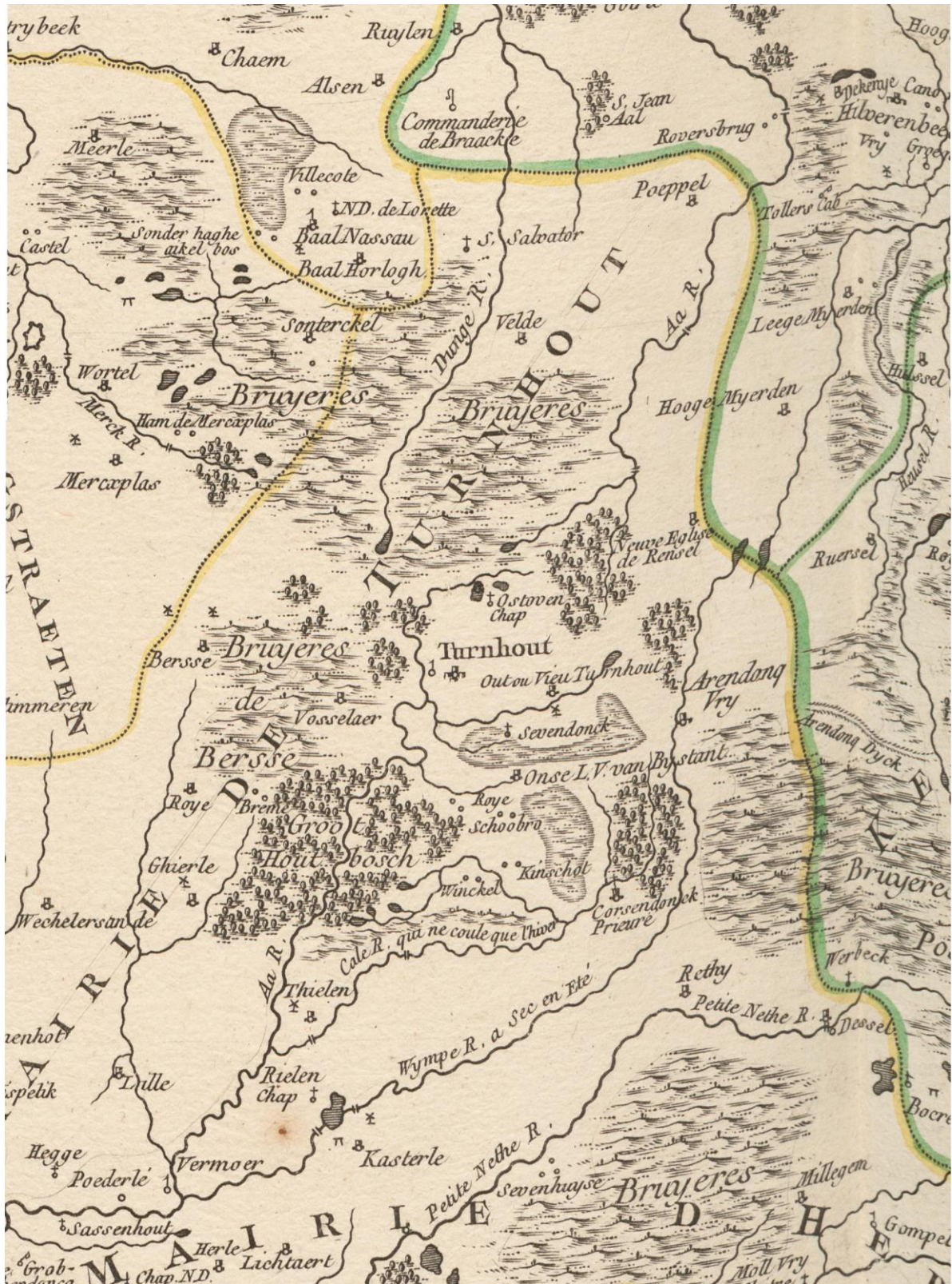
## 1.2 Een beknopte ontwikkelingsgeschiedenis

### 1.2.1 Turnhout- 1715: een nederzetting tussen bossen, heideland en waterlopen

Op de historische kaarten uit 1715 is Turnhout terug te vinden als stad omgeven door waterlopen, bossen en heideland, alle drie landschappen die door ontbossing en heide ontginning geëvolueerd zijn naar de agrarische en vervolgens ook industriële landschappen zoals we ze vandaag waarnemen. De kaart zelf is waardevol voor huidige hydrologische inzichten omdat ze reeds annoteert dat de Wamp droog staat in de zomer (Whympe - sec en ete) of de Caliebeek die enkel vloeit in de winter (Cale R - qui ne coule que l'hiver). De kaart toont het Turnhouts rivierlandschap met andere woorden in haar seizoensgebonden complexiteit.



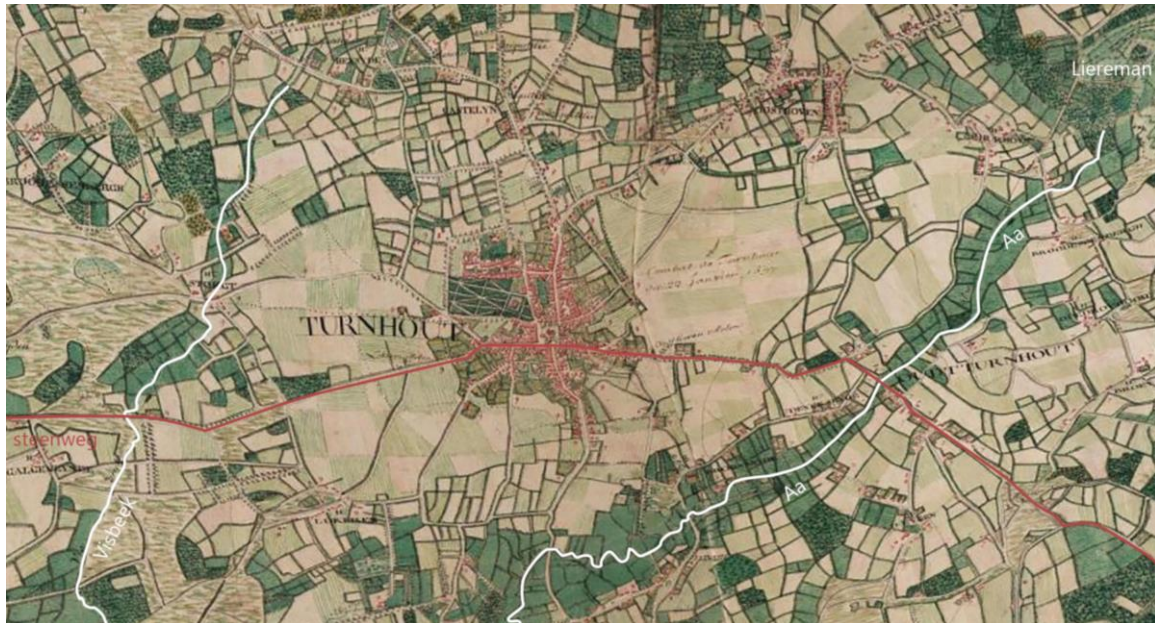
Afbeelding 1.2 Turnhout en haar waterlopen anno 1715. De kaart toont een landschap van water, bos en heide, dat sterk door de seizoenen heen evolueert. Zo staat bij enkele rivieren reeds geannoteerd dat ze 'enkel stromen in de winter' of 'droog staan in de zomer'. (bron: Robert de Vaugondy, Didier: Partie Septentrionale Du Duché De Brabant)



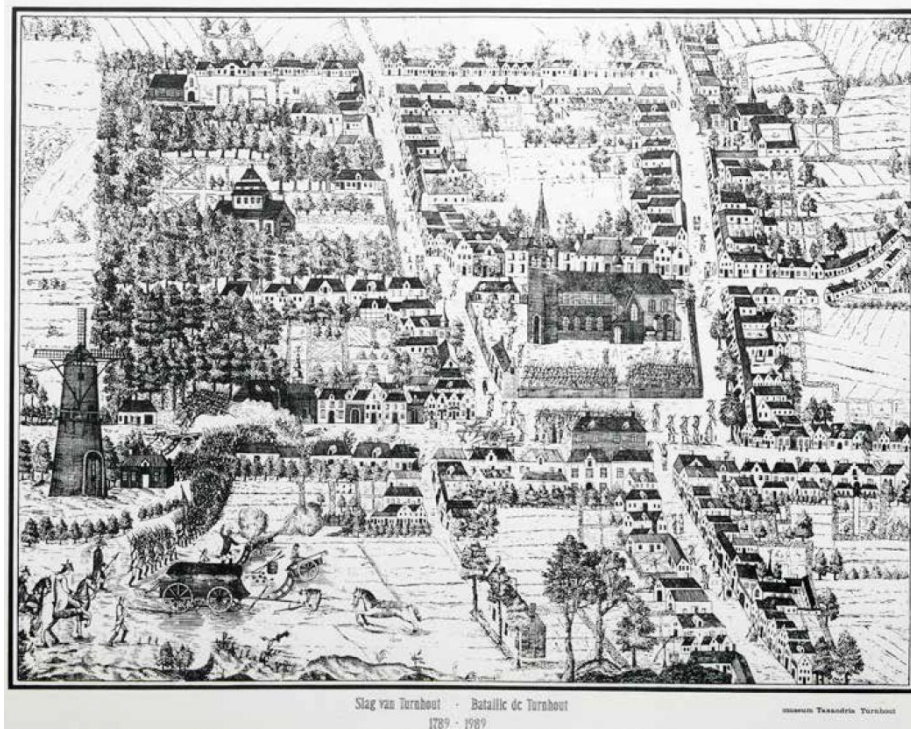


Tegen 1777 bestaat Turnhout uit een kernstad langs de uitvalswegen met stadslandbouw op percelen omzoomd door bomen. De stad en haar stadslandbouw worden verder omringd door een grote open akkergordel die van de vallei van de Visbeek in het westen rijkt tot aan de vallei van de Aa in het oosten. Ook natuurgebied de Liereman staat al op kaart. In het noorden kent de stad een landbouwlandschap, waarbij de velden ook allen nog omzoomd zijn door bomenrijen. Dit landbouwlandschap en haar Vennengebied is tot op de dag van vandaag aanwezig.

Afbeelding 1.3 Turnhout anno 1777 - Turnhout groeit langs haar invalswegen en kent grote met bomen omzoomde stadslandbouwpercelen en met woningen aan de rand. De stad wordt omringd door een brede open akkergordel van aan de vallei van de Visbeek in het westen tot aan de vallei van de Aa in het oosten.



Afbeelding 1.4 Ets van de Slag bij Turnhout 1789. Op deze (geromantiseerde) ets is duidelijk te zien hoe het stadscentrum bestaat uit grote percelen met woningen op de rand en stadslandbouw binnen de percelen. Haast alle percelen zijn omringd door bomen. (bron: J.F. Smolders "Den Slagh van Turnhout" 1790, tekening Taxandriamuseum)



Vanaf daar is het interessant een beknopte inkijk te hebben op de groei van de stad, daar die erg met het landschap en haar waterlopen verbonden is.



Afbeelding 1.5 Een beknopte stadsgeschiedenis van 1775 tot 1970 (bron: Nolf et al., 2012)



1775 Middeleeuwse stad



1854 Industriële stad



1930 Ringstad



1970 Autostad

## 1.2.2 De middeleeuwse stad – 1775: over de Warande, het kasteel, de kloosters, de kerken en de markt<sup>1</sup>

Het woeste heidelandschap dat kenmerkend was voor deze tijd was weinig gastvrij voor nieuwe nederzettingen. De noord-zuidgeoriënteerde valleien waren oorspronkelijk moerassig, breed en moeilijk te passeren. De aanwezigheid van deze valleien bepaalde sterk het traject van de paden dat hier vervolgens gevormd werden. Dit is te zien in het wegennetwerk welke de noord-zuidoriëntatie van de rivieren deelt. Slechts één weg in oost-westelijke richting was voldoende stroomopwaarts gelegen om de valleien in alle seizoenen over te steken. In de drogere seizoenen bestonden er wel tijdelijke rivierkruisingen, vooral in het meest stroomafwaartse deel van het bekken. Om deze reden verzamelde hier, langs deze ene oost-westelijke bekken, het verkeer zich tussen de stad Antwerpen en de Nederlandse en Duitse hinterlanden. De middeleeuwse stadsstructuur van Turnhout bestond grofweg uit twee verschillende delen:

- 1 op de heuveltop lag de stadskern. Die kern ontwikkelde zich rond het kruispunt van twee belangrijke handelswegen: de ene liep van Antwerpen over Turnhout naar het Rijnland, de andere van Breda over Turnhout naar Luik. Op deze plek vestigden de Hertogen van Brabant in 1110 een van hun kastelen;
- 2 het tweede deel van de middeleeuwse stadsstructuur bestond uit een serie van gehuchten aan de voet van de heuvel, dichtbij de waterlopen. Sommige van deze nederzettingen vonden een plek langs de rivier om de gronden in de vallei optimaal te benutten voor landbouw en om de chemische eigenschappen van zuur water te kunnen inzetten in de textielblekerijen. De andere nederzettingen liepen dwars over de rivier. Dit was het geval bij een serie van zogenaamde 'bruggehuchten', die ontstonden op plekken waar de vallei het nauwst was, zoals bijvoorbeeld in Oud-Turnhout, Oosthoven en Lokeren. Deze plaatsen dienden als oversteekplaats over de rivieren. Plaatsnamen zoals Veedijk, Schorvoort of Dijkzijde geven aan hoe deze oversteek soms tot stand kwam dankzijde aanleg van dijken of 'voorten'.

## 1.2.3 De industriële stad – 1854: over het kanaal, het spoor en de buurtspoorwegen

In deze tijd werden de open binnengebieden van de bouwblokken bebouwd en toegankelijk gemaakt door achterstraten en steegjes. In de loop van de 19<sup>de</sup> eeuw zou de vertraagde groei van Turnhout, die voornamelijk wordt toegeschreven aan de onproductieve grond, de overheid ertoe aanzetten om een aantal grootscheepse infrastructuurprojecten te starten. Het eerste project was de aanleg van de steenweg van Antwerpen tot Turnhout. De Kempen werden daarnaast het onderwerp van een zeer ambitieuze ontsluitings- en ontginningscampagne. Die ambities leidden onder andere tot een uitgestrekte aanleg van winstgevende naaldbossen. Ook de rationalisering van het oude rivierensysteem – zowel voor transport als voor landbouwirrigatie – maakte deel uit van een reeks grootschalige infrastructuurprojecten.

Voor de stad Turnhout was het project voor het kanaal Dessel-Turnhout-Schoten zeer ingrijpend. Het kanaal moest de Maasrivier aansluiten op de Schelde en liep via de hooglanden van de Kempen. Het werd ontworpen als een gecombineerd transport- en irrigatiesysteem. Het moest enerzijds zorgen voor de aan- en afvoer van grondstoffen tussen de Kempen, de Antwerpse haven en het Duitse Ruhrgebied. Anderzijds was het kanaal bedacht als een groot waterbassin. Door irrigatiekanaaltjes aan te takken op de loop van het kanaal, kon men water draineren naar de aanpalende dorre gronden en die begieten met het kalkrijke water van de Maas. De ingenieurs die het plan uittekenden, combineerden een aantal technische en topografische criteria. De loop van het kanaal volgde de hoger gelegen contourlijn van het Kempens Plateau. Zo kon men zoveel mogelijk heideland irrigeren en had men geen sluizen nodig om de hoogteverschillen te overwinnen. Het irrigatiedoel verklaart ook ten dele waarom het kanaal hoger ligt dan zijn omgeving. Het werd slechts gedeeltelijk uitgegraven en voor een groot deel in een dijk aangelegd. Zo kon het water zonder pompen met sluisjes in de afwateringsgrachten verspreid worden. Als irrigatiesysteem waren de resultaten van het kanaal teleurstellend, slechts een tiende van de vooropgestelde 'kunstmatige prairies' werd gerealiseerd. Toch heeft het kanaal het gebied op een onverwachte manier drastisch getransformeerd. Tijdens de uitgraving van het kanaal ontdekte men namelijk de rijke klei- en zandlagen in de ondergrond. In de omgeving van Turnhout namen de steenbakkerijen – een ambacht dat al sinds eeuwen aanwezig was in de

---

<sup>1</sup> De volgende 4 titels zijn gebaseerd op het artikel van Nolf et al. 2012.

regio – om de reden industriële proporties aan. Langs het kanaal regen ontelbare ovengebouwen, droogloodsen en cementfabrieken zich aan elkaar tot een lineaire productielijn van nationaal belang. In dezelfde periode werd ook de spoorweg van Lier tot Turnhout aangelegd en kreeg de stad in 1855 een treinstation. Van het station vertrokken industriële spooraf takkingen naar de twee kanaalkommen. Langs deze sporen ontstonden heel wat activiteiten die aangewezen waren op zwaar transport, zoals kolenschuren, houtzagerijen, ijzergieterijen en een gasfabriek. Het zwaartepunt van de stad verschoof in deze tijd van de omgeving van het kasteel en de markt in de richting van het kanaal en het station. Het stadsweefsel deinde verder uit naar het noordwesten. De buurtspoorwegen stimuleerden mee de groei van de steenbakkerijen langs het kanaal. Daarnaast leidden ze tot de bebouwing langs de bestaande steenwegen en schonken ze Turnhout uitlopers in de vorm van lintbebouwing. De industriële revolutie voltrok zich ook in het stedelijke weefsel zelf. In de 19<sup>e</sup> eeuw nam de papijnijverheid de voorrang op de middeleeuwse textielindustrie. Gespecialiseerde bedrijven zoals Brepols groeiden uit tot grootschalige industriële bouwblokken en transfigureerden het hart van de stad.

#### 1.2.4 De Ringstad – 1930. Over de compacte stad en wonen in het interbellum

Door de bevolkingstoename, versnelde de groei van Turnhout in deze tijd van het begin van de 20<sup>e</sup> eeuw. Dit gebeurde voornamelijk in de vorm van lintbebouwing langs de belangrijkste wegen en door de uitbreiding van de stad in nieuwe woonwijken, vooral ten zuiden en ten westen van de spoorweg. Om deze ontwikkelingen in goede banen te leiden, vroeg de stad in 1939 aan architect Jos Ritzen – die net het Stadspark ontworpen had – om een 'Urbanisatieplan' uit te tekenen. Het plan van Ritzen stelde een nieuwe ringweg voor, een prestigieuze boulevard met aparte rijwegen, fietspaden en voetpaden en een brede bomenrij in de middenberm. De 'Ringlaan' definieerde de nieuwe grenzen van de stad. Nieuwe bebouwing binnen deze ringfiguur kende hij een gradatie toe, gaande van een verdichte stadskern tot een perifeer open stadspatroon. De bedoeling van de concentrische ring was om het stadscentrum dat 'door de veruitzettende verlinting richting Antwerpen en richting Mol dreigde te verstillen, weer opnieuw tot een levende kern voor de gehele stad te maken'. In zijn plan citeerde de architect het pleidooi van de Engelse stedenbouwkundige Raymond Unwin voor een compacte stad te midden van een uitgestrekt, natuurlijk canvas. Terwijl in andere Europese grootsteden de ringboulevard in de plaats kwam van de oude stadsomwalling, werd in Turnhout de concentrische planfiguur van de ring ex nihilo opgevoerd als een verordenend korset voor toekomstige stadsuitbreidingen. Binnen de ring zouden de toekomstige woningen de vorm aannemen van open bebouwing. Langs de ring zouden dan weer enkel groene villawijken mogen opgetrokken worden volgens Ritzens richtlijnen. Hoewel het plan nooit officieel werd goedgekeurd door alle instanties, zal Ritzens plan wel de toekomstige ontwikkeling van de stad blijvend inspireren. De ringweg, die vanaf 1961 gefaseerd aangelegd werd, bootste duidelijk het patroon van Ritzen na. Toch zijn er enkele duidelijke verschillen. Het noordelijke deel van de gerealiseerde ringweg doorsnijdt de beekvallei, terwijl Ritzen de ringlaan binnen de contouren van de vallei legde. Een ander punt van verschil schuilt in de buitenste rand van de ringweg. Ritzen ontwierp zijn boulevard als een soort balkon met zicht op het omringende, open landschap. De architect verbood dan ook expliciet de vestiging van bedrijvigheid langs deze groene laan. Het zicht van op de ringweg zou vanaf 1973 echter snel veranderen door het decor van ontluikende commerciële dozen. Losjes in haar ruim bemeten kostuum kreeg de stad binnen de ring genoeg ademruimte voor de installatie van grote publieke voorzieningen zoals scholen en een nieuw ziekenhuis. Het plotse overaanbod aan beschikbare bouwgronden verklaart ook de vele braakliggende percelen en open bouwblokken die het stadsweefsel gedurende de volgende decennia zal tellen. Tot op vandaag vinden we in de binnenstad (het gebied binnen de ring) – uniek in Vlaanderen – nog weiden en akkers.

#### 1.2.5 De autostad in het zuiden – 1970. Over de snelweg en bedrijventerreinen

In dit laatste tijdvak bracht de snelweg en radicale ommekeer teweeg in de ontwikkeling van Turnhout ten zuiden van de ring. De snelweg werd de economische toegangspoort tot de Turnhoutse regio. Deze snelweg bakende als visuele en fysieke barrière samen met de ring een nieuwe strook land af, bijna zo groot als de oppervlakte van de stad binnen de ring. Deze strook land, toegankelijk en zeer goed zichtbaar vanaf de snelweg, was de ideale voedingsbodem voor nieuwe industriezones. Het zuiden van de stad kon hier ook

een groot deel van de snel groeiende bevolking huisvesten. Deze suburbane ontwikkeling leidde echter tot een leegloop van het stadscentrum. Het moerassige gebied in de Aavallei – waar de oudste nederzettingen ontstonden in een subtiele dialoog met water – werd overspoeld met een reeks banale en introverte villawijken.

# 2

## ASSESSING RISKS AND VULNERABILITIES - KLIMAATKWETSBAARHEDEN WATEROVERLAST & HITTE

### 2.1 Klimaatverandering in Turnhout

Door klimaatverandering stijgt de gemiddelde temperatuur wereldwijd en wordt ons weer extremer. Voor Vlaanderen houdt klimaatverandering in dat de zomers droger, warmer worden met minder neerslag maar meer intensere piekbuien. De winters zullen warmer worden en er zal in deze maanden meer neerslag vallen. Over het hele jaar gezien zal er gemiddeld meer neerslag vallen als in het huidige klimaat.

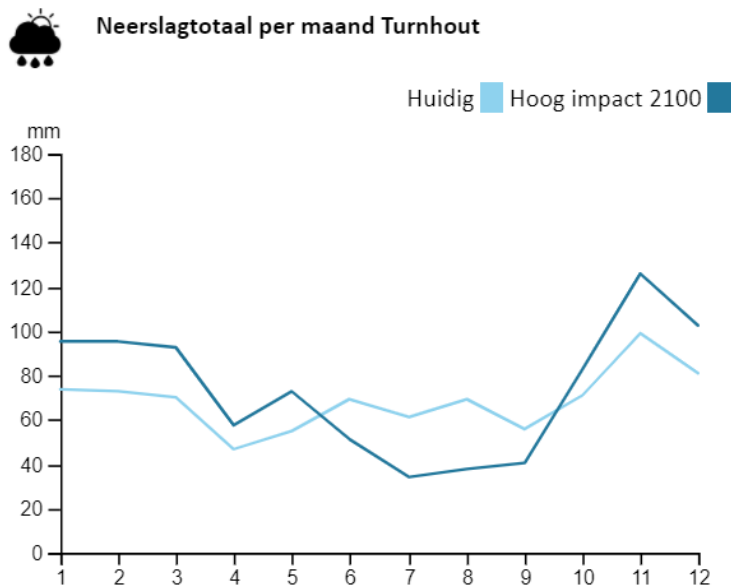
Klimaatverandering heeft impact op de leefbaarheid, gezondheid en economie van de stad Turnhout en haar inwoners. Om te garanderen dat er in Turnhout ook in de toekomst veilig en prettig gewoond, gerecreëerd en gewerkt kan worden is het van groot belang dat de klimaateffecten die op de stad afkomen in beeld worden gebracht. Om deze reden is er voor de Stad Turnhout een beknopte kwetsbaarheidsanalyse opgemaakt voor de drie primaire kwetsbaarheden ten gevolge van klimaatverandering: wateroverlast, droogte en hitte.

### 2.2 Wateroverlast

Sinds het begin van de metingen in 1833 is er een langzame maar significante toename van de jaarlijkse gemiddelde hoeveelheid neerslag in Vlaanderen, veroorzaakt door nattere winters met meer natte dagen. In de zomer neemt de neerslag niet toe, maar zijn er wel steeds meer en intensere zomeronweders. Zomeronweders met zware neerslag (minstens 20 mm/dag) zijn bijna verdubbeld ten opzichte van de jaren 50. Dit gewijzigde neerslagpatroon in combinatie met de toename van verharding heeft invloed op het watersysteem en zorgt voor wateroverlast. Ook de toekomstvoorspellingen zijn in lijn met de huidige observaties. Volgens de simulaties met het hoog-impactscenario kan de hoeveelheid neerslag in Turnhout stijgen tijdens de wintermaanden tegen 2100 (VMM, 2018). De winters zullen in de toekomst dus natter worden, wat kan leiden tot frequentere en meer omvangrijke overstromingen door waterlopen. Tegelijkertijd zullen zomeronweders heviger zijn en vaker voorkomen.



Afbeelding 2.1 Neerslagtotaal in mm per maand in Turnhout voor het huidige en toekomstige klimaat onder een hoog impact scenario (bron: VMM, 2018)



Zoals is voorgeschreven in de code van goede praktijk voor het ontwerp, de aanleg en het onderhoud van rioleringsystemen wordt het ontwerp criterium gehanteerd om geen 'water op straat' toe te laten bij een terugkeerperiode van 20 jaar. Bij een hoog-klimaat scenario voor Vlaanderen wordt een 20-jarige bui op heden echter een 5-jarige bui in 2100. Dit wil niet per se zeggen dat het aangewezen is om riolen zo te ontwerpen dat ze meer dan de huidige T20-bui aankunnen, maar wel dat het nodig is om in te zetten op adaptatiemaatregelen en een doordacht (hemel)waterplan om heviger buien in de toekomst op te kunnen vangen.

### 2.2.1 Overstromingskaarten

Voor de kwetsbaarheidsanalyse van wateroverlast zijn overstromingskaarten gemaakt op basis van de voorspellingen in 2050 en het hoge (worst-case) klimaat scenario als uitgangspunt (Afbeelding 2.3). Door dit uitgangspunt te kiezen kunnen de meest kwetsbare gebieden in één oogopslag worden geïdentificeerd en onder de loep worden genomen. Op de overstromingskaart is af te lezen dat de voornaamste knelpunten in Turnhout zich situeren in de beekvalleien en de sterk verstedelijkte, en dus meestverharde, gebieden.

De lageregelegen delen rond de Aa en haar nevenlopen vertonen een grote kans op overstromen. Hier is de problematiek hoofdzakelijk van fluviale (rivier) oorsprong. Vooral de benedenloop van de Aa is sterk wateroverlastgevoelig. Dit is te wijten aan het feit dat het een vrij groot gebied afwatert (de Aa ontspringt ten noorden van Turnhout, vindt haar weg tussen de heuveltoppen om daarna in zuidoostelijke richting verder te stromen) in combinatie met een industrieel, sterk verhard landgebruik langs de oevers van de beek. Bij intense of langdurige neerslag heeft de Aa niet de ruimte die ze nodig heeft.

De wateroverlastgevoelige zones rond de Visbeek en de Grote Calie hebben zowel een pluviaal (door regen gevormd) als, hetzij in mindere mate, fluviaal (door rivier gevormd) karakter. De gevoelige zones zijn veelal te linken aan overgebleven vennen, lokale depressies in het landschap en een slecht doorlaatbare bodem welke zorgen voor een natuurlijk drassig karakter. Voor beide beken wordt het risico op wateroverlast, veroorzaakt door deze kwetsbaarheid, laag ingeschat. Dit komt door het landelijk karakter van de omgeving welke ervoor zorgt dat een overstroming hier niet noodzakelijk leidt tot overlast.

Lokaal is de kans op overstromingen ook hoog in sterk verharde gebieden zoals de binnenstad, de industriezone in het zuidwesten en wijken zoals Papenbrugge en Schrovoort(berg). De problematiek is in deze

gebieden van pluviale oorsprong. Door de harde stedenbouwkundige bestemming (woongebied, industriegebied, etc.) kan het water niet infiltreren en stapelt het zich op straat op als de riolering volloopt. Kenmerkend aan deze gebieden is het gebrek aan plaats voor water, zowel een gebrek aan buffercapaciteit als een gebrek aan groenzones welke zorgen voor infiltratie van hemelwater.

Verder valt in Turnhout op hoe menselijke ingrepen in het landschap de afstroming- en dus overstromingspatronen beïnvloeden. De kleine ring van Turnhout vormt een barrière voor water uit het noorden en het centrum: gelegen in het zuiden van de stad vormt hij als het ware een dijk voor het gravitair afstromend water vanuit de hoger gelegen noordelijke wijken. Hier situeert zich dan ook lokale wateroverlast. Hetzelfde valt te concluderen voor de E34. Ook het kanaal oefent zijn invloed uit op de hydrologie van de stad doordat beken eronder gesifoneerd worden. Dit zorgt voor lokale wateroverlast aan de Visbeek en de Heizijdseveldloop bij intense of langdurige neerslag.

Afbeelding 2.2 Legende bij overstromingsgevaarkaart

## Legende

### Ander

■ Infrastructuur

### Netwerk

— Waterlopen

### Groenkaart

■ Hoog groen

■ Laag groen

### Overstromingen (hcc - 2050)

■ Kleine kans (retourperiode 1000 jaar)

■ Middelgrote kans (retourperiode 100 jaar)

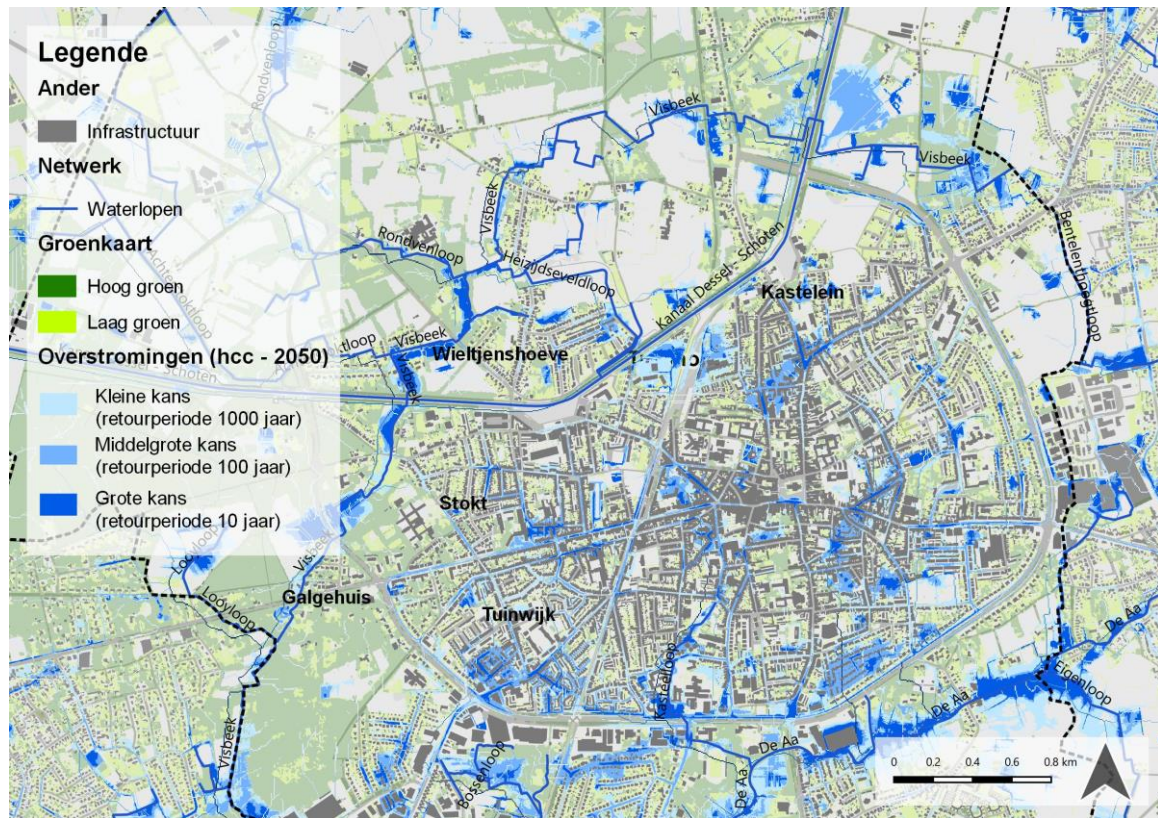
■ Grote kans (retourperiode 10 jaar)







Afbeelding 2.4 Overstromingsgevaarskaart (zowel fluviaal als pluviaal) van Turnhout centrum volgens het hoog klimaat scenario (hcc) in 2050



## 2.2.2 Afstromingskaart

Met een analyse van de afstromingskaart kunnen verschillende deelgebieden of zones met verschillende afstroomdynamieken en patronen worden afgebakend. Deze analyse zal voor elke zone een specifieke aanpak vereisen.

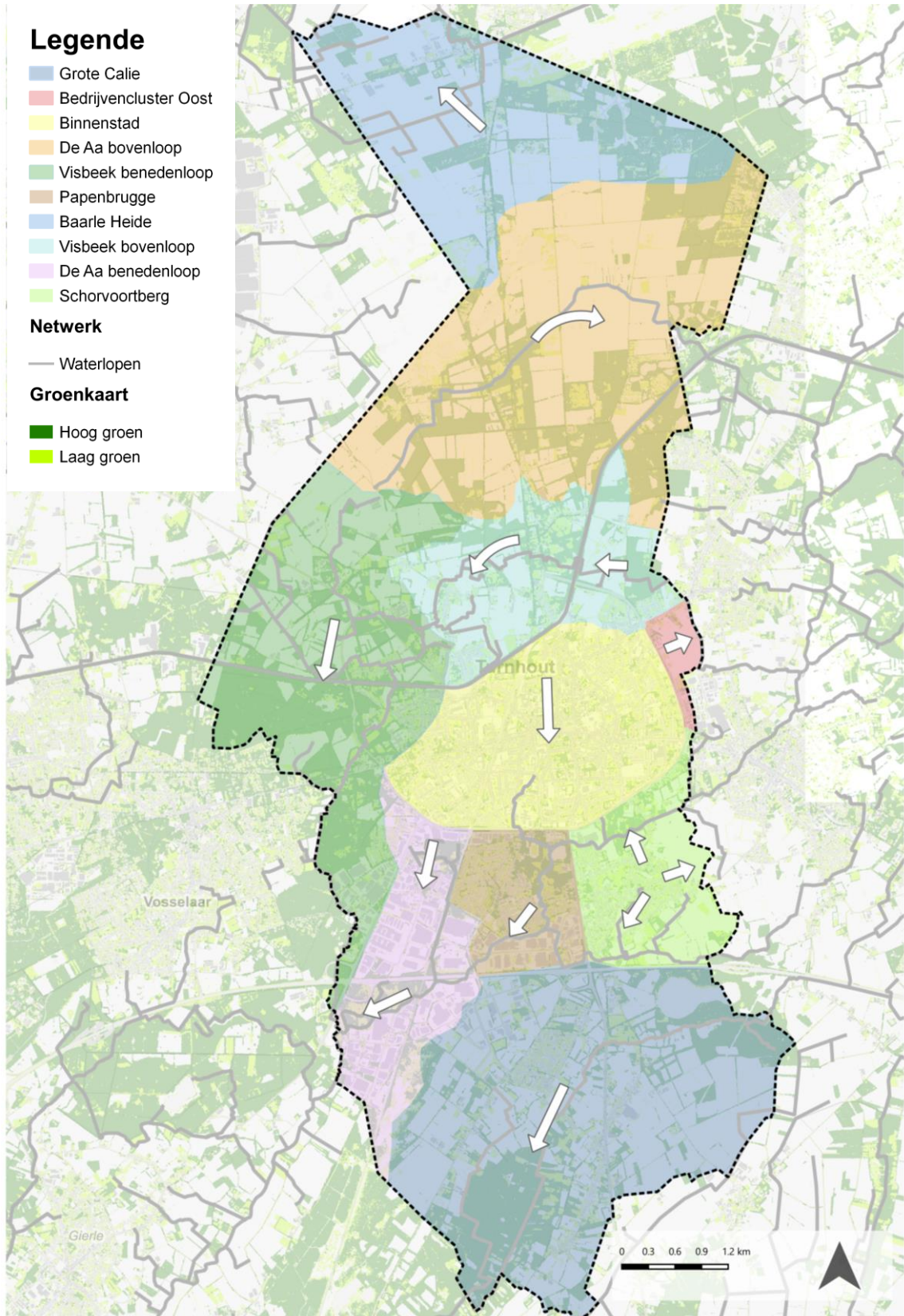
In de eerste plaats onderscheiden we als aparte gebieden de grote beekvalleien. De bovenloop van de Aa, de benedenloop van de Visbeek, alsook de Grote Calie behoren tot deze categorie. Deze gebieden worden gekenmerkt door een zachte stedenbouwkundige bestemming, meer groen en een eerder natuurlijke afstroming. Hier overheerst de invloed van de topografie en is er ruimte voor water. Hoewel het water afkomstig van de bovenloop van de Aa niet door het centrum stroomt, draagt het bij tot de heersende waterproblematiek ten zuidwesten van Turnhout, in de benedenloop van de Aa.

Vervolgens onderscheiden we de gebieden waar de afstroming voornamelijk door antropogene factoren beïnvloed wordt zoals grote infrastructurele assen en landgebruik. Het kanaal, de kleine ring, en de E34 fungeren als grote barrières in de overheersende zuidwaartse afstromingsrichting waardoor natuurlijke stroomlijnen onderbroken worden en gebieden geïsoleerd geraken van elkaar. Het sterk verharde centrum, Papenbrug, Schorvoortberg en de benedenloop van de Aa met de industriezone behoren tot deze categorie. Deze gebieden worden gekenmerkt door een hardere stedenbouwkundige bestemming met weinig groen. In Schorvoortberg is de afstroming radiaal (excentrisch) als gevolg van de beken die de wijk omsingelen en de perimeter ervan insnijden.

Tot slot vormen de Baarle Heide, de bovenloop van de Visbeek en de zone samen een gebied aangeduid als Bedrijvencluster Oost. Dit gebied is te beschouwen als een aparte entiteit in Turnhout gezien ze geen afstromend water ontvangen van grote opwaartse gebieden. Wateroverlast in deze regio's heeft een lokale oorsprong. Tot slot is het belangrijk om te vermelden dat Baarle Heide deel uitmaakt van een watersysteem die buiten het grondgebied van Turnhout valt.



Afbeelding 2.5 Deelgebiedenkaart van Turnhout op basis van afstroming



## 2.2.3 Terreinkennis wateroverlast

In twee verschillende werkateliers werden de wateroverlastkaarten aan bewoners, stadsdiensten en experts voorgelegd. Op die manier kon de technische kennis getoetst en aangevuld worden aan terreinkennis. Bijlage 2 toont het volledige werkbord, inclusief de relatie van de opmerkingen tot de kaart.

Afbeelding 2.6 Werkatelier hittestress en wateroverlast



Afbeelding 2.7 Werkatelier hittestress en wateroverlast





Afbeelding 2.8 Werkatelier hittestress en wateroverlast



Afbeelding 2.9 Werkatelier hittestress en wateroverlast



Bijna overal kwam de getoonde overstromingskaart overeen met de wateroverlast die de groep zelf ook ervaarde. Bovendien werd aangegeven dat infiltratie kansrijk is in Turnhout, en dat droogte een probleem is dat zich vooral in het Vennengebied in het noorden afspeelt. Echter hebben de bomen in de zomer ook last van droogte veroorzaakt door een te lage grondwaterafval ( tot -7 m in het centrum in de zomer).



## 2.3 Hittestress

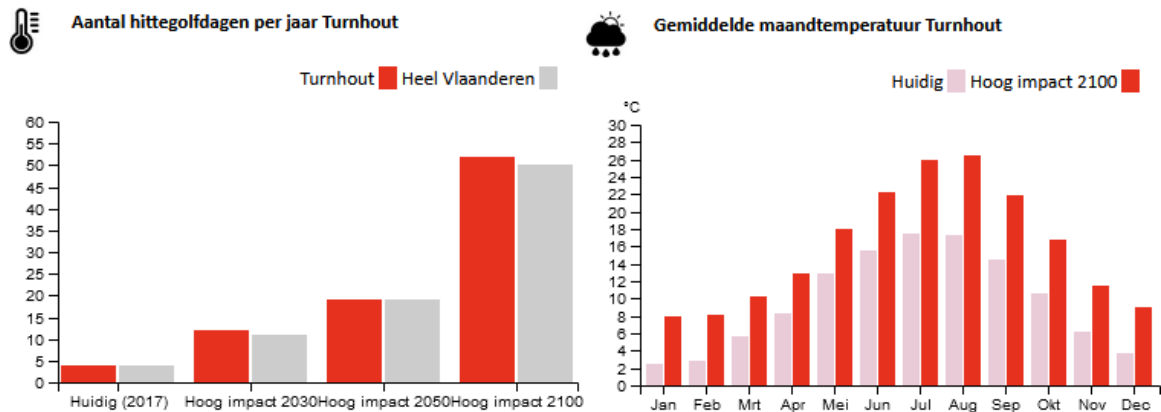
### 2.3.1 Inleiding klimaatscenario hitte

Door klimaatverandering stijgt het aantal tropische dagen en zullen hittengolven vaker en intenser voorkomen. In de afgelopen jaren is deze toename van hitte goed merkbaar geweest toen we in de zomers van 2018 en 2019 te maken hadden met twee extreem hete en droge zomers. In de zomer van 2019 werd het nationale hittesterecord in België verbroken met een temperatuur van 41,8°C gemeten in Begijnendijk. Dat is de hoogste temperatuur die in België ooit werd genoteerd sinds de start van de metingen.

Klimaatwetenschap laat zien dat de temperatuur in Vlaanderen de komende jaren alleen maar verder zal toenemen. Er wordt verwacht dat in 2100 de jaargemiddelde temperatuur tussen de 0,7 en 7,2 °C hoger ligt ten opzichte van het referentiejaar 2000. Daarnaast is de voorspelling dat de toename in seizoen gemiddelden hoger kan zijn dan de jaargemiddelde stijging. Zo verwachten we voornamelijk de toename in de zomer terug te zien in veel hetere zomers (zie afbeelding 2.5 rechts).

Het Klimaatportaal Vlaanderen laat zien dat het aantal extreem warme dagen (daggemiddelde temperatuur > 25°C) kan stijgen van enkele dagen in het huidige klimaat tot 74 dagen tegen 2100. Het aantal extreem koude dagen (daggemiddelde temperatuur < 0°C) zou terug kunnen vallen tot 0 dagen per jaar. Ook neemt het aantal hittegolfdagen (daggemiddelde temperatuur > 30°C) in heel Vlaanderen toe ten opzichte van het huidige klimaat. In 2050 zal een jaar gemiddeld 18 hittegolfdagen tellen en naar 2100 toe zelfs 50, te vergelijken met de huidige 4 hittegolfdagen (zie Afbeelding 2.10, links).

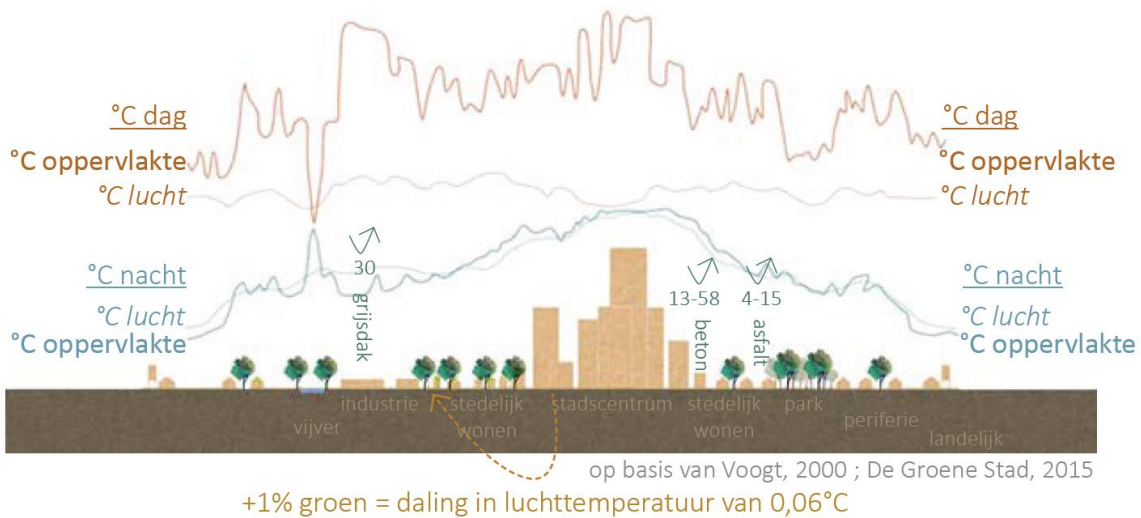
Afbeelding 2.10 het aantal hittegolfdagen en de gemiddelde maandtemperatuur in Turnhout (bron: Klimaatportaal Vlaanderen)



### 2.3.2 Hittestress in het stedelijk gebied

Het is een gegeven dat Turnhout in de toekomst vaker te maken zal krijgen met hittestress door klimaatverandering. Waar we nu nog gewend zijn aan meer 'sporadisch' hete zomers zullen we richting 2050 jaarlijks te maken krijgen met beduidende hittestress. De toename van hitte is echter voornamelijk een probleem in het stedelijk gebied omdat deze, ten opzichte van het buitengebied, veel warmer wordt door de relatief grote hoeveelheid bebouwing en geringe hoeveelheid vegetatie.

Afbeelding 2.11 Het Stedelijk hitte-eilandeffect. Dag/nachttemperaturen en temperatuurverschillen tussen stad en platteland. Overdag heerst de oppervlakte-temperatuur, 's nachts piekt de luchttemperatuur. (bron: Streetcanyons, Antwerpen)



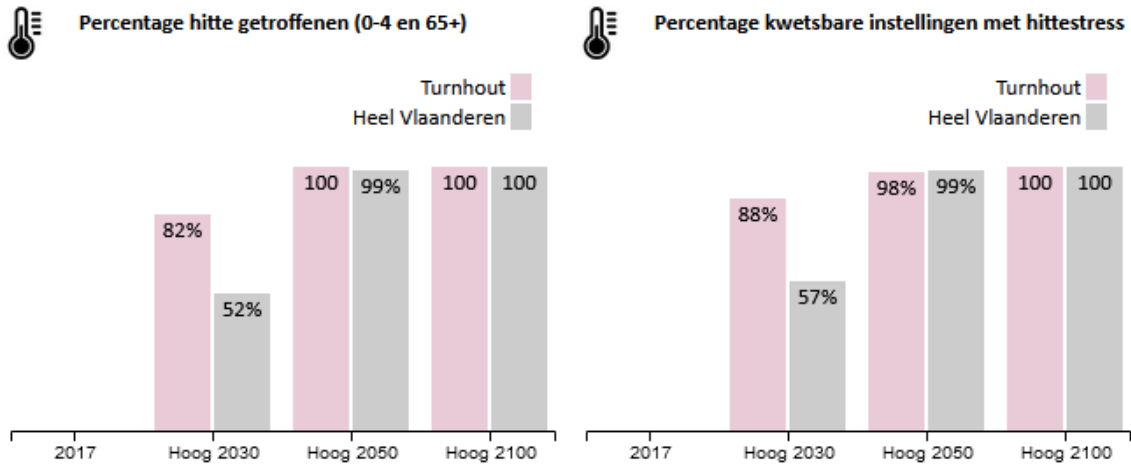
In steden ligt overdag de luchttemperatuur gemiddeld 1°C hoger dan in het buitengebied en in de nacht kan dat verschil oplopen tot meer dan 7°C. Het verschijnsel dat de temperatuur in een stedelijk gebied hoger is dan in het buitengebied wordt aangeduid als het hitte-eilandeffect. Het hitte-eilandeffect is het resultaat van het hoge percentage verhard oppervlak en het geringe aandeel groen in de stad. Door het lage reflectievermogen van onder andere asfalt en beton wordt veel inkomende warmtestraling geabsorbeerd in plaats van uitgestraald naar de atmosfeer. Dit zorgt ervoor dat warmte in de gebouwde omgeving 'gevangen' blijft in de straat. Daarnaast kan de gevoelstemperatuur in het stedelijk gebied hoog oplopen, tot wel +15°C ten opzichte van landelijk gebied. Dit komt door een gebrek aan schaduw, ventilatie en verdamping. Als de gevoelstemperatuur te hoog is, krijgen mensen last van hittestress. Hittestress heeft invloed op de gezondheid en arbeidsproductiviteit van mensen, het comfort in woningen en gebouwen en de leefbaarheid van buurten.

Dat hittestress een grote impact op de volksgezondheid kan hebben wordt duidelijk in de gevallen waarin hittestress tot sterfte leidt. Met name in stedelijke agglomeraties waar relatief veel warmte wordt vastgehouden en het in de nachten slecht afkoelt is hittestress een sluipmoordenaar. Tijdens de enorm warme zomer van 2003 werd in België een oversterfte van 2052 hiteslachtoffers geregistreerd. Dit enorme getal was de aanleiding voor het eerste Belgische 'Ozon- en hittegolffplan' dat vanaf de zomer van 2005 van kracht is.

### 2.3.3 Kwetsbare groepen en voorzieningen in Turnhout

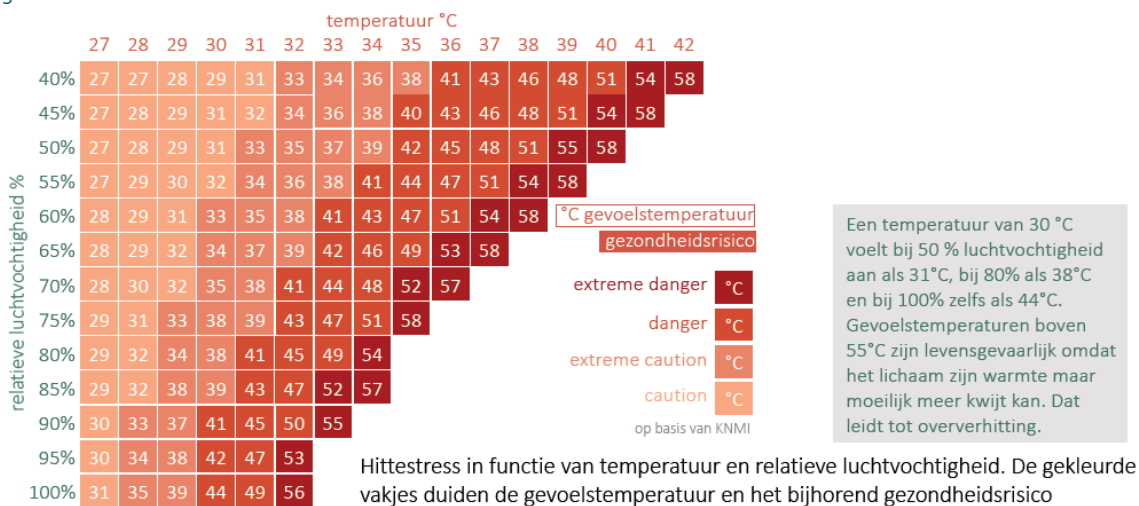
De lokale kwetsbaarheid voor hitte hangt af van meerdere aspecten in een gebied zoals; de aanwezige socio-economische functies, kenmerken van de woningen (slecht geïsoleerde woningen, gebrek aan airconditioning, tuin) en de aanwezigheid van kwetsbare 'hittegevoelige' groepen. Het is bekend dat vooral ouderen (vanaf 65+), pasgeborenen, chronisch zieke mensen en mensen met overgewicht behoren tot de kwetsbare groepen van hittestress. Het percentage kwetsbare groepen (0 - 4 en 65+) en kwetsbare instellingen in Turnhout is te zien in Afbeelding 3.4.

Afbeelding 2.12 Percentage kwetsbare groepen en instellingen voor hitte in Turnhout (bron: Klimaatportaal Vlaanderen)



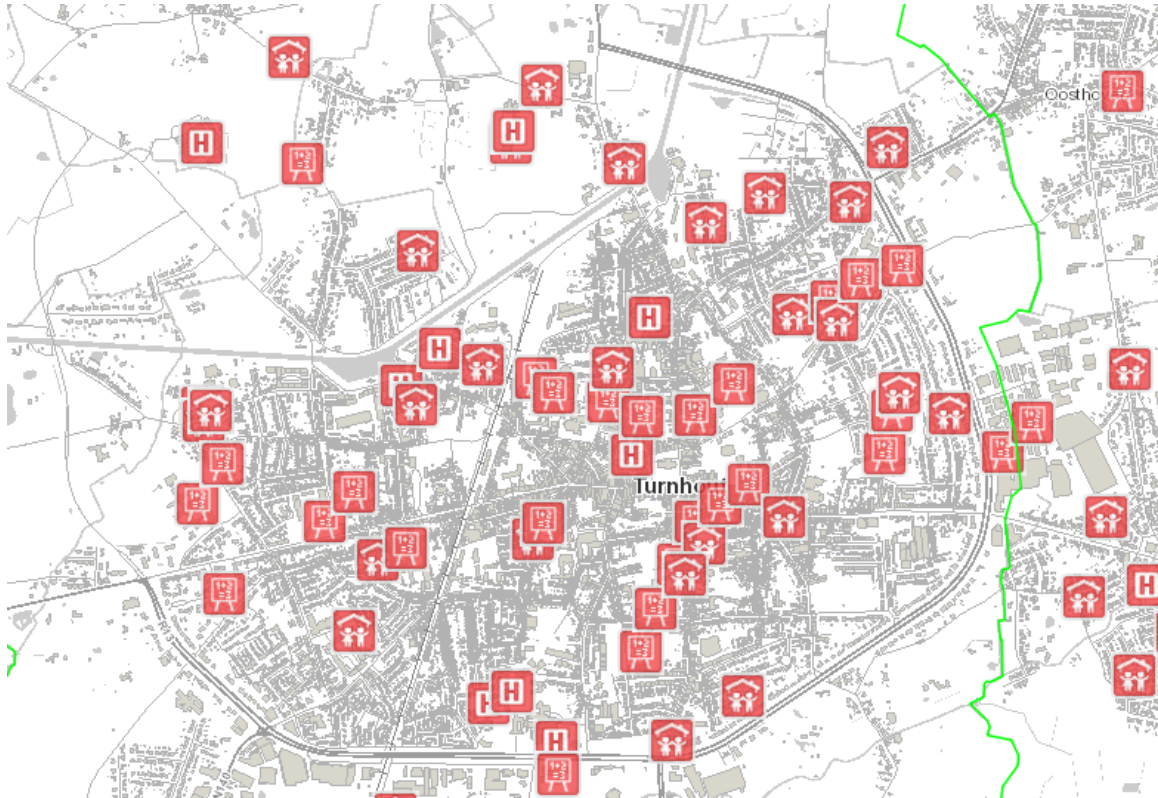
Het hoge percentage kwetsbare groepen en voorzieningen in Turnhout, ten opzichte van het gemiddelde in Vlaanderen is een belangrijk gegeven in de risicoanalyse. Een hoog percentage kwetsbaren betekent namelijk een grotere kans dat hittestress op een aantal plekken in Turnhout een reëel risico vormt voor de gezondheid van deze kwetsbaren. Om de plekken waar dit het geval is scherp te krijgen is het belangrijk om te weten waar deze kwetsbare personen en voorzieningen zich precies bevinden. Om dit inzicht te krijgen is er een uitsnede gemaakt van de kaart op het klimaatportaal waarop de kwetsbare voorzieningen zoals een school, een ziekenhuis/verzorgingstehuis en een kinderopvang in Turnhout in beeld zijn gebracht. Er is specifiek gekozen om enkel een uitsnede te maken van het centrumgebied omdat aangenomen wordt dat het hitteprobleem hier het grootst is door het stedelijk hitte-eilandeffect.

Afbeelding 2.13 Hittestress in functie van temperatuur en relatieve luchtvochtigheid: donkerrood duidt aan waar de gezondheidsrisico's ontstaan



Deze kaart met kwetsbare voorzieningen voor hittestress vormt in combinatie met de gevoelstemperatuurkaart de basis voor het advies van locaties waar verkoelende maatregelen genomen moeten worden. Echter laat deze kaart enkel zien waar in theorie kwetsbare personen en voorzieningen zich in Turnhout bevinden. Lokale kwetsbaarheidsfactoren zoals de afwezigheid van een tuin, airconditioning of slechte isolatie van de woning zijn hiermee niet in kaart gebracht.

Afbeelding 2.14 Kwetsbare voorzieningen voor hitte in centrum Turnhout (bron: Klimaatportaal Vlaanderen)



### 2.3.4 De gevoelstemperatuur (PET) kaart voor Turnhout

De hittekaart gevoelstemperatuur (PET) geeft een gedetailleerd beeld van de lokale gevoelstemperatuur buiten op een hete zomerdag. De gevoelstemperatuur is een goede indicatie voor hittestress bij mensen. Hittestress ontstaat wanneer mensen hun warmte onvoldoende kwijt kunnen aan de omgeving. Dit hangt naast de luchttemperatuur ook af van andere weersfactoren, de inrichting van de omgeving en persoonlijke factoren. De gevoelstemperatuur geeft aan hoe warm een persoon het heeft in een bepaalde weersituatie. Als de gemeten luchttemperatuur bijvoorbeeld 30°C is, kan het in de volle zon en uit de wind voelen als 40°C.

#### De gevoelstemperatuur volgens de PET-index

Om de gevoelstemperatuur in beeld te brengen wordt de PET-index gebruikt. PET staat voor Physiological Equivalent Temperature. Het Nederlandse Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) heeft de PET-index als gestandaardiseerde methode voorgeschreven om hittestress te beoordelen (bron: [RIVM rapport](#)). Het recept voor de gestandaardiseerde hittekaart gevoelstemperatuur is ontwikkeld en gevalideerd door Wageningen University & Research (WUR). Witteveen+Bos heeft het algoritme ontwikkeld om de hittekaart gevoelstemperatuur voor heel Nederland te berekenen (bron: [Technische Toelichting](#)). Deze is door de WUR geverifieerd en gevalideerd met metingen op locatie (bron: [Validatierapport](#)). Het algoritme voor het berekenen van de hittekaart gevoelstemperatuur is zeer geschikt om ook in te zetten in Vlaanderen. Voor het maken van de gevoelstemperatuurkaart Turnhout is de input van het algoritme aangepast voor de Vlaamse data.

#### Methode voor het berekenen van de gevoelstemperatuur

In de PET-berekening worden verschillende weersvariabelen en de inrichting van de fysieke omgeving meegenomen. Weersvariabelen die in de PET zitten zijn:

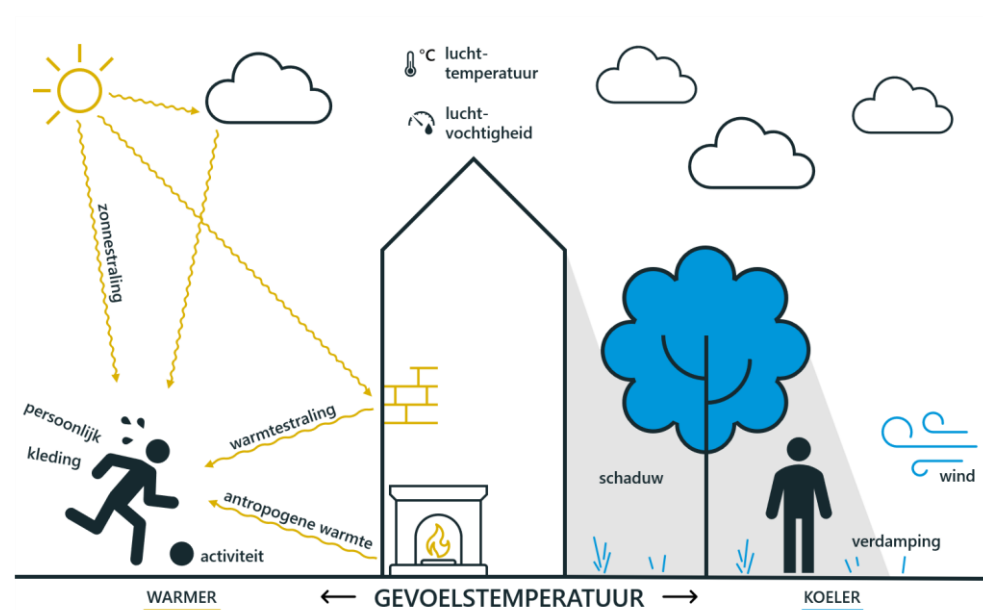
- luchttemperatuur;
- zonnestraling;
- windrichting;
- windsnelheid;
- relatieve luchtvochtigheid.

Omgevingsfactoren opgenomen in de PET-berekening zijn:

- type landgebruik (vegetatie, water, verharding);
- bebouwingsdichtheid;
- schaduw door bomen en gebouwen;
- windreductie door bomen en gebouwen.

Over het algemeen geldt: hoe sterker de straling van de zon en hoe minder wind, hoe hoger de gevoelstemperatuur. De schaduw van gebouwen en bomen maakt de gevoelstemperatuur lager dan in de volle zon. Groen verkoelt de omgeving doordat planten water verdampen en een omgeving met veel nauwe straten en hoge gebouwen warmt meer op doordat de warmte hier lastig weg kan. De gevoelstemperatuur is door deze omgevingsfactoren in stedelijk gebied vaak vele malen hoger dan in landelijk gebied. In Afbeelding 3.3 is weergegeven welke factoren van invloed zijn op de gevoelstemperatuur. De stralingswaarde van verschillende type materialen die wel te zien is op deze afbeelding zit niet in de PET-berekening.

Afbeelding 2.15 Factoren van invloed op de gevoelstemperatuur (bron: eigen afbeelding Witteveen+Bos)



### Inputdata voor het berekenen van de gevoelstemperatuurkaart Turnhout

Als input data voor het generen van de gevoelstemperatuurkaart Turnhout is gebruik gemaakt van open overheidsdata. De ruimtelijke input data zijn verkregen via Geopunt. De complete lijst van gebruikte datasets zijn beschreven in onderstaande tabel.

Tabel 3.1 Input data voor berekening van de gevoelstemperatuurkaart Turnhout


Data	Bron	Versie	Resolutie
landgebruik	grootschalig Referentiebestand	1 januari 2015	vector
luchtfoto	orthofotomozaïek, middenschalig, zomeropnamen	2015	0,4 meter
hoogtekaart	digitaal Hoogtemodel Vlaanderen II, DSM en DTM	2015	1 meter
skyview Factor	digitaal Hoogtemodel Vlaanderen II, Skyview factor	2015	0,25 meter
vegetatie en bomen	groenkaart Vlaanderen	2015	1 meter
meteo	KNMI station Gilze Rijen	27 juli 2018	uur

Tussen de Nederlandse en Vlaamse data zitten kleine verschillen, om deze reden zijn er een aantal bewerkingen gedaan voor het gebruiken van de data in het algoritme van PET. De volgende opmerkingen over de input data zijn van belang voor de uitkomst van de berekening:

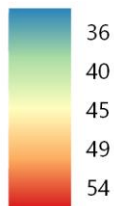
- voor de meteo data is gebruik gemaakt van het nabijgelegen Nederland KNMI meetstation Gilze Rijen. Deze keuze is gemaakt, omdat de historische meteo data van het Koninklijk Meteorologisch Instituut van België (KMI) niet toegankelijk was. Gilze Rijen ligt slechts 1,5 km verder van Turnhout dan het dichtstbijzijnde KMI meetstation;
- de referentie zomerdag is geselecteerd uit de 5 % heetste dagen van het meetstation in de maand juli sinds 2010, dat betekent dat deze hete dag ongeveer eens in de 1,5 jaar voorkomt in het huidige klimaat;
- er is gekozen voor het inladen van de ruimtelijke data uit 2015 via Geopunt aangezien dit het meest recente jaar is waarop alle databronnen beschikbaar zijn. Dit betekent dat veranderingen zoals herontwikkelingen en nieuwbouw die heeft plaatsgevonden in de afgelopen 5 jaar niet zichtbaar is op de hittekaart;
- de waarden van de skyview factor (SVF) uit de brondata komen hoogstwaarschijnlijk niet geheel overeen met de waarden in de werkelijkheid. Waarden van SVF kunnen liggen tussen 0 en 1 waarbij de SVF in een open veld bijna 1 zal zijn (veel open lucht) en in een bos bijna 0 (weinig open lucht). De waarden in het bos liggen in de input data echter rond de waarde 1 terwijl dit in werkelijkheid lager zou moeten zijn. De SVF wordt direct en indirect meegenomen in de PET-berekening, een hogere SVF (meer open lucht en dus meer straling) zou maximaal leiden tot een valse hogere PET waarde van ongeveer 2 tot 3°C. Echter wijken de SVF waarden maar gedeeltelijk af waardoor dit verschil van 3 graden hoogstwaarschijnlijk niet gehaald zal worden. Daarnaast blijven de hittepatronen op de gevoelstemperatuurkaart hetzelfde ondanks een mogelijke afwijking in de SVF waardoor de input van de SVF nog steeds voor een correcte analyse zorgt;
- voor het inventariseren van de vegetatie is gebruik gemaakt van de groenkaart uit Geopunt;
- in plaats van een bomenkaart te gebruiken die is afgeleid van een vegetatiekaart en hoogtekaart om inzichtelijk te krijgen waar bomen hoger dan 2 meter zich bevinden is ook hier gebruik gemaakt van de beschikbare groenkaart (hoog groen, Geopunt). Op de beschikbare groenkaart van Vlaanderen is namelijk een klasse in de groenkaart opgenomen die staat voor 'hoog groen' wat betekent, alle vegetatie hoger dan drie meter. Deze klasse bleek na visuele inspectie geschikt om te gebruiken als bomenkaart.

Afbeelding 2.16 Legende bij de PET of gevoelstemperatuurkaart

## Legende

 Gemeentegrens

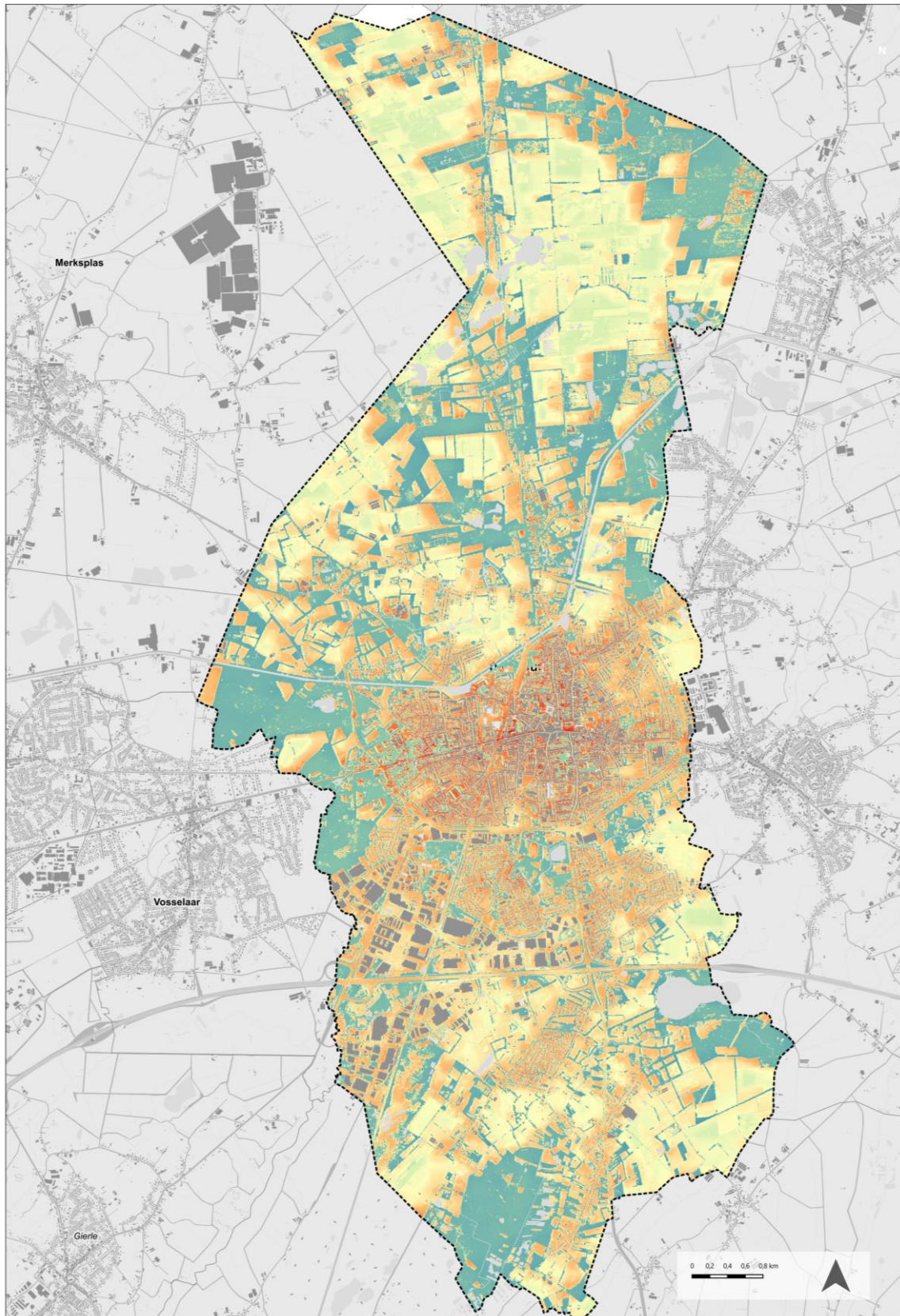
Gevoelstemperatuur (°C PET)



Basiskaart GRB

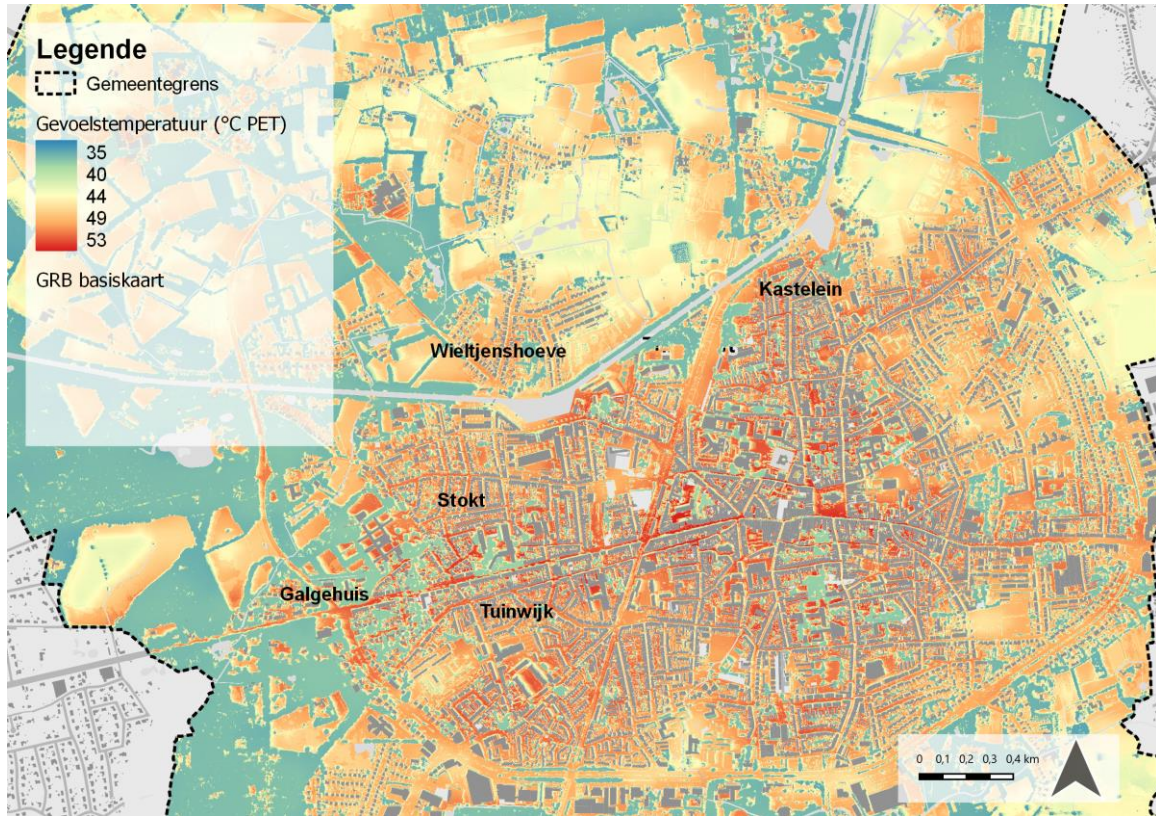


Afbeelding 2.17 PET of gevoelstemperatuurkaart Turnhout





Afbeelding 2.18 PET of gevoelstemperatuurkaart voor het centrum van Turnhout



Tabel 2.1 De PET index voor hittestress (bron: Klimaateffectatlas.nl)

Gevoelstemperatuur (°C)	Ervaring	Fysiologisch stressniveau
0-4	heel koud	extreme koudestress
4-8	koud	sterke koudestress
8-13	koel	matige koudestress
13-18	fris	lichte koudestress
18-23	comfortabel	geen stress
23-29	beetje warm	lichte hittestress
29-35	warm	matige hittestress
35-41	heet	grote hittestress
>41	zeer heet	extreme hittestress

### Interpretatie van de hittekaart gevoelstemperatuur

De gemiddelde luchttemperatuur op de geselecteerde hete dag, 27 juli 2018, was 30°C met een maximum van 37°C. De windrichting was op deze dag oost, wat een overheersende windrichting is op droge en hete zomerdagen. In de middaguren waarvoor de gevoelstemperatuur is berekend was weinig bewolking. Een hete zomerdag met eigenschappen als deze komt in het huidige klimaat ongeveer eens in de 1,5 jaar voor bij het meetstation Gilze-Rijzen.

De kaart laat zien dat de gevoelstemperatuur in Turnhout op deze dag varieert van 36°C in het bos buiten het centrum en in het centrum tot 54°C. Dit grote verschil in gevoelstemperatuur tussen het bebouwd en buitengebied komt voornamelijk door de factoren die vallen onder het stedelijk hitte-eilandeffect. In de straten en pleinen waar geen schaduw, vegetatie en wind is, loopt de gevoelstemperatuur het hoogst op en is deze



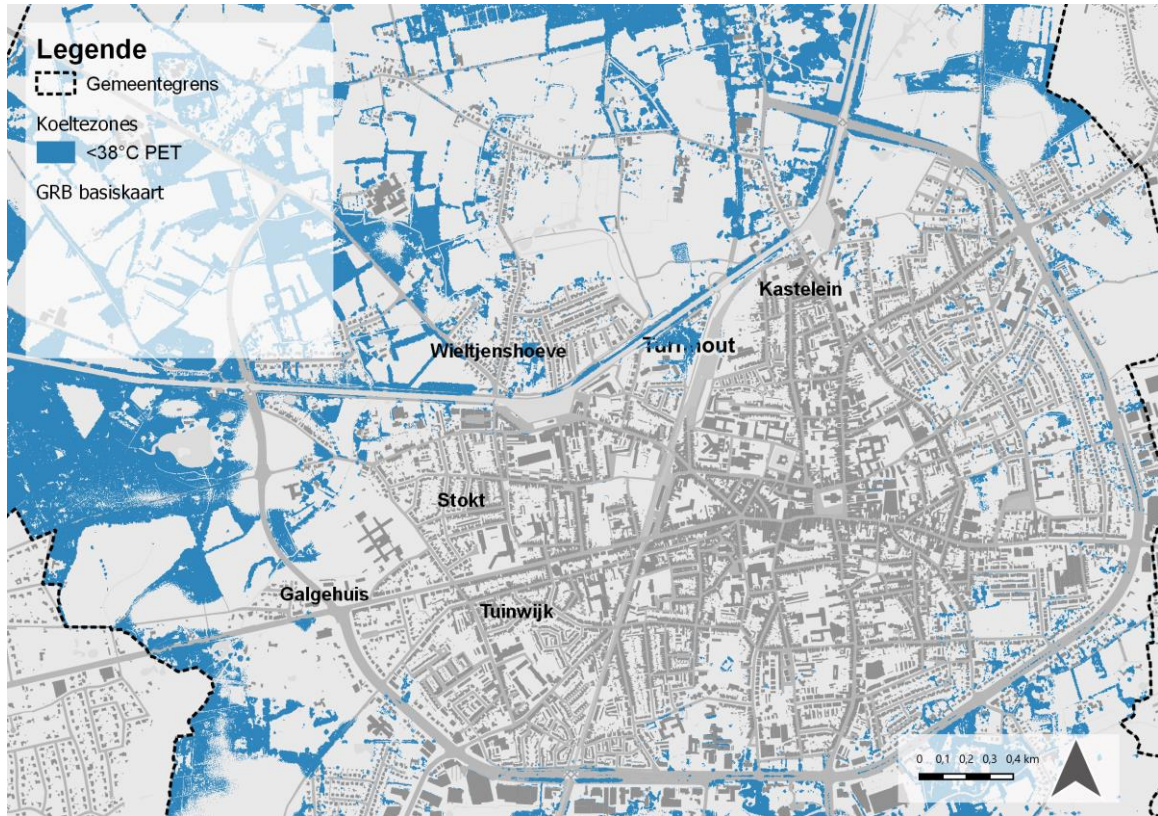
wel +17°C warmer dan de luchttemperatuur van 37°C die dag. In het centrum zijn een paar relatief koele plekken door de aanwezigheid van vegetatie die zorgt voor verdamping en schaduwvorming, waar de gevoelstemperatuur rond de 39°C ligt. Hier is dus maar een lichte stijging van +2°C te zien ten opzichte van de luchttemperatuur.

Of de hitte die zichtbaar is op de gevoelstemperatuurkaart van Turnhout als ernstig beschouwd moet worden is te beantwoorden met een 'ja'. De hete dag die is gebruikt voor het opmaken van de gevoelstemperatuurkaart zal in de toekomst namelijk eerder normaal dan uitzondering zijn. Richting de toekomst zullen dagen met een maximum van 37°C namelijk veel vaker voorkomen dan in het huidig klimaat. De klimaatscenario's geven het inzicht dat we nu nog maar gemiddeld 4 hittegolfdagen (daggemiddelde temperatuur > 30 C) in heel Vlaanderen hebben en dat dit in 2050 gemiddeld 18 dagen zullen zijn en in 2100 zelfs 50 dagen per jaar. Met deze informatie in het achterhoofd is het van groot belang dat Turnhout in de komende jaren veel meer verkoelend wordt ingericht en de gevoelstemperatuur omlaag wordt gebracht. Alleen op deze manier kan Turnhout ook in toekomstige zomers een leefbaar en comfortabel woon- en werkklimaat bieden, kosten door gezondheidsproblemen en oversterfte verminderen en schade door uitval van voorzieningen voorkomen.

### 2.3.5 De koele plekken kaart Turnhout

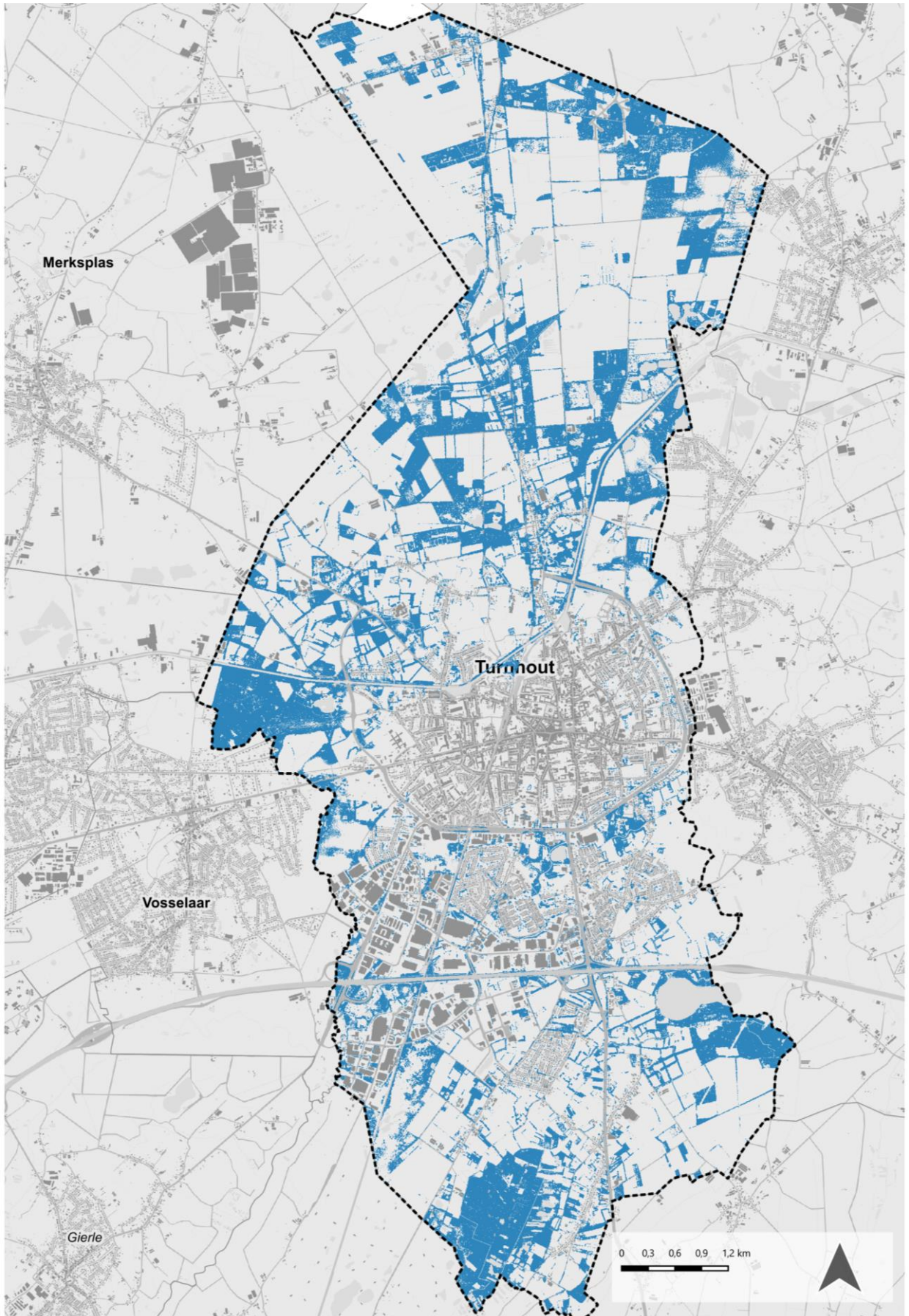
Om een beeld te krijgen hoe de bewoners in Turnhout op een zeer hete dag (zoals die is gebruikt voor de gevoelstemperatuurkaart) met hittestress kunnen omgaan is het belangrijk om de koele plekken in de stad en het buitengebied in beeld te brengen. Deze koele plekken kunnen namelijk dienen als uitvalsbasis op hete dagen en als middel voor kwetsbaren om een hoge kans op hittestress te vermijden. Volgens de PET-index (tabel 3.2) vallen alle temperaturen van 36 tot 54°C PET in de categorie 'heet tot zeer heet'. Op een dag zoals 27 juli met een luchttemperatuur van 37°C is er eigenlijk geen enkele plek te benoemen als 'koele plek'. Voor het in kaart brengen van de koele plekken is daarom gekeken naar de locaties waar de gevoelstemperatuur op 27 juli 2018 niet hoger werd dan 38°C, dus maximaal 1 graden hoger dan de maximale luchttemperatuur van die dag. Op volgende afbeelding is te zien dat er in het centrum van Turnhout nauwelijks plekken zijn die aan dit criterium voldoen, iets wat verbazend is daar het centrum nog veel open percelen kent. Hier kan dus worden geconcludeerd dat hier een flink tekort is aan koele plekken op hete dagen, en dat het gehele centrum binnen de ring prioritair aan te pakken gebied is in zowel het klimaatadaptatieplan als het (hoog) Groenplan. Het buitengebied van Turnhout bevat veel meer koele plekken doordat hier veel bosrijk gebied is, iets wat ook in de beknopte geschiedenis van het landschap naar voren kwam. In de wijken aan de rand van de stad zijn ook verspreid koele plekken aanwezig aangezien ze als enclaves in de open ruimte gebouwd zijn.

Afbeelding 2.19 Koeltekort voor het centrum van Turnhout





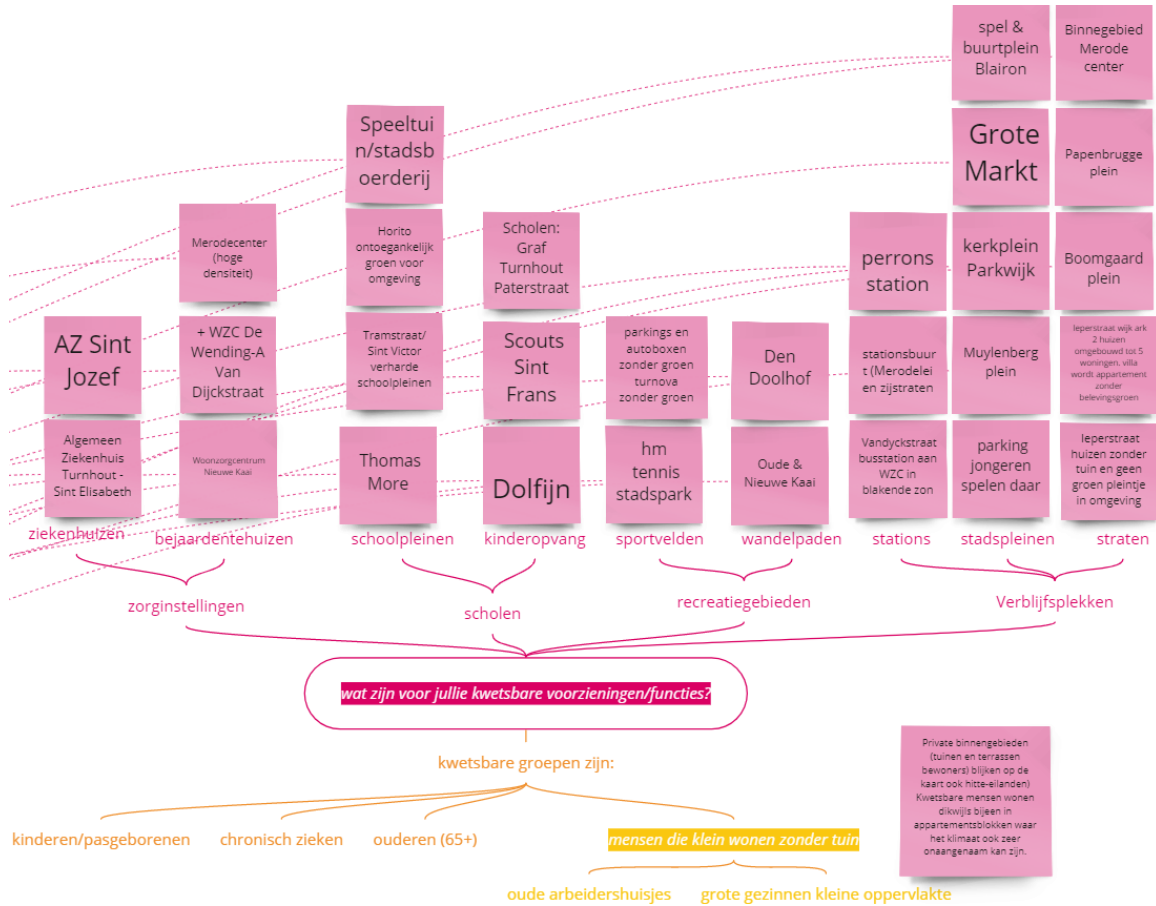
Afbeelding 2.20 Koeltekaart Turnhout



## 2.3.6 Terreinkennis hittestress

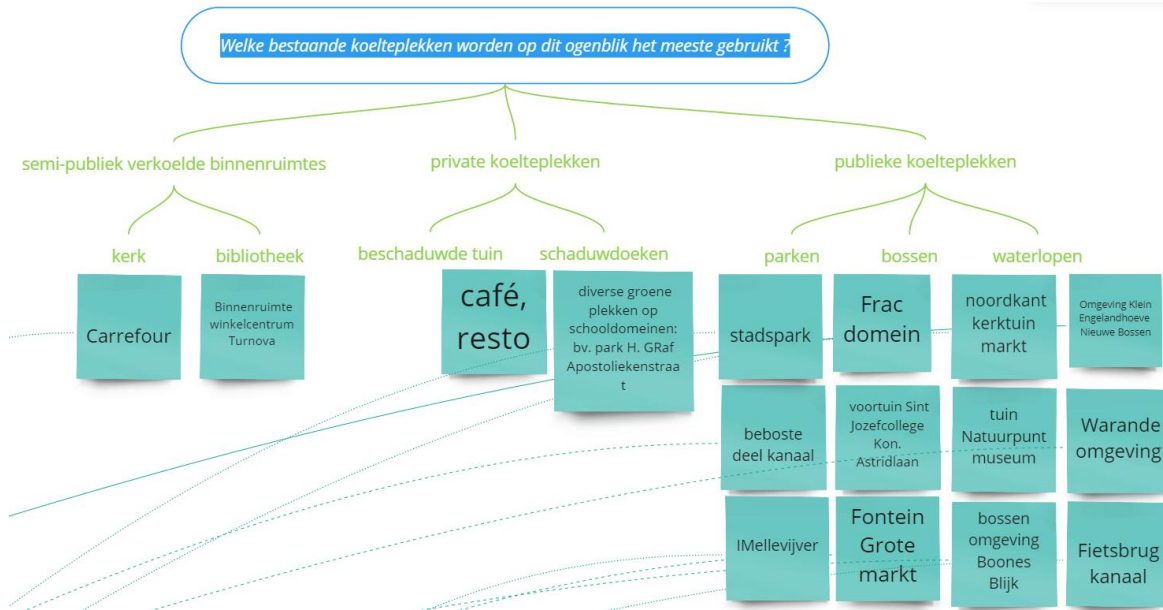
In twee verschillende werkateliers werden de hittestresskaarten aan bewoners, stadsdiensten en experts voorgelegd. Op die manier kon de technische kennis getoetst en aangevuld worden aan terreinkennis. Bijlage 1 toont het volledige werkbord, inclusief de relatie van de opmerkingen tot de kaart.

Afbeelding 2.21 Werkatelier hittestress en wateroverlast



Dat de meeste hittestress voorkomt in het centrum werd beaamd in het werkatelier. Daarnaast werd door deelnemers toegevoegd dat ook de mensen die klein wonen in een slecht geïsoleerde woning en terras noch tuin hebben als kwetsbaar voor hittestress beschouwd moeten worden. Dit punt wijst erop dat het goed zal zijn als de stad ook de lokale kwetsbaarheid voor hittestress in beeld zou brengen aan de hand van deze sociaaleconomische factoren.

Afbeelding 2.22 Werkatelier hittestress en wateroverlast



Publieke parken en bossen blijven de populairste koelteplekken tijdens hittestress (boven), en er wordt heil gezien in vele private en semi-publieke koelteplekken, die eventueel (gratis) opengesteld kunnen worden tijdens hittegolven.

Afbeelding 2.23 Werkatelier hittestress en wateroverlast





Afbeelding 2.24 Werkatelier hittestress en wateroverlast



Het geniet de voorkeur om zowel vele kleine als een aantal grote koelteplekken in te richten en dat al dan niet met een aantal voorzieningen en verblijfsmogelijkheden.

# 3

## IDENTIFYING ADAPTATION OPTIONS - DOELSTELLINGEN EN ONTWERPPRINCIPES

### 3.1 Doelstellingen

Klimaatadaptatie is geen absolute wetenschap waar gerichte normeringen voor bestaan. Voor wateroverlast en hittestress hanteren steden en gemeentes in huidige klimaatplannen daarom veelal een eigen doelstelling. De doelstellingen die worden gehanteerd in andere stedelijke klimaatadaptatieplannen, en de doelstellingen die gekend zijn vanuit de literatuur geven we onderin mee. De doelstellingen die Turnhout hanteert voor adaptatie zijn dan ook gebied specifiek. Ze zijn ingestoken op basis van de kwetsbaarheidsanalyse, onderstaande referenties, expert judgement, en interne kennis van de stadsdiensten.

Ook het realiseren van opgestelde adaptatiedoelstellingen via ontwerpprincipes is geen absolute wetenschap. We weten dat het onder een boom tot 7°C frisser (gevoelstemperatuur) kan zijn dan in de publieke ruimte rondom, en dat we door maximaal te ontharden naar een aanvulling van de grondwatertafel kunnen gaan, maar een specifieke kosten-baten analyse kan op dit ogenblik nog niet gerealiseerd worden. Om hier beter inzicht in te krijgen is het uitvoeren van een monitoring en evaluatiestrategie door de stad op het adaptatiebeleid een belangrijk middel.

#### 3.1.1 Referenties uit andere klimaatadaptatieplannen

##### Klimaatplan Antwerpen, deels uitgevoerd door de Wijkinrichtingsplannen en lokale Groenplannen

###### *Doelstellingen wateroverlast*

**'Tijdens extreme neerslag treedt er geen schade op in Antwerpen.'**

In de gehele stad wordt bovengronds ruimte gemaakt voor een maatgevende bui T = 20 in 2050. Daarbij zorgen we ervoor dat dit water kan worden verwerkt zonder dat er schade optreedt in bebouwing. We staan hierbij tijdelijk (maximaal 24 uur) toe dat er maximaal 80 mm water op straat staat.

Nieuwbouw mag haar gebiedseigen water tijdens deze piekbuien niet afwentelen op het openbaar domein. (zie ook Waterplan Stad Antwerpen)

###### *Doelstellingen hittestress*

**'In Antwerpen is er tijdens hete dagen altijd een koele plek bereikbaar.'**

Daarvoor gaan de groenplannen uit van verkoelend buurtgroen (groter dan 0,5 ha) op een afstand van 400 m van elke woning, én kleinschalige koelteplekken op een afstand van 150 m van elke woning. Indien hier niet aan kan worden voldaan, kan de route langer zijn, mits ze schaduwrijk is (100 % beschutting voor de zon).

###### *Doelstellingen droogte*

**'Groen effectief inzetten voor het vasthouden en vertragen van water.'**

Verdiepte groenzones die kunnen functioneren als infiltratieruimte, bodems van deze groenzones voorzien van bodemtypen die ook langere perioden water kunnen vasthouden (ten behoeve van de waterbeschikbaarheid in drogere perioden).

**'Alle wijken moeten minder dan 55 % verharding tellen.'**

Nieuwe en bestaande wijken moeten naar minder dan 55 % verharding streven, zodat elke druppel kan infiltreren. Om deze doelstelling te halen wordt de publieke en de private ruimte samengeteld.

## Klimaatadaptatieplan Roeselare

### *Doelstelling wateroverlast*

**'Het klimaatadaptatieplan van Roeselare formuleert geen expliciete doelstelling voor wateroverlast.'**

Echter heeft vanuit de stad de filosofie meegekregen dat alle publieke ruimte, inclusief de straten, zo veel mogelijk worden vergroend en onthard bij (her)aanleg. Wijkadaptatieplannen per hydrologische eenheid maken die ambitie waar door mobiliteitslussen te voorzien, het straatprofiel optimaal te herinrichten en door te rekenen hoeveel het rioelstelsel daarbij ontlast wordt (zie ook Hoofdstuk 4 Proefprojecten:

Wijkadaptatieplannen).

Concreet valt het Roeselare dus terug op de norm voorgeschreven in de code van goede praktijk voor het ontwerp, de aanleg en het onderhoud van rioleringssystemen en wordt het ontwerpcriterium om geen 'water op straat' toe te laten bij een terugkeerperiode van 20 jaar gehanteerd. Bij een hoog-klimaatscenario voor Vlaanderen wordt een 20-jarige bui op heden echter een 5-jarige bui in 2100. Dit wil niet per se zeggen dat het aangewezen is om riolen zo te ontwerpen dat ze meer dan de huidige T20-bui aankunnen, maar wel dat het nodig is om ruimte te maken in de publieke ruimte om die extra capaciteit aan te kunnen, en parallel ook een doordacht rioolplan op te maken.

### *Doelstelling hittestress*

Een koeltezone is een zone waarbij de gevoelstemperatuur (WBGT) steeds lager blijft dan 25 °C. Afhankelijk van de grootte van de koeltezone zal de invloedssfeer veranderen. Voor deze studie werden de richtlijnen omtrent groenbehoefte aangehouden zoals bepaald in de groenstudie van Roeselare (BUUR, 2015). **'Een koeltezone op woonniveau is gericht op omwonenden en heeft een maximale invloedssfeer van 150 m. Een koeltezone op buurtniveau moet minstens 1 ha groot zijn en zal inwoners tot een afstand van 400 m bereiken. Een zone groter dan 10 ha biedt ruimte aan veel mensen en heeft een invloedssfeer van 800 m. Koeltezones groter dan 30 ha hebben een grote aantrekkingskracht en bereiken mensen tot 1600 m.'** Het uitgangspunt is dat de invloedssfeer de buffer is rond de koeltezone waarin mensen zich makkelijk naar de zone kunnen begeven om verkoeling te zoeken op warme dagen. Het is dus niet zo dat de koeltezone actief de ruime omgeving zal verkoelen.

### *Doelstelling droogte*

De belangrijkste natuurlijk beïnvloedende factoren voor droogte zijn neerslag en verdamping. Zoals eerder vermeld, wordt verwacht dat de toename van neerslag echter zal plaatsvinden tijdens de wintermaanden, terwijl er in de zomer minder neerslag verwacht wordt. De neerslag zorgt uiteraard voor de aanvoer van water. Op dit moment verdampt in Vlaanderen ongeveer 67 % van de neerslag, maar dit zou tegen 2100 toenemen tot 77 % (VMM, 2018b). Ondanks de toename van de gemiddelde jaarlijkse neerslag is het dus de verwachting dat er onder invloed van de klimaatverandering meer kans zal zijn op droogteperioden. Waarbij er in het huidige klimaat gemiddeld 172 dagen zonder neerslag zijn, is het de verwachting dat deze zullen stijgen naar gemiddeld 236 dagen per jaar in 2100. Hierbij verdubbelt ook de duur van langste droge periode die eens om de 20 jaar te verwachten is van 24 opeenvolgende droge dagen naar 57 opeenvolgende droge dagen, wat een belangrijke factor is in droogtestress.

De verminderde neerslag en hogere potentiële verdamping in de zomer zullen ervoor zorgen dat het cumulatief neerslagtekort tijdens het groeiseizoen (april-september) sterk kan oplopen in de toekomst. Extreem droge periodes zoals deze in 1976 en 2018 zouden tegen 2100 eens om de 4 à 5 jaar kunnen voorkomen (VMM, z.d.-b).

**'Om in te grijpen op het droogte-vraagstuk gaat het klimaatadaptatieplan van Roeselare focussen op circulaire waterketens: daarbij wordt het wateraanbod en de watervraag (industrie, huishoudens, landbouw) in kaart gebracht.'** Waar mogelijk worden er allianties gesloten tussen partijen (zie ook Hoofdstuk 4 - Proefprojecten: De Watermakelaar) en wordt er gestuurd op de seizoensgebonden vergunning van grondwateronttrekkingen.



### 3.1.2 Referenties uit de literatuur

#### Convenant Klimaatadaptief Bouwen Provincie Zuid Holland, Nederland

##### *Doelstelling wateroverlast*

- 1 een groot deel van de neerslag (50 mm) van een korte hevige bui (1/100 jaar, 70 mm in 1 uur) op privaat terrein wordt op dit terrein opgevangen en vertraagd afgevoerd. De berging is niet eerder dan in 24 uur leeg en is in maximaal 48 uur weer beschikbaar, of wordt gestuurd:**
  - uitleg: deze eis is bedoeld om te zorgen dat extreme neerslag van het privaat gebied niet geheel op het openbaar gebied afgewenteld wordt. De berging van 50 mm is afgeleid van de bui 70 mm in een uur bij het klimaat in 2050. Wanneer er al weinig waterberging in het openbaar gebied beschikbaar is of als bergingsmaatregelen eenvoudig genomen kunnen worden, kan de eis verhoogd worden naar 70 mm of in omgekeerde gevallen verlaagd worden naar 40 mm;
- 2 in het plangebied treedt geen schade op aan bebouwing en voorzieningen bij extreem hevige neerslag (1/250 jaar, 90 mm/u):**
  - uitleg: deze eis gaat over de schade in het gehele plangebied, dus op privaat en/of publiek terrein. De bui van 90 mm in een uur (klimaat 2050) is heviger dan bij N1 en er mag geen schade optreden aan bebouwing en voorzieningen. Bij het aantonen hiervan moet ook rekening gehouden worden met de wisselwerking met het omliggende gebied en watersysteem en moet afwentelen voorkomen worden. Tijdelijke overlast door water op straat of op maaiveld is wel toegestaan. Een belangrijke maatregel om schade te voorkomen is een voldoende hoog vloerpeil van bebouwing en voorzieningen. Eisen voor het vloerpeil ten opzichte van omringend maaiveld zijn niet opgenomen omdat dit andere maatregelen uitsluit en de eisen sterk locatieafhankelijk kunnen zijn;
- 3 voor overstromingen met een waterdiepte tot 20 cm treedt geen schade aan gebouwen op en blijven hoofdwegen begaanbaar:**
  - uitleg: dit gaat om een beperkte overstroming vanuit bijvoorbeeld een boezem of rivier, waarbij aangetoond moet worden dat er geen schade optreedt en hoofdwegen begaanbaar blijven. Maatregelen zoals het aanleggen van hoogteverschillen kunnen gedeeltelijk overlappen met de maatregelen die getroffen worden bij hevige neerslag;
- 4 voor overstromingen met een waterdiepte tot 50 cm worden maatregelen getroffen om schade aan gebouwen te beperken, als deze doelmatig zijn:**
  - uitleg: bij een grotere waterdiepte tot 50 cm worden maatregelen genomen om schade aan het gebouw te voorkomen of wordt er aangetoond dat voorkomen van schade doelmatig is;
- 5 voor overstromingen met een waterdiepte tot 200 cm worden maatregelen getroffen om vitale infrastructuur en kwetsbare objecten te beschermen:**
  - uitleg: tot 2 meter waterdiepte worden vitale infrastructuur en kwetsbare objecten beschermd. Schade zal dan zeker optreden, maar aangetoond moet worden dat vitale infrastructuur, zoals elektriciteit en drinkwater en kwetsbare objecten, zoals ziekenhuizen blijven functioneren, eventueel in een gereduceerde vorm;
- 6 voor overstromingen met een waterdiepte boven 200 cm worden maatregelen getroffen om veilig te kunnen schuilen in het overstroomde gebied:**
  - uitleg: deze eis is gericht op schuilen in het gebouw of in het overstroomde gebied bij extreme overstromingen.

##### *Doelstelling hittestress*

Er zijn geen nationale normen (voorgeschreven) voor het hittebestendig inrichten van de buitenruimte in een stad. Voor dit klimaatthema geldt namelijk dat het per deelgebied en aanwezige functies verschilt welke doelstellingen nodig en haalbaar zijn gezien hittestress. Daarnaast geldt ook voor hittestress het advies om doelen op te stellen die concreet en meetbaar zijn maar ook om ruimte te laten voor ontwerpvrijheid om optimale keuzes te maken in de afweging met andere thema's.

Op dit moment zijn er steeds meer overheden en partijen die zelfstandig normen en doelen stellen voor hittestress. Op het gebied van hitte is een veel gehoorde doelstelling dat de bebouwde omgeving 'hitebestendig' moet zijn ingericht waardoor deze gezond, comfortabel en aantrekkelijk blijft. Maar hoe richt je een stad hittebestendig in? De volgende doelstellingen uit het convenant 'Klimaatadaptief Bouwen'

(Provincie Zuid-Holland, 2019)) aangevuld met inzichten uit het document 'Hittebestendige stad' (Hogeschool van Amsterdam, 2019) geven de belangrijkste regels aan voor creëren van een hittebestendige stad:

- 1 zorg voor voldoende schaduw op loopgebieden. 40 % op looproutes en 30% op buurtniveau:**
  - uitleg: er is op het heetst van de dag voldoende schaduw op belangrijke looproutes en verblijfplekken. Minimaal 40 % op belangrijke looproutes zodat essentiële functies in de stad voor iedereen bereikbaar blijven. Minimaal 30 % op loopgebieden in de buurt;
- 2 zorg voor voldoende afstand tot koelte:**
  - uitleg: iedere woning moet zich voldoende dicht bij een aangename en aantrekkelijke koele verblijfsplek bevinden (voorstel binnen 300 m). Het groene oppervlakte is bij voorkeur >200 m<sup>2</sup>.
- 3 zorg voor een voldoende percentage groen per buurt:**
  - uitleg: om stadsbreed de luchttemperatuur te verlagen moet het percentage groen binnen een buurt groter zijn dan de ondergrens die afhankelijk is per wijctype;
- 4 zorg dat 40 % van alle oppervlakken warmtewerend of verkoelend zijn ingericht:**
  - uitleg: de opwarming van het stedelijk gebied wordt deels veroorzaakt door het opnemen van zonnestraling door oppervlakken en het vervolgens afgeven van warmte door deze oppervlakken. Een hoog albedo zorgt ervoor dat zonnestraling wordt weerkaatst en een lage warmtecapaciteit zorgt ervoor dat er 's nachts weinig warmte wordt afgegeven. De eis is dat 40 % van het totale oppervlak (dus de gehele schil, horizontaal en verticaal) warmtewerend wordt ingericht. Dit kan door het gebruik van materialen met een hoge reflectie, lage warmteafgifte en/of door het gebruik van begroeiing. Voor begroeiing is het dan wel belangrijk dat deze toegang heeft tot water om te kunnen blijven verdampen;
- 5 zorg dat de koeling van gebouwen niet leidt tot opwarming van de (verblijfs-)ruimte in de directe omgeving:**
  - uitleg: het actief koelen van gebouwen door bijvoorbeeld airconditioning levert warmte op voor de omgeving van het gebouw. Extra opwarming van de openbare ruimte is echter ongewenst. In het ontwerp moet daarom aangetoond worden dat koeling van gebouwen niet leidt tot extra opwarming van de omgeving. Door bijvoorbeeld passieve systemen of warmte-koudeopslag in de bodem kan deze opwarming voorkomen worden.

### 3.1.3 Doelstellingen voor Turnhout

Bij de definiëring van doelstellingen is het belangrijk om deze te kunnen testen op hun haalbaarheid in de praktijk. Daarom dat de stad Turnhout bij de opmaak van een integraal groen- & waterplan de doelstellingen zal concretiseren en meteen zal toetsen aan de praktijk.

## 3.2 Ontwerpprincipes wateroverlast & hitte

De doelstelling voor wateroverlast en hittestress kunnen gerealiseerd worden via een goed begrip van een aantal ontwerpprincipes. Onderin geven we de belangrijkste ontwerpprincipes mee. Belangrijk is dat deze principes door zowel de burgers, de stad als private partijen gehanteerd kunnen worden.

### 3.2.1 Stedelijke waterbouwstenen

# ONDERGRONDS OF GEDEMPPT WATERERFGOED ACTIVEREN

## ♦ FUNCTIE

Reactiveren historische/gedempte waterstructuren of hergebruik bestaande ondergrondse (water)infrastructuur

hergebruik

berging

infiltratie

transport

waterbescherming

## ♦ EFFECTIVITEIT

afhankelijk van de dimensionering

## ♦ RUIMTEBESLAG

bepakt

ondergronds

publiek

omvangrijk

bovengronds

privé

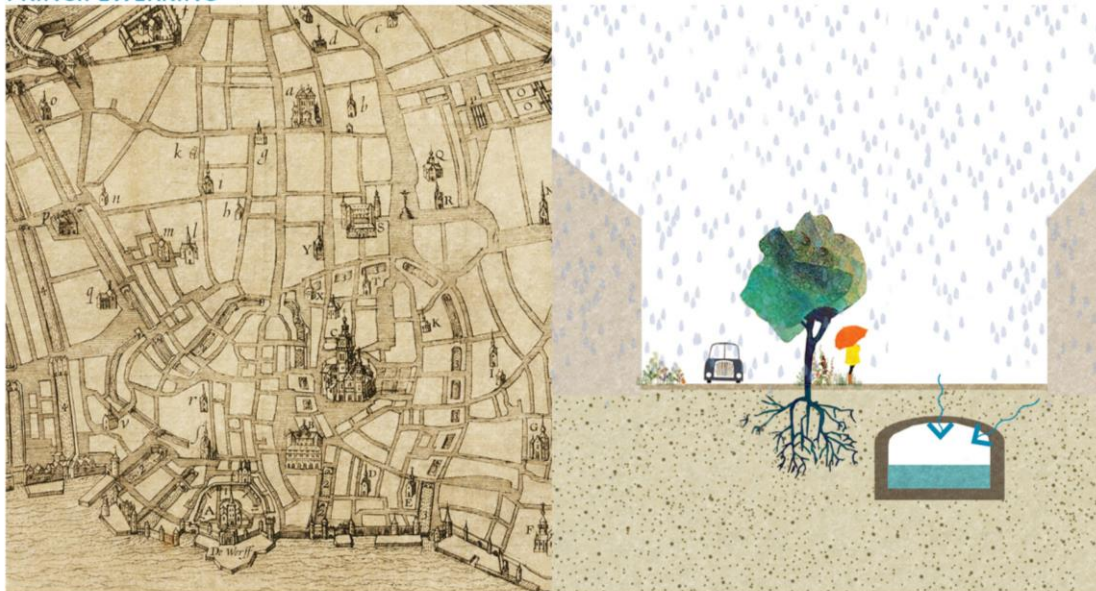
## ♦ BIJKOMENDE BATEN

vergroening (reductie hittestress, ...)

## ♦ KOSTEN

€€€ ifv kwaliteit structuren

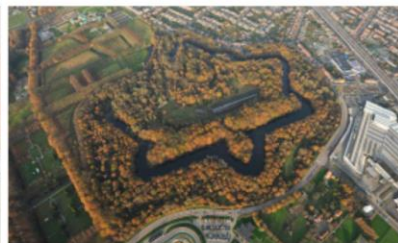
## ♦ PRINCIPEWERKING



## ♦ VOORBEELDEN



hergebruik van de Ruien, Antwerpen



Fortengordels Antwerpen



Hergebruik bestaande koker

© Ecotechnic

## ♦ VARIANTEN MET ZELFDE PRINCIPEWERKING

bestaande ondergrondse infrastructuur (her)gebruiken, activeren watererfgoed, duikers openmaken,



# GROENBLAUWE STRUCTUREN

## FUNCTIE

inzetten op bestaande groenblauwe structuren in de stad voor de waterhuishouding.

hergebruik

berging

infiltratie

transport

waterbescherming

## EFFECTIVITEIT

afhankelijk van de dimensionering en schaal

## RUIMTEBESLAG

bepakt

ondergronds

publiek

omvangrijk

bovengronds

privé

## BIJKOMENDE BATEN

vergroening (reductie hittestress, ...)

## KOSTEN

€€€ kosten zijn afhankelijk van schaal en omvang

## PRINCIPEWERKING



## VOORBEELDEN



oude meanders



inzetten van groene zones in de stad en oude stadsstructuren



Dijleterrassen Leuven

## VARIANTEN MET ZELFDE PRINCIPEWERKING

inzetten groenzones voor waterberging, grote (groene) lanen als transportassen, heropwaarderen (lokale) waterlopen, hergebruik oude meanders, openleggen gekanaliseerde waterwegen

stedelijke waterbouwsteen

# WATERPLEIN

## FUNCTIE

stadsplein met bassins om tijdelijk overtollig hemelwater op te vangen, te infiltreren en vertraagd af te voeren

hergebruik

berging

infiltratie

transport

waterbescherming

## EFFECTIVITEIT

afhankelijk van de dimensionering

## RUIMTEBESLAG

beperkt

ondergronds

publiek

omvangrijk

bovengronds

privé

## BIJKOMENDE BATEN

multifunctioneel ruimtegebruik

## KOSTEN

€ € € € 275-2500/m<sup>3</sup> aanleg

## PRINCIPEWERKING



## VOORBEELDEN



Speelakker NHW © wnoordwijkerhout.nl



Bentherplein Rdam © Ossip van Duivenbode



Waterplein Tiel © Jan Bouwhuis

## VARIANTEN MET ZELFDE PRINCIPEWERKING

waterspeelplaats



# TOPOGRAFISCH DETAILLEREN OF WATER BEWUST OP STRAAT

## FUNCTIE

geleiding van hemelwater door bewuste hoogteverschillen in de openbare ruimte (wegenis, voetpad, etc.) zodat er minder of geen schade optreedt als er water op straat staat. Water sturen naar plekken in de openbare ruimte waar het tijdelijk kan blijven staan, zonder al te grote consequenties

hergebruik      berging      infiltratie      transport      **waterbescherming**

## EFFECTIVITEIT

vermijden van schade tijdens wateroverlast

## RUIMTEBESLAG

**beperkt**      ondergronds      **publiek**  
omvangrijk      **bovengronds**      **privé**

## BIJKOMENDE BATEN

vergroening (reductie hittestress, ...)

## KOSTEN

afhankelijk van ontwerp

## PRINCIPEWERKING



## VOORBEELDEN



berging op straat

holle wegen

holle weg

Van Hallestraat © Merlijn Michon

## VARIANTEN MET ZELFDE PRINCIPEWERKING

holle straat, waterberging op straat, drempels als watersturing, herintroductie van het trottoir, ...

# RETENTIEVIJVER

## FUNCTIE

buffert tijdens en na regenval het hemelwater en voert vertraagd af of infiltreert

hergebruik

berging

infiltratie

transport

waterbescherming

## EFFECTIVITEIT

afhankelijk van toelaatbare peilstijging

## RUIMTEBESLAG

beperkt

ondergronds

publiek

omvangrijk

bovengronds

privé

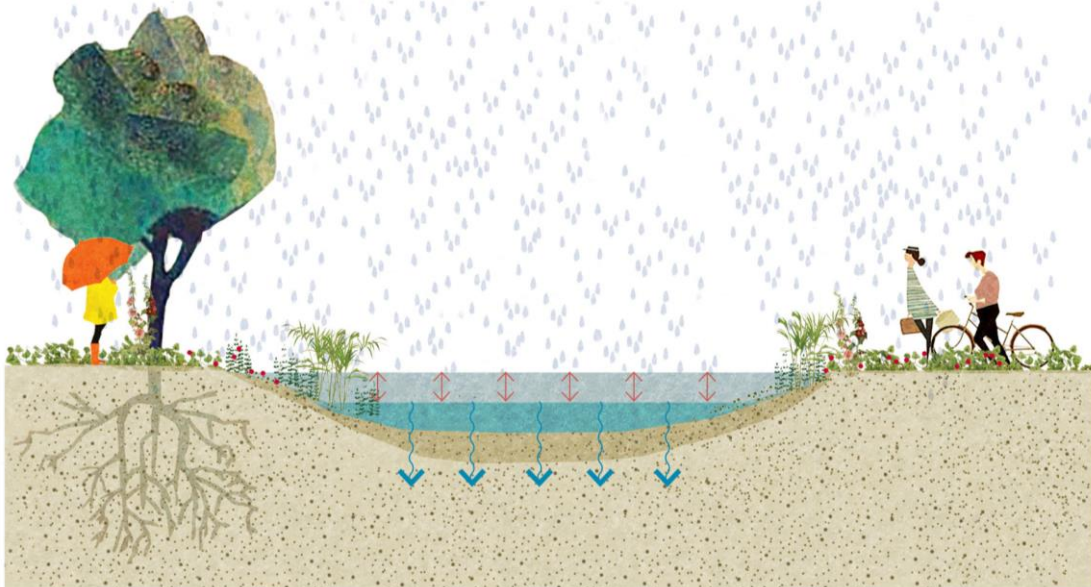
## BIJKOMENDE BATEN

vergroening (reductie hittestress, ...)

## KOSTEN

€ € € € € 30-225/m<sup>3</sup>

## PRINCIPEWERKING



## VOORBEELDEN



retentievijver  
©tuin van jan, Rainproof Amsterdam



moerastuin  
© tuinenvanmienruys



regenplein  
lasinge Square, Copenhagen© GHB Landscape Architects



## VARIANTEN MET ZELFDE PRINCIPEWERKING

watertuin, moerastuin



# HEMELWATERRIOLERING

## FUNCTIE

hemelwatertransport naar oppervlaktewater via ondergrondse riolering

hergebruik

berging

infiltratie

**transport**

waterbescherming

## EFFECTIVITEIT

afhankelijk van de dimensionering en hellingsgraad

## RUIMTEBESLAG

**beperkt**

**ondergronds**

**publiek**

omvangrijk

bovengronds

privé

## BIJKOMENDE BATEN

vergroening (reductie hittestress, ...)

## KOSTEN

€ € € € € 190-245/m aanleg

## PRINCIPEWERKING



## VOORBEELDEN



infiltratietransportriool



rainproof amsterdam



hemelwaterstelsel

## VARIANTEN MET ZELFDE PRINCIPEWERKING

aanleggen gescheiden systeem, infiltratietransportriool (IT-riool)

stedelijke waterbouwsteen

# VERBORGEN HEMELWATERTRANSPORT

## FUNCTIE

verborgen oppervlakkige afstroming van hemelwater

hergebruik

berging

infiltratie

transport

waterbescherming

## EFFECTIVITEIT

afhankelijk van de dimensionering

## RUIMTEBESLAG

beperkt

ondergronds

publiek

omvangrijk

bovengronds

privé

## BIJKOMENDE BATEN

vergroening (reductie hittestress, ...)

## KOSTEN

€ € € € € 200-370/m aanleg gootjes

## PRINCIPEWERKING



## VOORBEELDEN



holle gootjes

© Rainproof Amsterdam

## VARIANTEN MET ZELFDE PRINCIPEWERKING

verholen goot



# OPPERVLAKKIG HEMELWATERTRANSPORT

## FUNCTIE

zichtbaar oppervlakkige afstroming van hemelwater

hergebruik

berging

infiltratie

transport

waterbescherming

## EFFECTIVITEIT

afhankelijk van de dimensionering

## RUIMTEBESLAG

beperkt

ondergronds

publiek

omvangrijk

bovengronds

privé

## BIJKOMENDE BATEN

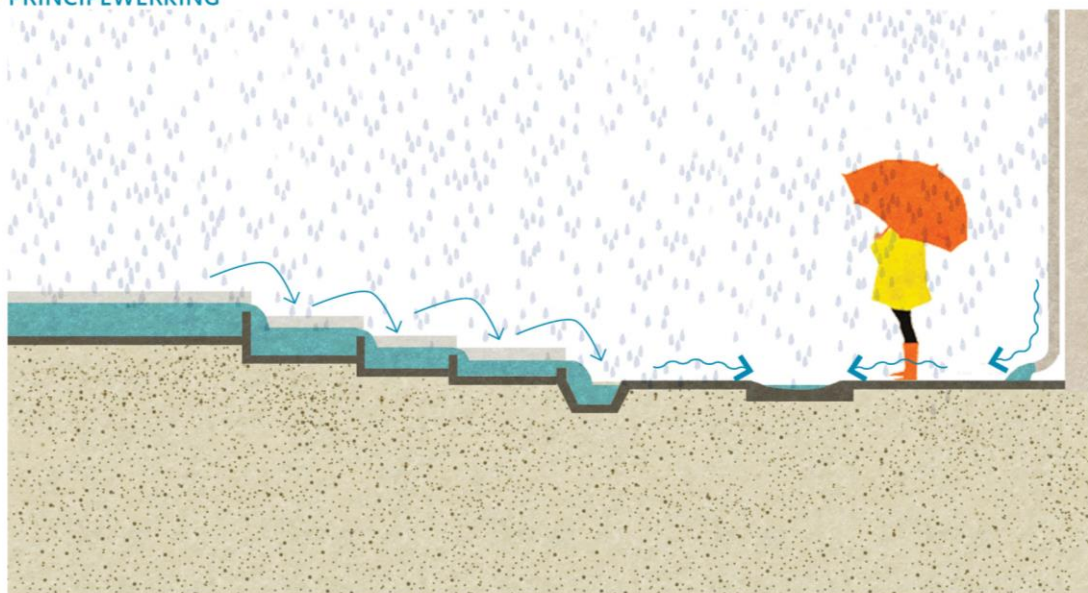
vergroening (bij gebruik van greppel)

## KOSTEN

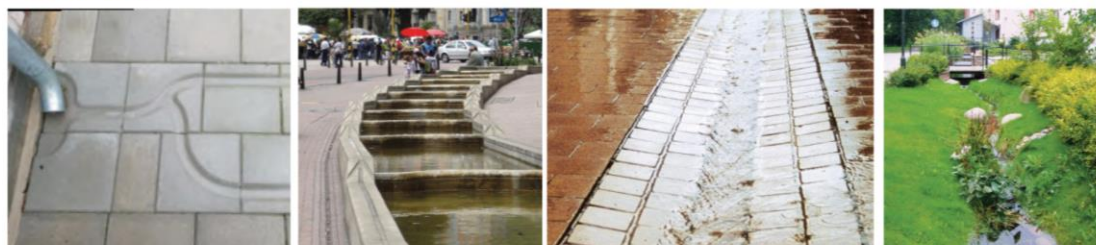
€€€ € 50-240/m aanleg gootjes

€€€ € 25-100/m aanleg greppel

## PRINCIPEWERKING



## VOORBEELDEN



oppervlakkinge afwatering

hemelwatercascade

open gootjes

© atelier dreiseitl

greppel

Andre Vaxelaire

## VARIANTEN MET ZELFDE PRINCIPEWERKING

open goot, greppel, hemelwatercascade, ...



# HEMELWATERHERGEBRUIK

## ♦ FUNCTIE

hergebruik van hemelwater voor niet-drinkbare toepassingen

hergebruik

berging

infiltratie

transport

waterbescherming

## ♦ EFFECTIVITEIT

hergebruikmaatregelen hebben in principe geen bergingscapaciteit (in het slechtste geval zit hemelwaterreservoir vol en kan deze tijdens intense neerslag geen hemelwater vasthouden)

## ♦ RUIMTEBESLAG

beperkt

ondergronds

publiek

omvangrijk

bovengronds

privé

## ♦ BIJKOMENDE BATEN

vermindering drinkwatergebruik

## ♦ KOSTEN

€ € € € € 1500-2800/regenput standaardtank + pomp

## ♦ PRINCIPEWERKING



## ♦ VOORBEELDEN



regenput

© Livios



regenwaterton

Rainproof Amsterdam



regenwaterzak in kruipkelder

## ♦ VARIANTEN MET ZELFDE PRINCIPEWERKING

regenput, waterton, (regen)waterzak, waterschutting





# WADI

## ♦ FUNCTIE

Een wadi is een laagte in het maaiveld waarin hemelwater zich kan verzamelen en in de bodem kan infiltreren.

hergebruik

berging

infiltratie

transport

waterbescherming

## ♦ EFFECTIVITEIT

afhankelijk van het volume en de dimensionering van de wadi

## ♦ RUIMTEBESLAG

beperkt

ondergronds

publiek

omvangrijk

bovengronds

privé

## ♦ BIJKOMENDE BATEN

vergroening (reductie hittestress, ...)

## ♦ KOSTEN

€ € € € 20 - 95/m<sup>2</sup>

## ♦ PRINCIPEWERKING



## ♦ VOORBEELDEN



## ♦ VARIANTEN MET ZELFDE PRINCIPEWERKING

regentuin, bioswale, regenpark, reliëf in de tuin, ...

# ONDERGRONDSE (INFILTRATIE)BERGING

## FUNCTIE

(infiltratie-)berging van hemelwater onder de grond

hergebruik

berging

infiltratie

transport

waterbescherming

## EFFECTIVITEIT

Afhankelijk van dimensies ondergrondse voorziening

## RUIMTEBESLAG

beperkt

ondergronds

publiek

omvangrijk

bovengronds

privé

## BIJKOMENDE BATEN

vergroening (reductie hittestress, ...)

## KOSTEN

€ € € € € 150-430/krat

€ € € € € 200-250/infiltratieput

## PRINCIPEWERKING



## VOORBEELDEN



infiltratiekrat

©waterklaar.nl



rotswol

© hoosbui-proof.nl



poreus beton

© rehau

## VARIANTEN MET ZELFDE PRINCIPEWERKING

waterberging in (infiltratie)kratten, infiltratieputten, rockflow, ...



# GROENDAK

## • FUNCTIE

dak dat door een dunne substraatlaag met begroeiing capaciteit biedt voor regenwaterbuffering

hergebruik

berging

infiltratie

transport

waterbescherming

## • EFFECTIVITEIT

Intensief groendak (15 - 25 cm diep): 30 - 80 mm  
Polderdak: tot 135mm

extensief groendak (max 15 cm diep): 8- 25 mm  
waterdak: ifv hoogte & draagkracht dakconstructie

## • RUIMTEBESLAG

beperkt

ondergronds

publiek

omvangrijk

bovengronds

privé

## • BIJKOMENDE BATEN

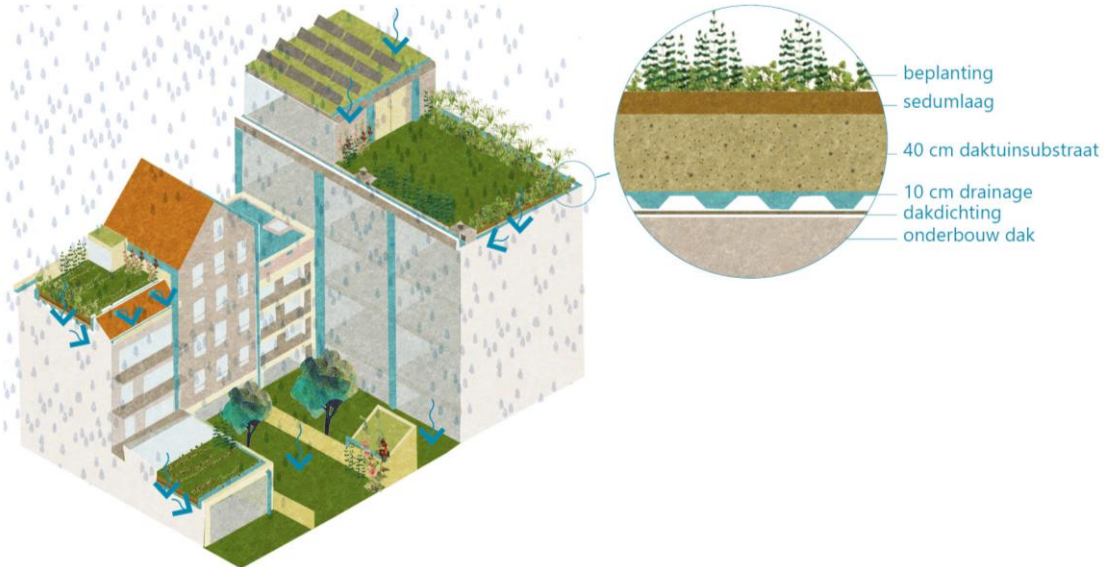
vergroening (reductie hittestress, ...)

## • KOSTEN

€ € € € € € € **€ 60-100/m<sup>2</sup> extensief groendak**  
€ € € € € € € **€ 105-170/m<sup>2</sup> intensief groendak**

€ € € € € € € **€ 160-235/m<sup>2</sup> polderdak**  
€ € € € € € € **€ 25-65/m<sup>2</sup> waterdak**

## • PRINCIPEWERKING



## • VOORBEELDEN



©Joru support greenroof  
extensief groendak



©de Dakdokters, keizergracht  
intensief groendak



© Amsterdam Rainproof  
polderdak

## • VARIANTEN MET ZELFDE PRINCIPEWERKING

sedumdak, dakakker, slim waterdak

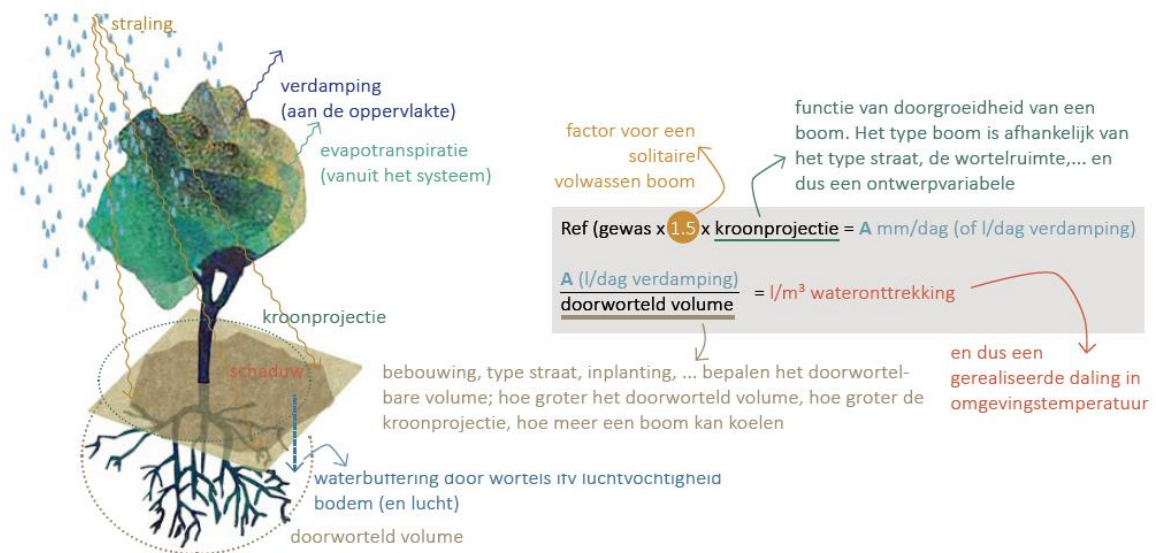
### 3.2.2 Hittebouwstenen

Er zijn verschillende manieren om de gebouwde omgeving hittebestendig en daarmee gezond en aantrekkelijk in te richten. De richtlijnen kunnen gericht zijn om op wijk-schaal het stedelijk hitte-eiland te beperken of op lokale verkoeling door het verlagen van de gevoelstemperatuur. Ook zijn er gebouw gebonden maatregelen die effect hebben op hittestress. Op wijk-schaal kan het stedelijk hitte-eilandeffect worden beïnvloed. De belangrijkste factoren hiervoor zijn vegetatie, water en materiaalgebruik.

#### Vegetatie

Vegetatie neemt minder warmte op dan verharding en zorgt daarnaast voor verkoeling door verdamping van water. Hoe meer vegetatie, hoe koeler de wijk. Hoeveel vegetatie haalbaar is, verschilt per wijk. Toename van 10 procentpunt groen in een wijk, zorgt voor 0,5°C verkoeling in de nacht. 's Avonds en 's nachts is het stedelijk hitte-eilandeffect het grootst.

Afbeelding 3.1 Onttrekking van warmte-energie uit de lucht in functie van de relatieve vochtigheid en de kroonprojectie van een boom



Voor verkoelend vermogen is het beter om groen te verspreiden over het bebouwd gebied dan één groot park aan te leggen.<sup>1</sup>

#### Water

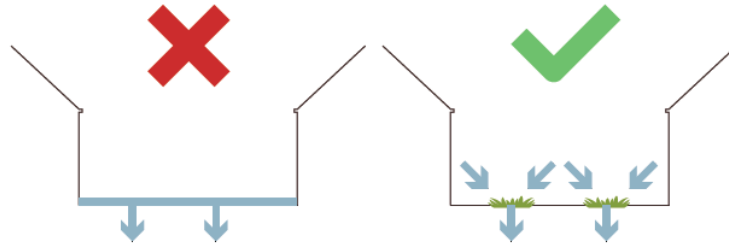
Oppervlaktewater verkoelt de luchttemperatuur ongeveer 0,5°C.<sup>2</sup> Doordat water langzaam opwarmt en afkoelt, kan het een bufferend effect hebben. Wanneer oppervlaktewater warmer wordt, bijvoorbeeld aan het eind van de zomer en in het najaar, kan het juist warmte afgeven aan de omgeving.

Voldoende water voor vegetatie is belangrijk. Vegetatie zorgt voor verkoeling door verdamping, dit is alleen mogelijk wanneer voldoende water beschikbaar is. Hiervoor is het advies om regenwater lokaal te bergen en een drainage stelsel toe te passen voor voldoende aanvoer en afvoer van water in de bodem (Afbeelding 3.2).

<sup>1</sup> Lenzholzer, S. (2013) Het weer in de stad Hoe ontwerp het stadsklimaat bepaald. nai010 uitgevers, Rotterdam.

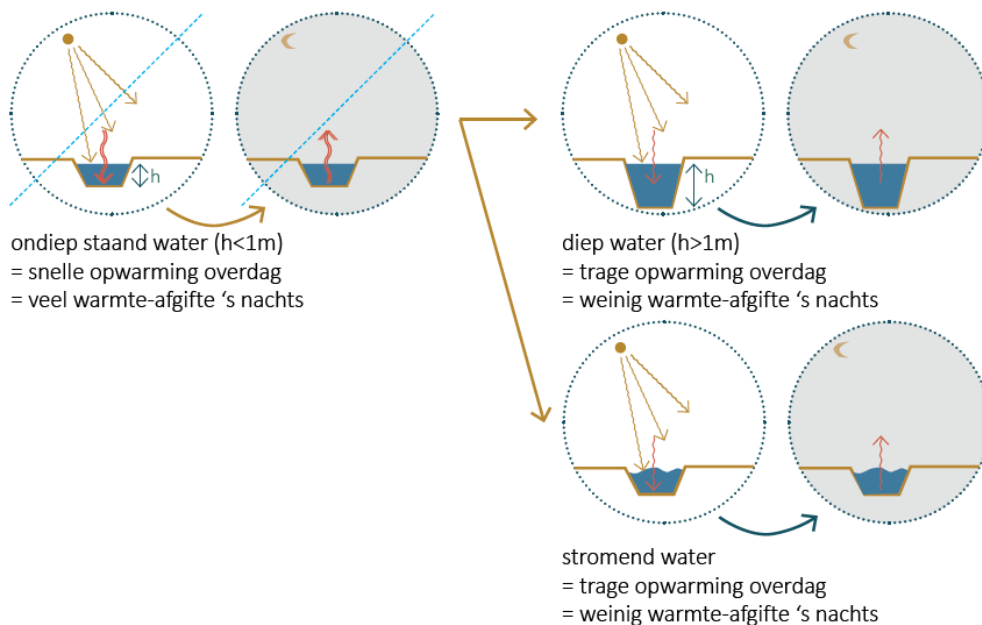
<sup>2</sup> hva.nl/kc-techniek/gedeelde-content/contentgroep/klimaatbestendige-stad/resultaten/water.html.

Afbeelding 3.2 Regenwater afwateren op groenstroken en infiltreren in de bodem



Ook heeft water een rol bij lokale verkoeling door plekken te creëren aan het water waar mensen kunnen recreëren.<sup>1</sup> Water zorgt voor open ruimte waardoor wind makkelijker kan doorstromen. En direct contact met water door verneveling of zwemmen zorgt ook voor verkoeling.

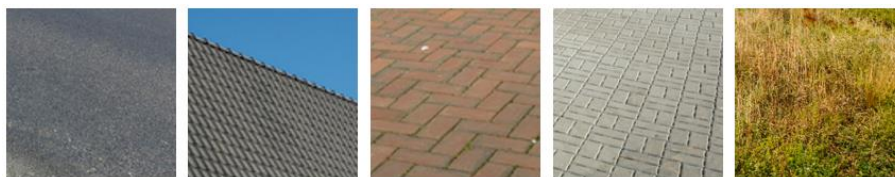
Afbeelding 3.3 Ontwerpprincipes water



### Materialen

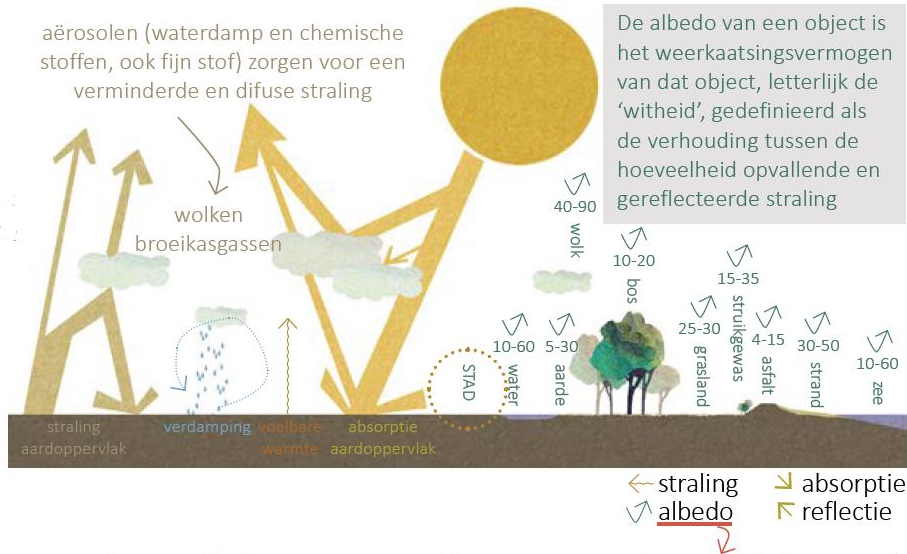
Door gebruik te maken van lichtgekleurd materiaal, wordt zonnestraling meer gereflecteerd. Dit zorgt ervoor dat de verharding minder opwarmt. Reflectie van warmte kan ook zorgen voor meer opwarming op een andere plek. Reflectie van zonnestraling is het meest effectief op horizontale oppervlakken, zoals daken of brede straten met een hoogte-breedteverhouding kleiner dan 1. Verkoeling door reflectie kan oplopen tot  $1^\circ\text{C}$ , waarbij lichtere kleuren koeler zijn (Afbeelding 3.4).

Afbeelding 3.4 Donkeren materialen zoals asfalt en dakpannen nemen meer warmte op dan lichte materialen of vegetatie



<sup>1</sup> [climatelier.net/projects/research/realcool-really-cooling-water-bodies-in-cities](https://climatelier.net/projects/research/realcool-really-cooling-water-bodies-in-cities).

Afbeelding 3.5 Albedo's van natuurlijke materialen liggen hoger dan die van stedelijke materialen



Hoe lager de albedo van een materiaal, hoe meer warmte het vasthoudt, hoe meer de temperatuur van het materiaal zal oplopen tot ver boven de omgevingstemperatuur en zijn warmte uiteindelijk zal afgeven aan de omgeving, waardoor de omgevingstemperatuur stijgt.

Onderstaande voorbeelden becijfert de stijging in albedo met een daling in omgevingstemperatuur. Het is dus wel degelijk zo dat een groot deel van de hittestress gereduceerd kan worden door de juiste materiaalkeuze op privaat en publiek domein. Ook dit kan deel zijn van een bouwcode.

Afbeelding 3.6 Albedo's voor stedelijke en natuurlijke omgevingen

Materiaal	Albedo-effect
verse sneeuw of ijs	80-90%
oude smeltende sneeuw	40-70%
wolken	40-90%
strand	30-50%
gronddaarde	5-30%
struiken	15-35%
grasland	25-30%
bos	10-20%
water	98%

www.climatechallenge.be;  
 EPA, UHI cool Roofs 2008; Hübler et al 2007

Albedo's voor de natuurlijke materialen

Materiaal	Albedo-effect
asfalt	4-15%
licht grijze asfalt	25-27%
donkere betontegels	5-35%
witte betontegels	7%
baksteen	20%
steen	20-75%
beton	54%
glas	92%
rubber	7%
coatings	4-84%
metaaldak, golfplaat	30-50%
gepolierde aluminium	5%
geoxideerde aluminium	25%

Albedo's voor de gebouwde omgeving

albedo	omgevingtemp.
↑ + 20%	= 0,1-0,5°C ↓
↑ + 25%	= 0,6°C ↓
↑ + 27%	= 0,5-1,5°C ↓
↑ + 67%	= 1-2,2°C ↓

Synnefa et al, 2008



### Straatoriëntatie

Gebouwen met een gevel op het zuiden aan een oost-west georiënteerde straat zijn het meest optimaal voor het buitenklimaat.<sup>1</sup> De gebouwen kunnen in de winter meer passief opwarmen door inkomende zonnestraling, in de zomer warmt het minder op door de hoge stand van de zon, dus ook optimaal voor het binnenklimaat (Afbeelding 3.7).

Afbeelding 3.7 Straat oriëntatie en hoogte-breedteverhouding heeft invloed op binnen- en buitenklimaat door zon en schaduw



Maak oost-west georiënteerde straten breder dan noord-zuid georiënteerde straten. De impact van de hoogte-breedteverhouding op inkomende zonnestraling is het grootst in oost-west georiënteerde straten.

Verkoeling door wind wordt mogelijk gemaakt door ruim opgezette straten en lage bebouwingsdichtheid. Wind heeft een verkoelend effect op de gevoelstemperatuur in de zomer maar een negatief effect op de gevoelstemperaturen in de winter. Koude winterdagen hebben over het algemeen meer nadelige gevolgen doordat ze tot meer oversterfte leiden dan warme zomerdagen. Hierdoor is het niet altijd verstandig in de stad extra verkoelingsmaatregelen te nemen door middel van wind.

### Inrichting van pleinen en parkjes

Verblijfsplekken in de buitenruimte zijn bij voorkeur noord-zuid gericht en met een hoogte-breedteverhouding van  $\frac{1}{4}$  voor voldoende zon in de winter.<sup>2</sup> En er moet voldoende schaduw voor verkoeling zijn in de zomer.<sup>3</sup> Dit kan flexible schaduw zijn, bijvoorbeeld bomen die in de winter hun bladeren verliezen (Afbeelding 3.8).

Richtlijnen voor voldoende schaduw zouden kunnen zijn<sup>4</sup>:

- er is op het heetst van de dag voldoende schaduw op belangrijke looproutes, zodat essentiële functies in de stad voor iedereen bereikbaar blijven;
- er is op het heetst van de dag ook op loopgebieden in buurten voldoende schaduw, zodat de buurten aantrekkelijk blijven.

<sup>1</sup> <https://journals.open.tudelft.nl/abe/article/view/pijpers/1067>

<sup>2</sup> <https://journals.open.tudelft.nl/abe/article/view/pijpers/1067>

<sup>3</sup> <https://doi.org/10.1080/18626033.2017.1425320>

<sup>4</sup> [hva.nl/binaries/content/assets/subsites/kc-techniek/publicaties-klimaatbestendige-stad/hva\\_2020\\_hittebestendige\\_stad\\_online.pdf](https://hva.nl/binaries/content/assets/subsites/kc-techniek/publicaties-klimaatbestendige-stad/hva_2020_hittebestendige_stad_online.pdf)

Afbeelding 3.8 Flexibel schaduw creëren op pleinen door bomen of schaduwdoeken



Ook is het belangrijk om een aangename verkoelende plek in de buitenruimte te hebben op korte afstand van iedere woning. Een richtlijn kan zijn dat elke woning maximaal 300 m verwijderd van een aangename, koele verblijfsplek in de buitenruimte.

### Bomen

Bomen verkoelen op twee manieren. Een deel van de verkoeling is door verdamping, waardoor het stedelijk hitte-eiland vermindert. Maar het grootste deel is door overdag schaduw te bieden (Afbeelding 3.9). Verhard materiaal warmt minder op en er is een directe verlaging van de gevoelstemperatuur bij mensen door de schaduw. Bomen kunnen de gevoelstemperatuur tot maximaal 19°C verlagen.

Afbeelding 3.9 Bomen verkoelen door schaduw en verdamping



Positioneer voor maximale verkoeling bomen met grote dichte boomkronen in straten met hoge zoninstraling.<sup>1</sup> Houd wel ruimte tussen bomen voor afkoeling in de nacht, een dicht bladerdek kan de uitgaande straling 's nachts blokkeren, waardoor de straat moeilijker afkoelt.<sup>2</sup>

Klusters van bomen hebben een groter verkoelend effect dan losse bomen.<sup>3</sup>

Kies voor bomen die ook bijdragen aan biodiversiteit en bomen die goed bestand zijn tegen de lokale omstandigheden voor lagere beheerkosten.

<sup>1</sup> <https://doi.org/10.1080/18626033.2017.1425320>

<sup>2</sup> <https://www.hva.nl/kc-techniek/gedeelde-content/contentgroep/klimaatbestendige-stad/resultaten/bomen.html>

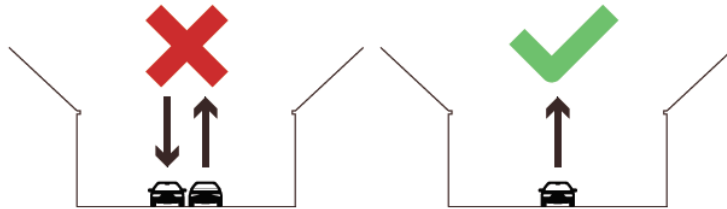
<sup>3</sup> <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.06.016>

## Verharding

Situeer trottoirs aan één zijde van de straat voor minder verharding en meer vegetatie. Keuze noordzijde van de straat is beter voor bezonning. Maar zorg wel voor mogelijkheden voor mensen om te kiezen of ze in de zon of schaduw willen lopen.<sup>1</sup> Toepassen van vegetatie in plaats van verharding vergroot het verkoelend effect met ongeveer 1°C.<sup>2</sup>

Verminderen van verharding door eenrichtingverkeer zorgt naast verkoeling ook voor een grotere verkeersveiligheid en meer speelmogelijkheden (Afbeelding 3.10).

Afbeelding 3.10 Eienrichtingverkeer schept ruimte voor kindvriendelijke straten en vergroening



## Binnenklimaat (gebouwen)

Houd met het ontwerp van de gebouwen rekening met inkomende zonnestraling voor passieve klimaatbeheersing (Afbeelding 3.11).<sup>3</sup> Door dit in de winter te vergroten en in de zomer te verkleinen is minder actieve verwarming of verkoeling nodig.

Afbeelding 3.11 Passieve klimaatbeheersing door zonwering



Houdt met de functies rekening dat de zuidzijde en de bovenverdieping warmer zijn, terwijl de noordzijde en benedenverdieping koeler zijn.<sup>4</sup>

## Gevel

Zonwering en warmtewerend materiaal zorgen voor minder opwarming in gebouwen. Een lichtgekleurde gevel kan ook zorgen voor verkoeling in de omgeving van het gebouw, maar de reflectie zou ook kunnen zorgen voor extra opwarming van een ander oppervlak. Groene gevels kunnen de warmteopname met 97 % reduceren, waardoor ook het binnenklimaat koeler wordt.<sup>5</sup>

<sup>1</sup> <https://doi.org/10.1080/18626033.2017.1425320>

<sup>2</sup> [hva.nl/binaries/content/assets/subsites/kc-techniek/publicaties-klimaatbestendige-stad/hva\\_2020\\_hittebestendige\\_stad\\_online.pdf](https://www.hva.nl/binaries/content/assets/subsites/kc-techniek/publicaties-klimaatbestendige-stad/hva_2020_hittebestendige_stad_online.pdf)

<sup>3</sup> <https://journals.open.tudelft.nl/abe/article/view/pijpers/1067>

<sup>4</sup> <https://journals.open.tudelft.nl/abe/article/view/pijpers/1067>

<sup>5</sup> <https://www.hva.nl/kc-techniek/gedeelde-content/contentgroep/klimaatbestendige-stad/resultaten/groene-gevels.html>

Afbeelding 3.12 Groene gevel



Het verkoelend effect van groene gevels is het grootst voor gevels die veel zon opvangen en in smalle straten. Groene gevels verkoelen door schaduw, isolatie en verdamping. Dit effect kan oplopen tot ongeveer 1,5°C.<sup>1</sup> Hedera (Klimop) en de zilverbladige, semi-kruidachtige Ezelsoor zijn soorten die goed toegepast worden voor verkoelende gevels.<sup>2</sup>

#### Dak

Het verkoelend effect van een sedumdak is vergelijkbaar met een wit dak, omdat er weinig verdamping plaatsvindt bij een sedumdak. Een intensief groen dak kan meer verkoelen en is ook nuttig voor waterberging en biodiversiteit (Afbeelding 3.13). Een intensief groen dak kan 40 mm regenwater bergen. Het effect van een groen dak is klein op straatniveau, alleen als alle daken groen zouden zijn, zouden ze 1,5°C verkoelen.<sup>3</sup>

Afbeelding 3.13 Een intensief groen dak draagt bij aan verkoeling, waterberging, biodiversiteit, bescherming van dakbedekking en hoger rendement van zonnepanelen



Vlak boven het dak is de verkoeling veel groter. Zonnepanelen wekken meer elektriciteit op als ze koeler zijn. Daarom hebben groene daken een groot positief effect op het rendement van zonnepanelen. Ook bieden groene daken betere bescherming voor de dakbedekking, waardoor deze minder snel vervangen hoeft te worden.

<sup>1</sup> [hva.nl/binaries/content/assets/subsites/kc-techniek/publicaties-klimaatbestendige-stad/hva\\_2020\\_hittebestendige\\_stad\\_online.pdf](https://www.hva.nl/binaries/content/assets/subsites/kc-techniek/publicaties-klimaatbestendige-stad/hva_2020_hittebestendige_stad_online.pdf)

<sup>2</sup> <https://www.hva.nl/kc-techniek/gedeelde-content/contentgroep/klimaatbestendige-stad/resultaten/groene-gevels.html>

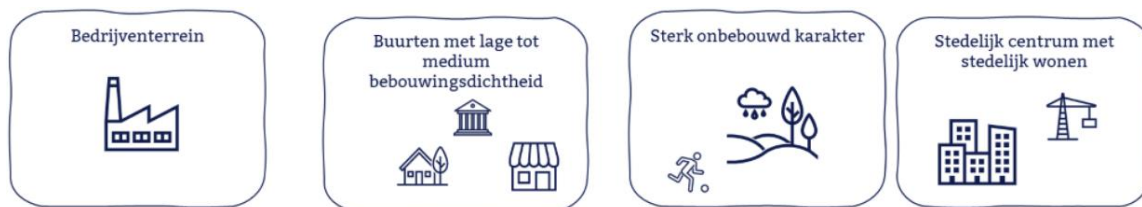
<sup>3</sup> [hva.nl/binaries/content/assets/subsites/kc-techniek/publicaties-klimaatbestendige-stad/hva\\_2020\\_hittebestendige\\_stad\\_online.pdf](https://www.hva.nl/binaries/content/assets/subsites/kc-techniek/publicaties-klimaatbestendige-stad/hva_2020_hittebestendige_stad_online.pdf)



### 3.4 Doelstellingen en maatregelen per Turnhoutse gebiedstypologie

Om gebiedspecifiek aan de slag te gaan met de voorgestelde klimaatadaptatiemaatregelen zijn er in samenwerking met de stad vier gebiedstypologieën gedefinieerd. Zie onderstaande afbeelding.

Afbeelding 3.14 De gebiedstypologieën van Turnhout



Als eerste typologie hebben we de bedrijvige randstad en haar invalswegen, gegroepeerd onder de **bedrijventerreinen**. De tweede typologie is de **buurten met lage tot medium bebouwingsdichtheid**. Hieronder vallen lintbebouwingen, verkavelingswijken, gehuchten en kleine dorpskernen die gemiddeld een hoge verhardingsgraad van het openbaar domein en tegelijk veel privaat groen kennen. De derde typologie zijn de plaatsen met een **sterk onbebouwd karakter**. Deze typologie omvat de landbouwgebieden, parken, natuurgebieden, recreatiegebieden enzovoorts. Het zijn de open ruimtes met beperkte (functionele) bestemmingsgebouwen en kennen er erg lage verhardingsgraad. De laatste typologie, en meest belangrijk gezien de lokale adaptatie opgave is het **verhard historisch centrum en stedelijk wonen**. Deze typologie slaat op alle gebieden met hoge bouwdichtheid en een mix van functies. Ze wordt gekenmerkt door een typisch hoge graad van verharding in zowel publiek als privaat domein. Deze typologie omvat het historisch centrum, nieuwe stadsontwikkelingsprojecten, stadsvernieuwingprojecten, centrumstraten enzovoorts.

Voor elk van deze gebiedstypologieën wordt er een geïntegreerde klimaatvisie uitgezet aan de hand van een beschrijving en prioritering van de nodige adaptatiemaatregelen ter mildering van hittestress, wateroverlast en droogte. De prioritering van de adaptatiemaatregelen volgt uit een rangschikking op basis van urgentie, efficiëntie en kost. Deze 4 visies luiden als volgt, en worden hierna doorlopen:

- 1 **radicaal lokaal adapteren in het verharde historische centrum en de stedelijke woonwijken;**
- 2 **porositeit voor de buurten met lage dichtheid (de dorpskernen en lintbebouwing langs radiale invalswegen);**
- 3 **bufferen op de bedrijfsterreinen (de bedrijvige randstad en haar weg- en waterinfrastructuur);**
- 4 **ruimte voor water in de natuurlijke en onbebouwde omgeving.**

#### 3.4.1 Radicaal lokaal adapteren in het verharde historische centrum en de stedelijke woonwijken

##### Context

De historische stadskern omvat het stedelijk weefsel dat voornamelijk binnen de Ring gesitueerd is en dateert vanaf de 18<sup>e</sup> eeuw, met aangroei 19<sup>e</sup> eeuw (zie ook paragraaf De Middeleeuwse stad). Het is het meest verharde deel van Turnhout waar ook de meeste waterlopen door de tijd heen overwelfd of ingekokerd zijn. De bebouwing is er compact en aaneengesloten en er is weinig groen aanwezig, daar ook de publieke ruimte er veelal verhard is. Zowel de water- als de hitteproblematiek is er urgent.

##### Prioriteit

Het streefdoel van de historische stadskern is om zo veel mogelijk lokale maatregelen te nemen die ervoor zorgen dat hemelwater kan worden vastgehouden en koelte kan worden nagestreefd. Doeltreffend voor beide kwetsbaarheden is de regel om niet meer verharding (asfalt, straatstenen) dan strikt noodzakelijk aan te leggen ten gunste van meer groen (koelte), waterberging (tegen wateroverlast) en infiltratie (tegen droogte).

## Visie

Deze typologie ligt in de kern van het hitte-eiland. Inzetten op koelte kan door vergroening van de openbare ruimte, zowel in de straatprofielen als op de pleinen. Aanplanten van groen zoals bomen of struiken voor schaduw is voornamelijk van belang op plekken waar mensen wandelen, spelen of rusten. Ook kan het aanbrengen van een fontein of vernevelaar voor directe verkoeling zorgen en daarmee een verlaging van het risico op hittestress:

- afstand tot koeltekaart: groene vingers;
- groene verblijfsplaatsen;
- groene en/of schaduwroutes.

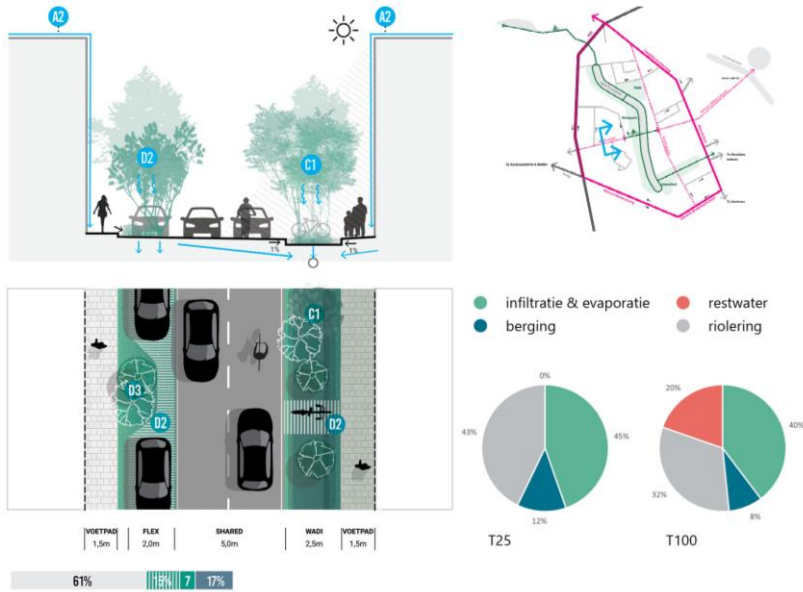
Naast aanpassingen in de publieke buitenruimte is het ook belangrijk om in de publieke binnenruimte koele plaatsen open te stellen of openingsuren aan te passen zodat er voor elke inwoner van Turnhout op wandelafstand een koele binnenruimte voor handen is. Dit kunnen bijvoorbeeld grote binnentuinen, bibliotheken, kerken, zwembaden, en andere zijn. Tot slot kunnen op privaat domein grote winsten worden geboekt aan de hand van klimaatrobuuste (voor)tuinen met focus op schaduwcreatie en aangepaste vegetatie. Ook groene gevels en plantbakken dragen bij tot het milderen van hittestress, zij het in mindere mate.

Alternatieve detaillering van de openbare ruimte bestaat afhankelijk van de gewenste functie uit groene (gras, struiken, bomen, planten, etc.) of halfverharde (straatstenen met open ruimten, grasbetontegels, etc.) oppervlakken. Indien het bodemtype het toelaat, kan ook ingezet worden op extra bovengrondse of ondergrondse infiltratievoorzieningen (wadi, infiltratiekratten, geperforeerde buizen, etc.). Ontharding is het meest effectief wanneer het straatprofiel en het reliëf van de restruimte zo worden ingericht dat water vertraagd wordt afgevoerd en afgeleid naar deze opvangplekken (bijvoorbeeld greppels, wadi's, waterpleinen, laagtes, groenvakken, etc.). Een ambitieus onthardingsplan gaat met andere woorden hand in hand met waterrobuuste straatprofielen en bouwstenen en daarom ook een mobiliteitsbeleid dat inzet op een meer autoluwe, beleefbare binnenstad. Het aanleggen van verkeerslussen in de binnenstad, waarbij tweerichtingsstraten enkelrichting worden kan een enorme winst opleveren naar klimaat: er wordt zo immers ruimte gemaakt om maximaal te ontharden (en dus te infiltreren) en te vergroenen, en enkel het minimaal noodzakelijke verhard aan te leggen.

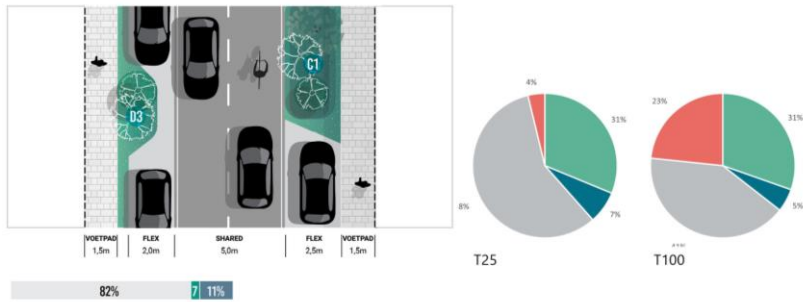
De historische binnenstad van Turnhout zal door zijn topografische ligging echter altijd watergevoelig zijn. Een goed functionerende rioolinfrastructuur is daarom onontbeerlijk. Geperforeerde hemelwaterriolen die het gescheiden regenwater gecontroleerd laten infiltreren naar de bodem om zo de grondwatertafel aan te vullen, zijn hierbij aan te raden indien het bodemtype dit toelaat en de rioolbuis boven de grondwatertafel ligt.

Ten slotte wordt op particulier niveau het gebruik van regenwater voor toiletspoeling of huishoudelijke taken/apparaten (via een regenwaterput of regenton) gestimuleerd aangezien het een belangrijk duurzaam principe is. In de historische binnenstad zal het echter niet altijd technisch haalbaar zijn om een regenwaterput te installeren omwille van de gesloten bebouwing en de beperkte ruimte. Collectieve regenwaterputten gecombineerd met een alternatief regenwater leidingnetwerk zouden evenwel een optie kunnen zijn indien de kostprijs te verantwoorden is. Ook het gebruik van een regenwaterzak, die eenvoudig in een ongebruikte kelderruimte geïnstalleerd kan worden en als alternatief voor een put kan dienen, kan aangemoedigd worden. Hemelwater dat niet kan worden hergebruikt, wordt bij voorkeur afgeleid via de regenwaterpijp naar groene of waterdoorlatende zones op zowel privaat als publiek domein. Ook private initiatieven als groendaken of blauwe daken, groene gevels, geveltuinen en plantenbakken zijn goede maatregelen om regenwater vast te houden, te verdampen en te infiltreren.

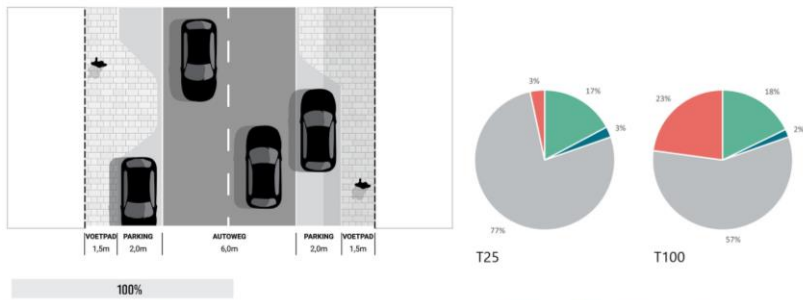
Afbeelding 3.15 Voorbeeld van ontharding met behoud van rijrichtingen en parkeerstroken



Fase 2 - 2100 - klimaatambitieuus scenario met doorrekening van de waterbalans voor een T25 & een T100 piekbui



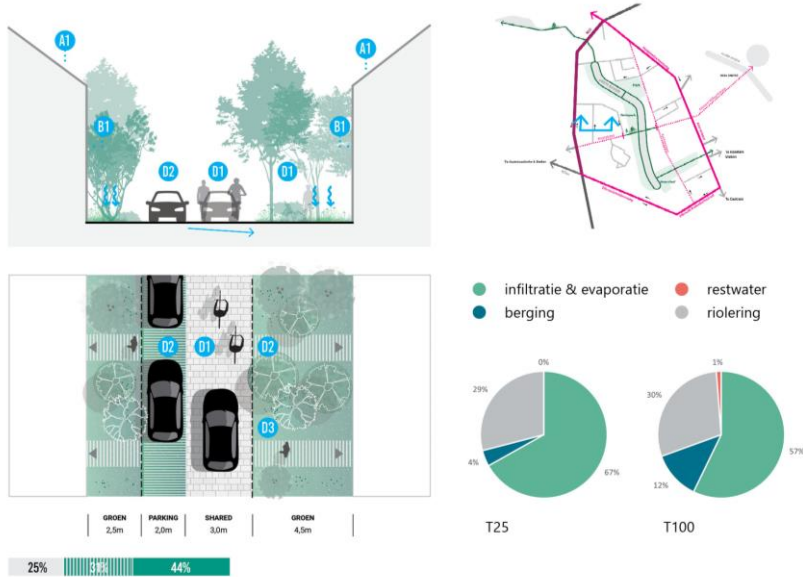
Fase 1 - 2050 - half klimaatambitieuus scenario met doorrekening van de waterbalans voor een T25 & een T100 piekbui



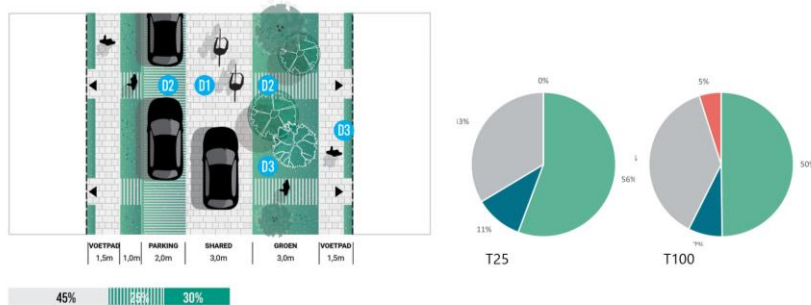
Bestaande toestand -2020 - met doorrekening van de waterbalans voor een T25 & een T100 piekbui als referentiesituatie



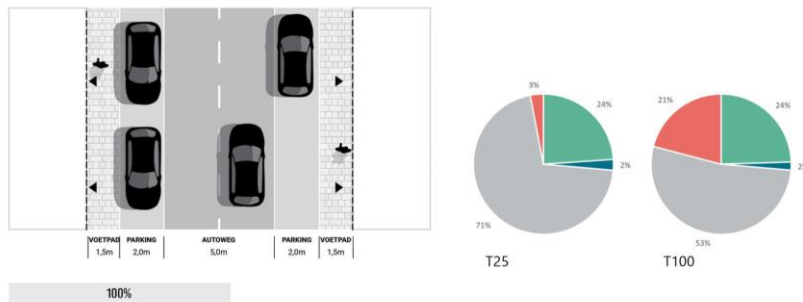
Afbeelding 3.16 Voorbeeld van ontharding voor een tweerichtingstraat naar een eenrichtingstraat om te vormen



Fase 2 - 2100- klimaatambitieuus scenario met doorrekening van de waterbalans voor een T25 & een T100 piekbui



Fase 1 - 2050 - half klimaatambitieuus scenario met doorrekening van de waterbalans voor een T25 & een T100 piekbui



Bestaande toestand - 2020 -met doorrekening van de waterbalans voor een T25 & een T100 piekbui als referentiesituatie

### 3.4.2 Porositeit voor de buurten met lage dichtheid (de dorpskernen en lintbebouwing langs radiale invalswegen)

#### Context

Deze typologie omvat de buurten zowel binnen als buiten de ring met overwegend (half)open bebouwing of aaneengesloten bebouwing met nog grote open binnenruimtes (cf de oude stadslanbouwpercelen en de aanleg van de ring ex nihilo). Het is het gedeeltelijk verharde deel van Turnhout met een gemiddelde bevolkingsdichtheid én met resterende open ruimte. Ook de lintbebouwing onder de vorm van rijwoningen, (half)openbebouwing en baanwinkels worden hieronder gerekend, samen met de radiale (steen)wegen en straten die Turnhout verbindt met andere (deel)gemeenten. Hoewel al deze buurten erg verschillend zijn

hebben ze gemeen dat hun verhardingsgraad vergelijkbaar is, met als gevolg dat we een verzamelde set aan maatregelen kunnen formuleren om ze klimaatrobuust in te richten.

#### **Prioriteit**

In deze buurten, woonlinten, dorpskernen en invalswegen wordt prioritair ingezet op het vergroten van de (reeds aanwezige) porositeit of doorlaatbaarheid. Ontharden is hier de boodschap zodat de grondwatertafel aangevuld wordt en hittestress gemilderd met behulp van hoogwaardig groen.

#### **Visie**

Deze gebiedstypologie heeft open ruimte, en dat is haar troef. Het is hier dus mogelijk om het hemelwater eerst lokaal op te vangen en te hergebruiken. De (half)open bebouwing kenmerkt zich namelijk door makkelijker af te koppelen (zadel)daken en toegankelijke tuinen waar regenwaterputten kunnen geplaatst worden. Dit in combinatie met het opvangen van water (van tuinhuizen, garages, carports, etc.) via regentonnen leidt tot een vrijgeleide om water in te zetten voor huishoudelijke taken/apparaten en toiletspoeling. Overigens is het interessant om voor enkele woonclusters de piste van (grijs)waterzuivering te bekijken die los staat van het normale zuiveringscircuit. Naast hergebruik wordt ook de integratie van infiltratievoorzieningen zoals wadi's op privéterrein gestimuleerd. Private woningen kunnen tot slot ook hun steentje bijdragen aan het milderen van hittestress door het aanleggen van een klimaatrobuuste (voor)tuinen (vijvoorbeeld met bomen), groene gevels en plantenbakken, kortom met minimale verharding.

Het water dat niet op privaat terrein opgevangen wordt, wordt opgevangen door de straten. Prioritair wordt daarom ingezet op maximaal vergroende lanen als echte klimaatassen, en publieke ruimtes met een minimale verharding zodat dit hemelwater de laagst gelegen delen van de historische binnenstad en de wijken ten zuiden waar de wateroverlast bij piekbuien heerst bij voorkeur niet of slechts vertraagd bereikt. De invalswegen fungeren in een klimaatadaptieve stad als (1) groene watercollectoren waarnaar overtollig regenwater wordt afgeleid en wordt opgevangen in onverharde parkeerstroken, groenbermen, wadi's etc. en (2) als schaduwroutes met hoogwaardig groen. Zo grijpen ze niet alleen in op de beeldkwaliteit om een aangenaam en 'verwelkomende' stads te garanderen maar zijn ze ook hét toonbeeld van Turnhout als klimaatstad. Ook in wijken en dorpskernen is het interessant om bovengrondse maatregelen toe te passen waarbij hemelwater maximaal in een zone op en direct onder het maaiveld wordt opgevangen ten voordele van vertraagde afvoer en infiltratie (en dus aanvulling van de grondwatertafel).

Tot slot is er nood aan meerikbaar water en groen in de open, publieke ruimte. Parken, speelpleinen, stadsrandbossen, begraafplaatsen of vijvers spelen een grote rol in de verkoeling van de omgeving enerzijds, en in het opvangen van restwater in plaats van afstroming naar de waterloop en het rioolstelsel anderzijds. Een belangrijk aandachtspunt hierbij is om infrastructuur in het straatprofiel (zoals bijvoorbeeld oppervlakkige of verholen gootjes) te voorzien die toelaat om het water van de omgeving, naar deze groene voorzieningen te transporteren in plaats van naar het rioolstelsel. Het waterhoudend vermogen van vegetatie doet het voornaamste werk, maar er kan ook onderzocht worden of bepaalde delen kunnen worden verdiept om zo als waterbuffers te kunnen worden ingezet. In de zoektocht naar geschikte plaatsen voor parken, stadsrandbossen en vijvers kunnen ingebuisde waterlopen leidend zijn. Daar waar ze op die manier de kans hebben om open gelegd te worden ten voordele van een grotere buffercapaciteit en een groenere (en dus koelere) stad.

### **3.4.3 Bufferen op de bedrijfsterreinen (de bedrijvige randstad en haar weg- en waterinfrastructuur)**

#### **Context**

Deze gebiedstypologie omvat alle bedrijventerreinen geconcentreerd aan het kanaal, langs de ringweg, langs de invalswegen en verspreid als enclaves in de rest van Turnhout (zie ook Industriële stad).

#### **Prioriteit**

De infrastructuurle bedrijfsterreinen en hun invalswegen hebben als doel zo veel mogelijk water te bufferen. Dit water wordt prioritair ingezet voor hergebruik en/of infiltratie. Om hittestress en de nadelen van droogte te milderen, wordt de bedrijvige stadsrand gestimuleerd om haar terreinen klimaatrobuust in te richten en in te

zetten op ontharding van parkeerterreinen, aanleggen van sedumdaken, en het inrichten van circulaire waterketens.

### Visie

In een klimaatadaptieve stad zetten de vele industrie- en bedrijventerreinen in op bufferen in functie van hergebruik en infiltratie van water. Deze terreinen gaan vandaag hand in hand met grote, grijze en verharde oppervlaktes. Horizontale daken kunnen ingezet worden als groene of blauwe daken en (semi-)ontharde, slim afwaterende parkeerterreinen kunnen de druk in tijden van waterovervloed én -schaarste aanzienlijk verminderen. Grootgebruikers reduceren hun watervraag bovendien door hun processen en werking door te lichten op vlak van water.

In dit stadslandschap situeren zich heel wat voorname actoren van de waterketen - hergebruik is daarom een must. Off-grid (natuurlijke) waterzuivering en het in overweging nemen van een spaarfunctie bij de aanleg van een buffervoorziening zijn lokale acties die hergebruik mogelijk maken. Circulair worden de waterstromen pas echt wanneer ook samenwerkingen tussen verschillende naburige waterbehoefte bedrijven of overheidsdiensten (bijvoorbeeld parkvijver vullen, waterbevoorrading groendiensten, etc.) tot stand komen. Bijzondere aandacht gaat hierbij uit naar de rol van de RWZI. Deze levert immers een constante bron aan gezuiverd water. Het opzetten of aanduiden van een watermakelaar kan bijdragen aan het faciliteren van deze connecties. Koppelen van vraag en aanbod zouden ultiem kunnen leiden tot een alternatief waternetwerk (naast de bestaande) waar water dat niet moet voldoen aan drinkwaterkwaliteit, wordt getransporteerd van aanbodzijde naar vraagzijde. Eventueel kan zo'n netwerk uitgebouwd worden met buffervoorziening onderweg om het tijdsverschil tussen vraag en aanbod (deels) te overbruggen. Onderzoek naar de haalbaarheid en kostenefficiëntie van dit alternatief netwerk is nodig.

## 3.4.4 Ruimte voor water in de natuurlijke en onbebouwde omgeving

### Context

Zoals eerder besproken wordt Turnhout gekenmerkt door open ruimte en natuur, die haar de identiteit van een 'groene' stad bezorgt. Deze open ruimte is een rijke collectie van aaneengesloten bos-, moeras- en vennengebieden, beekvalleien van de Aa, de Visbeek en de Grote Kaliebeek, bos- en drevestructuren in het noorden, heidegebieden, kasteeldomein(en), de verschillende vijvers en plassen, en ten slotte natuurlijk ook het stadspark. Het erkennen en versterken van deze landschapsstructuren zal dan ook niet enkel bijdragen tot een klimaatadaptieve stad, ook zal het bijdragen aan een versterkte identiteit van Turnhout.

### Prioriteit

De open ruimtes die nog resten binnen de ring vormen samen met de beekvalleien de basis van de groenblauwe structuren in Turnhout en zijn daarom essentieel voor hittestress, wateroverlast en droogte. Stroomopwaarts ambiëren we een herwaardering van het natuurlijke systeem ten voordele van vertraagde afvoer, en afwaarts een duurzame relatie tussen de stedelijke omgeving en haar beekstructuren met winst voor het milderen van hittestress. Hoe meer ruimte er aan water gegeven wordt in de opwaartse, landelijke delen van de beekvalleien, hoe kleiner de kans op overstromingen in de afwaartse, verstedelijkte delen.

Belangrijk is om op te merken dat een beekvallei zich over gemeentegrenzen heen spreidt. Samenwerking met andere gemeentes is daarom onontbeerlijk.

### Visie

Het is belangrijk om de neerslag die in de beekvalleien valt maximaal te infiltreren zodat ze bijdraagt aan de grondwatervoorraden (die tijdens droge perioden vaak ontoereikend zijn) en aan vertraagde afvoer in de winter. Een eerste factor die de infiltratie beïnvloedt, is de bodemstructuur. Voldoende aandacht hebben voor bodembeheer is daarom erg belangrijk. Daarnaast kunnen infiltratie en vertraagde afvoer ook bevorderd worden door het herwaarderen, het opstuwen en eventueel zelfs het dempen van kleine waterstructuren. Voorbeelden van mogelijke ingrepen zijn een gerichte herwaardering van grachtenstelsels, natuurlijke knijpconstructies plaatsen op grachten, gebruikmaken van handmatige of automatische stuwen of het

aanmoedigen van peilsturing bij gedraineerde percelen, vooral dan in relatie tot het Vennengebied in het noorden.

De beekdalen van de grotere waterlopen zelf worden geactiveerd door ze meer ruimte te geven waardoor ze het water kunnen vertragen. Verruimen van de bedding, creëren van cascadeoevers, herintroductie van meanders en het activeren van ondergronds of gedempt watererfgoed zijn mogelijke voorbeelden die bovendien ook vaak een win zijn op vlak van ecologisch herstel en een verbeterde waterkwaliteit. Waar de ruimte maximaal is en/of het afvlakkend vermogen door een beperkt infiltratievermogen onvoldoende is (niet onwaarschijnlijk in de alluviale zones), bieden bufferbekkens en eventueel gecontroleerde overstromingsgebieden soelaas. Bufferbekkens vlakken in eerste instantie piekafvoeren af door een groot volume aan water op te vangen, maar kunnen ook een belangrijke spaarfunctie hebben. Een circulair Turnhout hecht daarom groot belang aan het koppelen van zo'n spaarfunctie aan iedere buffervoorziening en bekrachtigt deze ideologie bij haar private partners. Verder kunnen ook bossen en natuurgebieden fungeren als waterbuffer met een spaarfunctie. In dat geval dienen de blauwe assen aan te takken op groene parkruimtes ten voordele van infiltratie en vertraagde afvoer.

In zijn geheel dragen deze groenblauwe assen van bovenstrooms (in een landelijke context) tot benedenstrooms (in een urbane context) bij tot de aanleg van schaduwroutes. Gebruik maken van bomen is veruit de beste maatregel om hittestress te voorkomen en zal voornamelijk relevant zijn in de buurt van de watervoerende assen in de stadskern. Hoewel de stedelijke waterlichamen maar een minimale ruimte waarborgen, hebben ze een prominente functie in kader sensibilisatie en beleving. Hun rol in het milderen van hittestress is enkel relevant wanneer dit water beschaduwd wordt, stromend is, voldoende diep is of een recreatieve functie heeft waarbij het water in contact komt met de huid.

Verder omvatten de beekvalleien de meest droogtegevoelige sector: de landbouw en de (beschermde) natuurgebieden in het noorden. Landbouwbedrijven zullen naar alle waarschijnlijkheid de spil zijn in het maken van noodzakelijke circulaire verbindingen om droogte op te vangen. Denk aan de eerder genoemde spaarbekkens, het water afkomstig van de ringweg en nabijgelegen watergebonden industrieën. Op bedrijfsniveau bieden on-site waterzuivering en wateropslag tijdens perioden van overvloed dan weer soelaas.

Tot slot is het belangrijk om te benadrukken dat de beekvalleien en open ruimtes ook optreden als een groene corridor en stapstenen voor flora en fauna en verbinden ze dus verschillende leefgebieden van allerlei soorten.

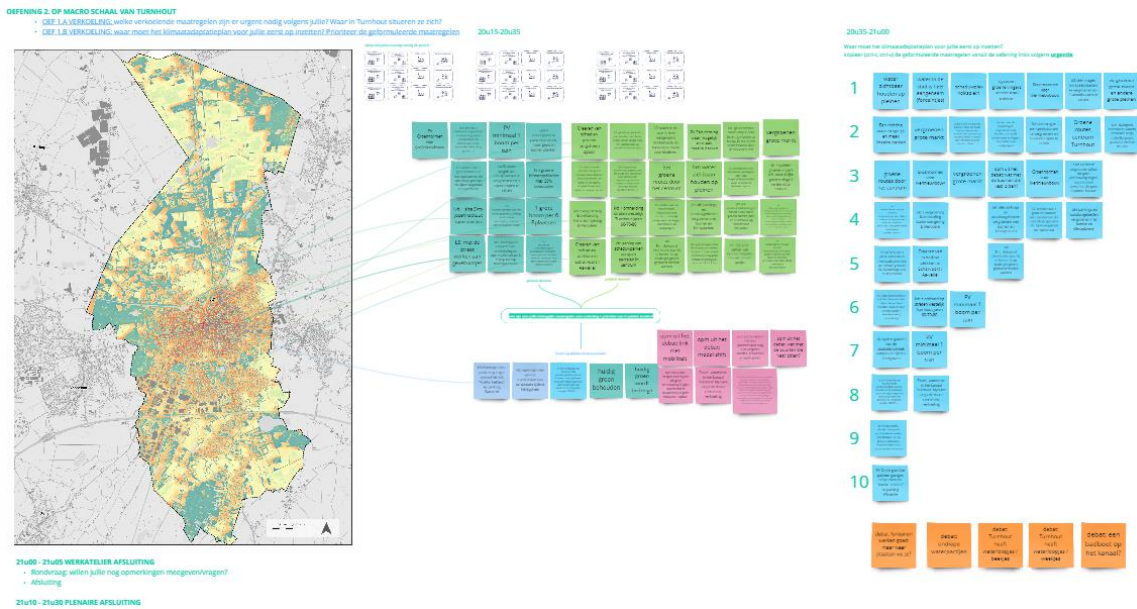


# 4

## ASSESSING ADAPTATION OPTIONS - DE PROEFPROJECTEN & BELEID

In drie werkateliers zijn voor hittestress en wateroverlast acties geformuleerd (zie bijlage 1) welke input zijn voor klimaatadaptieve proefprojecten en beleidsaanbevelingen. Deze vormen samen met de kwetsbaarheidsanalyse uit hoofdstuk 2 de basis voor de formulering van een 10-tal proefprojecten en beleidsaanbevelingen die het klimaatadaptatieplan kunnen opstarten. Deze proefprojecten dekken niet de gehele inzet die nodig is maar starten de transitie naar een klimaatrobuuste stad puntsgewijs en strategisch op.

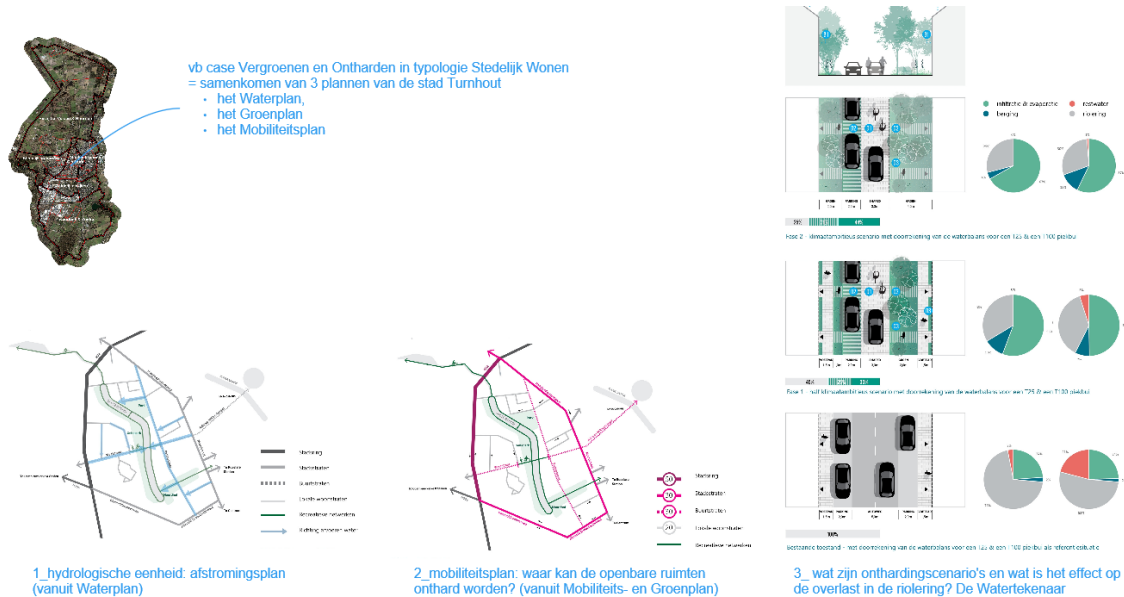
Afbeelding 4.1 Snapshot van geformuleerde gebied specifieke maatregelen tijdens het werkatelier (links), met een prioritaire top 10 (rechts)



De hieronder geformuleerde projecten bevatten telkens een beschrijving van de inhoud van het project en stellen de stakeholders voor die relevant zijn. Waar mogelijk zijn de projecten geïllustreerd met voorbeelden.

## 4.1 Opmaak en realisatie van wijkadaptatieplannen

Afbeelding 4.2 Voorbeeld van een wijkadaptatieplan, waarbij het Waterplan, het Mobiliteitsplan en het Groenplan samenwerken om tot een ontharde publieke ruimte te komen. De grafiekjes rechts hebben het effect van deze stapsgewijze onthardingsoperatie tevens doorgerekend naar een vermindering in wateroverlast op het rioolsysteem.



### Argumentatie + beschrijving van het project

De realisatie van een klimaatadaptatieplan heeft tijd en tussenstappen nodig. Om de realisatie te faseren wordt daarom voorgesteld om op een tussenschaal, de wijk, te werken. Essentieel is dat de grenzen van de wijkadaptatieprogramma's correct afgebakend worden, waarbij de topografie (en dus de oppervlakkige afstroming van regenwater) leidend is. De afbakening van de hydrologische deelgebieden in hoofdstuk 2 is hier een aanleiding voor.

Vervolgens wordt er gekeken naar het Mobiliteitsplan: kunnen er lussen aangelegd worden opdat er plaats vrij kan gemaakt worden in het straatprofiel? Kunnen we van 2 rijrichtingen naar 1? Daarna is de vraag welke minimale ontharding we hier wensen. Op dat ogenblik kunnen er een aantal scenario's ingetekend worden op basis van de geformuleerde doelstellingen (zie hoofdstuk 3). Scenario 1 kan een half-ambitieuze scenario zijn, en scenario 2 kan volop inzetten op ontharding, vertraagd infiltreren van regenwater en vergroening. De terugkoppeling richting rioolplan kan door de waterbalansen uit het Klimaatadaptatieplan met half-ambitieuze en ambitieuze scenario's als input te beschouwen voor rioolmodellen. Verder moet nagedacht worden over een fasering van ingrepen in de openbare ruimte waarbij steeds nagegaan moet worden of de tussentijdse situatie, waarbij nog niet het volledige wijkadaptatieprogramma is uitgevoerd, geen bijkomende wateroverlast veroorzaakt. Ook wordt bepaald in hoeverre de klimaatopgave op privéterrein opgelost moet worden.

Op deze manier worden bestaande projecten ingeschreven in de stadsvisie en worden richting 2030 en 2050 nieuwe projecten gegenereerd op basis van de juiste noden.

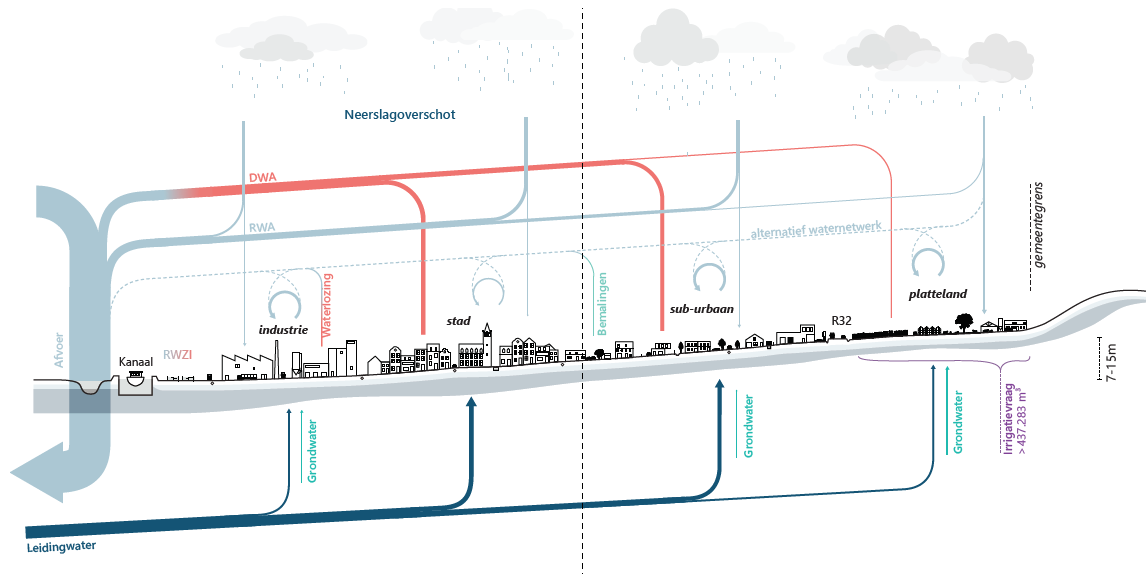
Aan de hand van de synthese kaarten hitte en wateroverlast komen de prioritair te behandelen gebieden voor. Het centrum van Turnhout, met vooral de wijken aan het zuiden, vlak bij de ring, zijn prioriteit.

### Stakeholders die dit initiatief (mee) kunnen opzetten

- rioolbeheerders;
- stad Turnhout, Integraal groen- & waterplan, Mobiliteitsplan;
- Provincie Antwerpen;
- AWV.

## 4.2 Watermakelaar

Afbeelding 4.3 Systemische watersnede met aandacht voor circulariteit in de waterketen ( Klimaatadaptatieplan Stad Roeselare, Witteveen+Bos, VITO N.V., Delva Landscape architects)



### Argumentatie + beschrijving van het project

Het Vennengebied en de naburige landbouw in het noorden hebben last van droogte door onder andere grondwateronttrekkingen, specifieke teelt, en klimatologische droogte. Het is in dat opzicht prioritair om watervraag en aanbod lokaal beter in kaart te brengen zodat collectieve samenwerkingen vorm kunnen krijgen. Het aanstellen van een Watermakelaar binnen de stad of de provincie die de grondwateronttrekkingen, en het gezuiverde restwater van industrie en (landbouw)bedrijven (aanbod) en de watervraag per (landbouw)bedrijf in kaart brengt, kan lokaal allianties gaan opzetten. Circulaire waterketens kunnen zo het aantal grondwateronttrekkingen doen verminderen, of, ze beter afgestemd op elkaar doorheen de seizoenen en de tijd uitzetten. Samen met een meetcampagne (zie volgende) kan dit heil brengen voor de droogteproblematiek in het noorden van Turnhout.

Na het definiëren van de droogteopgave, kan Turnhout overgaan tot het aanbesteden van een studie waarbinnen potentiële circulaire waterketens opgespoord worden. Zo'n studie dient minstens rekening te houden met opslaginfrastructuur om eventueel verschil in tijd tussen vraag en aanbod op te vangen (met ook voordeel voor opvangen van piekbuien), de gewenste waterkwaliteit voor de toepassing en de maatschappelijke meerwaarde van de oplossing. De stad kan eventueel ook echt investeren in een eigen watermakelaar om vraag en aanbod aan elkaar te knopen en de investering in waterzakken, bufferbekkens of waterleidingen via subsidiemodellen uit te dokteren. In West-Vlaanderen is er reeds een Watermakelaar aangesteld bij Inagro, waarbij gefocust wordt op vraag en aanbod in de landbouwgebieden.

### Stakeholders die dit initiatief (mee) kunnen opzetten

- Inagro;
- VMM;
- Natuurpunt;
- Stad Turnhout;
- betrokken bedrijven;
- betrokken landbouwbedrijven;
- eventueel studiebureaus die de watervraag en het wateraanbod eerst specifiek in kaart brengen.

## 4.3 Meetcampagne grachtenstelsel

### *Argumentatie + beschrijving van het project*

Het geheel aan kleine waterstructuren in agrarisch gebied kan de infiltratie naar het grondwater - mits enkele ingrepen - verbeteren en daarmee het risico op droogtestress verminderen. Denk hierbij aan de gerichte herwaardering van enkele grachten, natuurlijke knijpconstructies, enkele (overrijdbare) opstuwende verhogingen op de aanpalende terreinen dwars op de grachten of het laten verruigen (door minimaal beheer) van grachten. Ook het aanmoedigen van de installatie van een peilsturing bij gedraineerde percelen of plaatsen van (handmatige of automatisch gestuurde) stuwjes, zijn opties die bovendien ook monitoring van het grondwaterpeil toelaten en zorgen dat aanpalende gebruiksfuncties niet in gedrang komen (bijvoorbeeld te natte landbouwpercelen in bepaalde perioden van het jaar kunnen de bewerking in gedrang brengen). Ook kan monitoring zorgen dat de grondwatervoeding voorafgaand aan en in droge periodes gewaarborgd blijft.

Bij voorkeur wordt gestart met het zoeken van geïnteresseerde landbouwers, waarna het grachtenstelsel in combinatie met het RWA-stelsel (baangrachten en binnengrachten) in kaart wordt gebracht. Hierbij dient voldoende aandacht gegeven te worden aan de bredere omgeving van het projectgebied. Een integrale benadering (bij voorkeur als onderdeel van een wijkadaptatieprogramma) is noodzakelijk. Daarna volgt een stapsgewijze realisatie in combinatie met monitoring van de effecten. Overleg met de betrokken landbouwers is hierbij onontbeerlijk. Dit proefproject heeft tot slot ook een meerwaarde op vlak van ecologie, buffering en vertraagde afvoer.

### *Stakeholders die dit initiatief (mee) kunnen opzetten*

- Stad Turnhout;
- Natuurpunt;
- Inagro;
- landbouwbedrijven;
- Provincie Antwerpen.

## 4.4 Elk straatprofiel klimaatrobuust (her)aanleggen bij straatwerken

### *Argumentatie + beschrijving van het project*

Het Klimaatadaptatieplan met haar onderscheid in wijkadaptatieprogramma's (4.1) is een inspiratiebron voor alle toekomstige straten die worden heraangelegd ten gevolge van een herbekeken mobiliteitsstudie, rioolwerken of op initiatief van burgers - met oog op meer groen (koelte), waterberging (tegen wateroverlast) en infiltratie (tegen droogte).

Veel van de voorgestelde klimaatadaptieve maatregelen hypothekeren een groot deel van de vaak schaarse ruimte in de stad waar al veel beroep op wordt gedaan; én fietsvriendelijk zijn, én ontharden, én voldoende bergen, én rekening houden met nutsleidingen. Er is heel wat om in acht te nemen en hiervoor moeten onvermijdelijk keuzes gemaakt worden. Een wijkadaptatieprogramma in combinatie met een mobiliteitsplan en een visie op parkeren zijn daarom leidend in het maken van deze keuzes. In een stedelijke context zijn de klimaatadaptieve winsten voornamelijk te boeken door middel van gewijzigde circulatie (minder verkeer leidt tot meer plaats voor klimaatadaptieve maatregelen) en technische ondergrondse oplossingen (zoals infiltratiebuizen, geperforeerde RWA-leidingen, etc.). De water- en hittebouwstenen geven handvaten hoe straatprofielen klimaatrobuust in te richten, stapsgewijs, elke keer als er een straatvernieuwing gepland is de komende jaren.

### *Stakeholders die dit initiatief (mee) kunnen opzetten*

- rioolbeheerders;
- Stad Turnhout;
- burgers;
- groendienst;
- Etc.



## 4.5 Rioolplan afstemmen op het klimaatadaptatieplan

Afbeelding 4.4 Voorbeeld van een geperforeerde hemelwaterriolering



### *Argumentatie + beschrijving van het project*

De inzichten en maatregelen die in het Klimaatadaptatieplan zijn geformuleerd, hebben impact op het rioolstelsel in de stad. Het is belangrijk dat het toekomstplan voor de riolering hieraan wordt aangepast. Dit houdt aanpassingen in twee richtingen in. In dit proefproject wordt de aanpassing van het rioolplan op basis van het Klimaatadaptatieplan beschreven. Het pilootproject met de wijkadaptatieprogramma's (4.1) omvat de 'andere richting', hetzij de aanpassing van de programma's aan het rioolplan. Een goede wisselwerking tussen beide plannen garandeert een optimale investering in de rioolinfrastructuur.

Er dienen dus een aantal aanbevelingen uit het Klimaatadaptatieplan voor het rioolstelsel te worden opgenomen. Voorbeelden zijn:

- verhogen van de capaciteit van het rioolstelsel op plaatsen die lokaal knelpunten vormen (voornamelijk in de binnenstad);
- voorzien van geperforeerde rioolbuizen die infiltratie bevorderen. Dit is enkel mogelijk op plaatsen waar het grondwaterpeil laag genoeg is en deze buizen dus niet drainerend gaan werken. Een overzicht van de locaties die hiervoor in aanmerking komen, moet dus voorafgegaan worden door een goede inschatting van de grondwaterdiepte in de stad;
- aanleg van een gescheiden stelsel en afkoppelen van hemelwater. Deze maatregel zal voornamelijk impact hebben op de kwaliteit van het overstortwater, het water dat uit kolken en putten stroomt en het water dat in woningen terugstroomt. Ze zal dus samen moeten sporen met een aangepaste capaciteit van het rioolstelsel (zie hoger). Deze maatregel draagt, hetzij in mindere mate, ook bij aan de strijd tegen wateroverlast. Een gescheiden rioolstelsel verkleint de kans op terugstromend water in woningen, ontlast de zone rond de RWZI en maakt het makkelijker om ingrepen zoals hergebruik en infiltratie te implementeren om wateroverlast te dempen.

### *Stakeholders die dit initiatief (mee) kunnen opzetten*

- Stad Turnhout;
- rioolbeheerders;
- AWW;
- Provincie Antwerpen.

## 4.6 Opmaak klimaatrobuust vegetatiepallet

Afbeelding 4.5 Ontharden



### *Argumentatie + beschrijving van het project*

Om het Groenplan en het Klimaatadaptatieplan in praktijk te vertalen, is het nodig om een klimaatbestendig vegetatiepallet te definiëren. Gegeven de drogere zomers met intensere regenval en nattere winters in de nabije toekomst, is het onontbeerlijk dat de stad voorziet in aangepaste vegetatie voor alle inrichtingsprojecten (zowel wadi's als pleinen, voortuinen, straten, snelwegen enzovoort). Hierbij is het belangrijk dat de stad het jaar rond groen kan blijven en dat er ingezet wordt op (bio)diversiteit, op zo'n manier dat ook de groendienst gemakkelijk aan onderhoud kan doen. Diversiteit zit niet enkel in de soortkeuze, maar ook in de structuur (boom - ondergroei) en functie (ecosysteemdienst) van de vegetatie. Het vegetatiepallet heeft tevens een luchtzuiverende werking en draagt bij aan een goede luchtkwaliteit door onder meer fijn stof tegen te houden. Concreet is het aangewezen om bomen, ondergroei, hagen, heesters enz. op te zoeken en hun kwalificaties voor standplaats (winterhard, bodem, schaduw, tolerantie voor onder andere strooizout), ecosysteemdiensten (klimaatdiensten, luchtzuiverend karakter, diensten voor fauna) en effecten op de mens (allergieën) te benoemen. De uiteindelijke keuze hangt onlosmakelijk vast aan de standplaats, de ondergrondse ruimte en de diepte van het grondwater in zomer en winter. Op basis van het vegetatiepallet kunnen zowel de groendienst, als burgers of de private sector aan de slag met het klimaatrobuust inrichten van hun ontharde zones.

Een mogelijkheid is hier een subsidiemodel op te zetten dat burgers de kans geeft hun stoeptegels in te ruilen voor een klimaatrobuuste plant, die, in samenwerking met de stad, in functie van de stadplaats gekozen wordt.

### *Stakeholders die dit initiatief (mee) kunnen opzetten*

- Stad Turnhout;
- Natuurpunt;
- ANB;
- eventueel in alliantie met tuincentra.

## 4.7 Circulaire waterketens op gebouwniveau

Afbeelding 4.6 Voorbeeld van een sedumdak met waterdragende laag. Regenwater wordt afgevoerd en opgeslagen in regenwatertonnen of gaat direct infiltreren op eigen terrein



### *Argumentatie + beschrijving van het project*

Zowel op grote als kleine schaal moeten initiatieven genomen worden om de waterketen te sluiten of te transformeren naar een circulaire waterketen die inzet op hergebruik. Een proefproject op gebouw- of appartementsschaal met als doel in te zetten op doorgedreven watercirculatie en -hergebruik, wordt daarom voorgesteld. We hebben het hier dan over een combinatie van collectieve regenwaterputten, plaatselijke grijswaterzuivering, regenwaterzakken, groendaken, waterhergebruik, groengevels etc. Door maximaal in te zetten op groen, worden de bewoners voorzien van extra zuurstof en koelte, en zal de drinkwatervraag ook dalen, wat de grondwaterstanden ten goede komt.

Ook hier kan via groepsaankopen of subsidies het promoten van regenwatertonnen en sedumdaken ingezet worden. Circulariteit van waterketens kan ook in de bouwcode opgenomen worden.

### *Stakeholders die dit initiatief (mee) kunnen opzetten*

- sociale woning maatschappijen;
- private ontwikkelaars;
- Stad Turnhout;
- verenigingen van Mede-eigenaars;
- elke burger met een woonst;
- bedrijventerreinen.

## 4.8 Hitteplan met zachte maatregelen tijdens hittegolf

### *Argumentatie + beschrijving van het project*

Uit de werkateliers kwam een duidelijke potentie naar voren om bestaande maar niet-toegankelijke, of betaald toegankelijke koelteplekken open te stellen tijdens hittegolven. Concreet werd het openstellen van gekoelde binnenruimtes ( de bibliotheek, kerken), vergroende schooltuinen (domein Sint Jozef), de tuin van het stadhuis, semi-publieke of private koeltezones (het bos achter de brandweer, de Horito tuin, etc.) en het aanpassen van de openingsuren van een aantal van deze plaatsen voorgesteld om op te nemen in zo'n plan, dat enkel in actie gaat op het ogenblik dat de temperatuur boven een bepaalde waarde uitschiet.

Let wel, een hitteplan met zachte maatregelen vormt een parallel plan aan een werkelijk koelteplan dat de doelstellingen van hittestress ruimtelijk waarmaakt. Het realiseren van grote koelteplekken op wandelafstand van elke woning kan niet ondervangen worden met een plan met enkel zachte maatregelen.

*Stakeholders die dit initiatief (mee) kunnen opzetten*

- Stad Turnhout via een hitteplan;
- private eigenaars van beschaduwde tuinen en bossen;
- musea, bibliotheken, kerken, etc.
- kortom, iedereen die een koelteplek in bezit heeft.

## 4.9 Initiatieven ontharden voortuinen en vergroenen parkeerdaken

*Argumentatie + beschrijving van het project*

Uit de werkateliers kwam ook de vele verharding van de private buitenruimte naar voren als problematisch voor zowel hittestress als wateroverlast. Oplossingen als het ontharden van voortuinen en het verwijderen van parkeergarages, of vergroenen van de daken van de parkeergarages werd naar voren geschoven als prioritair aan te pakken.

Dit vergroenen en ontharden kan via een bewustwordingscampagne lopen, maar evengoed kan er een subsidie of ruilsysteem aan opgehangen worden waarbij vegetatie. Er werd ook voorgesteld om tuincoöperaties op te richten waarbij burgers zonder tuin zich kunnen aanmelden om het onderhoud te doen van burgers met tuin maar zonder groene vingers.

*Stakeholders die dit initiatief (mee) kunnen opzetten*

- Stad Turnhout;
- de groendienst;
- alle burgers van Turnhout.

## 4.10 (Her)bebossingscampagne

*Argumentatie + beschrijving van het project*

Veel gesuggereerde initiatieven stellen voor om de open percelen in het stadscentrum te herbebossen met boomgaarden, bossen, hoog groen enzovoort om bij te dragen aan een koeltenetwerk dat bovendien ook water vertraagd laat infiltreren. Dit initiatief kan gebeuren op stadspleinen, overhoeken van de straat, maar ook in binnengebieden op privé gronden.

*Stakeholders die dit initiatief (mee) kunnen opzetten*

- private partijen met een grote tuin;
- Stad Turnhout;
- privé ontwikkelaars;
- bedrijven.



# 5

## IMPLEMENTATION - REALISATIE VAN DE AMBITIES

### 5.1 Realisatie van de klimaatadaptatie ambities via het Integraal groen- en waterplan

Het integraal groen- en waterplan zullen verantwoordelijk zijn voor het uittekenen van de ruimtelijke structuur die essentieel is voor het realiseren van de doelstellingen voor wateroverlast en hittestress. In deze plannen wordt allicht verder doorgetekend op de groene vingers en zal de stad inzetten op stapstenen in een koelnetwerk: grotere gekoelde zones, door bijvoorbeeld de aanplanting van bomen, hoog en schaduwrijk groen, in de stad waar verkoeling soelaas biedt tijdens hittegolven. Het groen- en waterplan zal de onthardingsdoelstelling voor zich nemen en ruimte zoeken in de publieke ruimte om water te bufferen en vertraagd te laten infiltreren.

### 5.2 Realisatie van de klimaatadaptatie ambities via andere plannen

Uiteraard staan het groen- en waterplan niet alleen voor deze uitdaging. Zoals beschreven bij de proefprojecten werken tal van andere plannen mee aan deze doelstellingen: het mobiliteitsplan, het Ouderenzorgplan, het Bomenplan etc. hebben allen hun aandeel.

# 6

## MONITORING AND EVALUATION - HET DASHBOARD

Het opstellen van indicatoren voor monitoring is belangrijk om te bepalen of de uitvoering van het Klimaatadaptatieplan op koers ligt en de beoogde resultaten tot stand worden gebracht. Op basis van de monitoring moet worden bepaald of er bijsturing nodig is, dan wel van doelen, capaciteit of middelen.

Het is daarnaast belangrijk dat er wordt gemonitord op twee verschillende niveaus:

- 1 Voortgang van de implementatie: worden de maatregelen in de projecten volgens de planning gerealiseerd? Wordt er in het algemeen ook door iedereen voldoende aandacht besteed aan de implementatie?
- 2 Effectiviteit van de implementatie: hoe effectief zijn de maatregelen die we nemen in projecten? Hoe dragen deze bij aan onze doelen? Zijn dit de juiste maatregelen om onze doelen te behalen of hebben we andere inspanningen nodig?

Het Convenant of Mayors onderscheidt drie types indicatoren die belangrijk zijn voor het meten van de voortgang en effectiviteit van het adaptatiebeleid. Deze indicatoren kunnen deel worden van het monitoringsdashboard voor klimaatadaptatie. Het betreft de volgende drie types:

- 1 proces en output indicatoren;
- 2 kwetsbaarheid indicatoren;
- 3 impact indicatoren.

Het is van belang dat de proces en output indicatoren (6.1) worden ingevuld op basis van de geformuleerde doelstellingen van de stad Turnhout (zie hoofdstuk 3). De kwetsbaarheid en impact indicatoren (6.2 en 6.3) zijn meer generiek en vormen een lijst van indicatoren die gebruikt kunnen worden om het behalen van deze doelstellingen te gaan meten. Deze lijsten kunnen uitgefilterd worden op basis van relevantie voor de stad zonder hun doel voorbij te schieten.

Door de deze drie typen klimaatadaptatie indicatoren op het klimaatdashboard van Turnhout toe te voegen is in één oogopslag inzicht in de voortgang en effectiviteit van het klimaatadaptatie uitvoeringsprogramma en kan hierover helder worden gecommuniceerd. Het is belangrijk dat het dashboard regelmatig wordt geüpdatet zodat er op gezette momenten de voortgang van het maatregelenprogramma geëvalueerd kan worden.

### 6.1 Proces en output indicatoren

Tabel 6.1 Klimaatadaptatie indicatoren voor meten proces en output

Thema	Indicator	Meetmethode
algemeen klimaatadaptatie	In XX jaar zijn met alle stakeholders en gebiedspartners samenwerkingsafspraken gemaakt over de borging en uitvoering van klimaatadaptatie maatregelen.	inventarisatie binnen organisatie

Thema	Indicator	Meetmethode
algemeen klimaatadaptatie	In XX jaar is er een platform dat actief kennis deelt over het nemen van maatregelen op privaat terrein en hiervoor verbinding legt met partijen (inwoners, bedrijven, instellingen etc.).	inventarisatie binnen organisatie
algemeen klimaatadaptatie	Vanaf XX jaar wordt in 100% van de projectvoorstellen aandacht geschonken aan klimaatadaptatie.	inventarisatie binnen organisatie
algemeen klimaatadaptatie	Vanaf XX jaar hebben alle relevante afdelingen binnen de Stad een plan van aanpak om hun handelen klimaatadaptief te maken in uitvoering.	inventarisatie binnen organisatie
hittestress	In XX jaar leidt de koeling van gebouwen in de gebiedstypologie 'stedelijk centrum met stedelijk wonen' niet meer tot opwarming van de directe omgeving.	in het ontwerp moet aangetoond worden dat koeling van gebouwen niet leidt tot extra opwarming van de omgeving.
hittestress	In XX jaar moet in de gebiedstypologie 'stedelijk centrum' en 'buurten' iedere woning voldoende dicht bij een aangename en aantrekkelijke koele verblijfsplek bevinden. Voorstel binnen 300 meter en het groen oppervlakte heeft bij voorkeur >200 m <sup>2</sup> .	aan de hand van de afstand-tot-koelte kaart en het uitgevoerde groenprojecten
hittestress	In XX jaar moet er in de gebiedstypologie 'stedelijk centrum met stedelijk wonen' op het heetst van de dag tenminste 40 % schaduw op looproutes en belangrijke verblijfsplekken zijn. Voor de gebiedstypologie 'buurten' geldt 30 % schaduw op looproutes en verblijfsplekken.	
hittestress	In XX jaar moet in de gebiedstypologie 'stedelijk centrum met stedelijk wonen' minstens 40% van het oppervlakte van nieuwe gebouwen warmtewerend of verkoelend worden ingericht.	in het ontwerp moet aangetoond worden dat 40 % van het totale oppervlak (dus de gehele schil, horizontaal en verticaal) warmtewerend wordt ingericht
hittestress	In XX jaar moet zoveel percentage groen per buurt gerealiseerd zijn.	bepalen op basis van groenkaart
hittestress	In XX jaar in de gebiedstypologie 'stedelijk centrum met stedelijk wonen' moeten gekoelde gebouwen op hete dagen als koelte plek publiekelijk toegankelijk gemaakt moeten zijn.	
wateroverlast & droogte	Een groot deel van de neerslag (50 mm) van een korte hevige bui (1/100 jaar, 70 mm in 1 uur) op privaat terrein wordt op dit terrein opgevangen en vertraagd afgevoerd. De berging is niet eerder dan in 24 uur leeg en is in maximaal 48 uur weer beschikbaar, of wordt gestuurd.	

Thema	Indicator	Meetmethode
wateroverlast & droogte	In het plangebied treedt geen schade op aan bebouwing en voorzieningen bij extreem hevige neerslag (1/250 jaar, 90 mm/u).	
wateroverlast & droogte	De inrichting van het plangebied is afgestemd op de verwachte grondwaterstanden en de zoetwaterbeschikbaarheid tijdens droogte.	
wateroverlast & droogte	In het plangebied wordt 50 % (circa 450 mm in 'normale' jaren) van de jaarlijkse neerslag geïnfilteerd.	

## 6.2 Indicatoren voor het meten van de kwetsbaarheden

Tabel 6.2 SECAP klimaatadaptatie indicatoren voor meten kwetsbaarheid voor klimaatadaptatie

Aspect	Indicator	Meetmethode
klimaat	Aantal dagen / nachten met extreme temperaturen (vergeleken met ref. Jaar- / seizoenstemperaturen overdag / 's nachts).	aantal dagen/nachten
klimaat	Frequentie van warmte- / koudegolven.	gemiddelde per maand/jaar
klimaat	Aantal dagen / nachten met extreme neerslag (vergeleken met ref. Jaarlijkse / seizoensneerslag op dag- / nachttijden voor elk seizoen).	aantal dagen/nachten
klimaat	Aantal opeenvolgende dagen / nachten zonder regen. Huidige bevolking vs. projecties 2020/2030/2050.	aantal dagen/nachten
sociaaleconomisch	Bevolkingsdichtheid (vergeleken met nationaal / regionaal gemiddelde in jaar X in land / regio X).	aantal
sociaaleconomisch	% aandeel gevoelige bevolkingsgroepen (bijvoorbeeld ouderen (65+) / jonge (25-) mensen, eenzame gepensioneerde huishoudens, lage inkomens / werkloze huishoudens) - vergeleken met het nationale gemiddelde in jaar X in land X.	%
sociaaleconomisch	% van de bevolking dat in risicogebieden leeft (bijvoorbeeld overstroming / droogte / hittegolf / bos- of landbrand).	%
sociaaleconomisch	% van de gebieden die niet toegankelijk zijn voor hulp- / brandweerdiensten.	%
fysisch	% verandering in gemiddelde jaarlijkse / maandelijkse temperatuur.	%



Aspect	Indicator	Meetmethode
fysisch	% verandering in gemiddelde jaarlijkse / maandelijkse neerslag.	%
fysisch	Lengte van het transportnetwerk (bijvoorbeeld weg / spoor) gelegen in risicogebieden (bijv. Overstroming / droogte / hittegolf / bos- of landbrand).	in km
fysisch	Lengte kustlijn / rivier (en) beïnvloed door extreme weersomstandigheden / bodemerrosie (zonder aanpassing).	in km
fysisch	% laaggelegen of hooggelegen gebieden.	%
fysisch	% gebieden aan kusten of rivieren.	%
fysisch	% beschermde (ecologisch en / of cultureel gevoelige) gebieden /% bosbedekking.	%
fysisch	% van (bijvoorbeeld woon / commerciële / landbouw / industriële / toeristische) gebieden met risico (bijvoorbeeld overstroming / droogte / hittegolf / bos- of landbrand).	%
fysisch	Huidig energieverbruik per hoofd van de bevolking vs. prognoses 2020/2030/2050.	MWh
fysisch	Huidig waterverbruik per hoofd van de bevolking vs. prognoses 2020/2030/2050.	m <sup>3</sup>

### 6.3 Indicatoren voor het meten van impact op de sectoren

Tabel 6.3 SECAP klimaatadaptatie indicatoren voor meten impact op de sectoren

sector	indicator	meetmethode
gebouwen	Aantal gebouwen of % gebouwen (publiek/privaat) beschadigd door extreem weer.	per jaar over een bepaalde periode
netwerken	Aantal netwerken of % van de netwerken (transport, energie, afval en ICT) beschadigd door extreem weer.	per jaar over een bepaalde periode
netwerken	Aantal dagen in totaal en lengte (uren) van uitval van services (water, energie, afval, veiligheid etc.) door extreem weer.	aantal en uren
netwerken	Gemiddelde tijd (in minuten) die nodig is voor veiligheidsdiensten om te helpen bij extreem weer.	minuten
gezondheid	Aantal mensen die gewond/verplaatst/gedood zijn door extreem weer (hitte of koude golven).	aantal
gezondheid	Aantal meldingen van slechte luchtkwaliteit.	aantal

sector	indicator	meetmethode
gezondheid	Aantal meldingen van slechte waterkwaliteit.	aantal
milieu/biodiversiteit	% van gebieden met verslechterde bodemkwaliteit door klimaatverandering (extreem weer).	%
milieu/biodiversiteit	% van de habitats die verloren zijn gegaan door klimaatverandering (extreem weer).	%
milieu/biodiversiteit	% verandering in aantal inheemse soorten.	%
milieu/biodiversiteit	% inheemse soorten die zijn aangetast door ziekten gerelateerd aan klimaatverandering (extreem weer).	%
toerisme	% verandering in aantallen toeristen/toeristische activiteiten.	%
overig	Jaarlijks direct verlies in Euro's in sectoren als; industrie/commercie/toerisme/landbouw.	euro's per jaar
overig	Jaarlijks hoeveelheid compensatie ontvangen in Euro's (bijvoorbeeld verzekering).	euro's per jaar
(landbouw)	<p>% landbouwverliezen door extreme weersomstandigheden / gebeurtenissen (bijv. droogte / waterschaarste, bodemerosie).</p> <p>% verlies van vee door extreme weersomstandigheden.</p> <p>% verandering in gewasopbrengst / evolutie van de jaarlijkse graslandproductiviteit.</p> <p>% verlies van vee door ongedierte / ziekteverwekkers.</p> <p>% houtverliezen door ongedierte / ziekteverwekkers.</p> <p>% verandering in de samenstelling van het bos.</p> <p>% verandering in wateronttrekking.</p>	%

# 7

## CONCLUSIES

Het klimaatadaptatieplan van Turnhout is een voorzet naar hoe burgers, private partijen en de stad kunnen samenwerken aan een klimaatrobuuste leefomgeving. Het is een gelaagd plan dat niet in één keer uitgerold kan worden. Het wordt stap voor stap geïmplementeerd en zal sector per sector, stadsvernieuwingsproject per stadsvernieuwingsproject uitgevoerd worden. Vaak zal het plan dienen als een onderlegger of een blauwdruk voor initiatieven in de publieke en private ruimte, en zal het ook burgers handvaten geven en inspireren om mee te ijveren voor het halen van de doelstellingen. Het is belangrijk te erkennen dat het klimaatadaptatieplan een levend plan is, dat zijn weg zal vinden in tal van meerjarenplannen, doorheen verschillende sectoren en stadsdiensten. Het zal van tijd tot tijd een update nodig hebben dat geïkt wordt aan de op dat ogenblik gekende klimaatkwetsbaarheden en inzichten.

Met deze eerste versie van het klimaatadaptatieplan slaat de stad alvast een ambitieus traject in, waarbij maximaal wordt ingezet op sector-overstijgende initiatieven.



## BIBLIOGRAFIE

- 1 VMM. (z.d.-b). *Klimaatportaal*. Klimaatportaal Vlaanderen. Geraadpleegd op 11 januari 2021, van <https://klimaat.vmm.be/nl>.
- 2 Nolf, C., 2014. Water Needs space/ Space Needs Water Exploring the spatial implications of new water management in urban Flanders. pp. 207–219.
- 3 Nolf, C., Van Acker, M., Meulder, B., 2012. Turnhout. Stad in de regio. Centrum van de periferie. pp. 31–68.
- 4 VMM, 2018. Klimaatportaal Vlaanderen geraadpleegd via <https://klimaat.vmm.be/nl/welkom>.





# Bijlage(n)



BIJLAGE: WERKATELIERS