



Vlaanderen
is omgeving



Expertenopdracht Stratenclusters

water, geluid, lucht, hitte en energie

4 cases in Antwerpen

DEPARTEMENT
OMGEVING

omgevingvlaanderen.be

EXPERTENCONTRACT STRATENCLUSTERS

Het onderzoek heeft als doel inzicht te krijgen in collectiviteitswinsten in een stratencluster. Het ondersteunt ontwerpers door inzicht te geven in de werkingsprincipes van water, geluid, lucht, hitte en energie in de straat en in de stratencluster. Waar mogelijk becijfert dit rapport een aantal thema's door als ontwerp-hulp.

Dit rapport bevat de mening van de auteur(s) en niet noodzakelijk die van de Vlaamse Overheid.

COLOFON

Verantwoordelijke uitgever:

Departement Omgeving
Graaf de Ferrarisgebouw
Koning Albert II laan 20 bus 8
1000 Brussel
België
02 553 80 11
omgeving@vlaanderen.be
<http://www.omgevingvlaanderen.be>

Bronverwijzing: Sofie Depauw, Stefanie Dens, (2018), Expertenopdracht Stratenclusters, uitgevoerd in opdracht van Departement Omgeving

D/2018/

PARTNERS



Inhoud

Situering van de expertenopdracht

Water

Geluidshinder

Luchtverontreiniging

Hittestress

Onderlinge afweging van de inrichtingsmaatregelen voor geluid, lucht en hitte

Conclusies voor geluid, lucht en hitte

Energie

Addendum 'Testcase inrichtingsmaatregelen'

Addendum 'Paspoorten Stratencusters'

Situering van de expertenopdracht

Situering van de expertenopdracht

De Expertendopdracht Stratenclusters situeert zich binnen het onderzoek 'stratenclusters' in Antwerpen, waarin LABO RUIMTE en Stad Antwerpen (afdelingen mobiliteit en ruimte) vanuit de 3 ambities van het nieuwe structuurplan van de stad (leefbare woonstad, netwerkstad en veerkrachtig landschap), verkennen hoe collectiviteitswinsten (ontmoetingsruimte, buffercapaciteit voor regenwater, groenverbindingen, warmtenet, enzovoort) op schaal van de buurt kunnen worden gerealiseerd. Het concept "stratencluster" is hierbij een concrete doorvertaling van de korte afstandsstad, die zowel in het mobiliteitsplan Antwerpen als in de inspiratienota voor de vernieuwing van het ruimtelijk structuurplan Antwerpen naar voren wordt geschoven.

Concreet wordt in het onderzoek "stratenclusters" de herinrichting van de publieke ruimte, de straat, en in het verlengde ervan de collectieve buurt(parkeer)voorzieningen naar voren geschoven als de mogelijke hefboom om de transitie van de buurt – op termijn ook private terreinen - in gang te zetten en deze collectiviteitswinsten te genereren, waarbij het belang van de korte afstandsstad en een publieke ruimte op mensenmaat centraal staan. Het spreekt voor zich dat deze potentiële collectiviteitswinsten gaan hand in hand met duurzame mobiliteitskeuzes.

De doelstelling van het onderzoeksproject 'stratenclusters' is om het potentieel van de collectiviteitswinsten op schaal van de buurt en binnen het openbaar domein en de collectieve ruimten te onderzoeken en te verbeelden voor een aantal geselecteerde cases. In de cases van het project stratenclusters worden buurtwinkels, voorzieningen, pleintjes, zit- en speelplekken, enzovoort aangenaam en veilig bereikbaar te voet of met de fiets dankzij een herschikking van het publiek domein. Daarbij wordt in de verschillende cases ook gekeken naar het potentieel van buurtparkeren.

Doel van de expertenopdracht

Concreet is het doel van de Expertenopdracht Stratenclusters voor de thema's lucht, geluid, hittestress, water en energie op straatniveau een aantal ontwerpprincipes uit te zetten, te visualiseren, en deze in een verdere fase waar mogelijk te kwantificeren. De expertenopdracht is erop gericht ontwerpers inzicht te geven in de verschillende thema's en concrete stuurknoppen aan te reiken die via het ontwerp de verschillende hinderaspecten of thema's kunnen beïnvloeden.

De werkingsprincipes van elk van de thema's worden inzichtelijk gemaakt en waar mogelijk gevisualiseerd. De principes worden vervolgens aan de hand van de verschillende cases verder geduid en inrichtingsmaatregelen ter reductie van eventuele overlast worden voorgesteld.

Relatie met studie "street canyons"

Voor de thema's geluid, lucht en hitte zijn de resultaten van de parallel lopende studie voor Departement Omgeving geïntegreerd. De volledige studie met bijlages is als volgt te raadplegen:

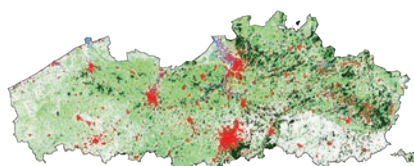
Departement Omgeving: Ruimtelijke strategieën voor gezonde omgevingen- case street canyons"



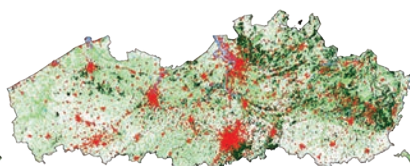
Departement Omgeving en Stad Antwerpen bepaalden samen 4 cases: de Universiteitsbuurt (binnen de Leien), Oud-Berchem (binnen de Ring), Deurne (buiten de Ring), Ekeren (in het noorden van de stad)

Cijfers geluid, hitte, lucht en water doorheen de tijd

Effecten op gezondheid



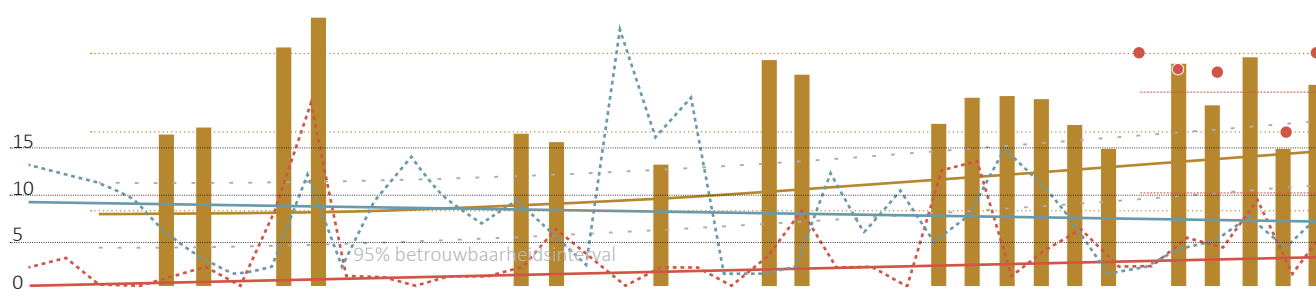
1976: 4-5% verhard
Verstening Vlaanderen en Brussel



1988: 5-6% verhard



2000: 9-10% verhard



TROPISCHE DAGEN/JAAR met trendlijn ($T_{max} > 30^{\circ}\text{C}$)
IJSDAGEN/JAAR met trendlijn ($T_{max} < 0^{\circ}\text{C}$)
INTENSITEIT VAN DE HITTEGOLF/JAAR met trendlijn ($^{\circ}\text{C}/\text{dag}$)

1983

1990

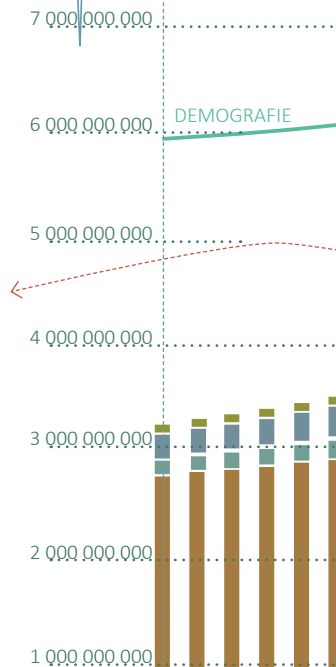
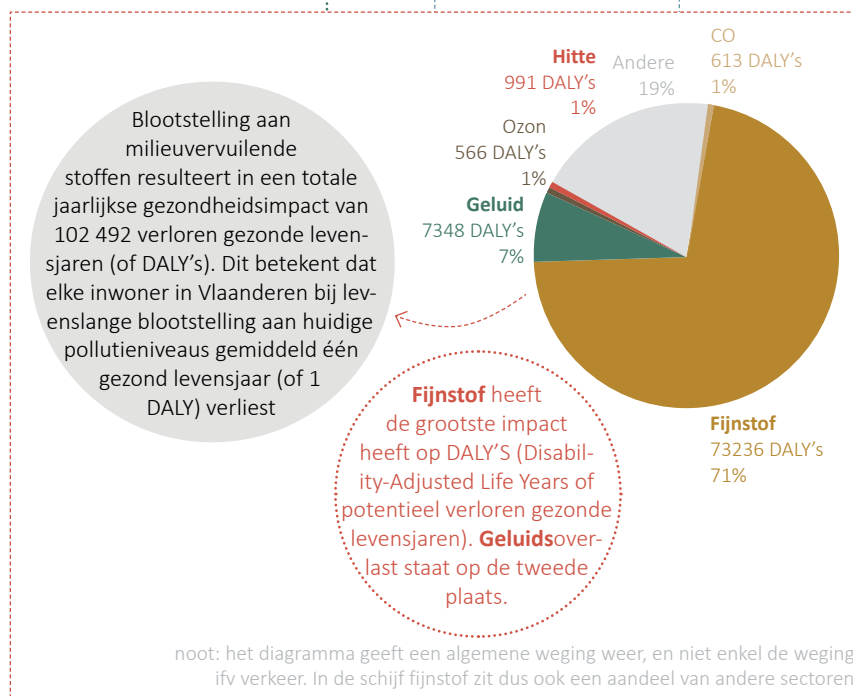
2000

1000 mm

800 mm

600 mm

NEERSLAG metingen 1983-2013 met trendlijn



DEMOGRAFIE

1970

1976

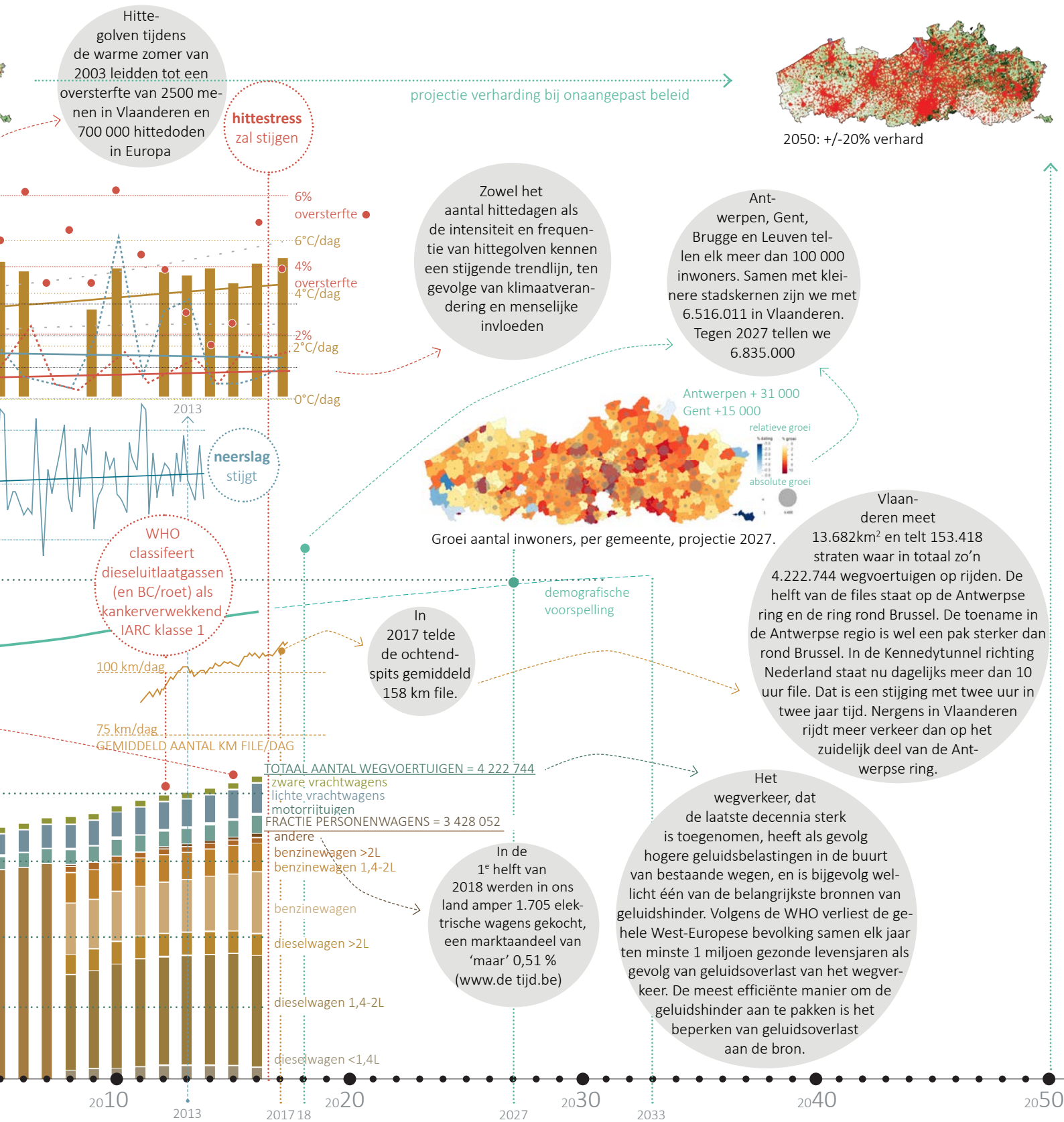
1980

1983

1988

1990

2000



op basis van (Poelmans, 2010; Statistiek Vlaanderen, 2018; MIRA, 2015; Vlaams Verkeerscentrum; WHO, 2018; WHO-IARC, 2012)

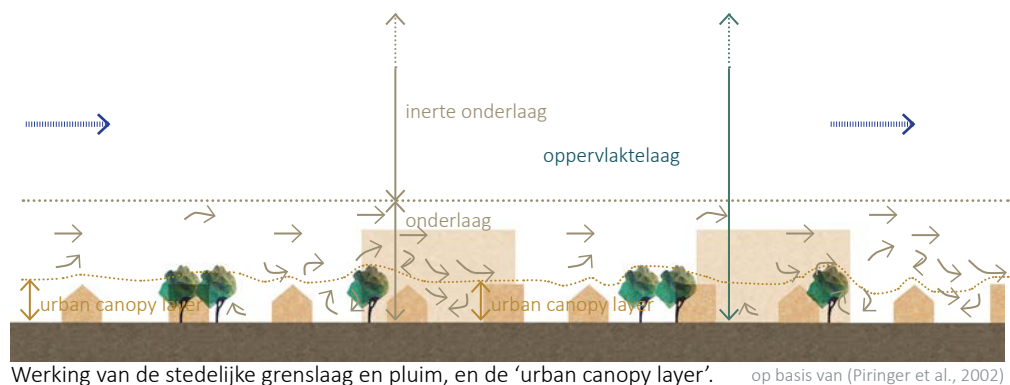
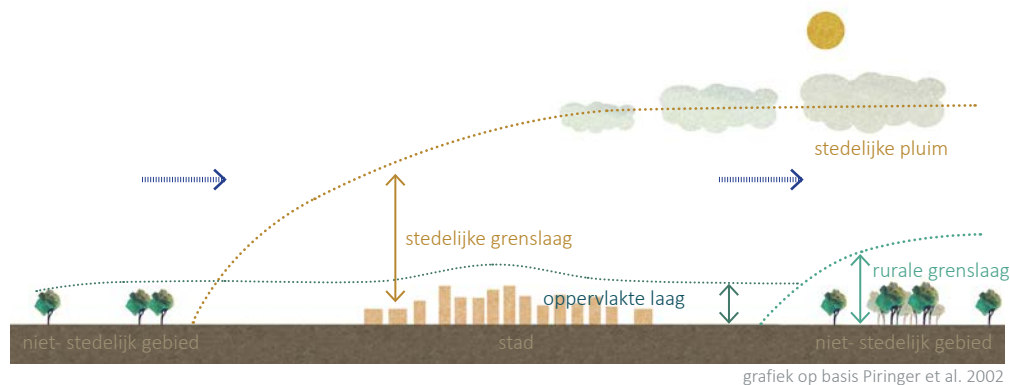
Principes stadsklimaat & straatwerking

Stadsklimaat en luchtlagen

Belangrijk om weten is hoe geometrie, verharding en beplanting inspelen op het stadsklimaat en hoe macro-schaal en stedelijke pluimen elkaar beïnvloeden. Onderstaande figuren duiden de redenering.

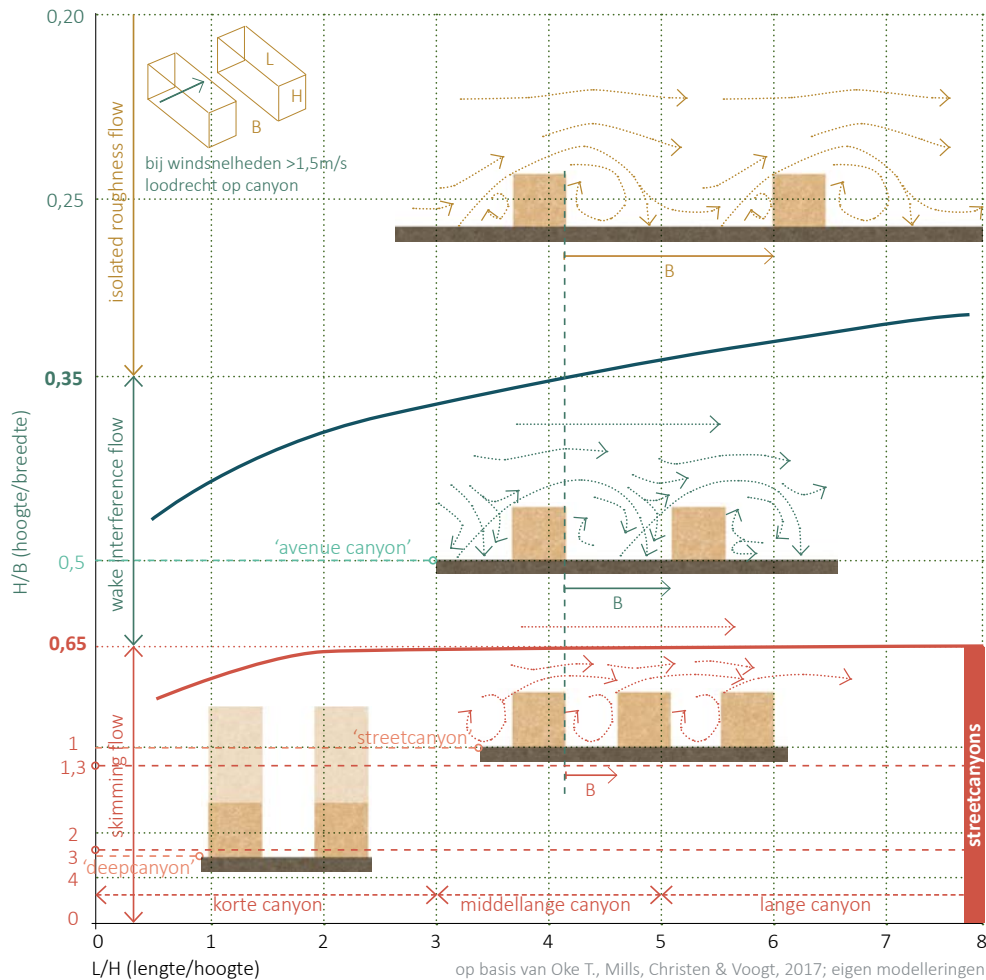
Op macroschaal worden drie verschillende luchtlagen in de stedelijke atmosfeer onderscheiden. De eerste luchtlaag is de oppervlaktelaag of 'surface layer'. Dit is de luchtlaag vanaf het maaiveld tot enkele meters boven de bebouwing en vegetatie.

Deze laag is onderdeel van de stedelijke of de niet-stedelijke grenslaag, afhankelijk van de locatie. Deze lagen kunnen overdag tot meer dan 1 km dik zijn. 's Nachts krimpen deze lagen tot enkele honderde meters en zelfs nog minder. Beide lagen vormen als het ware een koepel, die afhankelijk van verschillende meteorologische factoren (bv. temperatuur) in omvang toeneemt. De stedelijke grenslaag is het grootst doordat stedelijke gebieden een grotere impact hebben op de warmtehuishouding van die laag. Hierdoor overstijgt de omvang van de stedelijke grenslaag de windzone en verandert die stedelijke grenslaag in een stedelijke pluim (Oke, 1987).

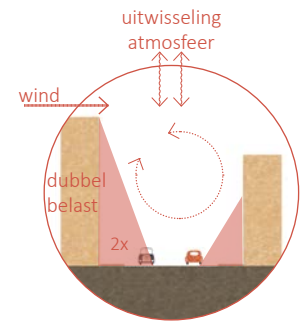


De oppervlaktelaag wordt gevormd door een onderlaag en een inerte onderlaag. In de inerte laag is er geen verstoring als gevolg van bebouwing of vegetatie. In de laag daaronder worden de luchtstromen daarentegen sterk beïnvloed door gebouwen en vegetatie: het is in die laag dat de urban canopy layer (UCL) zich bevindt. Deze urban canopy layer wordt gedefinieerd als de laag gaande van het oppervlak tot de bovenkant van de gebouwen (Oke, 1976; Roth 2000). Hierbinnen wordt het stedelijke lokale klimaat bepaald door de thermische eigenschappen van gebouwen en oppervlakken, evenals door plaatselijke luchtstromen (windcirculatie) die voortvloeien uit de geometrie van gebouwen en straten (Oke, 1987).

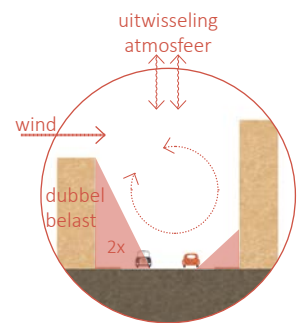
Ontkoppeling van luchtstroming en definities street canyons



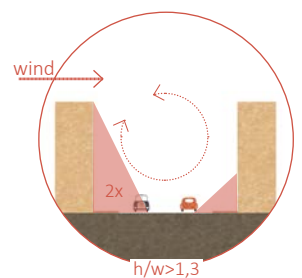
Definities en soorten streetcanyons. Algemeen worden streetcanyons gedefinieerd op hoogte/breedte verhouding groter dan 0,65.



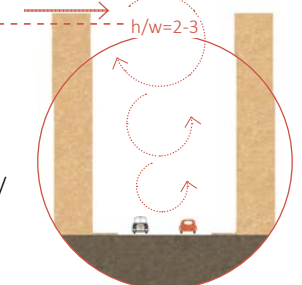
Aflopende streetcanyons: windzijde: hogere concentraties



Oplopende streetcanyons: algemeen lagere concentraties



windwervel in bovenste helft bijna stilstaande lucht eronder



2^e en 3^e zwakke windwervel in tegengestelde richting als gevolg van verkeer, kruispunten, ...

Bovenstaande grafiek duidt de hoogte/breedte verhouding van een straat in relatie tot haar lengte. Bij een h/b verhouding van 0,35 of lager krult de windspoeling nog door de dwarse snede van de straat. Bij verhoudingen van 0,35-0,65 ontstaat er een "wake interference flow" of een lichte ontkoppeling van de bovenste luchtlaag, en de luchtlaag tussen de gebouwen. Skimming flow, of een volledige ontkoppeling van de bovenste en onderste luchtlaag ontstaat bij een h/b verhouding groter dan 0,65. Op dat ogenblik spreken we van street canyons.

Door de ontkoppelde luchtstroom is het in straten die deze geometrie hebben moeilijker om luchtvervuiling weg te spoelen, of om hittestress tegen te gaan. Volgende pagina toont aan dat een groot deel van de straten uit de verschillende stratenclusters street of avenue canyons zijn, waar de luchtstroming half of volledig ontkoppeld is.

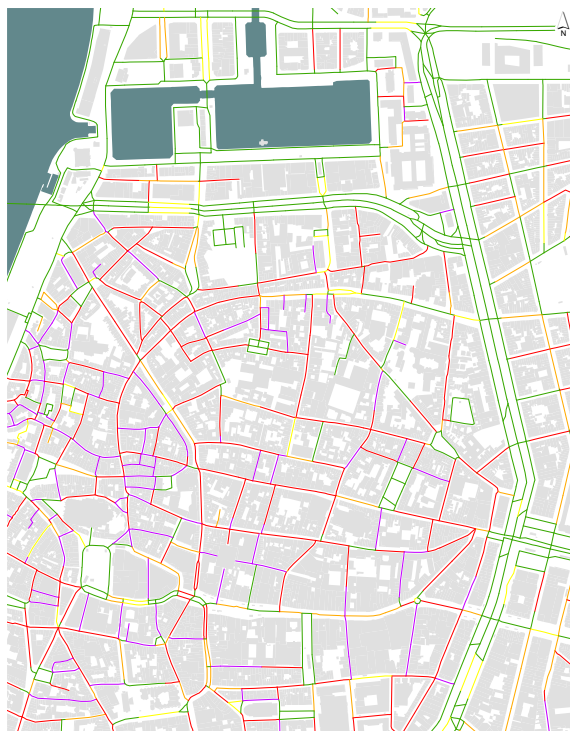
////////////////////////////////////

Straten in de stratencluster

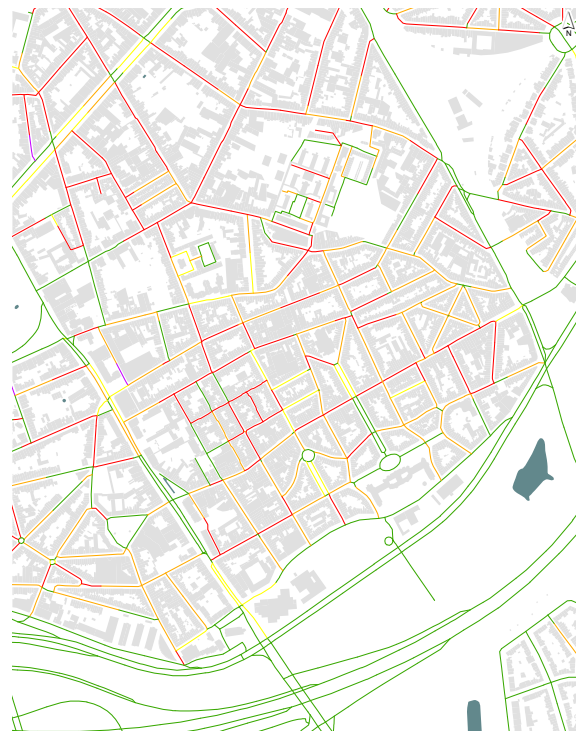
Streetcanyons in de verschillende stratenclusters

De definitie van een street canyon slaat in de literatuur enkel en alleen op geometrie. Of een straat al dan niet een canyon is zegt dus nog niets over de intensiteit van de straat (wegverkeer per uur, aangestraalde zonuren, ...) of over de luchtvervuiling die er te vinden is. Geometrie is wel een belangrijk aspect van de studie, daar het de geometrie is die de luchtspoeling bepaalt (zie vorige figuur).

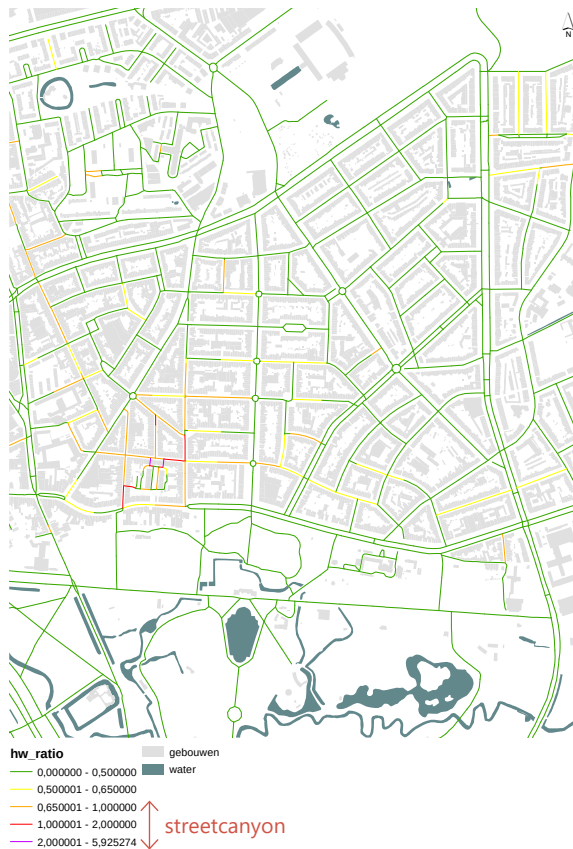
De meeste van de straten in de binnenstad (zie Universiteitsbuurt) zijn street canyons, met een hoogte/breedte verhouding groter dan 0,65. In die straten treedt er dus een ont koppeling van luchtstromen op, waardoor de wind de straten niet goed meer kan doorspoelen. Ook Oud-Berchem kent nog veel canyons. Deurne kent daarentegen meer avenue canyons, en in Ekeren is de bouwdichtheid redelijk laag met goede windspoeling en gekoppelde luchtlagen als gevolg.



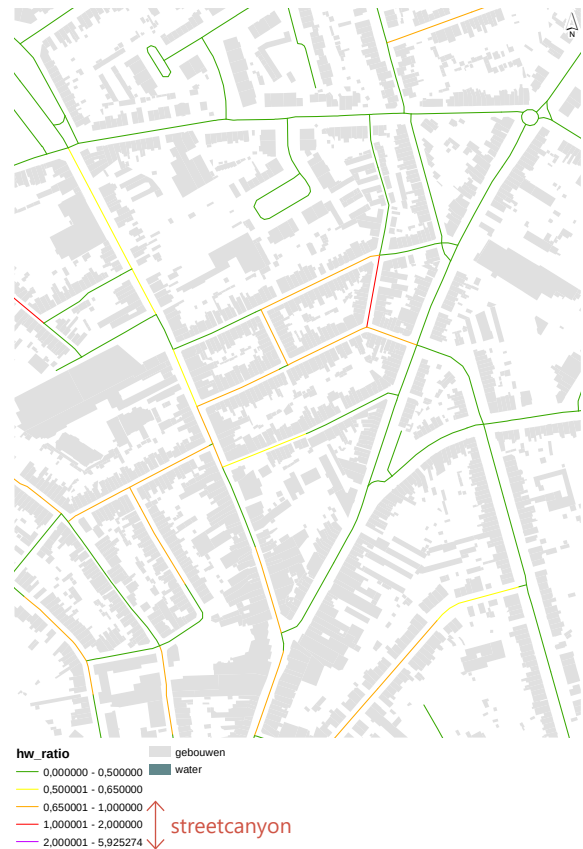
Hoogte/breedte ratio's van de straten in de Universiteitsbuurt



Hoogte/breedte ratio's van de straten in Oud Berchem



Hoogte/breedte ratio's van de straten in Deurne

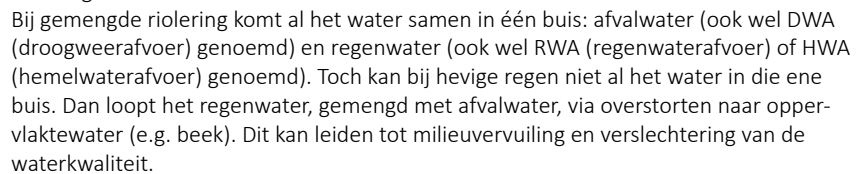


Hoogte/breedte ratio's van de straten in Ekeren

Door de snellere afvoer van het stedelijk water is er ook een snellere lozing naar de waterlopen, waardoor ook zij een groter piekdebiet kennen. Dit leidt tot een groter overstromingsrisico (meer water sneller op dezelfde plek).

Ook rioolstelsels worden ontworpen op een zekere piekneerslag (of composietbuien). Wordt deze piekneerslag overschreden, dan kan het rioleringsstelsel het water niet voldoende snel afvoeren, met water op straat en eventuele waterschade tot gevolg.

Introductie: begrippen en definities



T20 composietbui = een bui met **Terugkeerperiode 20**
 of ook: een bui die statistisch 1x per 20 jaar voorkomt
 vormt de basis van de huidige normering
 (tevens een eenheid waarmee gemodelleerd wordt)

f7 composietbui = een bui met **f**requentie 7
of ook: een bui die statistisch 7x per jaar voorkomt
vormt de basis van de huidige normering
(tevens een eenheid waarmee gemodelleerd wordt)

Vlaanderen en omgang met hemelwater



De hydrologische uitdaging van een stedelijk gebied is het herstellen van de natuurlijke watercyclus of deze zoveel mogelijk na te bootsen door meer water (opwaarts) vast te houden en te infiltreren*. In Vlaanderen geldt een duidelijke voorkeursvolgorde in de omgang met hemelwater, volgens de ladder van Lansink:

1 Hergebruik

opvang en gebruik van regenwater voor niet-drinkbare toepassingen (spoelen wc, wasmachine, tuin sproeien, auto wassen, etc.)

2 Infiltratie

indien de bodemdoorlaatbaarheid en de grondwaterstand dit toelaat, zoveel mogelijk water infiltreren ter herstel van de grondwatertafel

3 Buffering

buffering zorgt ervoor dat bij grote regenbuien het water even opgespaard wordt, om het nadien vertraagd af te voeren. Op die manier wordt het rioolstelsel op een cruciaal moment ontlast en wordt verhinderd dat lager gelegen gebieden onder water komen te staan

4 Aansluiting op straatriolering

pas in laatste instantie kan de rest van het regenwater aangesloten worden op een rioleringsstelsel (gemengd of gescheiden), waarbij de voorkeur gaat naar het aansluiten op een gescheiden systeem. Afvoeren via een gemengd systeem is de minst geprefereerde optie.

*De focus in dit rapport ligt op hemelwater en waterkwantiteit (vermijden wateroverlast en schade) en niet op afvalwater of grondwater en waterkwaliteit, al is er een belangrijke connectie tussen beide: minder hemelwater in gemengde riolering leidt tot minder overstorten en een beter werkende RWZI; twee aspecten die een grote impact hebben op onze waterkwaliteit

Huidige riool-normering

In de huidige wet- en regelgeving is het verplicht om bij nieuwbouw of vervanging van de riolering een gescheiden stelsel aan te leggen, tenzij de gemeente een hemelwaterplan heeft.

In principe moet elk rioleringsstelsel, gescheiden of gemengd, voldoen aan volgende eisen:

1- Geen water op straat bij een T20 bui

(T20= een bui die statistisch gezien 1 keer in de 20 jaar valt)

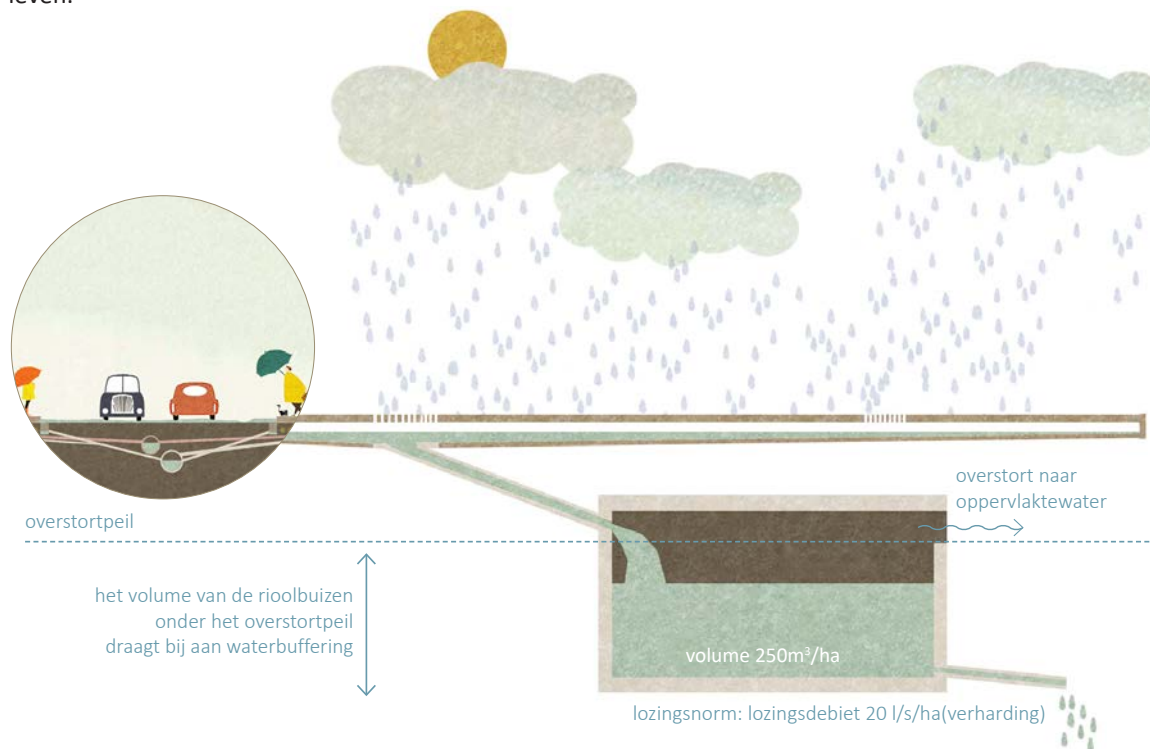
2-Minstens 50 cm vrijboord tussen het maaiveld en de bovenkant van de leiding bij een T2 bui

(T2 = een bui die statistisch gezien 1 keer in de 2 jaar valt)

3-Niet overstrorten op oppervlaktewater bij een f7-bui.

(f7 = een bui die statistisch gezien 7 keer per jaar valt)

Hierbij is overstorten het lozen van verdund, ongezuiverd afvalwater. De norm wil dus zeggen dat een gemengd rioolstelsel niet mag overstorten bij een f7 bui. Dit om de kwaliteit van het aquatisch leven te garanderen. Een f7 is een dermate kleine bui dat de polluenten die van de verharding in het water komen, amper verdund worden. Als deze in het oppervlaktewater zouden terechtkomen, kan dit een negatieve impact hebben op de aquatische fauna en flora. Vanaf een T2 bui is het volume aan neerslag groot genoeg om de polluenten zodanig te verdunnen dat ze amper tot geen effect zullen hebben op het aquatisch leven.



Principeschets en uitgangspunten riool normering voor buffering en infiltratie

Als basiswaarde voor de dimensionering van buffer- of infiltratievoorzieningen wordt meestal uitgegaan van volgende parameters :

- volume: 250 m³/ha verharding
- debiet: een lozingsdebiet van 20l/s/ha
of 4 m² infiltratieoppervlakte/100 m² verharding bij een infiltratievoorziening

Bij deze parameters kan de riolering een T20 bui net verwerken, zonder dat er water uit de rioolputten op straat stroomt. Een andere verhouding tussen buffering en afvoer is ook mogelijk. Indien er meer buffering voorzien wordt, wordt er minder afgevoerd en vice versa. Deze buffering kan deels in het rioleringsstelsel voorzien worden (volumes van leidingen) mits deze onder het overstortpeil van de riolering liggen.

** Verhouding zo gekozen dat een bufferbak van die afmetingen en met zo een lozingsdebiet nét niet overloopt in geval van een T20 bui.
Soms worden ook strengere buffereisen opgelegd: 360m³/ha en 10 l/s/ha

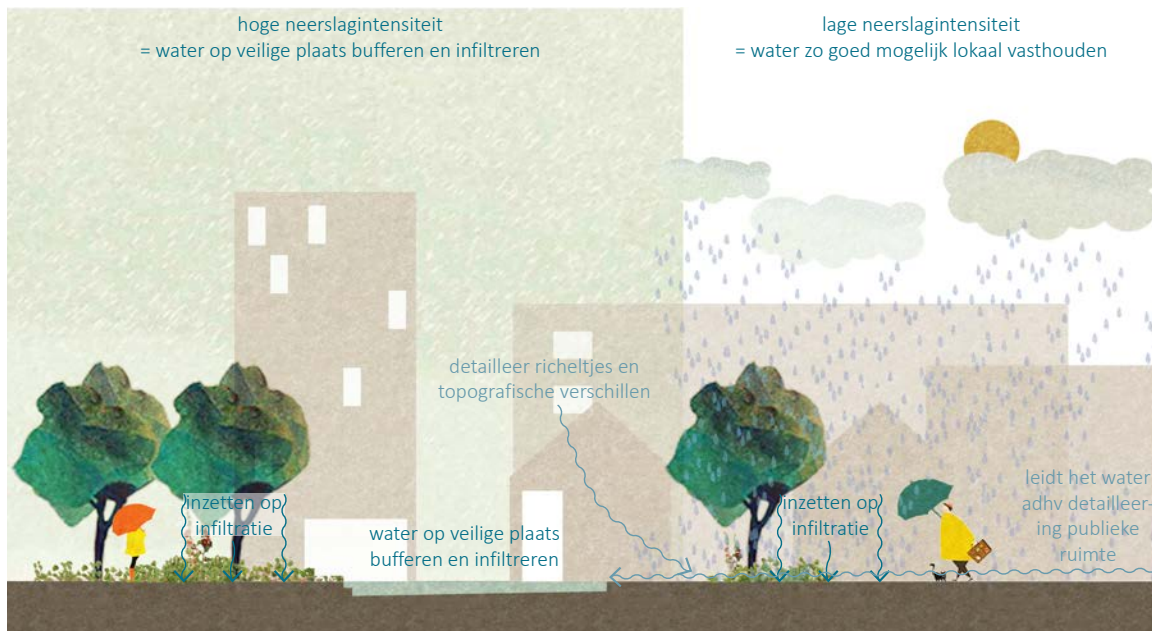
Invloeden en maatregelen water in de stad

Ontwerpopgave: ruimte voor water

De grootste negatieve invloedsfactor op wateroverlast is de verharding, of ook: het gebrek aan waterinfiltratie, en het versneld afvoeren, of ook: het gebrek aan waterbuffering en vertraagd afvoeren.

De ontwerpopgave is dus om hemelwater zoveel mogelijk te laten infiltreren, bufferen en vertraagd af te voeren. Deze maatregelen worden ook bronmaatregelen genoemd.

In kader van het onderzoek van de stratenclusters wordt in wat volgt enkel gefocust op het publieke domein, alhoewel er ook veel winsten te behalen vallen op privaat terrein. Doelstelling is in eerste instantie om bij lage neerslagintensiteit zo weinig mogelijk hemelwater überhaupt naar de riolering te doen vloeien en bij extreme neerslagintensiteit het water op een veilig plaats vast te houden voor buffering en infiltratie.



Hoge neerslagintensiteit: water op veilige plaats bufferen en infiltreren, lage neerslagintensiteit: zo weinig mogelijk hemelwater naar de riolering doen stromen

Groenblauwstructuren en stedelijke bouwstenen

Voor het realiseren van infiltratie en buffering in een stedelijk weefsel moet op 2 schaalniveaus gewerkt worden:

- **Groenblauwe structuren (wijkniveau)**
- **Inrichtingsmaatregelen (straatniveau)**

De ontwerpuitdaging--zeker in een bestaand stedelijk weefsel--is om voldoende infiltratie -en buffer-volume te realiseren door het samenspel tussen beide schaalniveaus. Ontwerpen met aandacht voor topografie is hierbij essentieel: er moeten bij voorkeur niet of semi-verharde oppervlaktes zoals groen-zones en parkings met doorlatende verharding, maar ook kleinschalige elementen zoals een bomenplant-soen (vermijd omranding van boomparken), verlaagd worden aangelegd. Dit leidt tot bijkomende infiltratiemogelijkheid en vermijd schade bij water op straat.

1- Wijkniveau: aanleggen en versterken groenblauwstructuren

Op het niveau van de wijk en het watersysteem kunnen groenblauwe structuren ingezet of geactiveerd worden. Zo moet een hemelwaterriolering steeds kunnen afwateren op een (laaggelegen) oppervlaktewater. In het stedelijke weefsel kunnen ook de aanwezige grotere structuren (e.g. grote lanen, parkings, sportvelden, parken) ingezet worden, waar grote wadi's en/of buffervoorzieningen gerealiseerd kunnen worden of noodbuffering voorzien kan worden.

2- Straatniveau: lokale inrichtingsmaatregelen

Op straatniveau kunnen lokale inrichtingsmaatregelen voorzien worden. De maatregelen zijn kleine, lokale maatregelen die collectief een groot effect kunnen hebben.

Voorbeelden zijn

- doorlatende verharding
- infiltratiekragen
- kleinschalige wadi's
- waterpleinen
- groendaken
- regenputten

Deze bouwstenen kunnen zowel individueel (huishouden) als collectief (op straat- en wijkniveau) ingezet worden.



**Amsterdam
Rainproof**
 elke druppel telt

 Zoeken
  Login

Algemeen
 Wat kan jij doen?
 Wat doet de stad?
 Toolbox
 Kennis
 Over ons

De maatregelen-toolbox

Home
 Maatregelen-toolbox

Het regenbestendig maken van de omgeving kan op vele manieren. Deze maatregelen-toolbox biedt voor professionals en bewoners informatie en inspiratie om de omgeving rainproof in te richten. Kijk hier voor meer informatie over de oplossingsrichtingen [water afvoeren](#), [water gebruiken](#), [water infiltreren](#), [water vasthouden en bergen](#) en [waterrobuust bouwen](#).

Onderstaande filters helpen je om de juiste maatregel te vinden.

Soorten oplossing

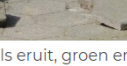
Water vasthouden en bergen
 Water afvoeren
 Water infiltreren
 Water gebruiken
 Waterrobuust bouwen

Waar

Gebouw
 Dak
 Tuin
 Straat
 Plein
 Park
 Buurt

Aantal gevonden maatregelen: 56



Regenwatervijvers
 Tegels eruit, groen erin
 Intensieve groene daken
 Regenton

Voor inspiratie, zie volgende uitgebreide toolbox-websites

<https://www.rainproof.nl/toolbox/maatregelen>

<http://climateapp.nl/>

>> becijfering van een aantal lokale inrichtingsmaatregelen

Volgende becijferingen geven een inzicht in grootteorde te realiseren buffer- en infiltratie- capaciteiten op het publiek domein, bij herinrichting.

Bufferen en infiltreren: herinrichting van een parkeerplaats naar een wadi

Het herinrichten van 1 kleine parkeerplaats met afmetingen 2,5x5m naar een wadi met verschillende dieptes geeft volgende waterbuffering. Belangrijk hierbij is het nakijken van de grondwaterdiepte (zie ook verder in de waterpaspoorten per cluster).



lengte (m)	breedte (m)	diepte(m)	buffering (m³)
5	2,5	0,4	4,2
5	2,5	0,5	5,0
5	2,5	0,6	5,7

Herinrichting van een parkeerplaats naar een wadi
(met taluds van 45°) met berekening buffercapaciteit

Bufferen en infiltreren: herinrichting van lopende meter straat naar een doorlopende wadi

Dezelfde redenering werd gemaakt voor het converteren van een stuk straat naar een wadi met buffer-volume per lopende meter. Dit kan het geval zijn wanneer een rij parkeerplaatsen opgeofferd word, een straat heringericht wordt naar een eenrichtingsstraat, ...

Belangrijk is dat ook de binnengebieden hier een grote rol in kunnen spelen: het weghalen van de standaard perceelsdelende muren en het aanleggen van een wadi per lopende meter maakt dat ook daar waterwinsten gecollectiveerd kunnen worden.



	breedte (m)	diepte (m)	buffering per lopende m (m³)	
x2	0,6	0,4	0,2	x2
		0,5	0,3	
		0,6	0,4	
x2	1,2	0,4	0,5	x2
		0,5	0,6	
		0,6	0,7	
x2	2,5	0,4	1	x2
		0,5	1,3	
		0,6	1,5	

Herinrichting van een lopende meter straat naar een
lopende meter wadi (met taluds van 45°) met berekening
buffercapaciteit

Bufferen: herinrichting dak naar groendak

De meeste stratenclusters hebben allen grijze bitumendaken. Converteren naar een groendak biedt bijkomende capaciteit voor waterbuffering. Een groendak van een standaard rijhuis van 12x6 meter is gedi-mensioneerd voor 2 dieptes.



lengte (m)	breedte (m)	diepte(m)	buffering (m³)
12	6	0,06	4,3
12	6	0,12	8,6

Herinrichting van een dak van een standaard woning van 12x6m naar een sedum groendak met buffercapaciteit

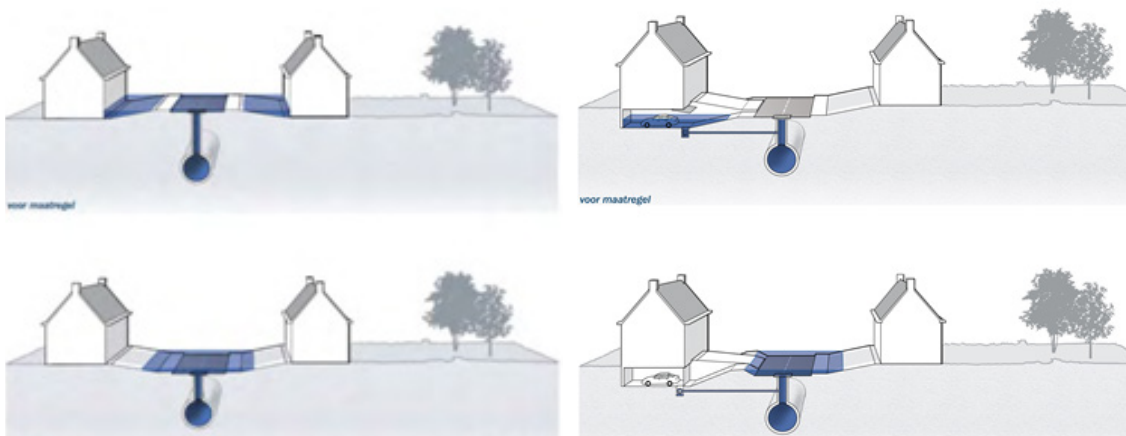
De conversievoorstellen hier beknopt berekend kunnen gebruikt worden om een type berekening te maken voor het te bufferen volume naar normering Hemelwaterplan per cluster (zie verder voor voorbeeld-berekening).

3- Extreme situaties en een waterrobuuste openbare ruimte: water op straat als oplossing

Naast het voorzien van voldoende buffering en infiltratie, conform regelgeving of het lokaal geldende hemelwaterplan, is het belangrijk om voorbij de geldende normen te kijken. Wat gebeurt er bij een extreem neerslagevent? Volgens klimaatprognoses nemen de extreme piekneerslagintensiteiten steeds meer toe. Iets wat we overigens vandaag de dag steeds vaker merken!

Bij elk ontwerp moet worden nagegaan wat de afstromingsrichting is van het hemelwater bij hevige regenval. Een goed uitgangspunt is dat de aanwezige riolering het water niet kan slikken. Er kan immers zoveel water vallen in een korte tijd dat het rioleringsstelsel dit niet afgevoerd krijgt. Waar loop het water dan naartoe en waar blijft het staan?

Bij de (her)aanleg van de publieke ruimte op wijk en straatniveau heb je invloed op de topografie en verschillende drempelhoogtes. Zorg ervoor dat water in geval van noodweer tijdelijk op een veilige plek kan blijven staan (e.g. verlaagde parkeerplaatsen, pleinen, groenzones, sportvelden, etc). Het motto hierbij is: **‘Water op straat is een oplossing, geen probleem. Water in gebouwen is een probleem’**. Door een slim ontwerp met niveauverschillen en drempels kan veel schade vermeden worden.



////////////////////////////////////

Waterpaspoorten Stratenclusters

Voor elk van de stratenclusters is verder een kort waterpaspoort samengesteld dat inzicht geeft in de grootste opgaves, en deze ook aan het hemelwaterplan Antwerpen koppelt.

Dit waterpaspoort overloopt per cluster

- 1-De topografische afstroombaatjes (waar loopt het water nu heen?) met mogelijke waterknelpunten
- 2-De grondwaterdiepte en dus de potentie tot infiltratie
- 3-De regelgeving van het Hemelwaterplan Antwerpen en de te bufferen volumes in
 - het huidige klimaat
 - een hoog-klimaatsscenario: een T20 bui in 2100 (dit betekent + 95m³/ha extra buffering)

Toelichting 'Hemelwaterplan Antwerpen'

Het hemelwaterplan bevat de visie van de rioolbeheerder van de stad. In het hemelwaterplan wordt gekeken naar het bestaande rioleringsnetwerk en worden optimale oplossingen voorgesteld. In sommige gevallen, zoals in straten met rijwoningen, houdt dit in dat er afgeweken wordt van het plan om een gescheiden stelsel aan te leggen en opteert men voor een 'optimaal gemengd stelsel'. Het probleem met het afkoppelen van rijwoningen is dat er minstens één nieuwe leiding moet worden aangelegd onder het huis door, om de achterkant van het huis aan te sluiten op de riolering. Hiervoor zou de vloer van het huis moeten worden opgebroken worden, wat natuurlijk te vermijden is. Daarom gebruikt men voor rijwoningen een "optimaal gescheiden stelsel": de voorste dakhelft sluit aan op de riolering, en de achterste dakhelft watert af naar achteren, richting de tuin (waar het niet zo erg is als er water staat) of een waterloop, mocht deze hier lopen. Enkele uitgangspunten van het hemelwaterplan Antwerpen:

1-continu: minimaal 10 mm (= 100m³/ha) buffering met infiltratie voorzien in het openbaar domein op het moment van heraanleg.

Deze helpt ervoor te zorgen dat de overstortnorm (f7 norm) worden gehaald en dat bij een f7 bui geen ongezuiverd en amper verdund afvalwater loost in de Schelde.

2- voor buien tot en met een T20 bui: hemelwater vasthouden en afvoeren.

Naast de overstortnorm (geen overstort bij een f7bui) moet het en dus ook de riolering voldoen aan de eis: geen water op straat bij een T20 bui. Op veel plaatsen in Antwerpen wordt deze norm al gehaald aangezien de bestaande riolering historisch vaak overgedimensioneerd werd. Dit is echter niet overal het geval.

De historische overdimensionering heeft overigens zijn roots in de getijdenwerking van de Schelde: door te overdimensioneren kon het regenwater tijdens hoogtij vastgehouden kon worden vooraleer het geloosd werd op de Schelde bij laag water.

3-voor buien vanaf een T20 bui: waterrobuuste openbare ruimte

Of letterlijk: water vasthouden op straat of op lager gelegen gebieden

Toelichting bij de waterpaspoort-tabelletjes

> ontharden wil dus ook zeggen: minder bufferen

te voorzien infiltratievolume volgens het HWP (m ³ /ha verharding)		aanwezige verharding (ha)			infiltratiebuffering (m ³)	
huidig klimaat	2100 hoog klim	straat oppervl.	dak oppervl.	totale oppervl.	huidig klimaat	2100 hoog klim
100	+95	a	b	a+0,5b	y	z

(= (waarde huidig klimaat) x totale opp
 =(volledige straatopp + 50% dakoppervlakte)

bijtellen voor hoog klimaat
 minimaal vooropgesteld door HWP (uitgangspunt 1 van HWP)
 afhankelijk van - reeds aanwezige buffercapaciteit in bestaande riolering,
 - potentieel tot infiltratie (grondwaterstanden, type grond),
 - ...

Voorbeeldtabel berekening te bufferen volumes per stratencluster in huidig en hoog klimaat scenario volgens Aquafin. De volumes stijgen voor hoog klimaat, maar kunnen dalen door ontharding.

*Mogelijkheid tot infiltratie wordt ingeschat op basis van de infiltratiekaart van de stad Antwerpen. Ervaring leert echter dat deze kaart een grote onnauwkeurigheid heeft en dat lokale factoren (bodemgesteldheid, niveau grondwater) bepalend zijn in de infiltratiecapaciteit van de bodem. De potentie tot infiltratie moet dus als een eerste inschatting gezien worden. Infiltratieproeven geven uiteindelijk uitsluitsel over de infiltratiecapaciteit van een locatie.

** Deze informatie werd door Aquafin verschaft.



topografische afstromingskaart en met in het rood de waterknelpunten

grondwaterdiepte

2,5-6m onder het maaiveld. Inschatting bodemopbouw: geschikt voor infiltratie

Visie hemelwaterplan

De stratencluster van de universiteitsbuurt valt in de zone van optimalisatie bestaand stelsel. Het gebied valt in de zone van de historische Ruien, die onderdeel zijn van de gemengde riolering (noodbuffer, indien nodig stort rioolwater over in de Ruien). Waterlink is van plan 2 relatief kleine hemelwaterafvoeren aan te leggen in de Ruien. Van hieruit kan hemelwater ook overstorten in de Ruien bij hevige neerslag. Doel in het historisch stadsweefsel is nog steeds in eerste instantie doorgedreven toepassen van bronmaatregelen vooraleer water in (hemelwater)riolering terecht komt. Volgens het hemelwaterplan moet voor de afkoppelbare verharde oppervlakte (straten, volledige dakoppervlakte (half)open bebouwing, voorste dakhelft gesloten bebouwing) minimaal volgende infiltratiebuffering voorzien worden in Universiteitsbuurt: 100m³/ha verharding (gescheiden stelsel naar de ruien mogelijk als technisch haalbaar). Onderstaande tabel berekent het totale nodige volume aan infiltratiebuffering in huidige klimaatscenario en in een hoog 2100 klimaatscenario.

te voorzien infiltratievolume volgens het HWP (m ³ /ha verharding)		aanwezige verharding (ha)			infiltratiebuffering (m ³)	
huidig klimaat	2100 hoog klim	straat oppervl.	dak oppervl.	totale oppervl.	huidig klimaat	2100 hoog klim
100	+95	24,21	41,96	45,96	4519	8812

Te bufferen volume per hectare: huidig klimaat en 2100 hoog klimaat, doorgerekend naar oppervlakte van de stratencluster (berekening afkomstig van Aquafin)



topografische afstromingskaart en met in het rood de waterknelpunten; de ster is de "put van Berchem"

grondwaterdiepte

4-7 m onder het maaiveld. Inschatting bodemopbouw: geschikt voor infiltratie

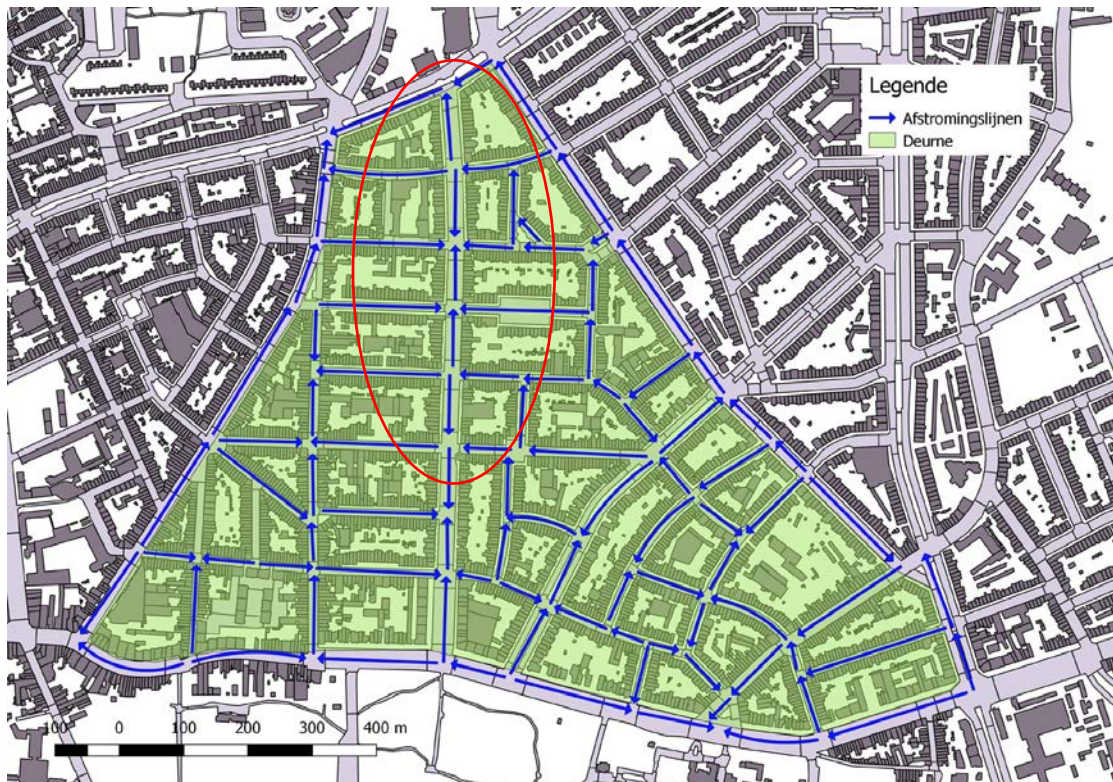
Visie hemelwaterplan

De stratencluster van Oud-Berchem valt in de zone van het optimaal gemengd stelsel. Waterlink is niet van plan om op termijn een hemelwaterriolering aan te leggen. De strategie is het toepassen van doorgedreven bronmaatregelen (zoveel mogelijk infiltreren en vasthouden) en indien nodig toch lozen in gemengde riolering. Volgens het hemelwaterplan moet voor de afkoppelbare verharde oppervlakte (straten, volledige dakoppervlakte (half)open bebouwing, voorste dakhelft gesloten bebouwing) minimaal volgende infiltratiebuffering voorzien worden in Oud-Berchem: $215\text{m}^3/\text{ha}$ verharding*. Onderstaande tabel berekent het totale nodige volume aan infiltratiebuffering in huidige klimaatscenario en in een hoog 2100 klimaatscenario, uitgaande van de bestaande verharding. Een andere strategie is te 'ontharden'. Door de bestaande verharding te verminderen neemt het volume aan infiltratiebuffering verder af.

te voorzien infiltratievolume volgens het HWP (m^3/ha verharding)		aanwezige verharding (ha)			infiltratiebuffering (m^3)	
huidig klimaat	2100 hoog klim	straat oppervl.	dak oppervl.	totale oppervl.	huidig klimaat	2100 hoog klim
215	+95	16,21	29,45	30,94	6652	9591

Te bufferen volume per hectare: huidig klimaat en 2100 hoog klimaat, doorgerekend naar oppervlakte van de stratencluster (berekening afkomstig van Aquafin)

* In theorie is er $250\text{m}^3/\text{ha}$ buffering nodig aangezien de doorsteken onder het spoor slechts 20l/s doorlaten: opwaarts is er dus nood aan $250\text{m}^3/\text{ha}$ zowel op RWA als DWA om overstroming bij een T20 bui te voorkomen. In de zone Oud-Berchem is momenteel echter reeds $105\text{m}^3/\text{ha}$ buffering aanwezig. Er is dus nog $145\text{m}^3/\text{ha}$ nodig, of $215\text{m}^3/\text{ha}$ voor de 67.7% afkoppelbare oppervlakte (30.94ha van 45.66ha)



topografische afstromingskaart en met in het rood de waterknelpunten

grondwaterdiepte

2-4m onder het maaiveld. Inschatting bodemopbouw: geschikt voor infiltratie

Visie hemelwaterplan

De stratencluster van Deurne valt in de zone van het optimaal gemengd stelsel. Waterlink is niet van plan om op termijn een hemelwaterriolering aan te leggen. De strategie is het toepassen van doorgedreven bronmaatregelen (zoveel mogelijk infiltreren en vasthouden) en indien nodig toch lozen in de gemengde riolering. Volgens het hemelwaterplan moet voor de afkoppelbare verharde oppervlakte (namelijk straten, volledige dakoppervlakte (half)open bebouwing, voorste dakhelft gesloten bebouwing) minimaal volgende infiltratiebuffering voorzien worden in Deurne, omgeving Venneborglaan: 100m³/ha verharding. Hiervoor zouden de grachten in het Rivierenhof bijkomend kunnen dienen als buffering, mits eventuele uitbreiding. Gedeelten van deze zone kunnen daarnaar afgekoppeld worden. Tabel 1.4. berekent het totale nodige volume aan infiltratiebuffering in huidige klimaatscenario en in een hoog 2100 klimaatscenario, uitgaande van de bestaande verharding. Een andere strategie is te 'ontharden'. Door de bestaande verharding te verminderen neemt het volume aan infiltratiebuffering verder af.

te voorzien infiltratievolume volgens het HWP (m ³ /ha verharding)		aanwezige verharding (ha)			infiltratiebuffering (m ³)	
huidig klimaat	2100 hoog klim	straat oppervl.	dak oppervl.	totale oppervl.	huidig klimaat	2100 hoog klim
100	+95	19,91	33,74	36,78	3678	7172

Te bufferen volume per hectare: huidig klimaat en 2100 hoog klimaat, doorgerekend naar oppervlakte van de stratencluster (berekening afkomstig van Aquafin)



topografische afstromingskaart en waterknelpunten

grondwaterdiepte

1,8-2,5m onder het maaiveld. Inschatting bodemopbouw: geschikt voor infiltratie

Visie hemelwaterplan

De stratencluster van Ekeren valt buiten de scope van het hemelwaterplan Antwerpen. Dit betekent dat er op termijn een hemelwaterriolering zal (moeten) aangelegd worden conform de geldende wet- en regelgeving. Desalniettemin is de strategie nog steeds het eerst toepassen van doorgedreven bronmaatregelen (zoveel mogelijk infiltreren en vasthouden) en indien nodig pas lozen in de gescheiden riolering. Volgens het hemelwaterplan moet voor de afkoppelbare verharde oppervlakte (straten, volledige dakoppervlakte (half)open bebouwing, voorste dakhelft gesloten bebouwing) minimaal volgende infiltratiebuffering voorzien worden in Ekeren, omgeving Moretuslei: 185m³/ha verharding (totaal moet op 250m³/ha eindigen maar voor de Moretuslei kan de overcapaciteit van het afwaartse stelsel benut worden). Onderstaande tabel berekent het totale nodige volume aan infiltratiebuffering in huidige klimaatscenario en in een hoog 2100 klimaatscenario.

te voorzien infiltratievolume volgens het HWP (m ³ /ha verharding)		aanwezige verharding (ha)			infiltratiebuffering (m ³)	
huidig klimaat	2100 hoog klim	straat oppervl.	dak oppervl.	totale oppervl.	huidig klimaat	2100 hoog klim
185	+95	4,10	9,09	8,65	1599	2420

Te bufferen volume per hectare: huidig klimaat en 2100 hoog klimaat, doorgerekend naar oppervlakte van de stratencluster (berekening afkomstig van Aquafin)

Voorbeeldberekening studentenbuurt

ontharden wil dus ook zeggen: minder bufferen

te voorzien infiltratievolume volgens het HWP (m³/ha verharding)		aanwezige verharding (ha)			infiltratiebuffering (m³)	
huidig klimaat	2100 hoog klim	straat oppervl.	dak oppervl.	totale oppervl.	huidig klimaat	2100 hoog klim
100	+95	24,21	41,96	45,96	4519	8812

=(waarde huidig klimaat) x totale opp
 =(volledige straatopp + 50% dakoppervlakte)

Volgende berekening illustreert een te bufferen volume bij huidig klimaat in de Studentenbuurt adhv de reconversie van parkeerplaatsen en straten, het ontharden, en het inrichten van groendaken.



lengte (m)	breedte (m)	diepte(m)	buffering (m³)
5	2,5	0,4	4,2
5	2,5	0,5	5,0
5	2,5	0,6	5,7

Herinrichting van een parkeerplaats naar een wadi (met taluds van 45°) met berekening buffercapaciteit

breedte (m)	diepte (m)	buffering per lopende m (m³)
0,6	0,4	0,2
	0,5	0,3
	0,6	0,4
1,2	0,4	0,5
	0,5	0,6
	0,6	0,7
2,5	0,4	1
	0,5	1,3
	0,6	1,5

x2

x2

x2

Herinrichting van een lopende meter straat naar een lopende meter wadi (met taluds van 45°) met berekening buffercapaciteit



lengte (m)	breedte (m)	diepte(m)	buffering (m³)
12	6	0,06	4,3
12	6	0,12	8,6

Herinrichting van een dak van een standaard woning van 12x6m naar een sedum groendak met buffercapaciteit

4519 m³ buffering is de doelstelling

0_realisatie door ontharding

De eerste denkreflex zou moeten zijn: waar is ontharden mogelijk? Ontharding draagt namelijk rechtstreeks bij op de factor van de straatoppervlakte waardoor het te bufferen volume daalt en de reconversies die volgen in de volgende rekenstappen verminderd kunnen worden.

Stel, 20% ontharding: dan wordt het te bufferen volume

af trek 20% ontharding: $0,2 \times 24,21 = 4,84$

$24,21 - 4,84 = 19,37$: straatopp

$19,37 + 0,5 \times 41,96 = 40,35$ totale opp

$40,35 \times 100 = 4035 \text{ m}^3$ te bufferen volume

1_realisatie door converteren van 50% daken naar groendaken met buffering

af trek 50% dakoppervlakte

$41,96 / 2 = 20,98$

$19,37 + 0,5 \times 20,98 = 29,86$: totale opp

$29,86 \times 100 = 2986 \text{ m}^3$ te bufferen volume

bovendien: het dak buffert ook, wat doorgerekend kan worden zoals volgende stappen:

2A_realisatie door 100% converteren van parkeerplaatsen

$2986 \text{ m}^3 / 5,7 \text{ m}^3 = 524$ parkeerplaatsen

(ter referentie: het Hessenplein heeft 19 parkeerplaatsen)

3B_realisatie door 100% converteren van straten naar 1-richting met wadi

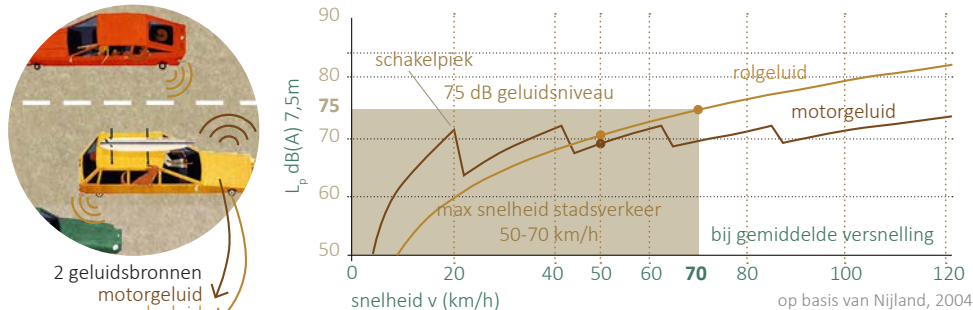
$2986 \text{ m}^3 / 1,5 \text{ m}^3 = 1990$ lopende meter

(ter referentie: de afstand van de Ossenmarkt tot en met de Blindestraat meet 527m)

Geluid

Werkingsprincipes op straat

Basisprincipes verkeersgeluid (met abstractie achtergrondgeluid)



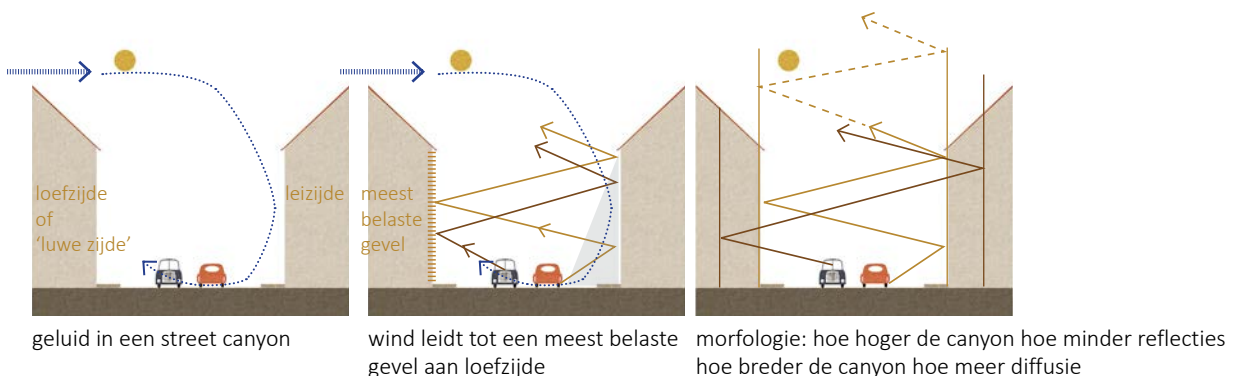
Ogenblikkelijk geluidsniveau afkomstig van motorgeluid en rolgeluid in functie van de snelheid van een voertuig. Vanaf 40 km/h overheerst het rolgeluid.

Geluid afkomstig van verkeer heeft twee bronnen: het motorgeluid en het rolgeluid afkomstig van de banden over het wegdek. Bovenstaande grafiek beschrijft de verhouding tussen het motorgeluid en het rolgeluid op dicht asfalt, waar bij het duidelijk is dat tot snelheden van 40 km/uur het motorgeluid samenvalt met het rolgeluid en dit aan een waarde van ongeveer 70 dB.

Het gemiddelde stadsverkeer rijdt aan een maximum snelheid van 50 tot 70 km/uur, in streetcanyons is dat vaak zelfs minder, wat resulteert in een ogenblikkelijk gemeten geluidsniveau van 75 dB.

Beperking van geluid bij de bron is veruit de meest kostenefficiënte maatregel in de strijd tegen het verkeerslawaai. Wanneer men de geluidsproductie wil beperken aan de bron, moet men dus op zowel rol- als motorgeluid ingrijpen, waarbij de omstandigheden (snelheid, rijstijl) bepalen op welke component de grootste geluidswinst te behalen is (LNE, 2010).

Basisprincipes invloeden geluid



De geluidsbelasting op de gevels in streetcanyons is afhankelijk van onder andere de geometrie van de bebouwing, de breedte van de straat, het type wegdek, de hoogte boven het wegdek en de aanwezigheid van goed gedimensioneerd straatmeubilair en gevelbekledingen (Sanchez, van Renterghem, Thomas, & Botteldooren, 2016). Bovendien reflecteert geluid anders onder invloed van wind: bij een windwervel in een streetcanyon worden de geluidsgolven naar de gevel aan de loefzijde (of windluwe zijde) gestuwd, met als gevolg een verhoging van geluidshinder aan die straatgevel. Ook morfologie speelt een rol: hoe hoger de canyon hoe minder geluidsreflecties en hoe breder de canyon hoe meer diffusie.

De geluidemissie in een street canyon kan uitgedrukt worden in de jaargemiddelde geluidindicatoren L_{den} en L_{night} . Hierbij is L_{den} een etmaalgewogen indicator die representatief is voor het optreden van mogelijke hinder; L_{night} voor het optreden van slaapverstoring.

$L_{den, verkeer} < 53$ dB hogere waarden hebben negatieve invloed op gezondheid
 $L_{night, verkeer} < 45$ dB hogere waarden hebben negatieve invloed op slaap

Richtlijn 2018 WHO- geluidshinder

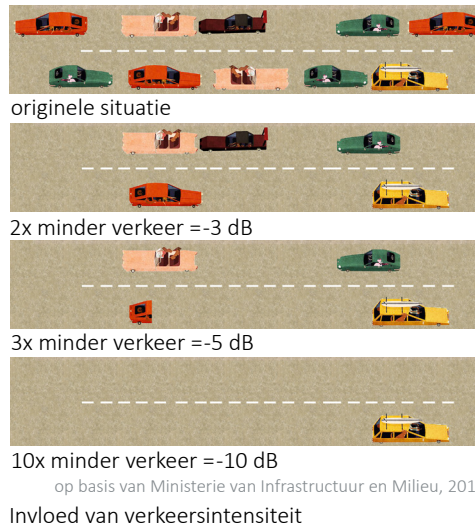
Europese Richtlijn 2002/49/EG voor omgevingslawaai

noot: de relatie tussen ogenblikkelijk geluidsniveau en gehoorschade kent geen richtlijnen. Om gezondheidschade te begrenzen worden steeds richtlijnen op gewogen geluidsniveaus gebruikt.

////////////////////////////////////

Cijferwerk

Invloed van verkeersintensiteit



< 125 pae/u	zeer weinig gemotoriseerd verkeer
125-250 pae/u	weinig gemotoriseerd verkeer
250-500 pae/u	gemiddeld gemotoriseerd verkeer
500-1000 pae/u	veel gemotoriseerd verkeer
> 1000 pae/u	zeer veel gemotoriseerd verkeer

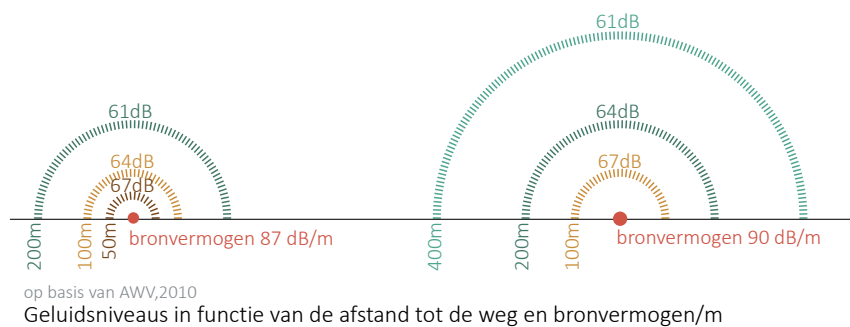
Pae staat voor personenauto-equivalent. Dat getal geeft aan hoeveel ruimte een gemotoriseerd voertuig inneemt in vergelijking met een personenauto. Zo staat een auto voor 1, een bestelwagen voor 1, een vrachtwagen voor 2 en een bus voor 2. Stel dat per uur elk van deze voertuigen één keer door de straat passeert, dan heeft die straat een waarde van 6 pae/u.

Zeker vanaf zo'n 250 gemotoriseerde voertuigen per uur wordt het minder aangenaam om een gesprek te voeren op het voetpad, waardoor de sociale samenhang in een straat vermindert. Het druktegevoel hangt ook af van de weginrichting en de breedte van een straat. Hoe breder, hoe meer je straat aankan.

Inzetje: verkeersdrukke uitgedrukt in pae

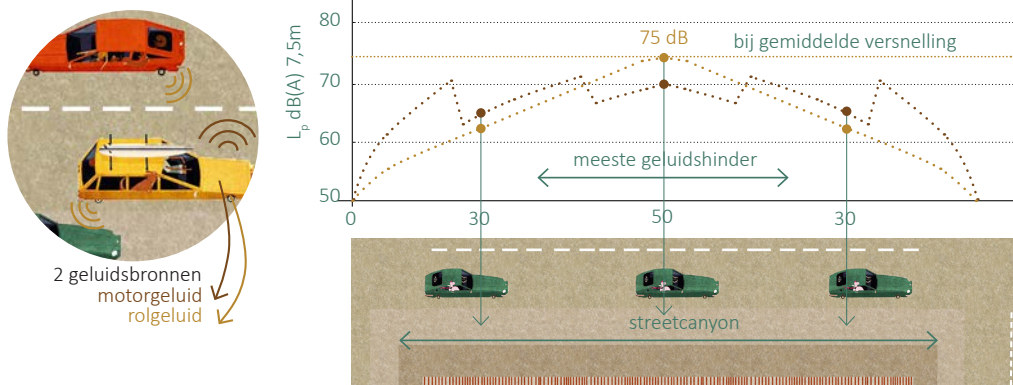
Crow, 2017

Invloed van afstand



Geluidsniveaus kunnen uitgezet worden tegen hun afstand, daar geluid van de weg beschouwd wordt als een lijnbron. Door de geometrische spreiding van het geluid vanaf één lijn, ontstaat er een vermindering van 3 dB per afstandsverdubbeling. Anders gezegd: als het brongeluid vermindert met 3 dB, dan halveren de afstanden van de geluidscontouren (AWV, 2010).

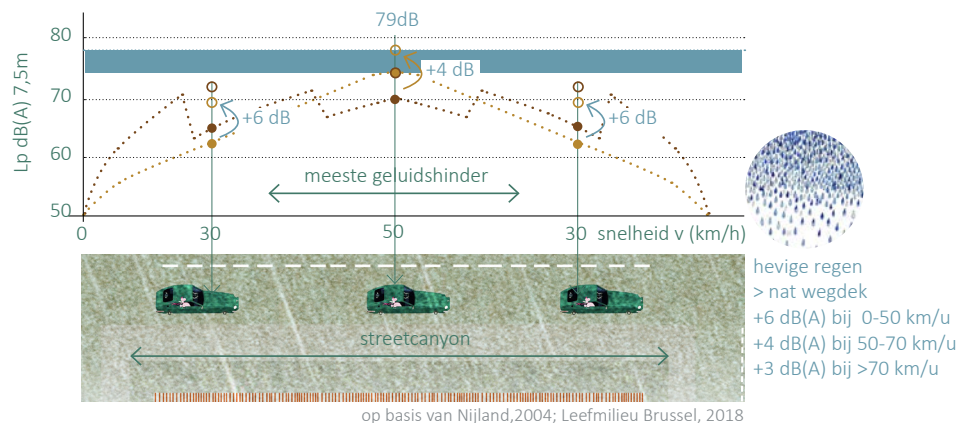
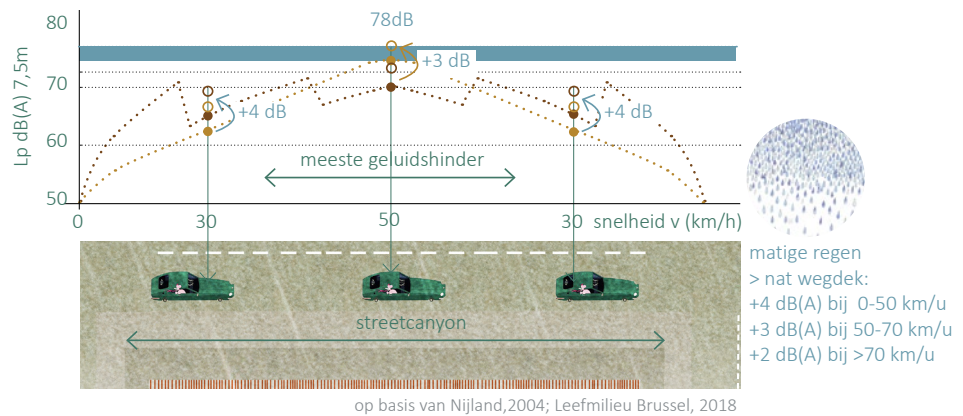
Principe doorrijden straat



Starten tot 30 km/u- doorrijden tot 50 km/u- stoppen vanaf 30 km/u geeft 75 dB(A) op een droge straat met dicht asfalt.

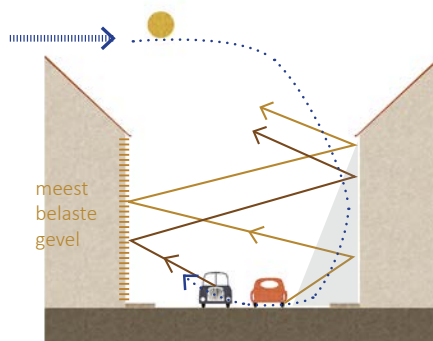
Bovenstaande geïnterpreteerde grafiek geeft de principes van de geluidswerking weer van een auto die door een streetcanyon rijdt (de stippellijn is hierbij indicatief). De hoogste belasting is te vinden in het midden van de street canyon, waar de snelheid het hoogste is. Over de gehele canyon duikt het geluidsniveau nergens onder 40-50 dB.

Invloed van meteorologische omstandigheden: regen



Bij regen vult het wegdek zich met water, met als gevolg dat de geluidsniveaus bij lage snelheden significant stijgen. Hoe meer regen, hoe groter de stijging van het geluidsniveau.

Invloed van meteorologische omstandigheden: wind en temperatuur



wind leidt tot een meest belaste gevel aan de windluwe zijde
geluid in functie van temperatuur: hoe hoger, hoe kouder, hoe groter de afbuiging van het geluid
(mede door de opeenvolging van verschillende luchtlagen)

Meteorologische omstandigheden, en in het bijzonder wind en temperatuur, kunnen een belangrijke rol spelen wanneer de afstand tussen bron en waarnemer meer dan 50 m bedraagt: hoe groter deze afstand, des te groter de mogelijke invloed van de meteo-omstandigheden. Dit is voornamelijk van toepassing bij geluid in een vrij veld, maar kan ook bijdragen op de lengte-richting van een canyon.

De windsnelheid neemt toe met toenemende hoogte. Ten gevolge van deze gradiënt van de windsnelheid worden geluidsgolven die in dezelfde richting van de wind lopen naar het aardoppervlak gebogen en zorgen windafwaarts voor een geluidsdrukverhoging. In het andere geval worden de geluidsgolven van het aardoppervlak weggeleid, wat windopwaarts zorgt voor een geluidsarme “schaduwzone”.

Bij normale meteo-omstandigheden neemt de temperatuur af met stijgende hoogte. Omdat de snelheid van de geluidsgolven afhankelijk is van de temperatuur, worden de geluidsgolven naar boven afgebogen en zorgen voor een verlaging van het geluidsdrukniveau op het aardoppervlak. Bij temperatuursinversie worden de geluidsgolven naar het aardoppervlak toegebogen en wordt daar een verhoging van het geluidsdrukniveau veroorzaakt. Wegens het ontbreken van cijfergegevens wordt dit effect enkel kwalitatief behandeld (Ademloos, 2012; Leefmilieu Brussel, 2005).

Reductiemaatregelen geluid

Basisprincipes reductiestrategieën geluid



Bovenstaande reductiestrategieën voor geluid zijn opgelijst in volgorde van geluidsreductie-efficiëntie, worden onderin beknopt toegelicht, zijn ruimtelijk vormgegeven en samengevat op volgende pagina en worden in volgende hoofding naar kostenefficiëntie gewogen.

1 een ander maar niet gemotoriseerd vervoersmiddel

Het efficiëntste zijn de bronmaatregelen en dus het inzetten op niet-gemotoriseerd verkeer. Dit kan bv. door het ontmoedigen van autogebruik in binnensteden en het fiets- en wandelvriendelijk aanleggen van de publieke ruimte.

2 een elektrisch wagenpark

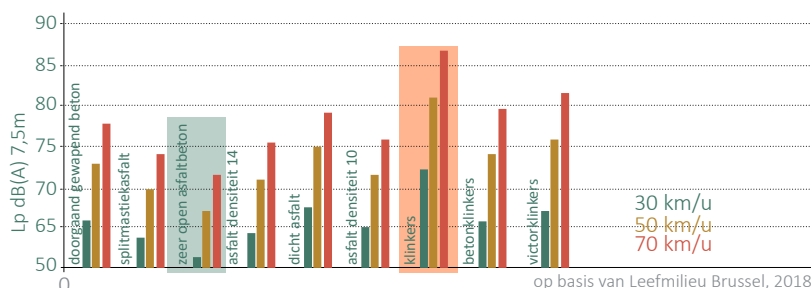
Elektrische wagens - en hybride wagens bij lage snelheden- rijden volledig op de batterij, wat het motorgeluid uitschakelt. Het rolgeluid daarentegen zal steeds een factor blijven.

3 circulatieplannen en mobiliteitsvisie

Het geluidsniveau is afhankelijk van de verkeersintensiteit. Hoe minder verkeer, hoe minder geluidsoverlast. Aangepaste circulatieplannen en een gepaste mobiliteitsvisie kunnen inzetten op minder verkeer in bepaalde delen van steden en gemeentes, of kunnen de verkeersdrukte splitsen in tijd (bv. door specifieke leverings-tijdframes te duiden). Deze aangepaste tijdschema's zijn overdag van belang, maar ook 's avonds en 's nachts, wanneer geluidsoverlast bijdraagt tot slaapstoornissen. Significante verschillen in geluidshinder kunnen ook gemaakt worden door het reduceren van een dubbele rij-richting naar een enkele rij-richting. Reductie van verkeer blijft de efficiëntste parameter.

4 type en detaillering wegdek

Het type en de detaillering van het wegdek zou in functie van de mobiliteitsvisie moeten staan: waar toch meer pae toegelaten worden kan het wegdek maar best een laag geluidsniveau aanhouden. Het geluidsniveau komende van het rolgeluid is afhankelijk van het type wegdek. Zo zijn klinkers met een verschil groter dan 1 cm in hoogte nefast op vlak van geluidshinder en scoort zeer open asfalt beton het beste op vlak van geluid. Dit laatste materiaal is o.a. ook het materiaal dat steeds meer gebruikt wordt om fietspaden mee aan te leggen. Onderstaande tabel geeft weer welke geluidsniveaus behaald worden door welk type wegdek en in functie van de snelheden op 30-50-70 km/u, snelheden die in een stedelijke omgeving verwacht kunnen worden.



Overzicht van type wegdek met bijhorende geluidsniveaus bij 30, 50 en 70 km/uur.

////////////////////////////////////



Oneffenheden (gootjes, dremfels, naden, ...) in het asfalt dwars op de rijrichting zijn zo veel mogelijk te vermijden, tenzij ze nodig zijn voor rijveiligheid i.f.v. baanvastheid.



Kies voor een doorgewapend continue asfaltweg ipv voor een basis van platenbeton. De voeg tussen de platen veroorzaakt geluidshinder.



Klinkers zijn geschikt voor straten waar de snelheid van voertuigen erg laag is. Visgraat en keperverbanden hebben uit akoestisch standpunt de voorkeur, daar ze toelaten dat het rolgeluid diagonaal dissipeert.



Te hanteren vuistregels voor klinkers

- voegdikte < 8 mm dwars op rijrichting
< 12 mm diagonaal
- afstand tussen voegen > 150 mm
- aantal < 36 stenen/m²: rechthoekige stenen
< 39 stenen/m²: gevormde stenen
- oneffenheden: amplitudes < 1 cm

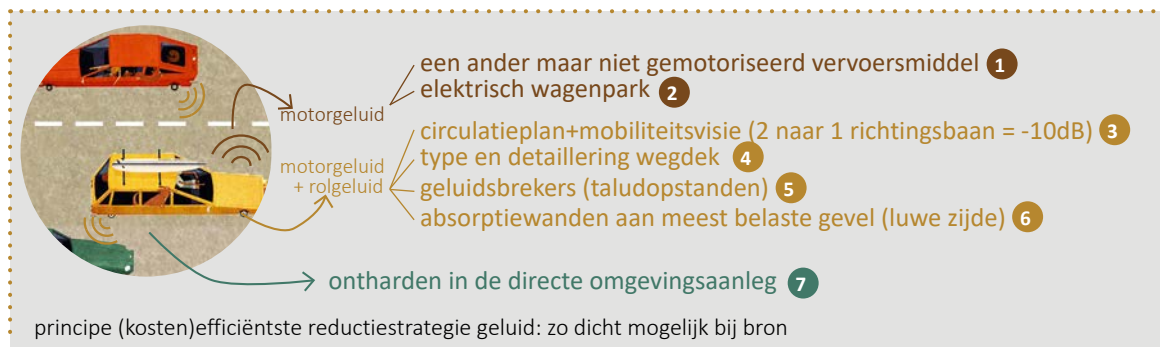


Putdeksels, riooldeksels, verluchtingsroosters van het openbaar vervoer, ... verdienen extra aandacht bij inplanting. Detailleer ze zoveel mogelijk tussen de wielassen, of van de rijweg af. Let hierbij wel dat de fietspaden ook nog een vlak wegdek hebben.



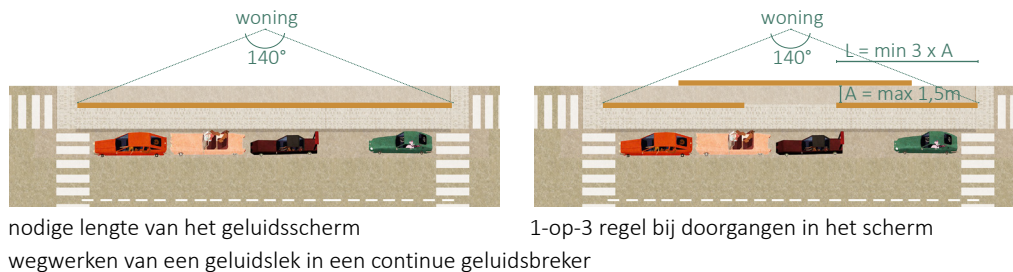
Ook de aanleg van kruispunten dient de nodige aandacht. Zo zorgen bv. riooldeksels, gootjes, afwateringen en technische infrastructuur in het midden van een kruispunt voor erg grote geluidshinder. Conversie van een kruispunt naar een rond punt kan een continu verkeer verzekeren, wat de geluidshinder ook doet dalen. Hierbij wel de kritische noot dat dit wegens plaatsgebrek moeilijk te realiseren is in street canyons.





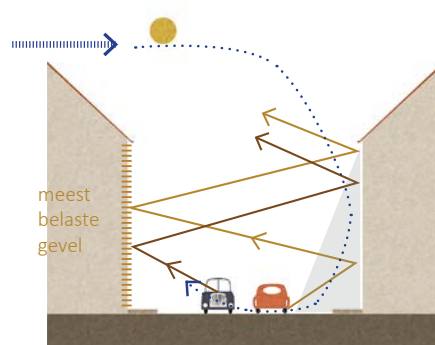
5 geluidsbrekers en taludopstanden op straat

Het rolgeluid kan kort bij de bron gebroken worden door het inzetten van opstanden en taluds op straat. De minimale hoogte hiervoor is 50 cm om de eerste geluidsgolf afkomstig van de wielen op te vangen. Randen in opstand aan pleinen (verhard of onverhard) zijn hier erg efficiënt voor. Ook hagen in de langse richting van de straat hebben hetzelfde effect. Belangrijk is wel dat de opstanden continu gedetailleerd worden zodat er geen lek kan ontstaan waar het geluidsniveau plaatselijk stijgt. Ook continu straatmeubilair zoals straatbanken met juist gedimensioneerde opstand kunnen hierin een rol spelen.



6 absorptiewanden aan de meest belaste of luwe zijde

Wind buigt geluidgolven in een street canyon af. Hierdoor wordt de luwe zijde het meeste belast. Geluid-absorptie op deze zijde kan dus een significant verschil in geluidsoverlast maken. Een groengevel, met alle mogelijke varianten en detailleringen, wordt hiervoor vaak ingezet, maar ook hoogtechnologische ontwikkelingen vinden hun weg. Zo zijn er gecombineerde lucht- en geluidschermen op de markt die het fijnstof opvangen en doen neerslaan en tegelijkertijd inzetten op een geluidsluwe gevel door specifieke perforatie of door een combinatie met beplanting.



7 ontharden in de directe omgeving

Ontharden is in het algemeen een goede strategie voor geluidsreductie daar poreuze materialen voor diffractie van de geluidsgolven zorgen. Groene spoorbermen, lage beplanting tussen voetpad en woongebouw, ... zijn kleine maar zinvolle ingrepen.

noot bij reductiemaatregelengeluid: geluidsreducties hoger dan 15 dB blijken in de praktijk moeilijk haalbaar en vragen om buitengewone afmetingen en maatregelen.

Kostenefficiëntie geluidsmaatregelen



Kostenefficiëntie type wegdek

APT-C asfaltbeton met prestatie-eisen 4cm referentie dB 9,5 €/m ²	→	ZOAB zeer open asfalt beton 6,8 €/m ²	=	↑ +2 dB ↓ -2,7 €/m ²
	→	SMA splitmastiekasfalt 6,6 €/m ²	=	↓ -2 dB ↓ -2,9 €/m ²
	→	cementbeton - doorgaand gewapend beton 50 €/m ²	=	↑ +1,2 dB ↑ 40,5 €/m ²
	→	cementbeton - platenbeton 40 €/m ²	=	↑ +3 dB ↑ 30,5 €/m ²
	→	betonstraatstenen 24 €/m ²	=	↑ +1,9 dB ↑ 14,5 €/m ²
	→	kasseien 44 €/m ²	=	↑ +8,2 dB ↑ 34,5 €/m ²

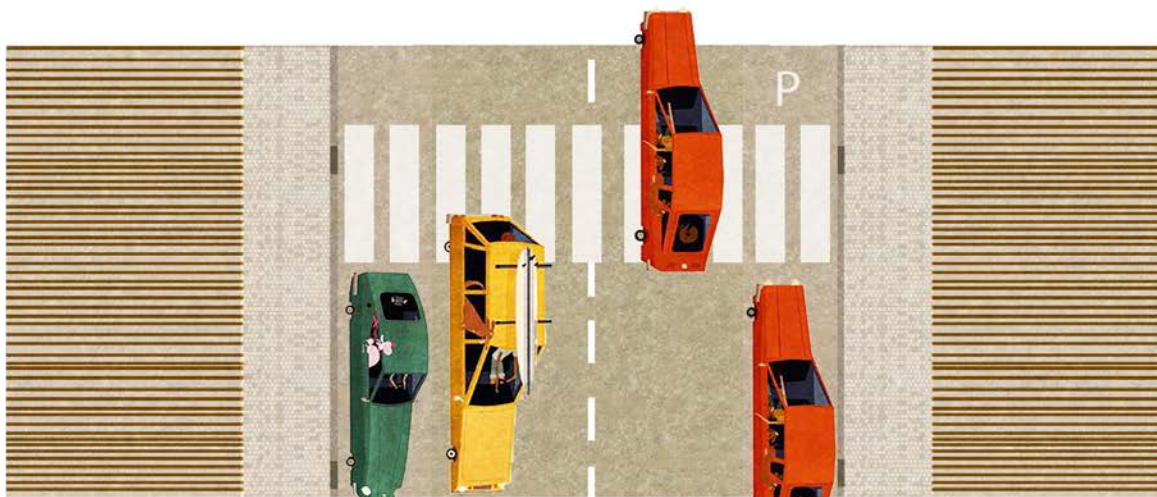
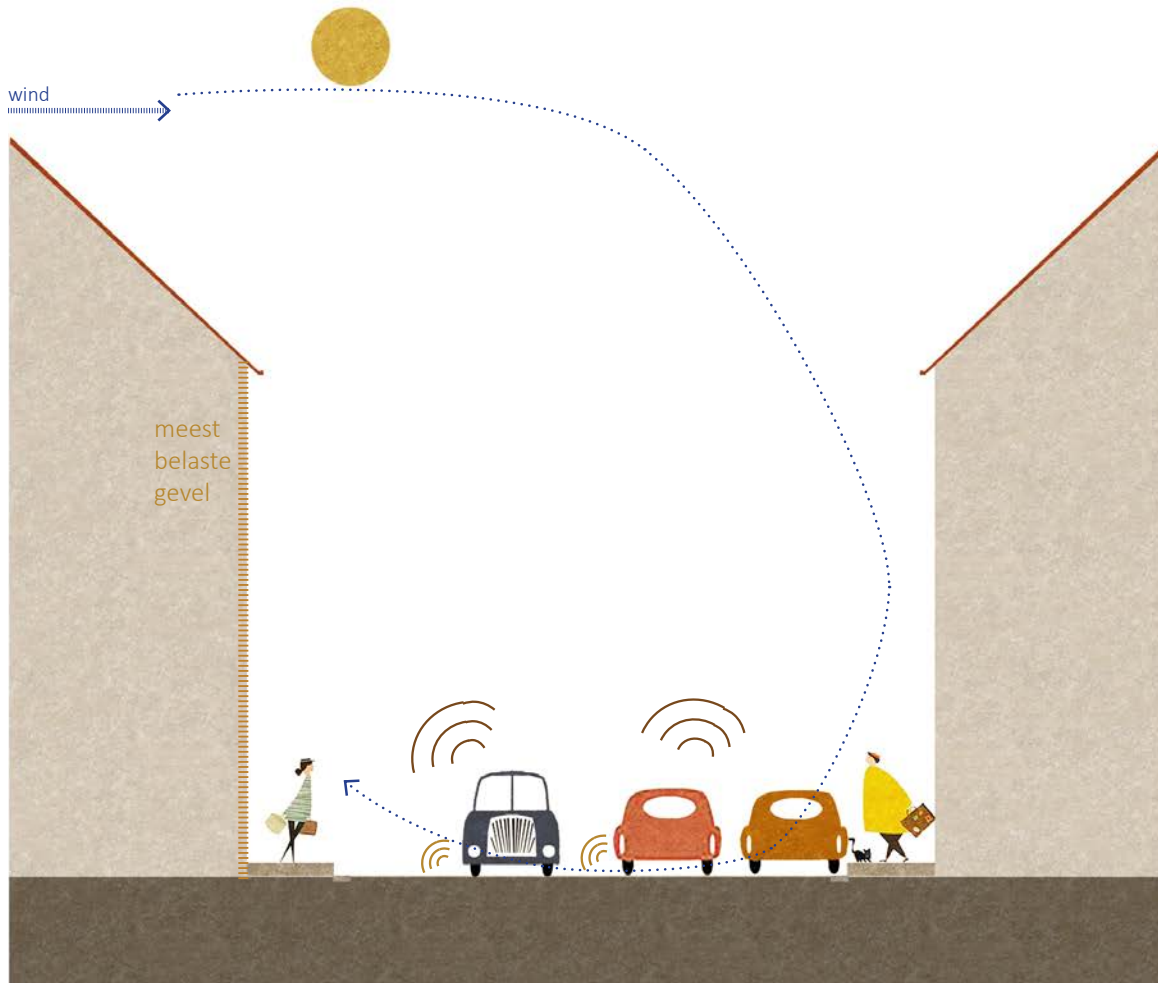
(AWV, 2010)

Het becijferen van de kostenefficiëntie van maatregelen ter reductie van verkeerslawaaï in stedelijke omgevingen kan zich tot op heden enkel baseren op de reductiestrategieën die becijferd kunnen worden vanuit rol- en motorgeluid waar de waarden gekend zijn. Eens het beleid ingezet heeft op verkeersluwe zones, en ook het type wagenpark overgeschakeld is op elektrisch rijden, rest enkel het type wegdek als laatste grote speler bij te sturen. Bovenstaande types wegdek en hun geluidsniveau zijn op efficiëntie naast elkaar uitgezet en becijferd.

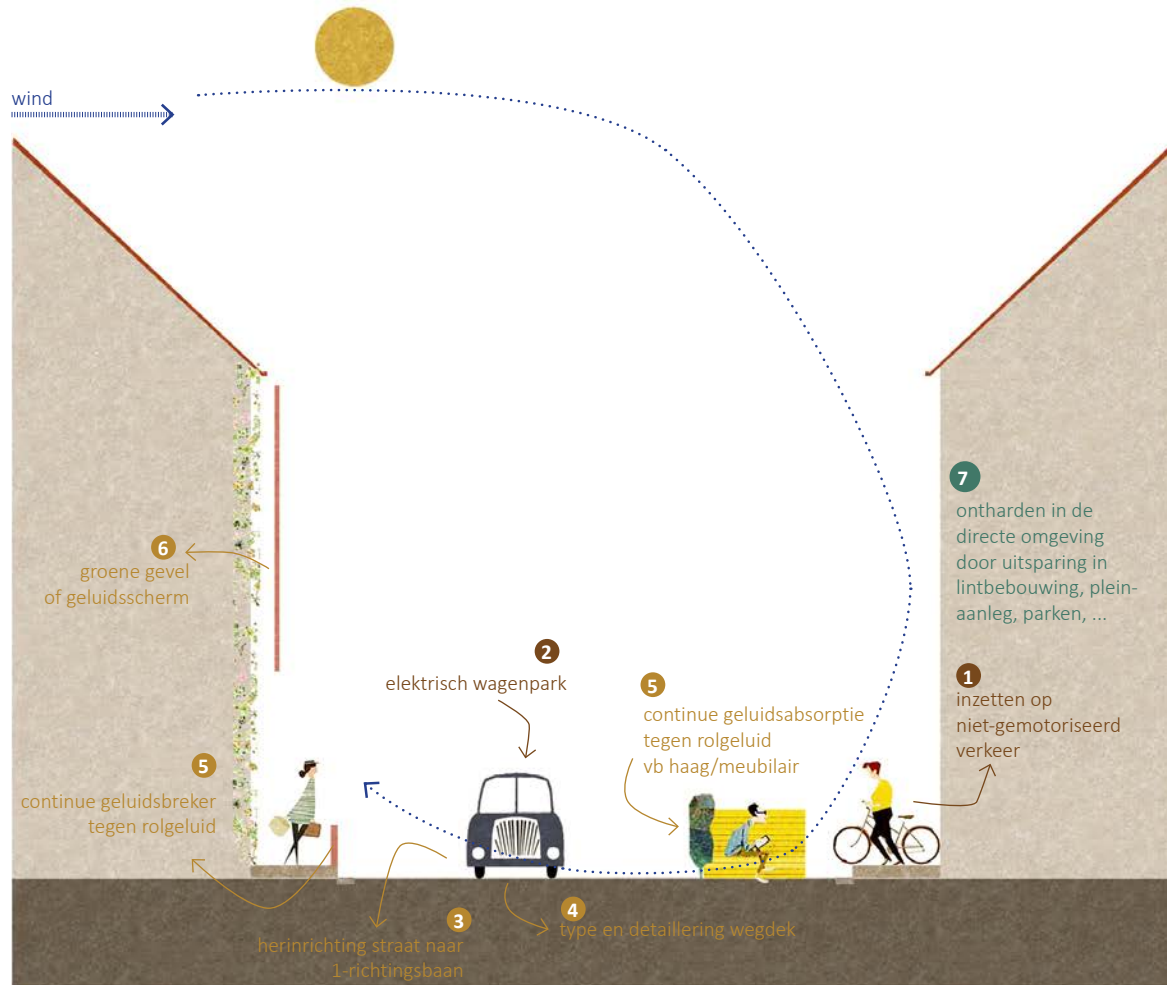
Voor hagen en het inzetten van groen ontbreekt het in de literatuur aan exact becijferde proefopstellingen. Deze studie beperkt zich dus noodzakelijkerwijze tot het becijferen van de kostenefficiëntie van het wegdek.

////////////////////////////////////

Overzicht ruimtelijke reductiestrategieën geluid



Street canyon & geluid: huidige situatie



Street canyon & geluid: meer ideale inrichting NA toepassing maatregelen geluid



Geluidspaspoorten Stratencusters

Geluidspaspoort omgeving case Universiteitsbuurt



geluidsniveau L_{den} (dB)

— 75 dB
— 70 dB
— 65 dB
— 60 dB
— 55 dB

Geopunt geeft de strategische geluidsbelastingskaart van 2016 voor wegverkeer met meer dan 3 miljoen voertuigpassages per jaar volgens RL 2002/49/EG, samen met impact aanvullende wegen. Op de geluidskaart wordt aangegeven aan hoeveel geluid (in L_{den}) de omgeving wordt blootgesteld. Het L_{den} -niveau is een gewogen jaargemiddeld geluidsdrukniveau over het etmaal waarbij de avond- en nachtniveaus relatief gezien zwaarder doorwegen, wat overeenkomt met de vaststelling dat geluidsoverlast 's avonds en 's nachts doorgaans als hinderlijker wordt ervaren. Let op: enkel de gewestwegen zijn gemeten: andere straten bevatten geen data.

$L_{den, verkeer}$ < 53 dB hogere waarden hebben negatieve invloed op gezondheid

$L_{night, verkeer}$ < 45 dB hogere waarden hebben negatieve invloed op slaap

Richtlijn 2018 WHO- geluidshinder

Geluidspaspoort omgeving case Oud Berchem



geluidsniveau L_{den} (dB)

- 75 dB
- 70 dB
- 65 dB
- 60 dB
- 55 dB

Geluidspaspoort omgeving case Deurne



geluidsniveau L_{den} (dB)

- 75 dB
- 70 dB
- 65 dB
- 60 dB
- 55 dB

Geopunt geeft de strategische geluidsbelastingskaart van 2016 voor wegverkeer met meer dan 3 miljoen voertuigpassages per jaar volgens RL 2002/49/EG, samen met impact aanvullende wegen. Op de geluidskaart wordt aangegeven aan hoeveel geluid (in L_{den}) de omgeving wordt blootgesteld. Het L_{den} -niveau is een gewogen jaargemiddeld geluidsdrumniveau over het etmaal waarbij de avond- en nachtniveaus relatief gezien zwaarder doorwegen, wat overeenkomt met de vaststelling dat geluidsoverlast 's avonds en 's nachts doorgaans als hinderlijker wordt ervaren. Let op: enkel de gewestwegen zijn gemeten: andere straten bevatten geen data.

$L_{den, verkeer} < 53$ dB hogere waarden hebben negatieve invloed op gezondheid
 $L_{night, verkeer} < 45$ dB hogere waarden hebben negatieve invloed op slaap

Richtlijn 2018 WHO- geluidshinder

Geluidspaspoort omgeving case Ekeren



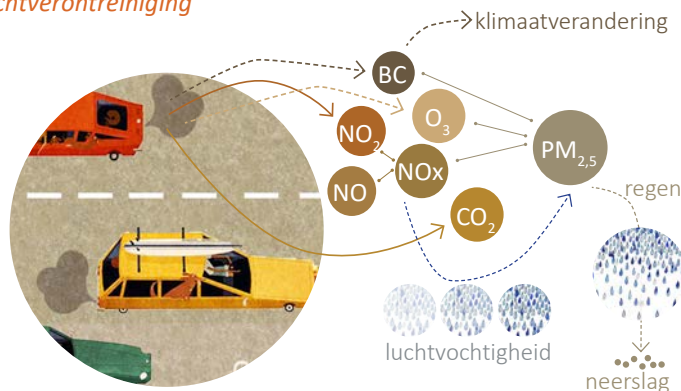
geluidsniveau L_{den} (dB)

- 75 dB
- 70 dB
- 65 dB
- 60 dB
- 55 dB

Lucht

Weringsprincipes op straat

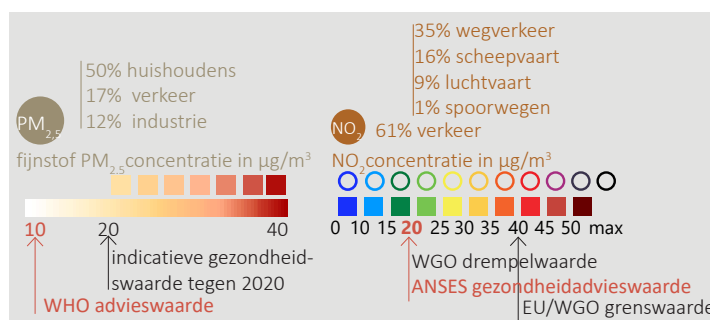
Basisprincipes luchtverontreiniging



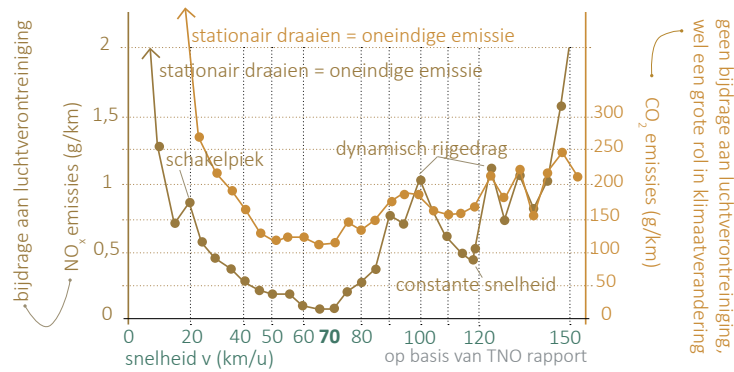
Uitlaatgassen en een aantal van de belangrijkste polluenten. Vorming van fijnstof is afhankelijk van de luchtvochtigheid, en bij regen slaat fijnstof neer. Black Carbon (of roet) is een van de grootste stimulanten in de klimaatverandering.

- PM₁₀ Particulate Matter 10 of fijnstof met diameter kleiner of gelijk aan 10 micrometer
- PM_{2,5} Particulate Matter 2,5 of fijnstof met diameter kleiner of gelijk aan 2,5 micrometer
- NO_x verzamelnaam voor de stikstofoxiden
- NO stikstofmonoxide
- NO₂ stikstofdioxide
- BC Black Carbon of zwarte koolstof, beter gekend als roet
- O₃ ozon
- CO₂ koolstofdioxide (geen fijnstof)
- CO koolstofmonoxide (geen deel van fijnstof)

PM_{2,5} Fijnstof is de naam voor alle particulate matter (stofdeeltjes) met een diameter gelijk aan of kleiner dan 10 micrometer, kortweg PM₁₀ genoemd. Voor deze studie wordt enkel naar PM_{2,5} gekeken, daar het die fractie fijnstof is die het schadelijkst is voor de mens (hoe kleiner de deeltjes, hoe dieper ze kunnen doordringen in de longen). Het is tevens de fractie die voor het grootste deel ontstaat door het menselijk handelen. De grootste massafractie in PM_{2,5} is afkomstig van (secundaire) ammoniumzouten, afkomstig van stikstof(mon)oxiden (NO) van verkeer, ammoniak (NH₃) uit o.a. de bio-industrie, en stikstofdioxide SO₂. Er bestaat geen veilige waarde voor PM_{2,5} waaronder absolute bescherming van de gezondheid kan gegarandeerd worden. Evenwel is het zo dat als het PM_{2,5}-jaargemiddelde zou dalen van 16 µg/m³ (2010) tot de gezondheidsrichtwaarde van 10 µg/m³ zoals vooropgesteld door de WHO (WHO, 2016) en het visionair scenario van de Milieuverkenning 2030, kan één vierde van de DALY's (of 24 756 DALY's) vermeden worden (MIRA, 2015).

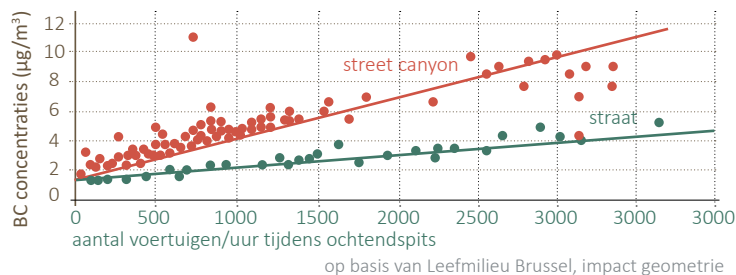


Fijnstof en haar componenten met regelgeving EU. NO₂ en haar componenten met WHO en ANSES waarden. Voor NO₂ stelt ANSES een gezondheidsadvieswaarde van 20 µg/m³.



NO_x en CO₂ emissies voor een personenwagen in functie van de snelheid. Lage en hoge snelheden hebben een hoge uitstoot; bij een snelheid van 70 km/uur is de uitstoot het laagste

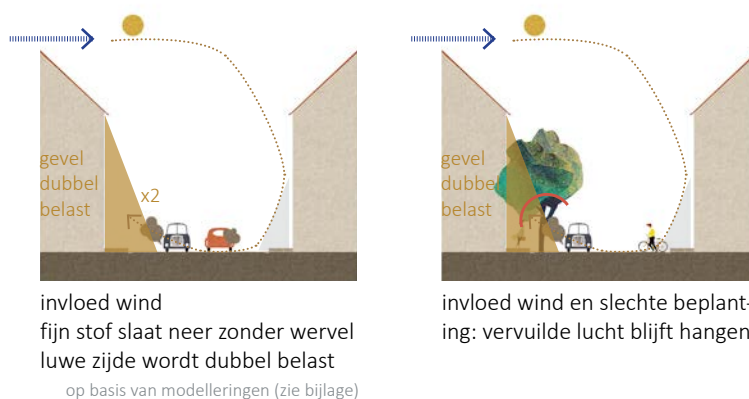
- NO₂** NO₂ is een gas dat in de atmosfeer terecht komt bij allerlei verbrandingsprocessen, zoals bijvoorbeeld in de motor van een auto, in verwarmingsketels, in de industrie of in elektriciteitscentrales. NO₂ is een goede indicator voor luchtverontreiniging door het verkeer. 61% van de NO₂ uitstoot in Vlaanderen is afkomstig van het gemotoriseerd verkeer: 35% van het wegverkeer, 16% van de scheepvaart, 9% van de luchtvaart en 1% van spoorwegen. Verder draagt NO₂ ook bij aan de productie van fijnstof en ozon (O₃) in de atmosfeer, stoffen die schadelijk zijn voor mens en natuur (VMM, 2018)
- Bovenstaande grafiek plot de NO_x emissies in functie van de snelheid van een wagen. Een personenwagen stoot heeft in zijn lage snelheden en bij stationair draaien de hoogste emissies. Bij het schakelen vertoont de grafiek een piek, en rond de 70 km/uur is de uitstoot van een personenwagen het laagst. Bij hoge maar constante snelheden zakken de NO_x emissies opnieuw.



BC concentraties stijgen proportioneel ifv de verkeersintensiteit in een street canyon en in een gewone luchtgespoelde straat.

- BC** Black Carbon of zwarte koolstof, beter gekend als roet, is een fractie fijnstof die de verkeersgerelateerde luchtverontreiniging duidt. Ze is tevens de tweede grootste climate forcer: door haar zwarte kleur heeft ze een laag albedo (maw. een lagere capaciteit tot reflectie en een hogere capaciteit tot absorptie van zonlicht) en daalt de reflectiviteit van wolken, de ijskappen, ... wat voor opwarming zorgt. In het algemeen hanteert men ikv klimaatverandering ook 2 actietermijnen: CO₂-reductie is gericht is op lange termijn en globale aanpak en BC-reductie is gericht op korte termijn en lokale aanpak.
- BC is als kankerverwekkend bestempeld door het WHO. De concentraties BC stijgen proportioneel in functie van de verkeersintensiteit; voor open straten is deze stijging in de grootteorde van 0,5 µg/m³ per toename van 1000 voertuigen/uur. In straten afgeboord met een hoge bebouwing bedraagt de concentratiestijging 2 µg/m³ voor eenzelfde verkeerstoename. Kortweg zijn de black carbon concentraties dus gemiddeld 2 tot 3 keer hoger in een street canyon dan in een open straat.

Basisprincipes bewegingsinvloeden luchtverontreiniging

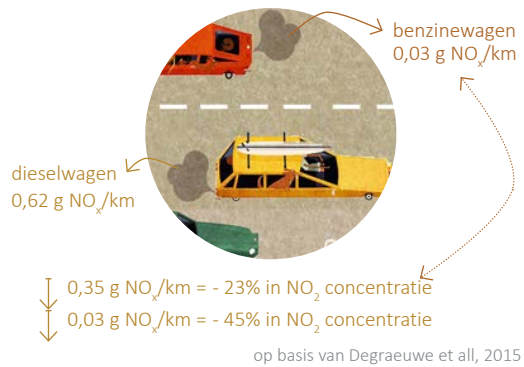
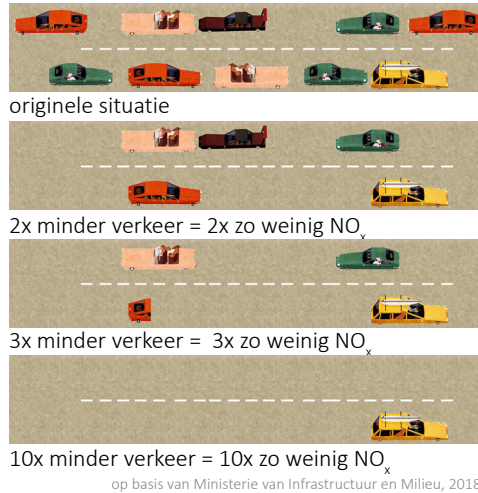


Windwerking in de street canyon zorgt ervoor dat vervuilde lucht met de windwervel mee neerslaat tegen de windluwe zijde. Modelleringen tonen aan dat deze zijde dubbel belast wordt tegenover de windwaartse zijde. Specifiek voor black carbon geven metingen aan dat de concentraties gemiddeld 20 tot 40% hoger liggen op het voetpad aan de luwe kant dan op het voetpad aan de windwaartse kant.

Ook is het zo dat op plekken waar er geen windspoeling is of waar beplanting de windwervel verhindert, de vervuilde lucht blijft hangen: slecht gelocaliseerde bomen bij parkeerplaatsen zijn hier een goed voorbeeld van, daar ze een paraplu vormen voor de emissies bij het starten van de auto.

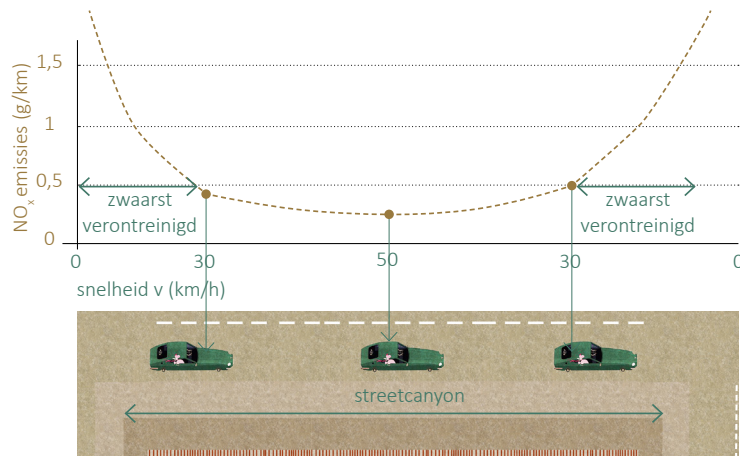
Cijferwerk

Invloed van verkeersintensiteit en type wagen



Op vlak van verkeersintensiteiten is de stikstofuitstoot evenredig met de hoeveelheid verkeer. Wel is de uitstoot afhankelijk van het type wagen. Zo kan de gemiddelde NO₂ concentratie op een invalsweg naar de stad gereduceerd worden met 23% als Diesel-auto's 0.35 g NO_x/km ipv de huidige 0.62 g NO_x/km zouden uitstoten. Verder reductie tot 45% is mogelijk als de emissie verder daalt tot 0.03 g NO_x/km. Let wel: ook benzinewagens met een uitstoot van 0,03g zijn nog steeds vervuילend!

Principe doorrijden straat



NO_x emissies zijn het hoogste bij start/stop bewegingen (kruispunten, hindernissen,...) en lage snelheden. Kruispunten en straateindes zijn bijgevolg het zwaarst belast.

Wanneer een wagen de straat doorrijdt, start die aan een lage snelheid en dus met een erg hoge emissie. Stel dat de wagen niet geremd wordt, dan kan hij optrekken tot een snelheid van ongeveer 50 km/uur, waarbij hij -met uitzondering van de schakelpieken- een lagere emissie gaat uitstoten. Tegen het einde van de straat vertraagt de wagen weer, waar hij vervolgens tot stilstand komt bij het voetpad of het kruispunt. De zwaarst verontreinigde delen van de straat bevinden zich dus op de koppen of bij obstakels.

////////////////////////////////////

Invloed van verkeersremmers op emissies

		FC l/100km	CO ₂ g/km	CO l/100km	HC g/km	NO _x l/100km	PM g/km
snelheidsdrempel	benzine	+45%	-	-	+25%	+55%	-
	diesel	+55%	-	-	+ 25%	+75%	+75%
zone 30	benzine	-10%	-	-	-65%	-50%	-
	diesel	-10%	-	-	-	-	-35%
groene golf	benzine	-20%	-80%	-75%	-40%	-35%	-
	diesel	-20%	-	-	-40%	-35%	-
rotonde	benzine	+10%	-60%	-	-	-	-
	diesel	-	-	-	-	-	-

op basis van (LNE, 2003)

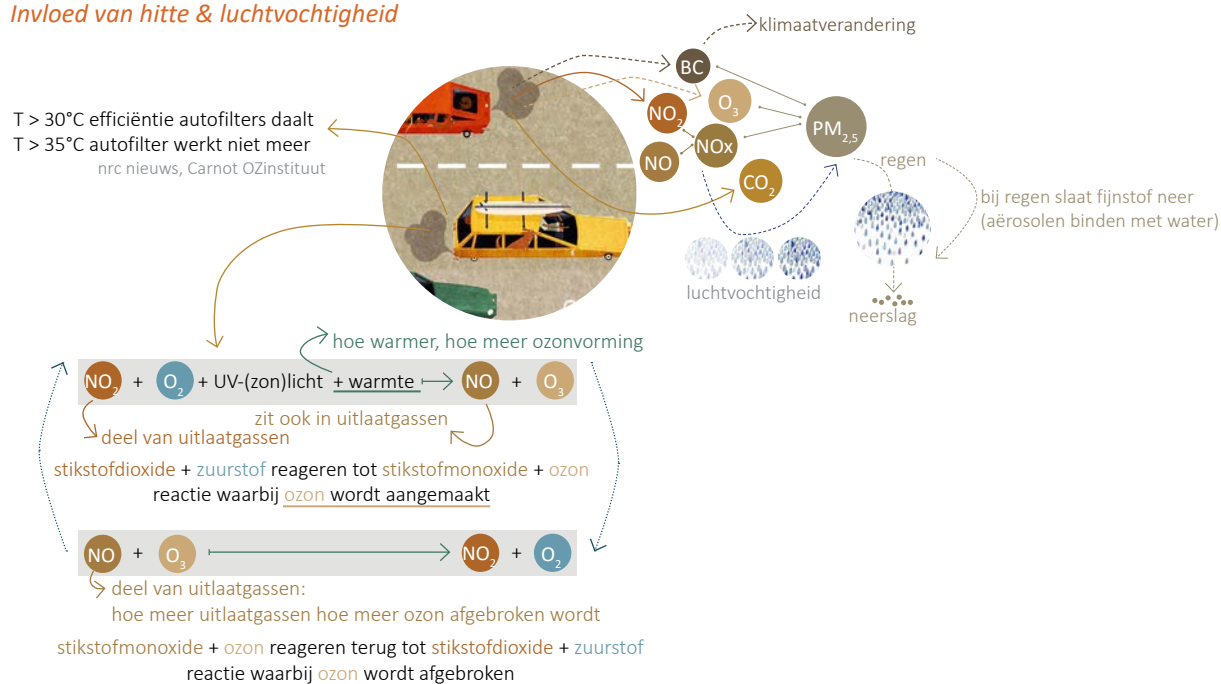
Samenvatting van de invloed van verkeerstechnische maatregelen op voertuigemissies en brandstofverbruik.

noot: recenter studiewerk "onderzoek naar aanbevelingen rond milieuvriendelijke weginrichting"

De emissie-grafiek geeft aan dat bij lage snelheden de uitstoot stijgt. Bovenstaand tabelletje vult de grafiek aan door stijgingen en dalingen te noteren in emissie per verkeersremmende maatregel. Een snelheidsdrempel gaat tot 75% meer NO_x uitstoot en tot 55% meer CO₂ uitstoot met zich meebrengen. Het is dus van het grootste belang de straat correct in te richten om de luchtkwaliteit te verbeteren. Het inrichten van een zone 30 geeft wel positieve resultaten voor de emissies; dit komt doordat een continue snelheid verzekerd wordt die net buiten hoge emissiezone op de grafiek (zie pagina 39 bovenaan) ligt en bovendien de meeste schakelpieken wegwerkt.

Let wel: de maatregelen voor een continu en onverhinderd gemotoriseerd verkeer zijn ondergeschikt aan de voorrang van de voetganger.

Invloed van hitte & luchtvochtigheid



op basis van website leefmilieu brussel/luchtkwaliteit; website irlceline punt 7

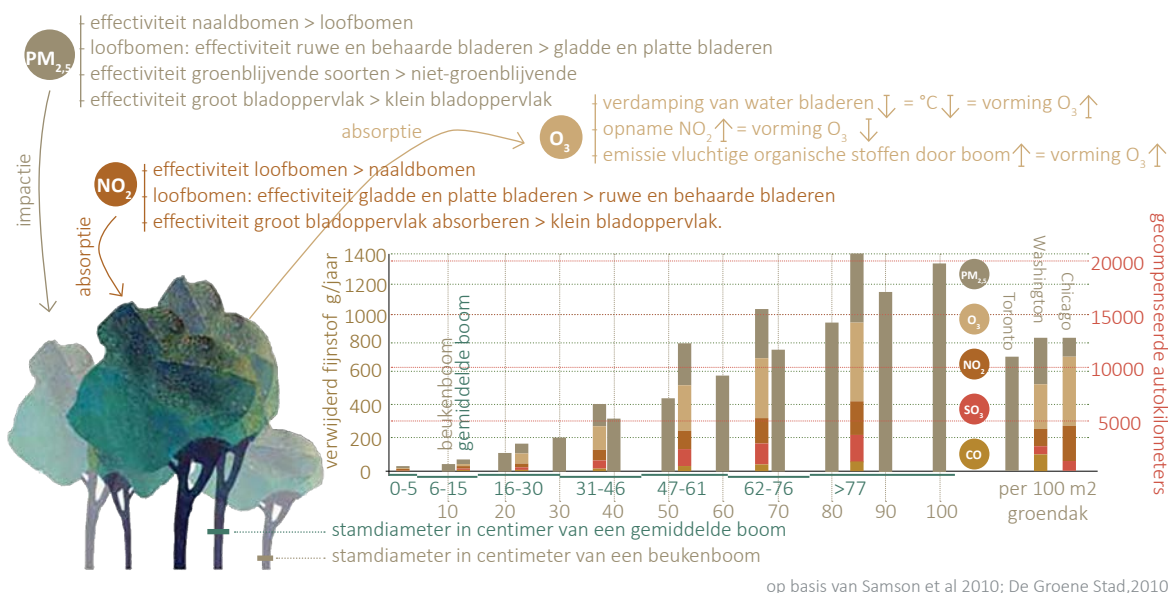
In de uitlaatgassen zitten tegelijk gassen die ozon produceren (stikstofdioxiden – NO₂) én afbreken (stikstofmonoxide - NO). Als het verkeer stilvalt, merkt men meteen een verandering in de concentratieniveaus: er zit dan minder NO dan NO₂ in de omgevingslucht, met als gevolg dat er minder ozon wordt afgebroken dan geproduceerd. Zodra het verkeer weer op gang komt, stijgt de NO-concentratie en dat veroorzaakt een belangrijke daling van de hoeveelheid ozon in de lucht.

Dit bewijst dat noodmaatregelen – zoals het stilleggen van het verkeer tijdens een ozonpiek met de bedoeling om de ozon te doen dalen – op korte termijn contraproductief werken. Als we ozonpieken in de zomer willen vermijden, is het nodig om structurele maatregelen te nemen en de uitstoot van NO_x aan de bron en op lange termijn in te dijken.

Dit verklaart ook waarom er op het platteland meer ozonvervuiling is dan in de stad (IRCEL, 2018).

4 vergroenen en beplanten

Het vergroenen en beplanten - met behoud van windspoeling - van verharde streetcanyons en stedelijke omgevingen in het algemeen is een erg efficiënte maatregel ten voordele van de luchtkwaliteit. Onderstaande berekeningen geven inzicht in grootte-orde gezuiverde lucht in functie van type boom, stamdiameter, doorwortelde ruimte en kroonprojectie. Het plaatsen van continue hagen langs de rijbaan zorgt tevens voor directe opvang van het fijnstof.



Verwijderd fijn stof per jaar in relatie tot stamdiameter van een beuk en een gemiddelde boom met bijhorende gecompenseerde autokilometers. Relatie loof/naald bomen en hun capaciteit tot luchtzuivering: naaldbomen of kleinbladige loofbomen scoren het beste omwille van grotere oppervlakte om fijnstof aan te laten adsorberen.

Bovenstaande infografic plot het verwijderd fijnstof in gram per jaar in functie van de stamdiameter van een gemiddelde boom. In het rood zet de infografic tevens de gecompenseerde autokilometers uit. Een boom met stamdiameter 16-30 centimeter kan dus tot 300 gram fijnstof per jaar uit de lucht halen, en compenseert daarmee 5000 gereden autokilometers. Voor een beuk is de berekening specifiek gemaakt en kan er per pollutant nagegaan worden welke fractie gezuiverd wordt. De grafiek wijst ook op het feit dat 1 beukenboom met stamdiameter 50 evenveel lucht zuivert als 100 vierkante meter groendak in Chicago. Het is overduidelijk dat bomen winnen in efficiëntie. Let wel: het aantal kilometers dat per jaar doorheen een straat gereden wordt, ligt nog steeds tientallen malen hoger dan de gecompenseerde kilometers per jaar die een boom kan zuiveren. Bomen zijn efficiënt, maar uitstoot aan de bron reduceren blijft de meest succesvolle maatregel. Onderstaande tabellen geven een overzicht van type beplanting en plussen waar de types significant op zuiveren.



HEESTERS		PM ₁₀	NO ₂	NO	O ₃	emissie VOS
<i>Amelanchier lamarckii</i>	Krentenboompje	+	+		+	
<i>Berberis xfrickartii</i>	Zuurbes Amstelveen	++	++		++	++
<i>Chaenomeles</i>	Dwergkwee	+	++		++	
<i>Corylus colurna</i>	Boomhazelaar	++	+++		+++	
<i>Euonymus (bladverl.)</i>	Kardinaalsmuts	+	+++		+++	
<i>Euonymus (bladhoud.)</i>	Kardinaalsmuts	++	+		+	
<i>Hedera</i>	Klimop	++	++		++	
<i>Ilex xmeserveae</i>	Blauwe hulst	++	+		+	
<i>Lonicera (bladverl.)</i>	Struikkamperfoelie	+	+			
<i>Lonicera (bladhoud.)</i>	Struikkamperfoelie	++	++		++	
<i>Mahonia</i>	Mahoniestruik	++	++		++	+++
<i>Potentilla fruticosa</i>	Struikganzerik	++	++		++	+
<i>Rosa</i>	Stamroos	++	++		++	
<i>Spiraea</i>	Spierstruik	+	++		++	+



HAGEN		PM ₁₀	NO ₂	NO	O ₃	emissie VOS
<i>Carpinus betulus</i>	Haagbeuk	++	+++	+++	+++	+
<i>Fagus</i>	Beukenhaag	++	+++	+++	+++	
<i>Ligustrum</i>	Ligusterhaag	++	+++	+++	+++	



KLIPLANTEN		PM ₁₀	NO ₂	NO	O ₃	emissie VOS
<i>Clematis</i>	Clematis	+	+	+	+	
<i>Fallopia</i>	Bruidssluier	+	+++	+++	+++	
<i>Hedera</i>	Klimop	+++	+	+	+	
<i>Lonicera</i>	Kamperfoelie	+	++	++	++	
<i>Parthenocissus</i>	Wilde wingerd	+	++	++	++	
<i>Pyracantha</i>	Vuurdoorn	++	+++	+++	+++	
<i>Rosa</i>	Klimroos	++	++	++	++	+
<i>Wisteria</i>	Blauwe regen	+	++	++	++	



NAALDBOMEN		PM ₁₀	NO ₂	NO	O ₃	emissie VOS
<i>Ginkgo bilboa</i>	Japanse notenboom	+	+++	+++	+++	+
<i>Metasequoia glyptostroboides</i>	Chinese moerascipres	+++	+	+	+	+
<i>Pinus nigra</i>	Oostenrijkse den	+++	+	+	+	+
<i>Pinus sylvestris</i>	Grove den	+++	+	+	+	+
<i>Taxus</i>	Venijnboom	+++	+	+	+	+

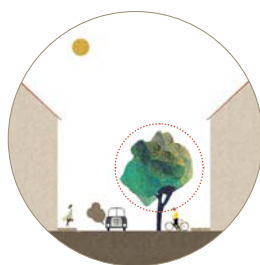


LOOFBOMEN		PM ₁₀	NO ₂	NO	O ₃	emissie VOS
<i>Acer platanoides</i>	Noorse esdoorn	+	+++	+++	+++	
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Gewone esdoorn	+	+++	+++	+++	
<i>Aesculus</i>	Paardenkastanje	++	+++	+++	+++	
<i>Ailanthus altissima</i>	Hemelboom	+	+++	+++	+++	+
<i>Alnus cordata</i>	Hartbladige els	+	+++	+++	+++	
<i>Alnus glutinosa</i>	Zwarte els	+	+++	+++	+++	
<i>Alnus xspaethii</i>	Els	++	+++	+++	+++	
<i>Betula ermanii</i>	Goudberk	++	+++	+++	+++	+
<i>Betula nigra</i>	Zwarte berk	++	+++	+++	+++	+
<i>Betula pendula</i>	Ruwe berk	++	+++	+++	+++	+
<i>Betula utilis</i>	Witte himalayaberk	++	+++	+++	+++	+
<i>Carpinus betulus</i>	Haagbeuk	++	+++	+++	+++	+
<i>Crataegus xpersimilis</i>	Pruimbladige meidoorn	+	+++	+++	+++	
<i>Fagus sylvatica</i>	Beukenhaag	++	+++	+++	+++	
<i>Fraxinus angustifolia</i>	Smalbladige es	+	+++	+++	+++	
<i>Fraxinus excelsior</i>	Gewone es	+	+++	+++	+++	
<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	Zachte es	+	+++	+++	+++	
<i>Fraxinus ornus</i>	Pluimes	++	+++	+++	+++	
<i>Gleditsia triacanthos</i>	Valse christusdoorn	++	+++	+++	+++	
<i>Koelreuteria paniculata</i>	Blaasjesboom	+	+++	+++	+++	+++
<i>Liquidambar styraciflua</i>	Amberboom	++	+++	+++	+++	+++
<i>Liriodendron tulipifera</i>	Amerikaanse tulpenboom	+	+++	+++	+++	+++
<i>Magnolia kobus</i>	Beverboom	+	++	++	++	
<i>Malus</i>	Appelboom	++	+++	+++	+++	+
<i>Parrotia persica</i>	Perzisch ijzerhout	++	+	+	+	
<i>Platanus xhispanica</i>	Plataan	++	+++	+++	+++	+++
<i>Populus</i>	Populier	++	+++	+++	+++	+++
<i>Prunus</i>	Perzikboom	++	+++	+++	+++	
<i>Pyrus calleryana</i>	Sierpeer	+	+++	+++	+++	
<i>Quercus palustris</i>	Moeraseik	++	+++	+++	+++	+++
<i>Quercus robur</i>	Zomereik	+	+++	+++	+++	+++
<i>Salix alba</i>	Schietwilg	++	+++	+++	+++	+++
<i>Sophora japonica</i>	Honingboom	++	+++	+++	+++	
<i>Sorbus</i>	Lijsterbes	++	+++	+++	+++	+
<i>Tilia cordata</i>	Winterlinde	++	+++	+++	+++	+
<i>Tilia europaea</i>	Hollandse linde	+	+++	+++	+++	+
<i>Ulmus</i>	Iep	++	+++	+++	+++	+

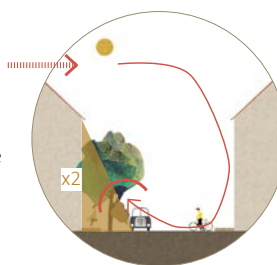
op basis van Samson et al 2010; Takahashi ea 2005; Donovan ea 2005; Stewart, Hewitt 2002; Nowak ea 2002



Het aanplanten van groen is enkel voordelig voor de luchtkwaliteit als het op een correcte manier gebeurt en ten aller tijde windspoeling blijft garanderen. Onderstaande figuren duiden een aantal vuistregels.



De kruin van de boom kan best vervuilde lucht kan doorlaten bij > 50% optische porositeit.



Plaats de boom zo dat hij de windsnelheid dichtbij de bron niet te veel dempt (het zogeheten groene tunnel effect). Hierdoor verhogen de luchtvervuilingsconcentraties lokaal. Plaats om diezelfde reden ook geen bomen bij parkeerplaatsen.



Combineer bomen met een ondergroei van kruidachtigen en struiken om effectief blad te hebben op de verschillende niveaus.



Bomen met een warrige takstructuur leveren een bijdrage aan de opname van fijnstof, ook indien er geen blad aan de boom zit.

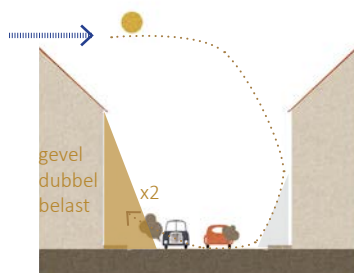


Plant zo veel mogelijk aan in functie van het programma van de stad: intensiever bij scholen, bejaardentehuizen, ziekenhuizen, ... Het zijn de druk bevolkte plekken die de grootste winst halen uit de door de bomen gezuiverde lucht.

op basis van Samson et al, 2010; De Groene Stad, 2010

5 absorptie op minst belaste gevel

Door windspoeling slaat fijnstof neer tegen de luwe zijde, die zo dubbel belast wordt. Dit kan vermeden worden door het fijnstof uit de lucht te zuiveren alvorens het kan neerslaan, met andere woorden door de minst belaste zijde te vergroenen of er een absorptiescherm te plaatsen.



invloed wind
fijn stof slaat neer zonder wervel
luwe zijde wordt dubbel belast

op basis van modelleringen (zie bijlage)

6 fijnstofvernevelaar

Een hoogtechnologische oplossing voor fijnstof is het inzetten van een fijnstofvernevelaar. Fijnstof slaat neer bij regen door het binden met aërosolen in water. De fijnstofvernevelaar wordt geactiveerd op ogenblikken met hoge luchtvervuiling en zal water sprinkelen, wat het fijnstof doet neerslaan op straat.

richtlijn fijnstof = 0,9 g (PM₁₀)/m² per jaar

- plantafhankelijk; klimop realiseert 6 g (PM₁₀)/m² per jaar



richtlijn fijnstof = 0,18 kg (PM₁₀)/loofboom per jaar
0,32 kg (PM₁₀)/naaldboom per jaar

x prijs loofboom 500€/stuk
x prijs naaldboom 350€/stuk



richtlijn fijnstof = 36 kg (PM₁₀)/ha loofbomen per jaar
63 kg (PM₁₀)/ha naaldbomen per jaar

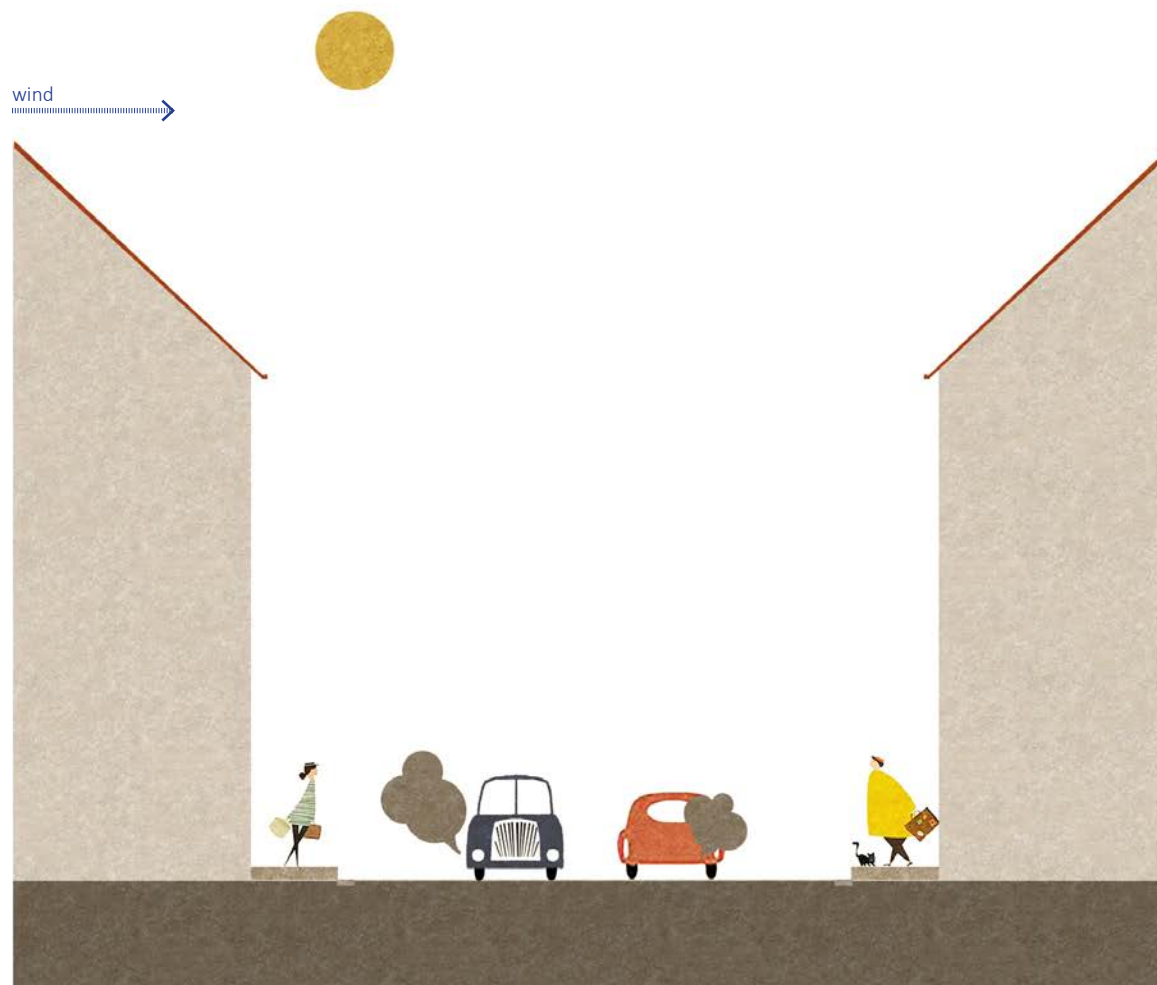
x 400 bomen x prijs loofboom 500€/stuk
x 400 bomen x prijs naaldboom 350€/stuk

richtlijn fijnstof = 12 kg (PM₁₀)/ha loofhagen per jaar
24 kg (PM₁₀)/ha naalddhagen per jaar
18 kg (PM₁₀)/ha struiken per jaar

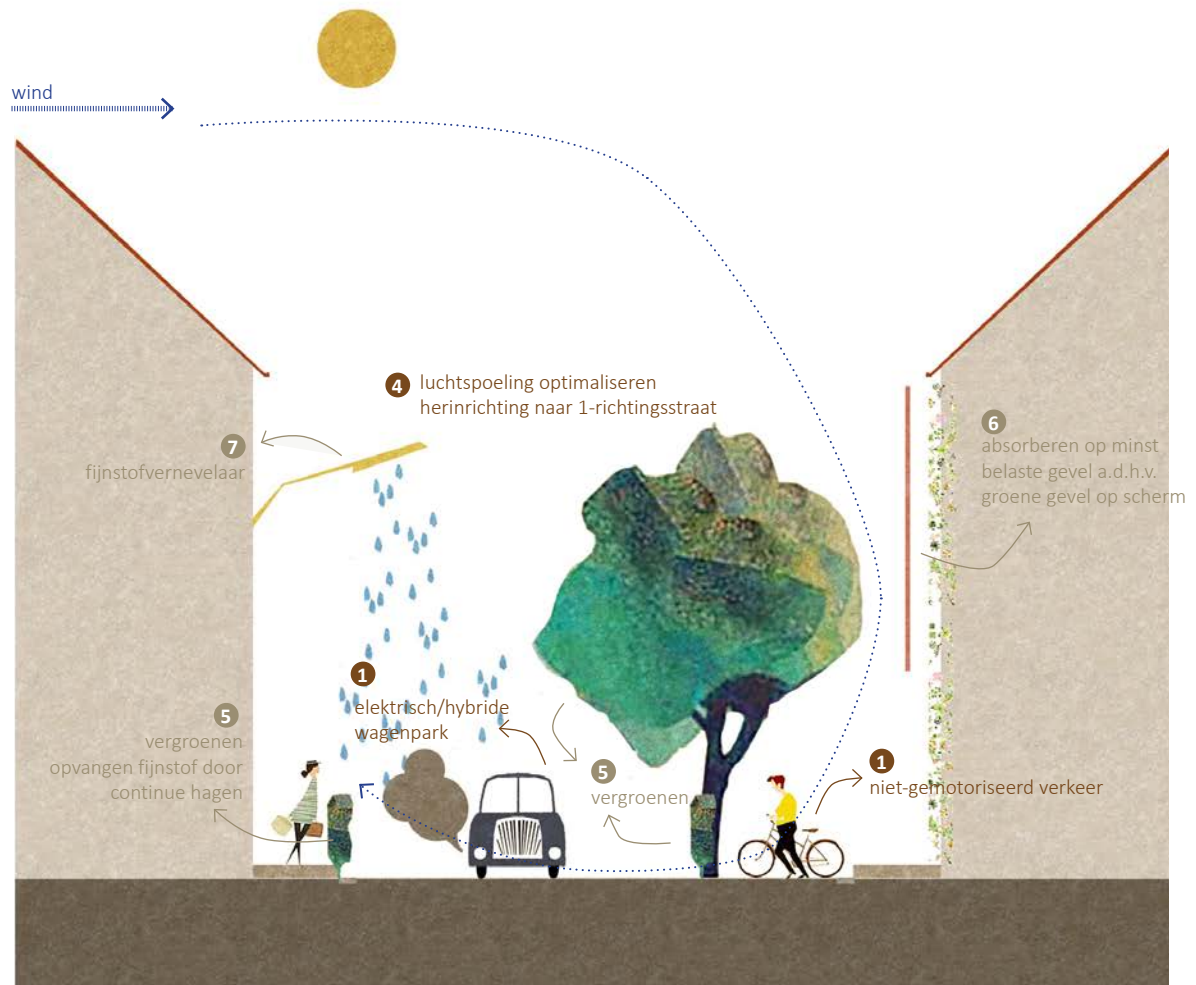
- x prijs haag 50€/lopende m
- x prijs haag 50€/lopende m
- x prijs struik 35€/m²

////////////////////////////////////

Overzicht ruimtelijke reductiestrategieën luchtverontreiniging



Streetcanyon & geluid: huidige situatie



Street canyon & lucht: meer ideale inrichting NA toepassing maatregelen lucht



Beleidsstrategieën parkeren



€ P ondergronds ≠ P bovengronds €

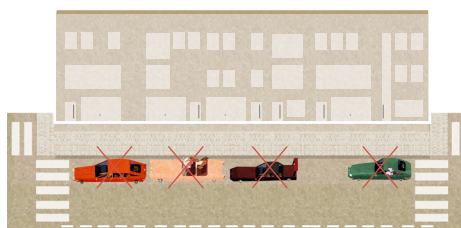
Het is in slechts 21 % van de gemeenten goedkoper om ondergronds te parkeren dan bovengronds. De steden doen het op dat vlak wel beter: in 8 van de 11 grote steden is ondergronds parkeren goedkoper dan bovengronds (De Morgen, 2015).

Onderzoek naar verkeer in de stad duidt dat 15% zoekverkeer is, een probleem dat gemakkelijk opgelost kan worden door via bewegwijzering de kortste weg naar een vrije plaats te wijzen. Voordeel hiervan is dat het stationair draaien significant daalt, met een rechtstreekse daling in emissies tot gevolg. Dat bovengronds parkeren nog steeds goedkoper is dan ondergronds parkeren werkt ook het zoekverkeer en de bijhorende stadsfiles, en dus het stationair draaien, in de hand.

Samengevat: inzetten op randparkings heeft de voorkeur op vlak van luchtkwaliteit, gevolgd door interactieve bewegwijzering naar een ondergrondse en betaalbare parkeerplaats. In een laatste geval kan men naar bovengronds parkeren grijpen, wat beduidend duurder dan rand- en ondergrondse parkings zou moeten worden ingericht.

Gaat men uit van bovengronds parkeren, dan kunnen er nog een aantal beleidsstrategieën uitgezet worden voor parkeren in functie van de draagkracht van een straat.

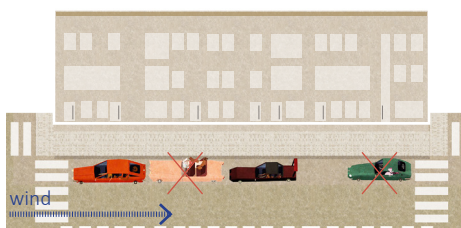
Volgende figuren nemen aan dat een bepaalde straat maar een zeker aantal parkeerplaatsen i.f.v. van luchtverontreiniging aankan. Daar bij het starten en bij lage snelheden van een wagen de emissies het hoogst zijn, is het goed even een aantal parkeermaatregelen onder de loep te nemen.



Waar interne parkeergarages of collectieve interne parkeergarages de straat reeds domineren, zouden er geen extra parkeerplaatsen meer mogen voorzien worden op straat.

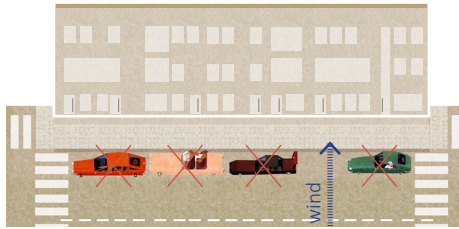


Waar winkels en magazijnen de straat domineren, kunnen de leveringen gecentraliseerd worden op een plaats met afvang. Ze kunnen ook gespreid worden in tijd, of er kunnen specifieke levertijden afgestemd worden op bv. spits- of schooluren. Vervolgens moet er gesensibiliseerd worden over het feit dat stationair geparkeerde (lever)wagens met draaiende motor ook continu blijven uitstoten. Op basis daarvan zou ook hier het aantal parkeerplaatsen op straat gereduceerd moeten worden.

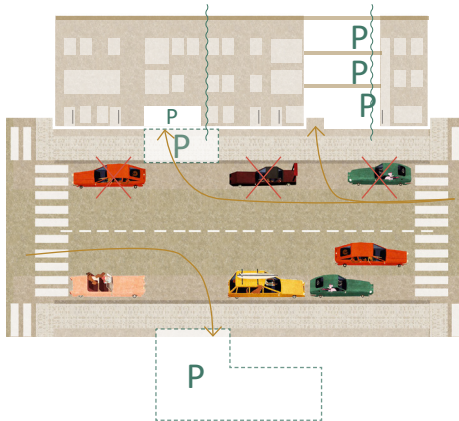


In een straat met doorgaand verkeer met hoge intensiteit maar goede (wind)ventilatie kan er overwogen worden om extra parkeerplaatsen in te richten.

In eenzelfde straat met lage intensiteit kan overwogen worden parkeerplaatsen in te richten.



In een straat met doorgaand verkeer en hoge of lage intensiteit, met slechte (wind)ventilatie, of de wind dwars op de straat, is het niet aangeraden parkeerplaatsen op straat te voorzien.



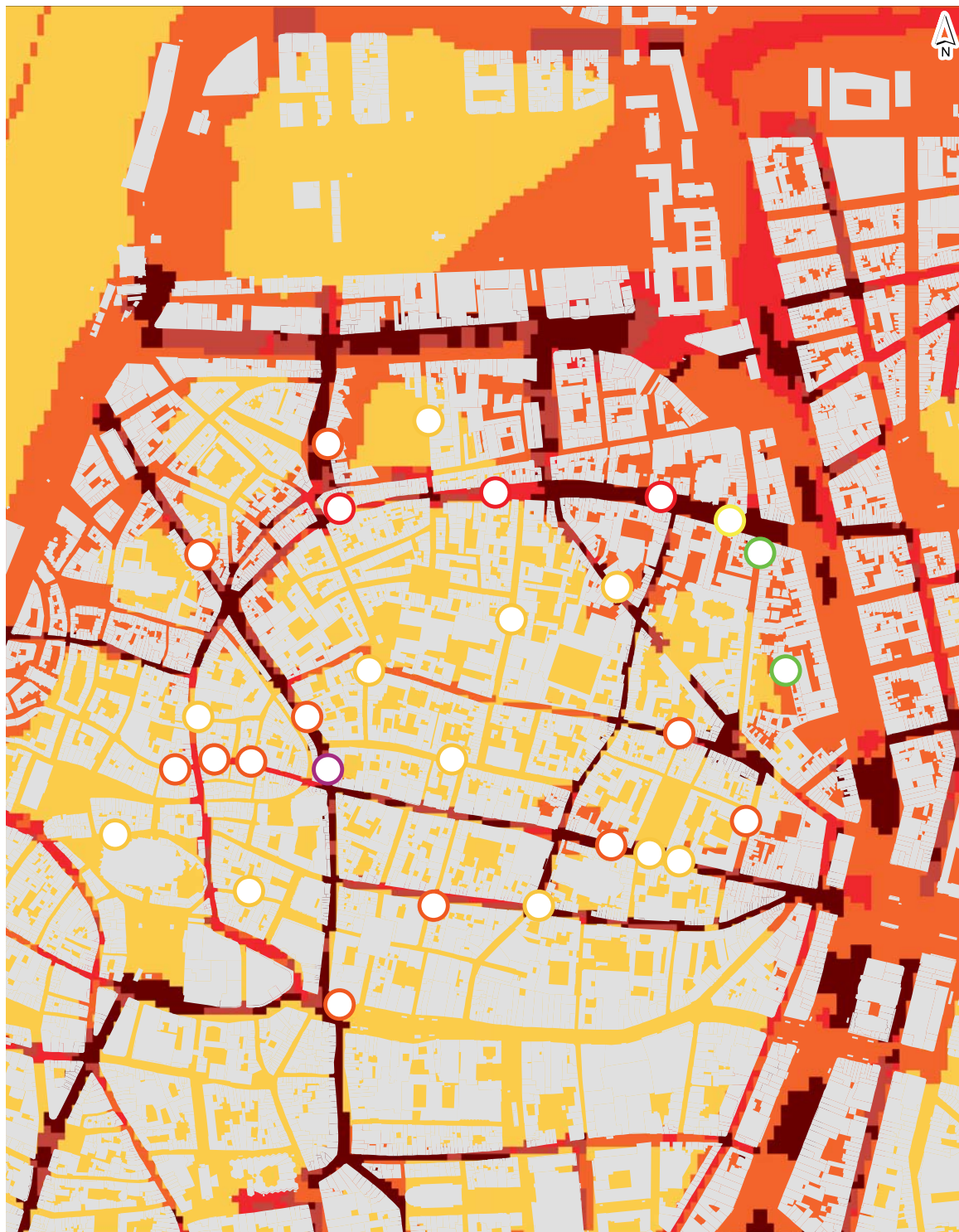
Bij ondergronds parkeren moet er nog steeds bovengronds geventileerd worden: dit moet op een goed geventileerde plaats met open inrichting of via luchtfilters in de parkeergarages zelf. Bij keuze voor ondergronds parkeren moeten ook de parkeerplekken op straat verwijderd worden, om eenzelfde luchtkwaliteit te behouden op basis van draagkracht.

Parkeren in een parkeergebouw gebeurt best hoog: daar kan windventilatie de slechte lucht gemakkelijk wegdrijven. Ook daar geldt dat de parkeerplaatsen op straat best afgeschaft worden. Ook de locatiekeuze onder- of bovengronds is belangrijk i.f.v. street canyons in omgeving.

Een open parkeerplaats moet goed geventileerd worden en trekt veel verkeer aan.

Luchtpaspoorten Stratencusters

paspoort Universiteitsbuurt



NO₂-concentratie (µg/m³)

- puntmetingen

0 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 >60

- achtergrondwaarden

0 10 15 20 25 30 35 40 45 50 max

WGO drempelwaarde

ANSES gezondheidsadvieswaarde

EU/WGO grenswaarde

De NO₂-concentratieingen zijn een goede indicatie van luchtverontreiniging door verkeer. De puntmetingen zijn afkomstig van het citizenscience project CurieuzeNeuzen, de achtergrondindicatie NO₂ is afkomstig van het 2017 VMM model. De ANSES gezondheidsadvieswaarde is vastgelegd op 20 µg/m³.

paspoort Oud Berchem



NO₂-concentratie (µg/m³)

- puntmetingen

0 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 >60

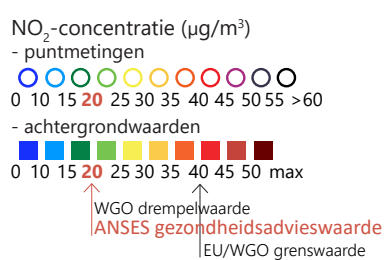
- achtergrondwaarden

0 10 15 20 25 30 35 40 45 50 max

↑ WGO drempelwaarde

↑ ANSES gezondheidsadvieswaarde

↑ EU/WGO grenswaarde



De NO₂-concentratie metingen zijn een goede indicatie van luchtverontreiniging door verkeer. De puntmetingen zijn afkomstig van het citizenscience project CurieuzeNeuzen, de achtergrondindicatie NO₂ is afkomstig van het 2017 VMM model. De ANSES gezondheidsadvieswaarde is vastgelegd op 20 µg/m³.

paspoort Ekeren



NO₂-concentratie (µg/m³)

- puntmetingen

0 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 >60

- achtergrondwaarden

0 10 15 20 25 30 35 40 45 50 max

↑ WGO drempelwaarde

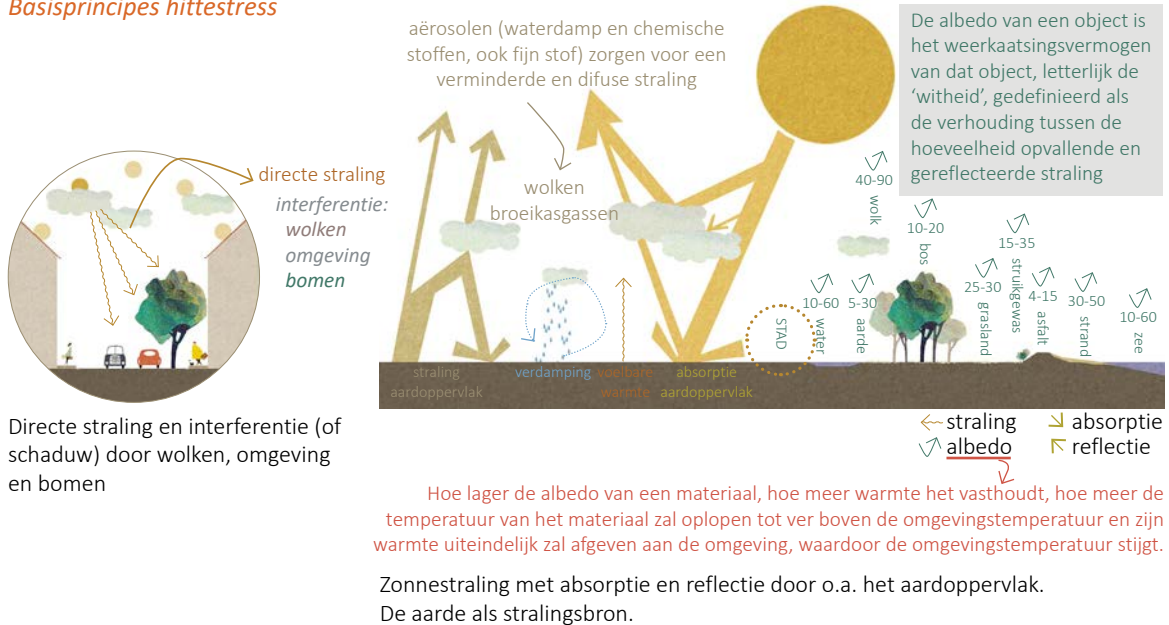
↑ ANSES gezondheidsadvieswaarde

↑ EU/WGO grenswaarde

Hittestress

Werkingsprincipes

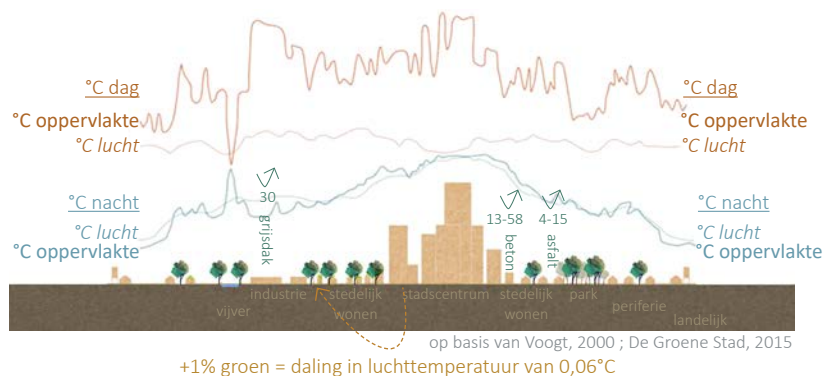
Basisprincipes hittestress



De mate van hittestress wordt bepaald door (1) klimatologische factoren: het aandeel directe zonnestraling, luchttemperatuur, luchtvochtigheid en wind; (2) omgevingsfactoren: het aandeel groen, type materialen, het aandeel water en de morfologie van de stad (bv. smalle straten met veel schaduw); (3) de fysieke toestand van de mens die zich in de street canyon bevindt. Hittestress is het grootst in steden door het veelvuldig voorkomen van verhardingen die een groot warmte-absorberend vermogen hebben en door het gebrek aan verkoelende elementen zoals groen en water.

Basisprincipes invloeden hitte

1) Dag en nachttemperaturen in (niet-)stedelijke omgevingen



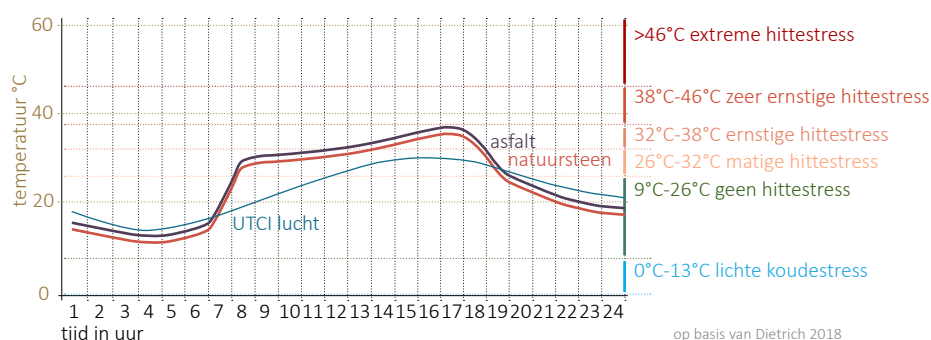
Dag/nachttemperaturen en temperatuurverschillen tussen stad en platteland.
Overdag heerst de oppervlakte-temperatuur, 's nachts piekt de luchttemperatuur.

Bovenstaande grafiek plot de lucht en oppervlaktetemperatuur. Overdag piekt de oppervlaktetemperatuur, maar 's nachts zal vooral de luchttemperatuur een rol spelen en voor hittestress zorgen. Ze wordt mede beïnvloed door

- de albedo's van de gebouwde omgeving
- het vermogen van de omgeving tot verdamping via water en/of groenstructuren
- en het direct aangestraalde oppervlak.

Deze drie factoren worden in dit hoofdstuk verder toegelicht, aangezien straatinrichting hier een significante rol in kan spelen.

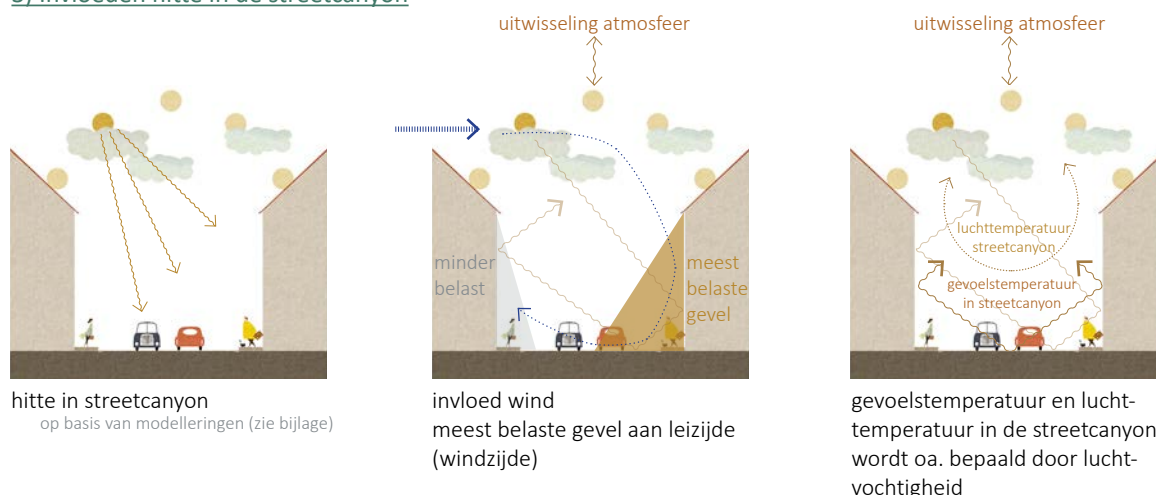
2) Albedo's, materialiteiten en waargenomen hittestress door personen



UTCI (universal thermal comfort index) voor een persoon in het midden van een streetcanyon, staande in de zon, ifv asfalt en natuursteen

De hittestress die een persoon staande in het midden van een streetcanyon ondervindt, is hier weergegeven in functie van de tijd en in functie van twee verschillende materialen. Asfalt heeft een lage albedo en neemt dus veel hitte op. Dit wordt doorheen de dag geleidelijk aan vrijgegeven, wat ervoor zorgt dat de omgevingstemperatuur sterk toeneemt en de mensen in de straat heel wat hittestress ervaren. Natuursteen daarentegen heeft een hoge albedo, wat ervoor zorgt dat er veel reflectie van zonnestrallen optreedt. Er is slechts een beperkte toename in de omgevingstemperatuur, waardoor voorbijgangers op natuursteenstraten minder hittestress ervaren dan in straten met asfalt.

3) Invloeden hitte in de streetcanyon



Het volledige 3-dimensionale oppervlak van een straat (daken, muren en straatoppervlakken) is onderhevig aan zonnestraling. De temperaturen worden beïnvloed door directe zonnestraling en dus zijn de grootste temperatuurverschillen het meest uitgesproken overdag, vooral in gebieden die worden blootgesteld aan direct zonlicht (Norton et al., 2013).

Bovenstaande figuur (rechts) geeft inzicht in de energiefluxen in een straat. Alle energie afkomstig van zonnestraling (korte golfstraling) of van antropogene warmte (voertuigen, warmteproducerende installaties, ...) wordt omgezet door convectie (de lucht wordt opgewarmd in voelbare warmte), verdamping en transpiratie in de vorm van latente warmte (water wordt opgewarmd en verdampt, groen evapotranspireert), doordat er netto energie wordt overgedragen naar een ander systeem (netto horizontale warmte advection) of doordat energie wordt opgeslagen in elementen zoals gebouwen en verhardingen (Lin, Gou, Siu-Yu Lau, & Qin, 2017).

Straten met langs beide zijden hoge bebouwing zijn vaak weinig geventileerd door hun geometrische kenmerken en houden de stralingswarmte van verhardingen, voertuigen en warmteproducerende installaties langer vast. De intensiteit van de stralingswarmte bepaalt de gevoelstemperatuur of thermisch comfort in de straten (Oke, Johnson, Steyn, & Watson, 1991).

Cijferwerk

Albedo's, materiaalkeuze en omgevingstemperatuur

1) Relatie albedo en omgevingstemperatuur

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; Hübner 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

De bovenstaande tabelletjes geven de albedo's voor stedelijke en natuurlijke omgevingen. Het valt op dat de stedelijke albedo's een stuk lager liggen dan de natuurlijke. Hoe lager de albedo van een materiaal, hoe meer warmte het vasthoudt en hoe meer de temperatuur van het materiaal zal oplopen tot ver boven de omgevingstemperatuur. Of omgekeerd: hoe hoger de albedo, hoe lager de omgevingstemperatuur.

Te onthouden:

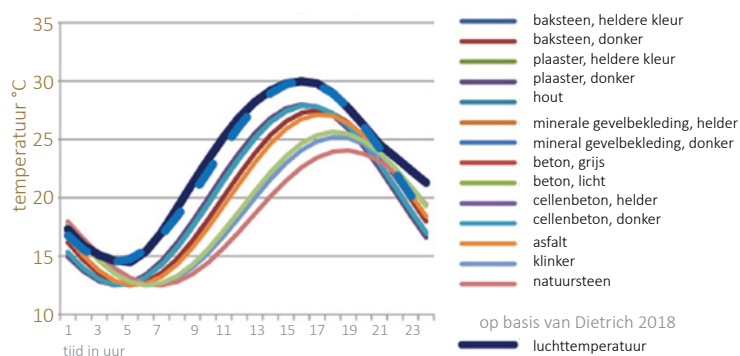
- Lage albedo = hoge absorptie en hoge temperaturen
- Hoge albedo = hoge reflectie en lage temperaturen

Onderstaand voorbeeld 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.

albedo	omgevingstemp.
↑ + 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

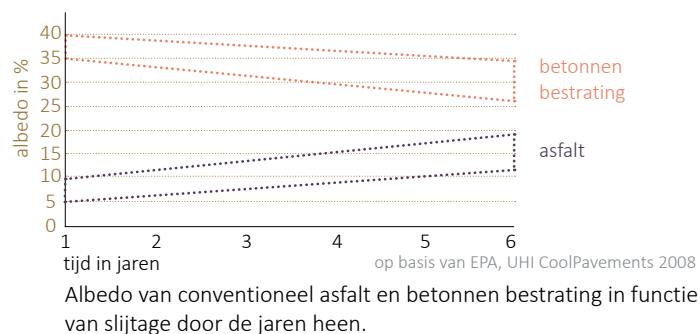
2) Materiaalkeuze en luchttemperatuur



Materiaaltemperatuur gemeten in de lucht (T_{air}), zonder zonnestraling.
Vergelijking met de luchttemperatuur.

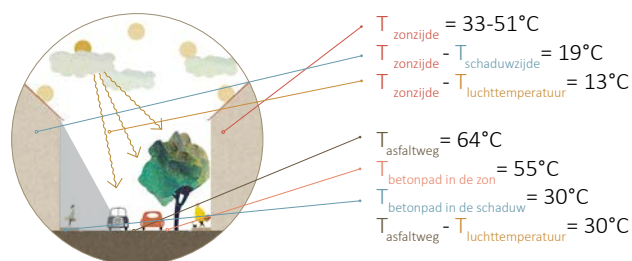
Dit overzicht van de impact van materialen op de omgevingstemperatuur geeft aan dat een reflecterende ondergrond zoals natuursteen (hoog albedo) zorgt voor een kleinere absorptie en dus een kleinere toename in de omgevingstemperatuur, terwijl donkere materialen zoals asfalt (laag albedo) de temperatuur in grotere mate doen stijgen.

3) Invloed van slijtage bij beton en asfalt



Ook slijtage heeft een invloed op de albedo doorheen de tijd. Zo gaat beton door de jaren heen zakken in albedo, wat leidt tot hogere absorptie en bijgevolg hogere temperaturen. Asfalt daarentegen wordt door de jaren heen verdicht en gaat verlichten, wat leidt tot een hogere reflectie (hoger albedo) en dus lagere temperaturen.

Temperatuursverschillen zon/schaduw

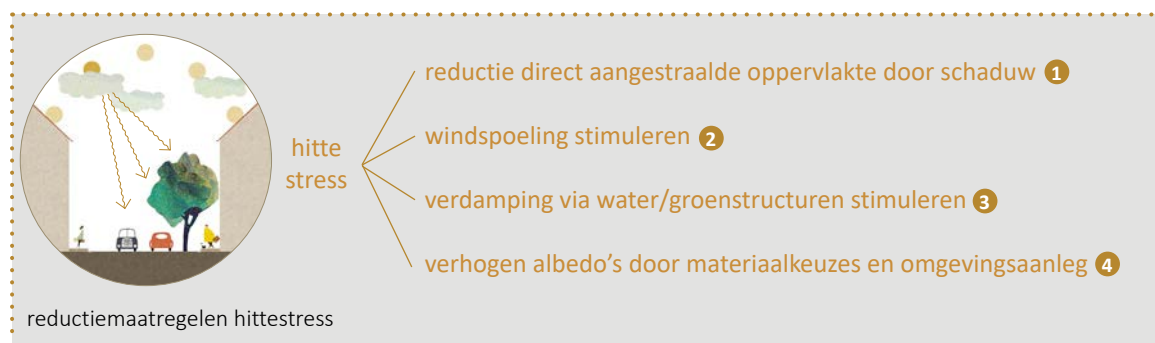


Ter info geeft ook bovenstaande figuur een goed overzicht van de temperatuursverschillen die in een straat canyon gemeten worden op een zonnige dag. De asfalttemperaturen stijgen tot $+30^{\circ}\text{C}$ boven de omgevingstemperaturen uit...

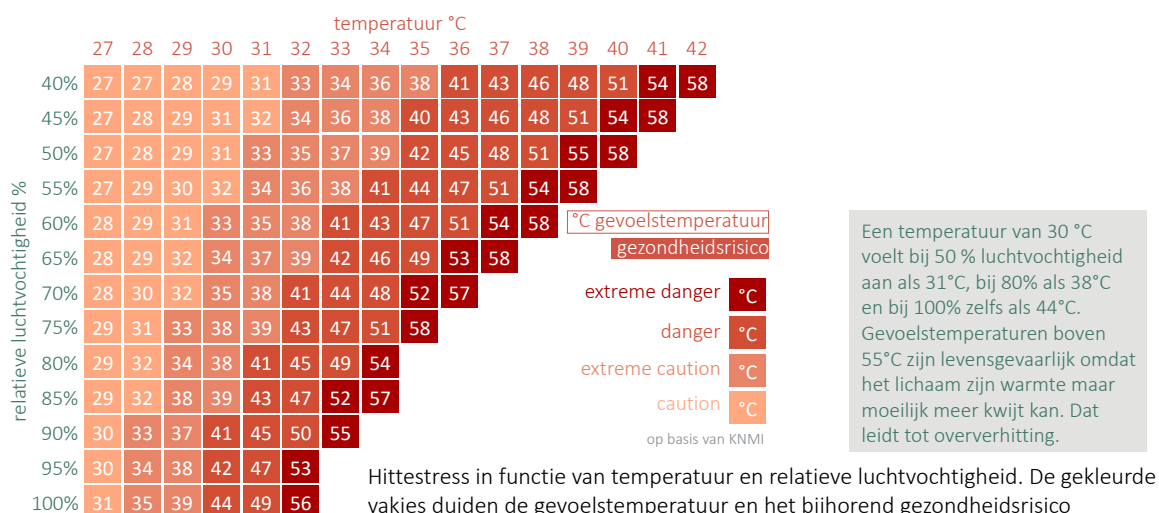
////////////////////////////////////

Maatregelen

Basisprincipes reductiestrategieën hitte



Bovenstaande reductiestrategieën voor een daling van de hittestress zijn opgelijst in volgorde van efficiëntie. Kanttekening daarbij is dat het hitteverhaal complex is en ook de maatregelen elkaar gemakkelijk overlappen of interfereren. Een boom werkt bijvoorbeeld rechtstreeks in op maatregel 1, 3 en 4. De maatregelen worden onderin beknopt toegelicht, zijn ruimtelijk vormgegeven en samengevat op volgende pagina's en worden in volgende hoofding naar kostenefficiëntie gewogen.



Hittestress is afhankelijk van veel factoren (wind, geografie, leeftijd, ...). Bovenstaande tabel drukt de hittestress uit die als mens ervaren wordt in functie van luchtvochtigheid en temperatuur. Deze twee parameters kunnen beïnvloed worden door een aantal van volgende reductiestrategieën.

1 reductie van de direct aangestraalde oppervlakte

De meest efficiënte reductie is te halen uit het vergroten van de schaduwoppervlakte, wat tot een directe daling van de omgevingstemperatuur leidt. Dit kan door een verstandig stedenbouwkundig ontwerp dat hoogte-breedte verhoudingen in functie van de zonnestanden doorheen de dag meeneemt als parameter en het stedelijk weefsel (of het gebouw) dus actief zal ontwerpen op schaduw. Deze methode wordt in zuiderse landen al eeuwen toegepast, en in Azië zijn de meeste stadsweefsels van steden in de bergen gebaseerd op schaduw en wind (en het regenseizoen). De meeste steden die hierop gedimensioneerd zijn, uitend zich in een dichtbebouwde structuur met smalle maar goed geventileerde straten en grote pleinen die deels permanent schaduw hebben en deels de hele dag bezond blijven. Ook de gallerijen in Bologna zijn hier een goed voorbeeld van.

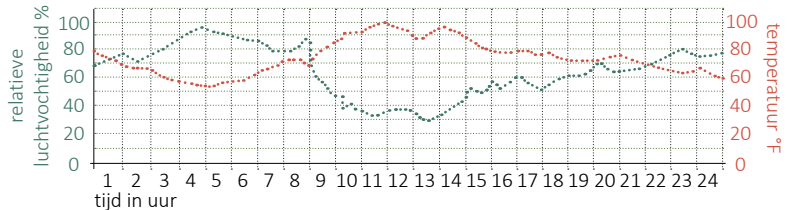
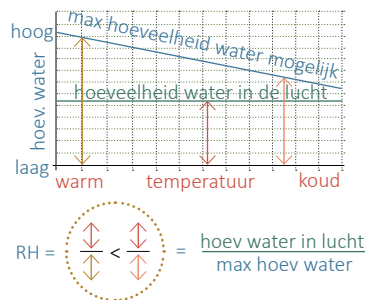
Verdere reducties zijn te halen uit het inplanten van parken met een grote schaduwzone onder de kruinen, of het inrichten van collectieve zonweringen die opengetrokken kunnen worden op hittedagen. Let wel dat deze laatste maatregel nefast is voor de luchtspoeling als er in de straat ook wagens rijden. Op privaat niveau kunnen ook zonweringen in de gevels de hittestress in individuele woningen doen dalen, en schaduw doorwerpen op het voetpad en het publiek domein.

2 windspoeling stimuleren

Door windspoeling te stimuleren kunnen straten doortochten en kan de afgestraalde hitte van bv. materialen weggespoeld worden, wat automatisch tot afkoeling van de omgeving en dus tot een temperatuursreductie leidt. Uitsparen van pleinen in lange canyons, het inrichten van doortochten voor de wind doorheen de stad enzovoorts zijn mogelijke strategieën.

3 verdamping via water en groenstructuren stimuleren

Hittestress is afhankelijk van de omgevingstemperatuur en de relatieve luchtvochtigheid. Groenstructuren spelen op diezelfde parameters om a.d.h.v. evapotranspiratie vochtigheid te onttrekken en zo de omgeving af te koelen. Hieronder worden de verdampingsprincipes van bomen en groenstructuren toegelicht:



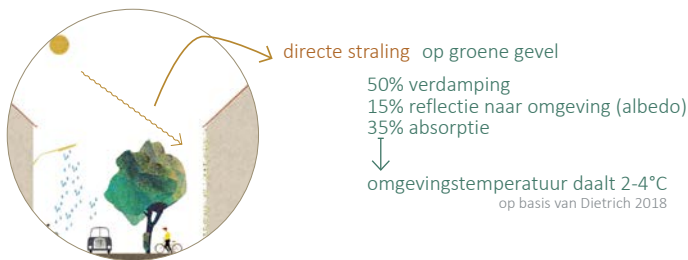
Relatie tussen luchthvoghtigheid en temperatuur.

Bij eenzelfde hoeveelheid water in de lucht heeft warme lucht een lagere relatieve vochtigheid dan koude lucht. Een boom zal vocht door verdamping onttrekken uit de lucht en zo een temperatuursdaling in de omgeving realiseren. Deze onttrekking (uitgedrukt in liter per m³) is functie van de kroonprojectie en het doorwortelde volume van een boom.



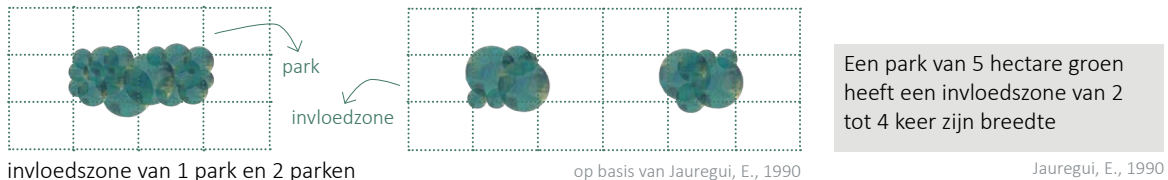
Onttrekking van warmte-energie in functie van de relatieve vochtigheid en de kroonprojectie.

Het is duidelijk dat een boom niet louter via verdamping aan remediëring van hittestress doet. Ook dankzij de schaduw die ze onder haar kruin werpt, is directe straling gereduceerd, wat een significant temperatuurverschil teweeg brengt. Bomen planten is dus altijd dubbel scoren op vlak van hitte.

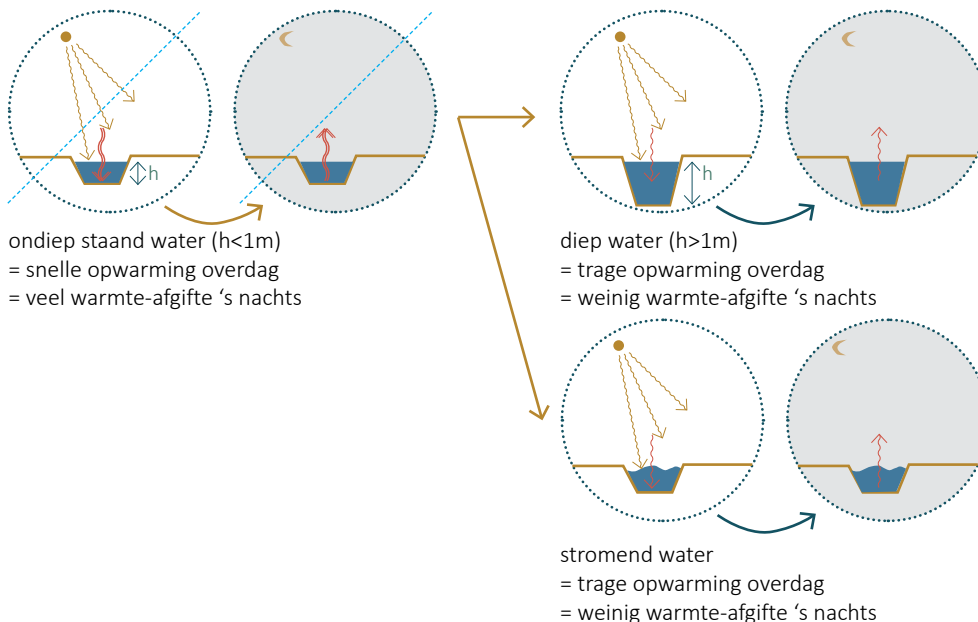


Invloed groene gevel op omgevingstemperatuur

In navolging van de verdampingslogica van bomen kan zo ook een groene gevel becijferd worden.



De invloedszone die deze groenstructuren hebben is relatief beperkt. Lokaal brengen ze heel wat heil, maar hun effecten reiken volgens Jauregui niet veel verder dan 2x hun breedte, zoals te zien is in onderstaande figuur. Het is dus beter 2 kleine parken aan te leggen dan 1 groot.



Water op straat heeft een verkoelende werking, maar enkel als het correct ingericht en gedimensioneerd is. Bij ondiep water geldt: hoe breder het waterlichaam, hoe meer verdamping overdag, hoe groter het verkoelingseffect. 's Nachts is ondiep water erg problematische door de overdag opgenomen hitte-afstraling. (Ter referentie: de vorstvrije diepte ligt in België op -80cm onder het maaiveld)

4 verhogen albedo's door materiaalkeuzes en omgevingsaanleg

Vorige pagina's beschreven reeds de werking van materialen met hoge en lage albedo's, en gaven tabellen met albedo's mee die gebruikt kunnen worden voor de (her)inrichting van de publieke ruimte. Cruciaal is hoge albedo's toe te passen op de meest bezonde straatkanten en hoeken. Ook natuurlijke materialen zoals bomen en groene gevels hebben hoge albedo's wat de temperatuur in de omgeving significant zal doen dalen. Het vergroenen van stedelijke ruimtes draagt dus ook bij tot de hele albedo optelsom en heeft absoluut zin op vlak van hitte.

Kostenefficiëntie maatregelen hitte



Kostenefficiëntie natuurlijke verdamping door bomen, water, ...

loofboom: temperatuursreductie van 10-15°C
naaldboom: temperatuursreductie van 10-15°C

x prijs loofboom 500€/stuk
x prijs naaldboom 350€/stuk

Carrasco et al 1987

↓ - 10-15°C
↑ 400 €/stuk



Kostenefficiëntie verkeersindeling

efficiënte indeling verkeer, zuinige auto's, carpoolen, ...
leidt tot 20% minder warmteproductie

Van Hamelen et al 2010

↓ - 20%
↑ ? €



Kostenefficiëntie groendaken

intensieve groendaken	temperatuursdaling 20°C
Extensieve groendaken als stad meer dan 10% groen heeft	temperatuursdaling van 2-5°C

Wong et al 2003 en Niachou et al 2001, Wong et al 2003 en Niachou et al 2001, Kolb et al 1986, Onmura et al 2001, Liu et al 2005, Bas et al 2002, Gill et al 2007

x prijs intensief groendak 120-200€/m²
x prijs extensief groendak 45-100€/m²
+ nieuwe onderlaag EPDM 40-50€/m²

(Dakweetjes, 2018)

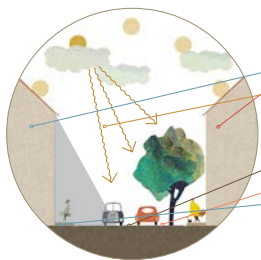
↓ - 20°C
↑ 150 €/m²

↓ - 2-5°C
↑ 80 €/m²

(TNO, 2011)

let wel: groendaken zijn privé-aangelegenheden, en hebben invloed op de omgevingstemperatuur. Daar deze laatste daalt zal ook de gevoelstemperatuur in de straat positief beïnvloed worden.

Kostenefficiëntie schaduw en albedo maatregelen



$T_{\text{zonzijde}} = 33-51^\circ\text{C}$
 $T_{\text{zonzijde}} - T_{\text{schaduwzijde}} = 19^\circ\text{C} \rightarrow$ Schaduwmaatregelen:
 $T_{\text{zonzijde}} - T_{\text{luchttemperatuur}} = 13^\circ\text{C}$ x 5000 € luifel 7x4m
 x 250 € middelgrote boom

 $T_{\text{asfaltweg}} = 64^\circ\text{C}$
 $T_{\text{betonpad in de zon}} = 55^\circ\text{C} \rightarrow$ type wegdek
 $T_{\text{betonpad in de schaduw}} = 30^\circ\text{C}$ x kostprijs asfalt: 75 euro/m²
 $T_{\text{asfaltweg}} - T_{\text{luchttemperatuur}} = 30^\circ\text{C}$ x kostprijs beton: 30 euro/m²

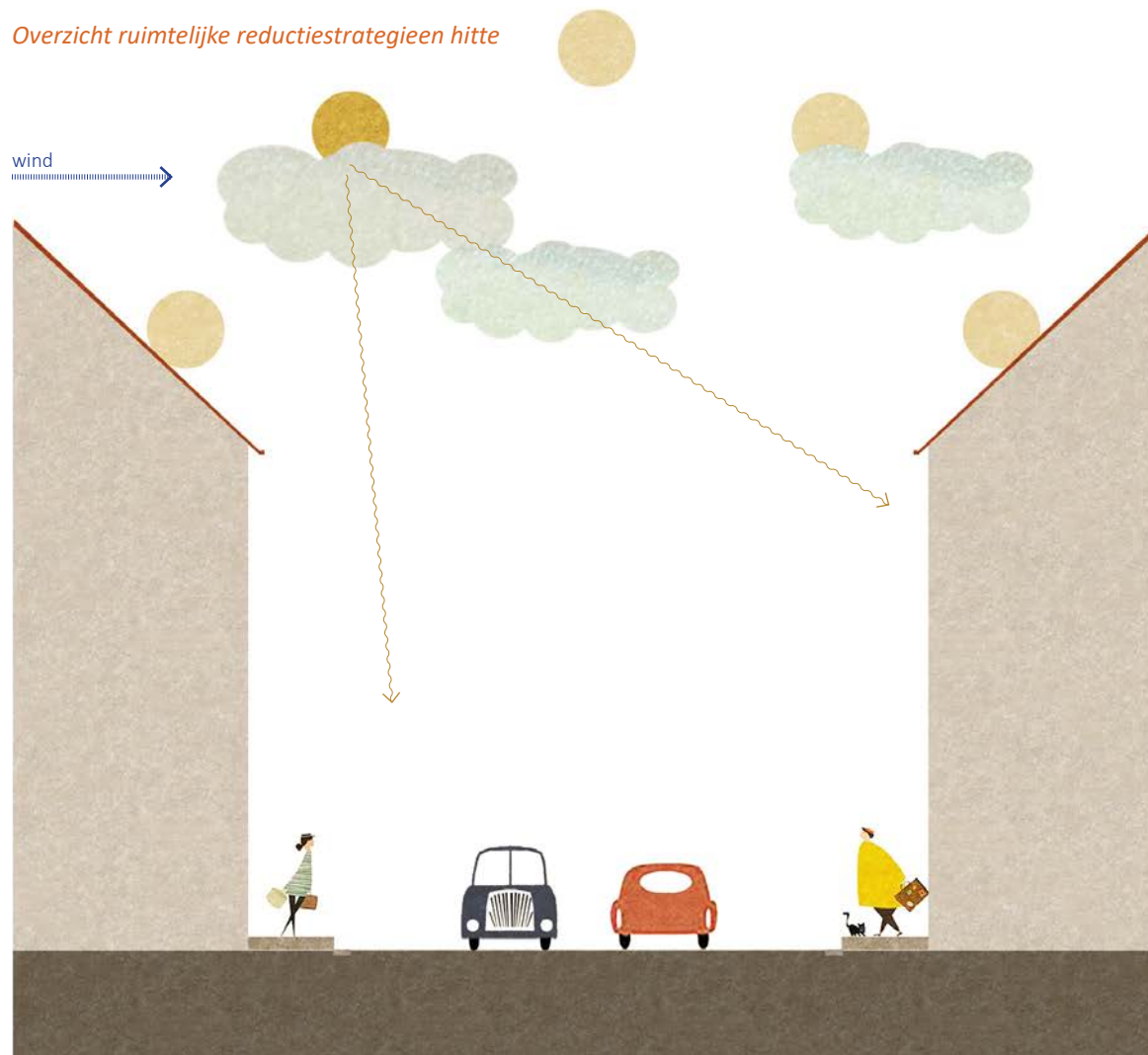
Maatregelen	Eenheid	Investerings-kosten	Effect
Albedo verhogen	Materiaalkeuze	€1,000 / woning	1° afkoeling voor 1.26 ha
Groen en water	Vergroenen	€ 2,000/ 100m straat (4bomen)	1° afkoeling voor 0.7 ha
Waterinrichting	Waterplein (400 m³)	€240,000	1° afkoeling voor 1 ha

(TNO, 2011)

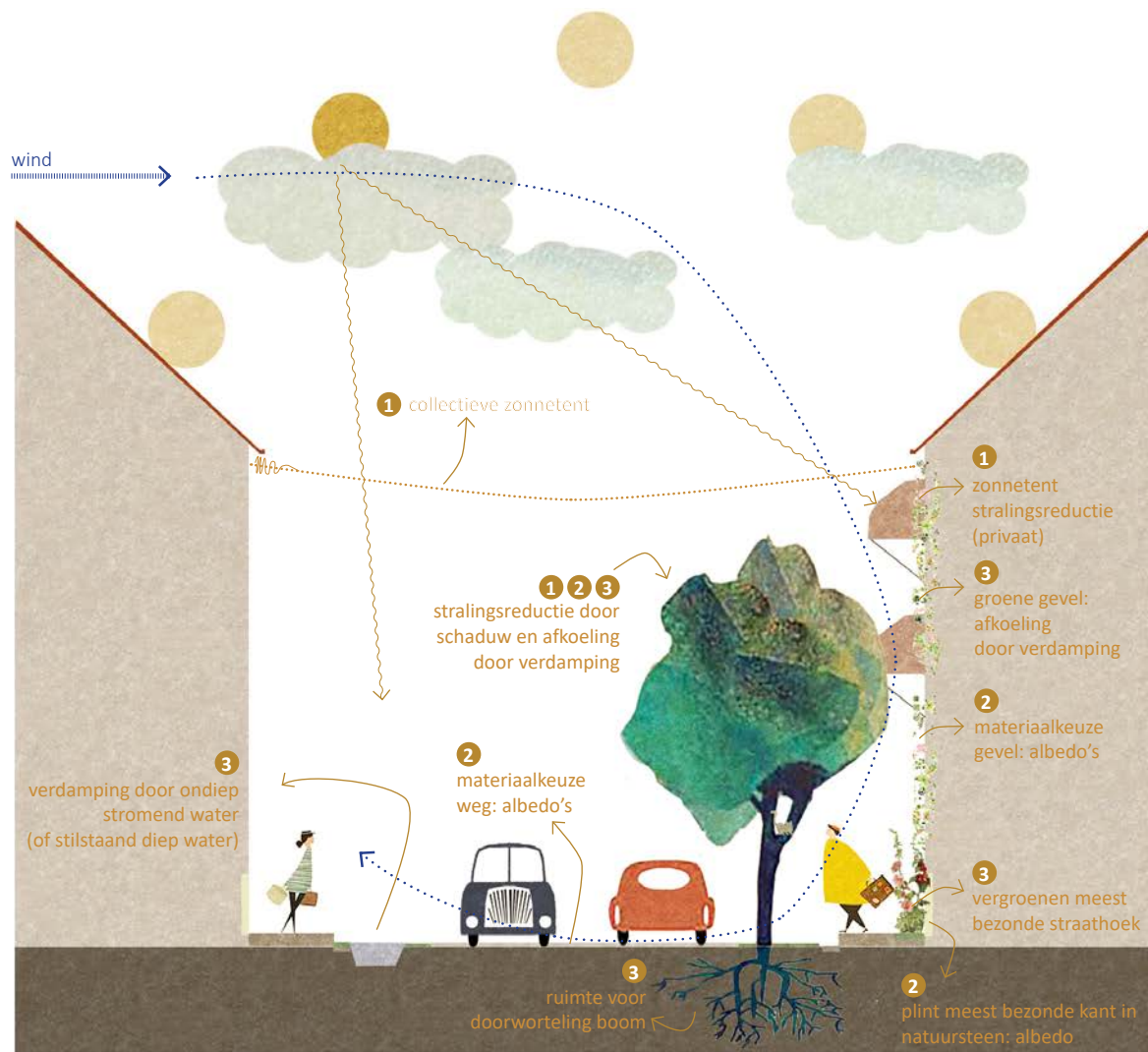
Het becijferen van de kostenefficiëntie van hitte is een moeilijk gegeven daar er weinig gekend is over exacte temperatuursdalingen ten gevolge van specifieke inrichtingsmaatregelen. Er is voor dit thema nood aan meer wetenschappelijk opvolgend onderzoek: testopstellingen en metingen kunnen hier uitsluitsel en richting geven. Bovendien zijn ook de meeste hitte-maatregelen complex van aard doordat ze op verschillende fronten werken: een boom zuivert lucht, zorgt voor schaduw en onttrekt warmte aan de omgeving. Absolute waarden zijn hier dus moeilijk in een weegschaal te leggen. Bovenstaande cijfers geven wel een eerste indicatie en becijferen een aantal maatregelen die redelijk gemakkelijk in te richten zijn.

////////////////////////////////////

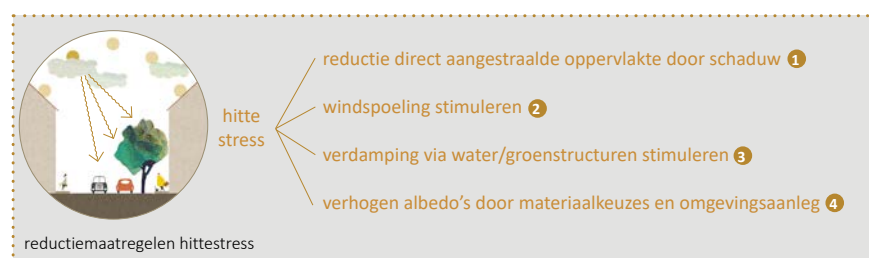
Overzicht ruimtelijke reductiestrategieen hitte



Streetcanyon & hittestress: huidige situatie

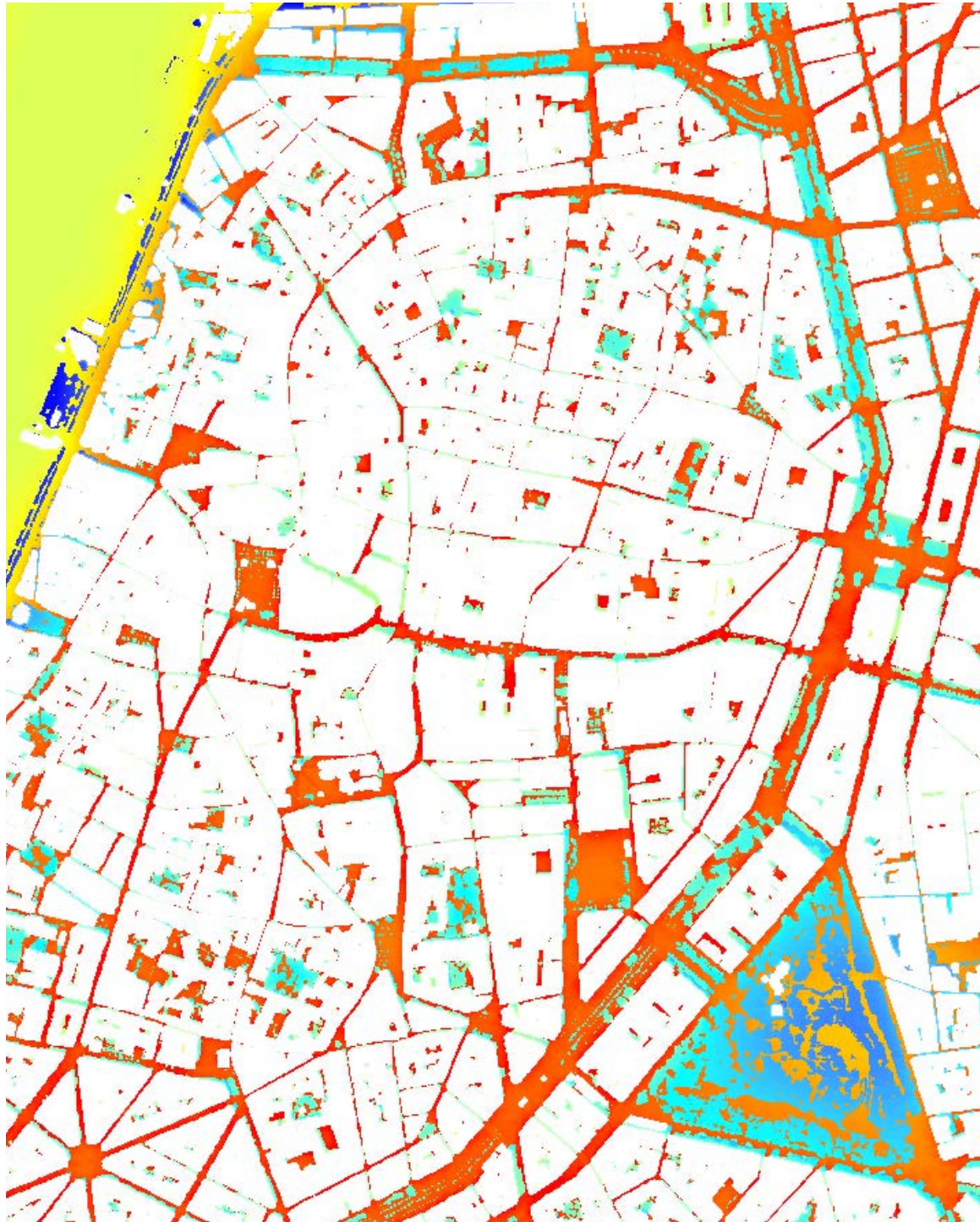


Streetcanyon & hitte: meest ideale inrichting NA toepassing maatregelen



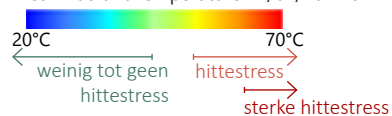
Hittepaspoorten Stratencusters

paspoort Universiteitsbuurt - 1m kaartresolutie



Mean Radiant Temperature 24/07/2012 om 14uur

Kaarten afkomstig van EMA, Stad Antwerpen



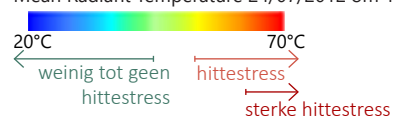
De hittestresskaart (MRT of Potentiele stralingstemperatuur) is een indicator die onbehagen aangeeft overdag op warme zomerdag. De hittestress kan zeer verschillen van plek tot plek in de stad (grote ruimtelijke variabiliteit). Donkerrood zijn de 'hotspots', die vooral verantwoordelijk zijn voor het algehele stedelijk hitte effect. Dit zijn dan ook de prioriteitenzones bij vergroenen of heraanleg en materiaalkeuze. Dit is de 1m resolutie kaart, afkomstig van Stad Antwerpen.

paspoort Oud Berchem - 1m kaartresolutie



Mean Radiant Temperature 24/07/2012 om 14uur

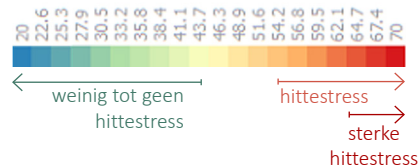
Kaarten afkomstig van EMA, Stad Antwerpen





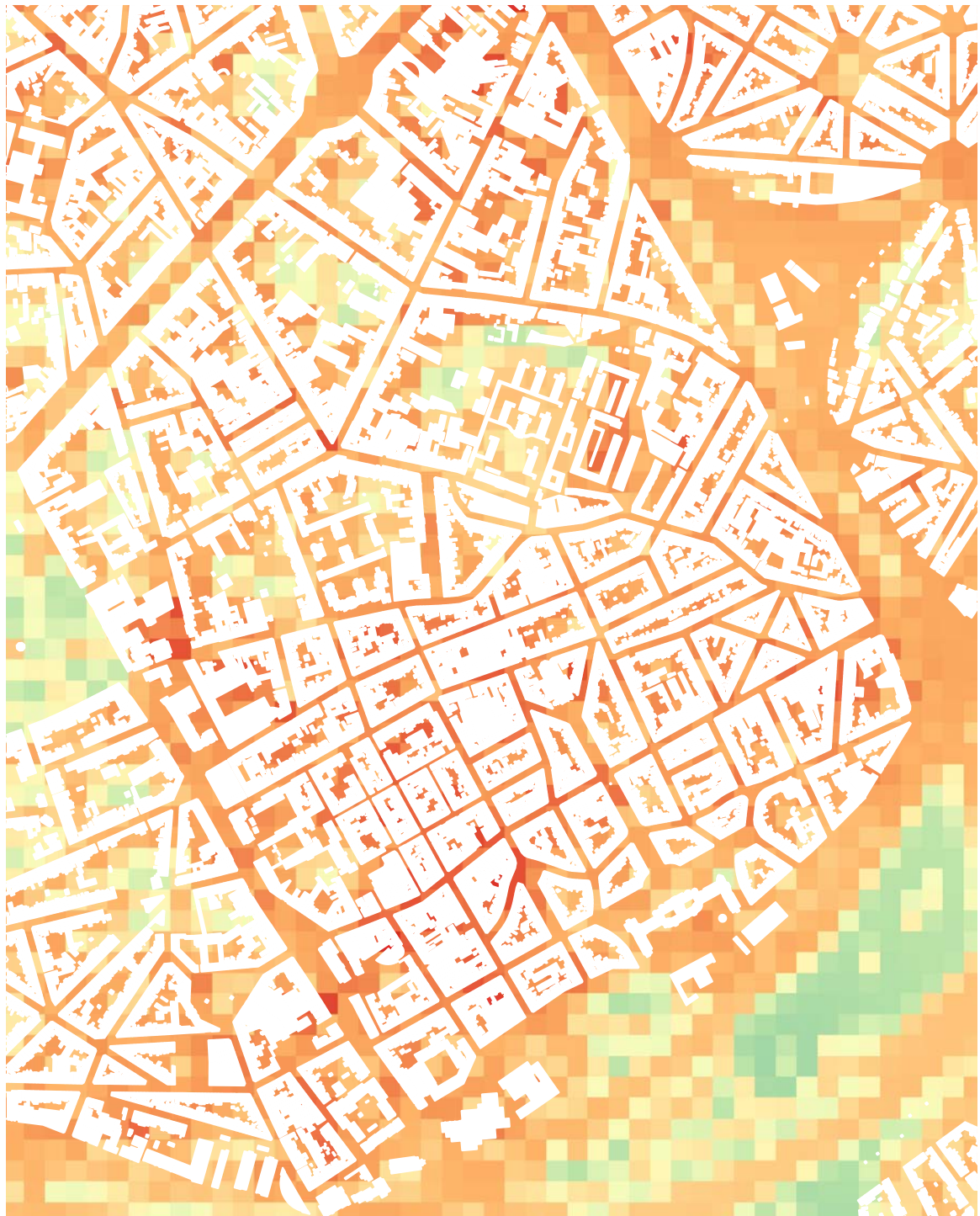
Mean Radiant Temperature 24/07/2012 om 14uur

Kaarten afkomstig van EMA, Stad Antwerpen



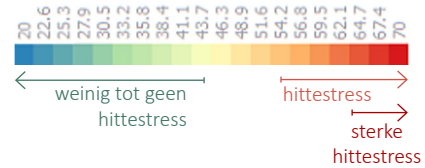
De hittestresskaart (MRT of Potentiele stralingstemperatuur) is een indicator die onbehagen aangeeft overdag op warme zomerdag. De hittestress kan zeer verschillen van plek tot plek in de stad (grote ruimtelijke variabiliteit). Donkerrood zijn de 'hotspots', die vooral verantwoordelijk zijn voor het algehele stedelijk hitte effect. Dit zijn dan ook de prioriteitenzones bij vergroenen of heraanleg en materiaalkeuze. Dit is de 30m resolutie kaart, afkomstig van Stad Antwerpen.

paspoort Oud Berchem - 30m kaartresolutie



Mean Radiant Temperature 24/07/2012 om 14uur

Kaarten afkomstig van EMA, Stad Antwerpen

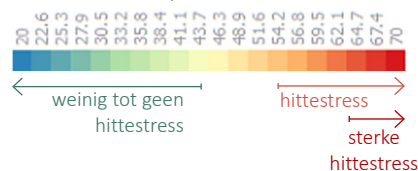


paspoort Universiteitsbuurt - 1m kaartresolutie



Mean Radiant Temperature 24/07/2012 om 14uur

Kaarten afkomstig van EMA, Stad Antwerpen



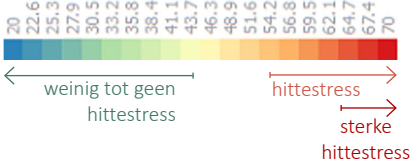
De hittestresskaart (MRT of Potentiele stralingstemperatuur) is een indicator die onbehagen aangeeft overdag op warme zomerdag. De hittestress kan zeer verschillen van plek tot plek in de stad (grote ruimtelijke variabiliteit). Donkerrood zijn de 'hotspots', die vooral verantwoordelijk zijn voor het algehele stedelijk hitte effect. Dit zijn dan ook de prioriteitenzones bij vergroenen of heraanleg en materiaalkeuze. Dit is de 30m resolutie kaart, afkomstig van Stad Antwerpen.

paspoort Oud Berchem - 1m kaartresolutie

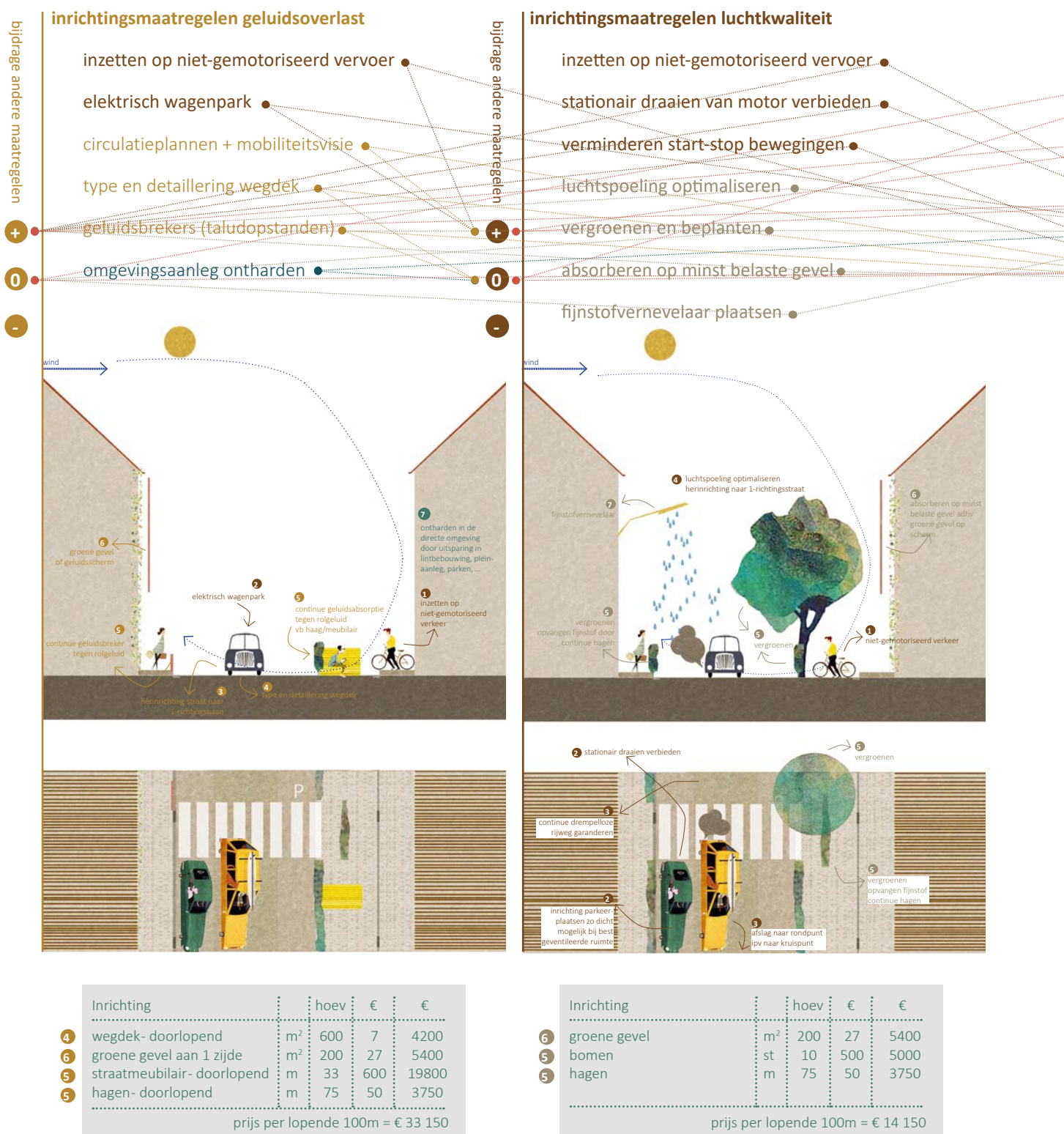


Mean Radiant Temperature 24/07/2012 om 14uur

Kaarten afkomstig van EMA, Stad Antwerpen



Onderlinge afweging van de inrichtingsmaatregelen voor geluid, lucht en hitte



Handberekening voor de (her)inrichting van 100 lopende meter straat met geluidsreducerende maatregelen.

Handberekening voor de (her)inrichting van 100 lopende meter straat met luchtkwaliteit verbeterende maatregelen.

- inrichtingsmaatregelen hittestress**
- reductie direct aangestraalde oppervlakte door schaduw
 - windspoeling stimuleren
 - verdamping via water/groenstructuren stimuleren
 - verhogen van de albedo's en inzetten op omgevingsaanleg



De oefening langsij plot de verschillende maatregelen uit met onderlinge invloeden. Veel van de verbindingslijnen zijn hierbij vanzelfsprekend. De meeste maatregelen hebben pas een negatieve invloed op elkaar als ze windspoeling verhinderen, maar daar moet concreet per situatie uitgezocht worden op welke maatregel er eerst ingezet wordt en hoe dat voor die situatie concreet kan gebeuren.

Op publiek niveau kan er voornamelijk ingezet worden op verbetering van de problematieken door een beleid dat inzet op wering van gemotoriseerd verkeer op dichtbevolkte plaatsen. Ook ontharden, vergroenen en correcte bouwkundige detailtering en materialisatie van de straten zijn pijlers.

Zoals in bovenstaande hoofdstukken "kostenefficiëntie" reeds aangegeven is het erg moeilijk te becijferen welk effect welke maatregel exact heeft en hoeveel die dan kost. Op prijs kunnen er dus moeilijk afwegingen gemaakt worden. De oefening langsij zet wel de kost van het (her)inrichten van een street canyon: er wordt uitgegaan van een standaard bestaande straat van 100m lengte en een breedte gelijk aan 2 rijbanen, 2 parkeervakken en een voetpad, die omgebouwd wordt naar maatregelen voor één van de drie hinderaspecten. De afbraakkost is niet ingerekend.

Voor publieke maatregelen is een budget van 30 000 euro/lopende meter voor de drie problematieken een goede grootteorde.

Inrichting	hoev	€	€
3 waterdoorlatende verharding	m ²	400	35
3 groene gevel	m ²	200	27
3 bomen	st	10	400
3 hagen	m ²	75	50
prijs per lopende 100m = € 27 150			

Handberekening voor de (her)inrichting van 100 lopende meter straat met hittedregerende maatregelen.

Conclusies voor interferentie geluid, lucht en hitte

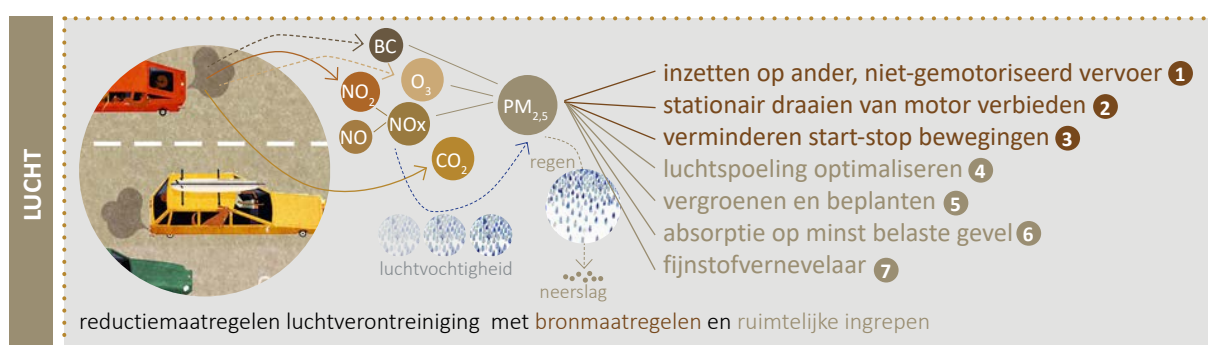
Straten hebben van oudsher een zeer functionele verbindende rol gespeeld, en vormen het gemene goed waar de gebruikers worden blootgesteld aan hinderlijke aspecten. Straten waren in het verleden reeds het schouwspel van hinder met gezondheidsrisico's tot gevolg. Zeker tot in de Middeleeuwen werd de straat als afvalberg en open riool van de bewoners gebruikt, met geurhinder en ernstige gezondheidsrisico's tot gevolg. In het huidige stedelijke klimaat zijn straten vooral het schouwspel van hinder dat veroorzaakt wordt op mondiaal/regionaal niveau, waardoor het steeds moeilijker wordt om deze problematieken op straatniveau op te lossen.

Uit dit onderzoek blijkt echter dat we door maatregelen op straat- of wijkniveau te nemen, zeer lokaal kunnen bijdragen aan een verbetering van gezondheid en leefomgeving en het dus de moeite loont om tijdens het ontwerp van stedelijke omgevingen, pleinen en straten, goed na te denken over die maatregelen die hittestress, luchtverontreiniging en geluidshinder kunnen reduceren.

Hierna wordt in eerste instantie een overzicht gegeven van de conclusies per hinderthema. Vervolgens wordt een algemene conclusie geformuleerd over de drie hinderaspecten en wordt deze aangevuld met aanbevelingen voor het toekomstige beleid.



Geluidshinder als gevolg van het verkeer in street canyons wordt bij voorkeur aan de bron aangepakt: in dit geval het gemotoriseerd verkeer. Het grootste rendement wordt gehaald door het aantal vervoersbewegingen te reduceren of elektrische wagens te voorzien. Deze maatregelen overstijgen echter het niveau van het ruimtelijke ontwerp en kunnen enkel als advies naar het beleid worden geformuleerd. Maar er zijn ook verschillende maatregelen mogelijk die eenvoudig toe te passen zijn maar waaraan vaak niet wordt gedacht tijdens het ruimtelijke ontwerp. Samengevat is te stellen dat zoveel mogelijk oneffenheden in de rijweg moeten worden vermeden. Zo kan een relatief grote winst worden gehaald uit het doordacht plaatsen van putdeksels en goten die geluidshinder veroorzaken indien ze in het spoor van de autobanden liggen. Daarnaast is de toepassing van 'geluidsarme' bestratingsmaterialen een eenvoudige maatregel met een relatief hoge winst. Tenslotte zijn verschillende geluidsabsorberende of geluidsreflecterende maatregelen mogelijk die als surplus worden beschouwd op de structurele aanpassingen om een rijweg zo vrij mogelijk van oneffenheden te maken.



HITTE

hitte stress

- reductie direct aangestraalde oppervlakte door schaduw ①
- windspoeling stimuleren ②
- verdamping via water/groenstructuren stimuleren ③
- verhogen albedo's door materiaalkeuzes en omgevingsaanleg ④

reductiemaatregelen hittestress

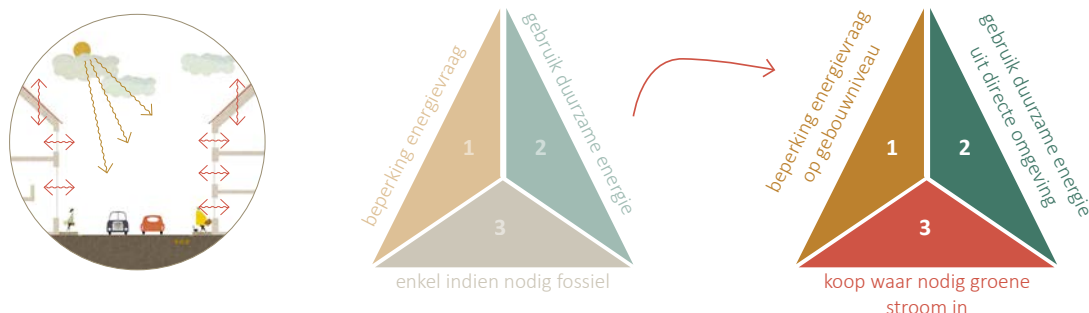
Voor elk hinderaspect kunnen dus tal van reductiemaatregelen worden genomen die elk afzonderlijk effectief zijn. Het probleem bestaat er echter in dat de som van de maatregelen terug aan effectiviteit verliest. Zo biedt een boom in een straat verkoeling tijdens een hittegolf maar kan hij bij slechte positionering de ventilatie in de straat verminderen waardoor de luchtvervuiling langer in de straat wordt vastgehouden. Dit leidt tot conflicten en toont het belang aan van het maken van duidelijke prioriteiten op korte termijn en beleidskeuzes op lange termijn. Dit betekent bijvoorbeeld dat een stad de kaart kan trekken om zich te behoeden tegen hittestress en beleid kan voeren om luchtverontreiniging en geluidshinder te reduceren door een aangepast mobiliteitsbeleid. Het aanplanten van jonge bomen en het geleidelijk aan afbouwen van de vervoersbewegingen zal op lange termijn leiden tot een evenwichtssituatie waarbij de uitstoot en de geluidshinder aanzienlijk is gereduceerd en de volwassen bomen voldoende schaduw en verkoeling bieden.

Naast de vaak grotere werkingsschaal van het hinderaspect en de efficiëntste hinderreductie door het wegnemen van de bron (het gemotoriseerd vervoer) is het tot slot ook belangrijk te duiden dat meer wetenschappelijk onderzoek nodig is naar het begroten van inrichtingsmaatregelen voor de hinderaspecten. Proefopstellingen met metingen kunnen uitsluitsel brengen over de exacte reducerende bijdrage van inrichtingen op verschillende hinderaspecten. Op die manier kunnen ze aan inrichtingskosten gelinkt worden, wat het beleid toelaat gerichtere keuzes te maken.

Energie

De Trias Territoria

Principes energie in de stad



Transitie van de Trias Energetica naar de Trias Territoria: denk lokaal

De energietransitie is een vraag van ruimtelijke inpassing: de ruimte voor hernieuwbare energieopwekking in en rond elke stad is vaak schaarser dan men op het eerste gezicht zou denken. Voor een paar grote gebouwen in de stad zijn al snel een aantal voetbalvelden zonnepanelen nodig.

Een aantal cruciale denkpistes in het ruimtelijk denken voor energietransitie op wijkniveau zijn de volgende:

1. Hernieuwbare energie kan onbeperkt opgewekt worden, maar er is maar een beperkte ruimte en een beperkte infrastructuur.
2. Wat is het schaalniveau dat de opdrachtgever kan beïnvloeden?
Lokaliseer energie: volg de Trias territoria.
3. Energietransitie schuift in op het ogenblik dat de stad zich transformeert en private en openbare ruimte wordt heringericht. Hierdoor kunnen win-win situaties opgezet worden waardoor er gezamenlijk gewerkt wordt aan de laagste maatschappelijke kosten.
4. Weeg ruimtelijk af wat eerst moet en op langere termijn de meest ruimtelijke, economische en sociale baten opleveren

Om energie te lokaliseren, en omdat fossiele brandstoffen geen uitgangspunt meer mag zijn, wordt de Trias Territoria naar voren geschoven, ter vervanging van de reeds gekende Trias Energetica. De belangrijkste vraag wordt dan: wáár wordt de energie opgewekt? En hoe wordt omgegaan met de ruimte die er wel nog is in de stad om het energievraagstuk ruimtelijk (zowel boven als ondergronds) te vullen?

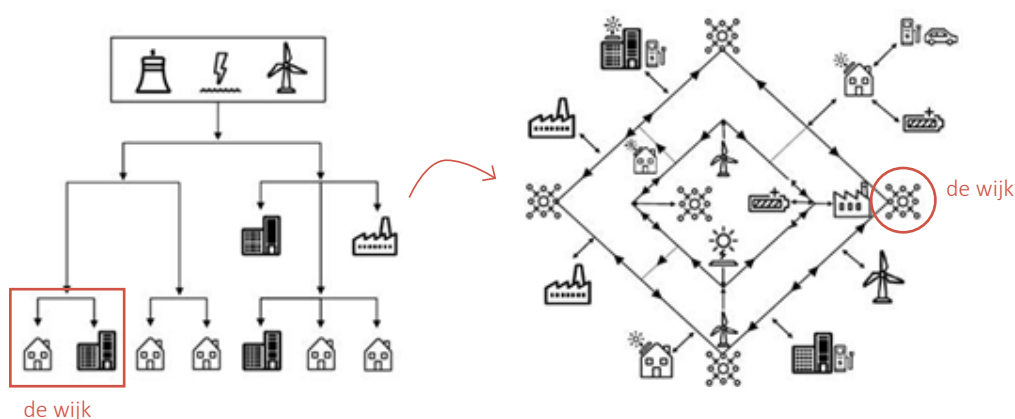
In de **Trias Territoria** gaat het erom te komen tot een gewogen ontwerp voor een energievoorziening in 3 stappen:

1. **Vraagbeperking op gebouwniveau** en vervolgens energie opwekken op, in, aan of onder het gebouw. Denk bijvoorbeeld aan zonnepanelen of kleine bodemenergiesystemen.
2. **Duurzame energie betrekken uit de directe omgeving** ervan, door onder meer beschikbare ruimte te benutten voor bodemenergie, lokale (rest-)warmtebronnen in te zetten, of ruimte voor zonneparken of windmolens te benutten.
3. **Het inkopen of opwekken van groene stroom**. De grote voorkeur gaat hier natuurlijk uit naar groene stroom uit eigen land.

Deze denkpistes zijn cruciaal op het ogenblik dat een stratencluster of een wijk heraangelegd of herdacht wordt. Evenwel is het moeilijker te zeggen hoe het energievraagstuk zich volledig in één wijk kan verankeren: het afbakenen van energienetwerken is immers niet zinvol. Wel kunnen collectiviteitswinsten gehaald worden uit bijvoorbeeld BEO-velden met een klein warmtenet waar er plaats voor is. Daarnaast hebben de aanwezigheid van grotere spelers in een wijk zoals openbare gebouwen, scholen, kantoorgebouwen, een belangrijk schaalvoordeel die implementatie collectieve systemen kunnen bevorderen. In elk geval is het zo dat het netwerkdenken op vlak van energie de toekomst is, en dat energie-opwekking als activiteit geen verhaal meer is van de macro-structuren, maar eentje dat lokaal verankerd wordt in stukjes wijk zoals het microgrid of energy community.

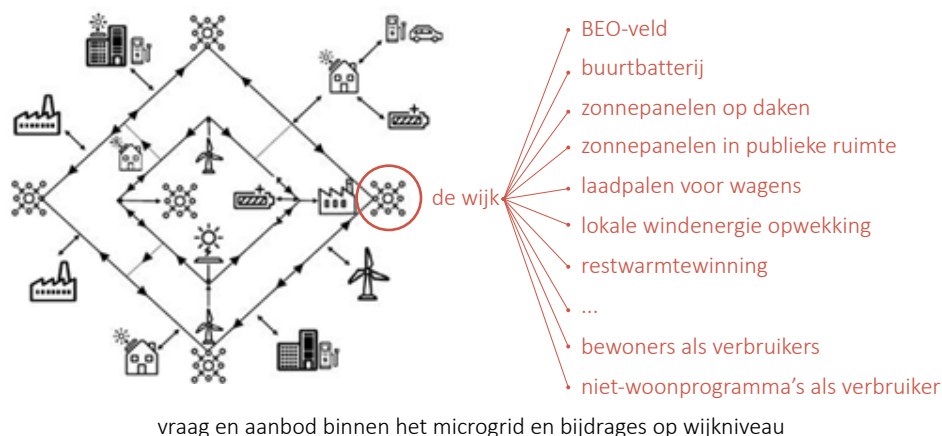
Local energy communities - wijken als schakel binnen het energiesysteem van de toekomst

De toenemende decentrale productie van energie en elektrificatie van bijvoorbeeld gebouwklimatisatie en mobiliteit vraagt om een slimmer en flexibeler gebruik van zowel lokale energieproductie en het distributienet om belangrijke investeringen in het net uit te stellen of zelfs te vermijden. Het Europese Clean Energy Package biedt met de introductie van local energy communities (LEC) het kader voor een meer flexibel, decentraal en gedigitaliseerd energiesysteem van de toekomst (zie afbeelding 1). Daarbij is een Local Energy Community een non-profit legale entiteit op basis van open participatie die wordt beheerd door lokale stakeholders (overheden, burgers, bedrijven) met als primair doel omgevings, economische en sociale voordelen op te brengen voor de leden van de community.



huidige energiesysteem met centrale productie en unidirectionele distributie (links) , toekomstig systeem met decentrale productie, multidirectionele distributie en microgrids (rechts)- bron: ABB

Wijken en districten spelen een cruciale rol bij de realisatie van het toekomstig slim energiesysteem en uitrol van deze energy communities. Een wijk georganiseerd in een energy community genereert collectiviteitswinsten van zowel private als publieke assets zoals groene stroom uit zonnepanelen op gebouwdaken, duurzame warmte uit een BEO-veld en warmtenet, lokale opslag in een buurtbatterij. De energy community zorgt ook voor monitoring, sturing en facturatie van energie binnen de wijk. Het microgrid dat de energy community beheert, wordt gerealiseerd met de bestaande netinfrastructuur waardoor geen werken in het openbaar domein voor investeringen netcapaciteit noodzakelijk zijn. Energy communities zijn steeds met het centraal net (macrogrid) verbonden en maken zo ook deel uit van een energiesysteem op een groter schaalniveau.

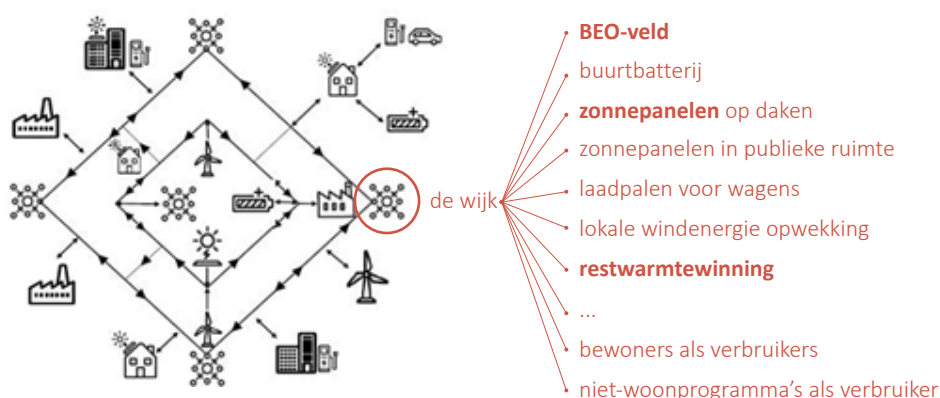


Collectieve energiesystemen

Collectieve energiesystemen bieden door hun schaalgrootte efficiëntiewinsten ten opzichte van private systemen. Beheer en sturing van energiestromen in energy communities biedt de mogelijkheid lokaal gebruik van lokaal opgewekte energie te optimaliseren. Hierdoor zetten collectieve systemen en energy communities concrete stappen richting klimaatneutrale wijken en steden.

De inpassing van deze energieconcepten in een wijk blijft steeds een complex gegeven en is gebonden aan vele randvoorwaarden en wet- en regelgeving. Doordat energieconsumenten steeds de keuzevrijheid van energieleverancier behouden, dient de haalbaarheid van businesscases steeds geëvalueerd te worden op basis van participatiegraad en betrokkenheid van stakeholders in een wijk.

Hierna wordt een bonding overzicht gegeven van duurzame collectief energiesystemen die binnen stedelijk weefsel kunnen worden ingepast. In bijlage wordt per concept en technologie de voor- en nadelen en dimensionering nader toegelicht.



vraag en aanbod binnen het microgrid en bijdrages op wijkniveau
met in het vet de technische installaties die verder door toelicht worden

Studentenbuurt	tot verbruik cluster/jaar	aantal aansluitingen	aantal inwoners	gem verbr/inwoner/jaar
Elektriciteit (kWh)	55 656 000	7 572	6 453	8 625
Aardgas (kWh)	128 426 100	4 455		19 902
Oud Berchem	tot verbruik cluster/jaar	aantal aansluitingen	aantal inwoners	gem verbr/inwoner/jaar
Elektriciteit (kWh)	31 295 299	5 642	5 582	5 606
Aardgas (kWh)	74 834 999	4 403		13 406
Deurne	tot verbruik cluster/jaar	aantal aansluitingen	aantal inwoners	gem verbr/inwoner/jaar
Elektriciteit (kWh)	45 941 480	11 551	9 964	4 610
Aardgas (kWh)	132 045 141	8 053		13 252
Ekeren	tot verbruik cluster/jaar	aantal aansluitingen	aantal inwoners	gem verbr/inwoner/jaar
Elektriciteit (kWh)	8 282 725	1 773	1 171	7 073
Aardgas (kWh)	22 376 680	1 408		19 109

Verbruiken per cluster (voor meer gegevens zie paspoorten in bijlage)

bron: open source data Elia

De Warmtepomp

Algemene werking

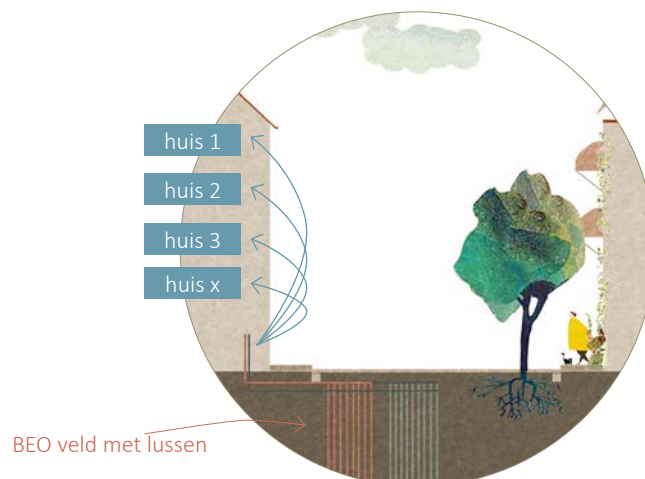
Een warmtepomp biedt de mogelijkheid duurzame warmte en koeling te leveren met een relatief beperkte input van elektriciteit. Een warmtepomp waardeert laagwaardige warmte op tot hoogwaardige warmte. Een warmtepomp kan zowel warmte als koeling leveren afhankelijk van het gewenste gebruik.

De warmtepomp kan warmte onttrekken uit de directe omgeving en deze energie verder opwaarderen naar het gevraagde warmteniveau. De warmtepomp geeft het beste rendement indien er in het gebouw een lage temperatuur afgiftesysteem gewerkt wordt, zoals vloerverwarming. De warmte kan uit de buitenlucht, vloeistof, bodem en restwarmte onttrokken worden. Dit wordt in de volgende hoofdstukken behandeld.

a) de bodem/water warmtepomp

Er kan warmte onttrokken worden uit de bodem. Er bestaan twee types bodem/water warmtepompen, namelijk een open en gesloten systeem. Het gesloten systeem wordt ook een ‘boorgat energieopslag’ genoemd (BEO) en het open systeem warmte- en koudeopslag (WKO). De onttrokken warmte uit de bodem wordt verder opgewaardeerd door een warmtepomp. Afhankelijk van de beschikbare oppervlakte kan er een bepaald vermogen onttrokken worden. Het gemiddelde rendement of de SPF van dit systeem is ongeveer 5. Dit wil zeggen dat de verhouding tussen de nuttige warmte en het elektrisch verbruik van de warmtepomp een factor 5 verschilt wat hoger is dan de lucht/water warmtepomp.

Gesloten systeem of BEO

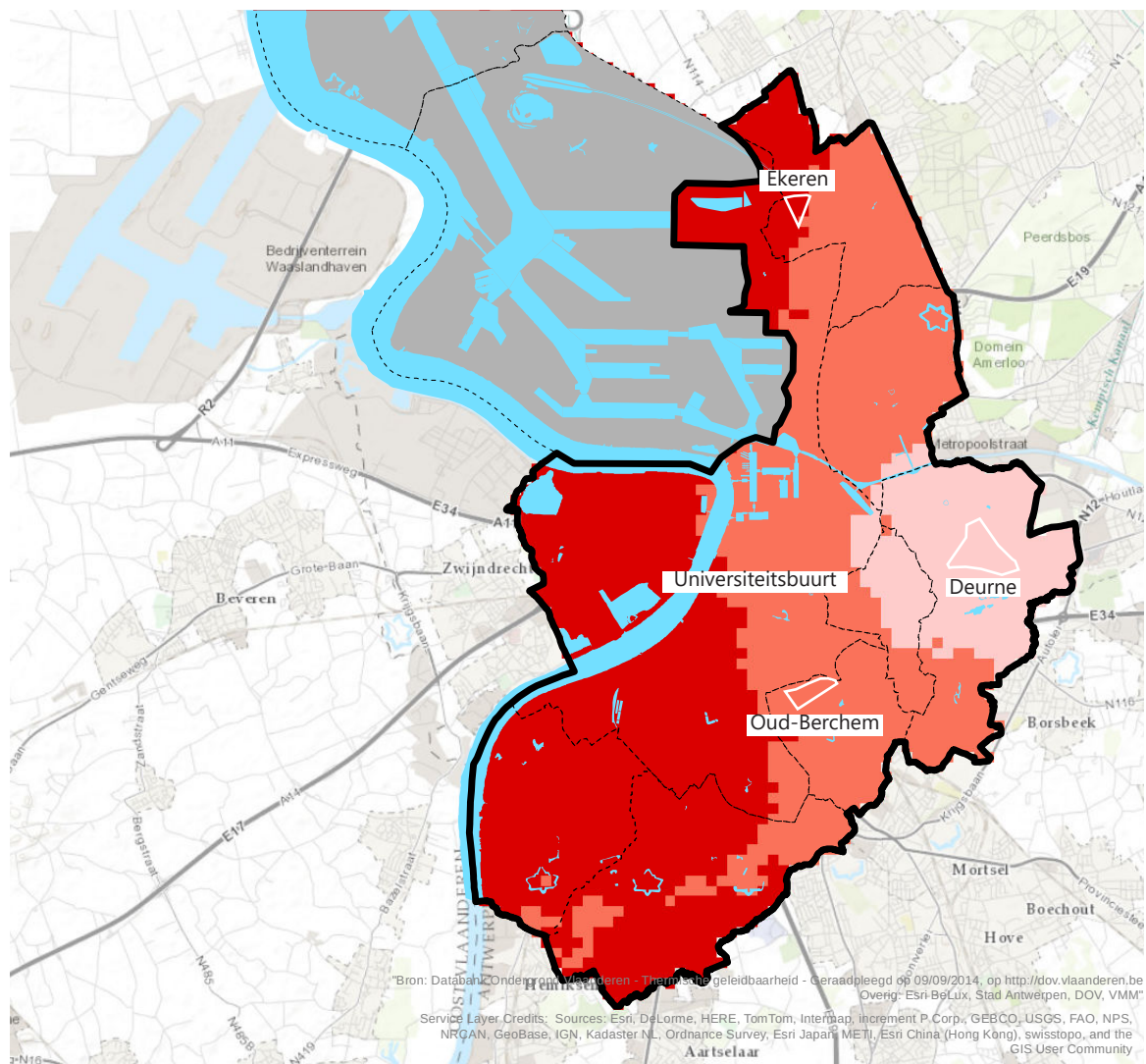


Bij een gesloten systeem hangt de toepasbaarheid van deze installatie sterk af van de soort bodem waar de leidingen in worden gelegd. Dit type is niet voor elke ligging interessant en moet gedetailleerd gecontroleerd worden. Warmte en/of koude kan in de grond gebracht of onttrokken worden door een hydraulisch gesloten circuit bestaande uit verticale warmtewisselaars. Deze warmtewisselaars zijn leidingen die in als een lus, verticaal op een diepte van 20 tot 150m diep worden gebracht. Het voordeel bij dit systeem is dat er warmte onttrokken wordt in de zomer, waardoor de bodem in beperkte mate afkoelt. In de zomer kan deze koude terug gebruikt worden om het gebouw van de nodige koeling te voorzien. Dit resulteert in een hoger rendement van de installatie. Het nadeel is echter dat er voldoende oppervlakte beschikbaar moet zijn om dit systeem te kunnen aanleggen.

Gesloten systeem of BEO

Bij een gesloten systeem hangt de toepasbaarheid van deze installatie sterk af van de soort bodem waar de leidingen in worden gelegd. Dit type is niet voor elke ligging interessant en moet gedetailleerd gecontroleerd worden. Warmte en/of koude kan in de grond gebracht of onttrokken worden door een hydraulisch gesloten circuit bestaande uit verticale warmtewisselaars. Deze warmtewisselaars zijn leidingen die in als een lus, verticaal op een diepte van 20 tot 150m diep worden gebracht. Het voordeel bij dit systeem is dat er warmte onttrokken wordt in de zomer, waardoor de bodem in beperkte mate afkoelt. In de zomer kan deze koude terug gebruikt worden om het gebouw van de nodige koeling te voorzien. Dit resulteert in een hoger rendement van de installatie. Het nadeel is echter dat er voldoende oppervlakte beschikbaar moet zijn om dit systeem te kunnen aanleggen.

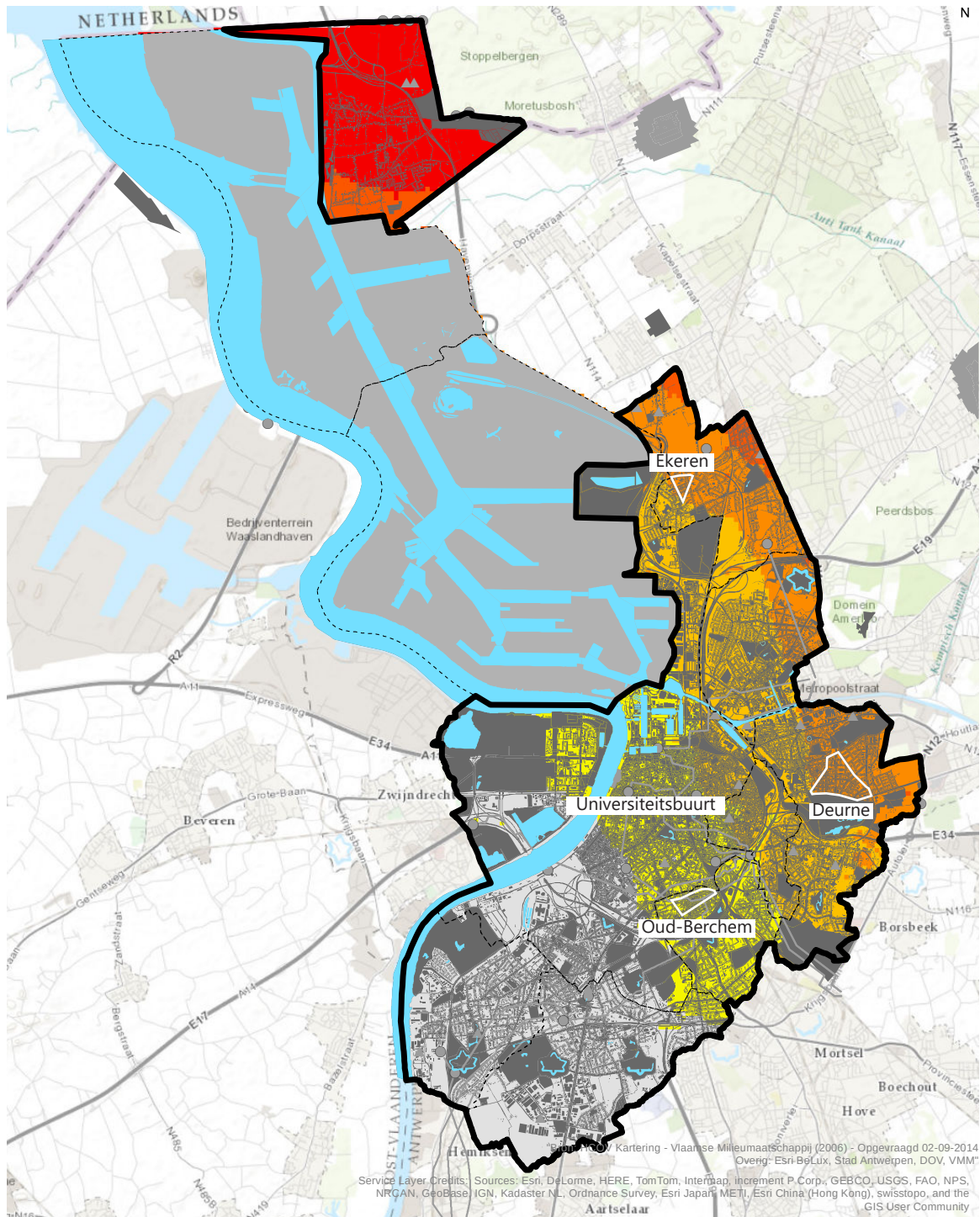
Witteveen+Bos heeft in 2014 in opdracht van de Stad Antwerpen een studie uitgevoerd naar het potentieel van bodemenergie in Antwerpen. Volgende afbeelding betreft een potentieelkaart voor BEO-systemen waarbij de hoeveelheid energie per m² die uit de bodem kan worden gehaald wordt weergegeven. Bij de inpassing van een BEO-veld moet er rekening gehouden worden met het ruimtebeslag. Algemeen dient er per bodemlus een oppervlakte van 25m² te worden voorzien.



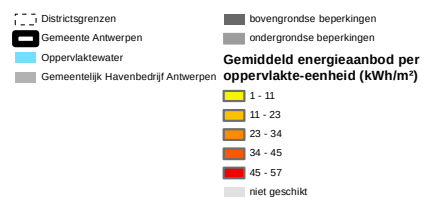
bodempotentiekaart BEOsysteem: vermogen bodemplussen en ligging clusters

Dimensionering

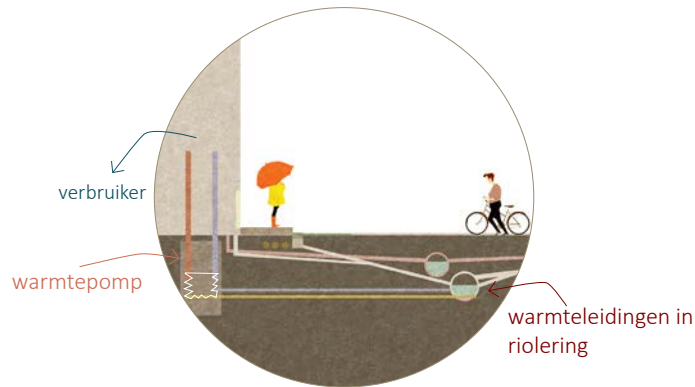
Met behulp van de aanbodkaart kan bepaald worden hoeveel oppervlakte er nodig is om een bepaalde energiebehoefte te voorzien met een WKO installatie.



Realistisch potentieel wko- kaart met aanduiding clusters



Riothermie



Indien er geen industrie in de directe omgeving bevindt kan er ook de beschikbare warmte die in het riole-ringswater van residentiële gebouwen aanwezig is worden gewonnen. Dit principe wordt riothermie ge-noemd. Het sanitair water dat geloosd wordt op rioleringen heeft een relatief hoge temperatuur. De exacte temperatuur is moeilijk te bepalen omdat dit afhangt van het verbruiksprofiel van elke woning (aantal perso-nen, ...). Er worden warmtewisselaars geplaatst in de riolering zoals in de figuur hieronder is weergegeven. Er zijn nog maar een beperkt aantal cases gekend van deze technologie.

Voordelen

-Nuttig gebruik maken van restwarmte = 'gratis' warmte

Nadelen

-Effectief rendement is moeilijker te bepalen bij wisselende bronnen

Dimensionering

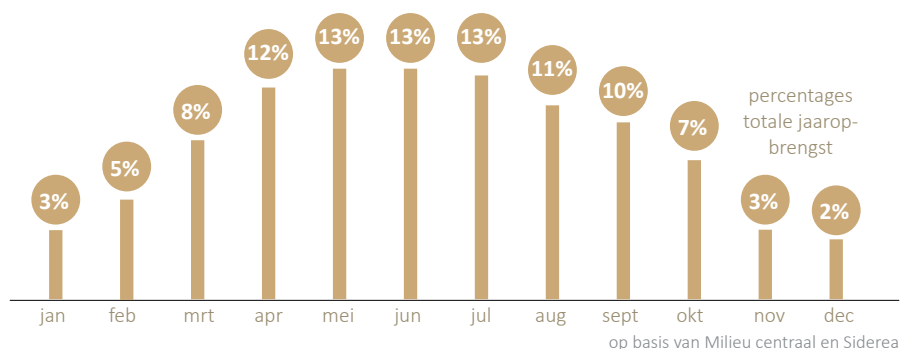
Omdat er nog weinig cases zijn over riothermie zijn de dimensioneringsvoorwaarden nog in een ontwikkel-ingsfase waardoor er geen exacte kengetallen beschikbaar zijn. Het gebruik van restwarmte is ook afhanke-lijk van de bron waar deze warmte aan onttrokken wordt. Hiervoor zijn geen kengetallen ter beschikking.

De beschikbare restwarmte uit de industrie of riothermie is niet oneindig waardoor er een optimaal sys-teem ontwikkeld moet worden om deze warmte goed te gaan benutten. Het aansluiten op een collectief net kan hierbij helpen. Het nodig vermogen van de installatie wordt kleiner doordat er met gelijktijdigheid van de af-name gerekend kan worden. Er kunnen met andere woorden meer woningen of gebouwen geb-ruik maken van de restwarmte in een collectief systeem dan dat elke woning individueel wordt gevoed.

PV cellen

principe standaard PV installatie

De opbrengst van een PV-installatie is rechtstreeks afhankelijk van het beschikbare zonlicht. Voor Vlaanderen is een typische opbrengstcurve weergegeven op figuur 4, waarbij er haast geen opbrengst is in de winter en de opbrengst piekt van mei tot en met juli. In Vlaanderen dienen de PV-panelen naar het zuiden georiënteerd te worden onder een installatiehoek van 30 graden voor maximale opbrengst. Het dagelijkse productieprofiel is afhankelijk van het aantal uren zon en de mogelijke aanwezigheid van bewolking. Een voorbeeld van productiecurves op dagbasis zijn weergegeven op volgende



Dimensionering

De gemiddelde productie van een PV-installatie in Vlaanderen is 850-950 kWh/kWp. Standaard PV-panelen op de markt hebben een vermogen van 270-300 Wp en een oppervlakte van 1,6 m².

Dit betekent dat er ongeveer vier PV-panelen nodig zijn voor een piekvermogen te creëren van 1 kWp of een oppervlakte van minimaal 6,4 m².

Om het gemiddeld jaarlijks elektriciteitsverbruik van een gezin in Vlaanderen (3.500kWh per jaar) in te vullen met groene stroom uit PV-panelen, dienen 13 PV panelen te worden geplaatst waarbij een oppervlakte van ca. 21 m² nodig is.

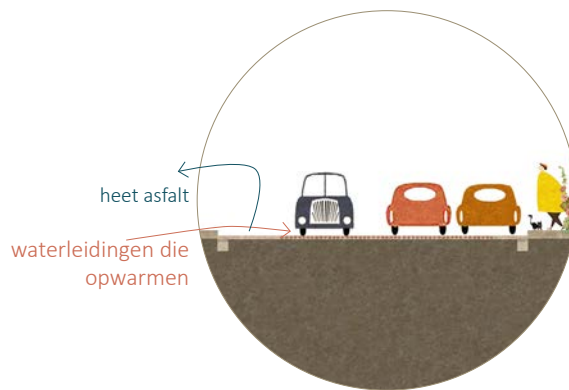
In Vlaanderen worden door particulieren doorgaans tussen de 10 en 20 PV-panelen geplaatst.

Voor Vlaanderen heeft men de Zonnekaart ontwikkeld, waarbij men op basis van de adresgegevens van een gebouw een eerste inschatting maakt van het potentieel van het dak voor PV-installatie.



<https://apps.energiesparen.be/zonnekaart>

Asfalt-collector



principe

Asfalt wordt heel warm in de zomer doordat zonne-energie op het donkere asfalt omgezet wordt in warmte. Deze warmte kan nuttig gebruikt worden door waterleidingen onder het asfalt aan te leggen en de warmte af te voeren. De levensduur en kwaliteit van het wegdek vergroot hierdoor omdat er minder scheuren in komen door de beperkte uitzetting in de zomer. De asfaltcollector behaalt het hoogste rendement in combinatie met een WKO systeem waarbij de bodem als buffer dient voor de onttrokken warmte in de zomer en koude in de winter. Het wegdek kan tijdens koude winterdagen vorstvrij gehouden worden door relatief warmer water door het wegdek te sturen wat een extra voordeel is maar op energetisch vlak minder interessant. Hierdoor kan er minder zout gestrooid worden waardoor het asfalt minder aangetast zal worden. Het asfalt kan een temperatuur tot 60°C bereiken. Er kan een watertemperatuur in de bron van ongeveer 25°C gehaald worden. Het rendement is het hoogst waarbij het water in de collector opgewarmd wordt tot 20°C. Bij hogere temperaturen neemt het rendement af door stralingsverliezen en convectie aan de buitenlucht.

afweging

Voordelen

- Nuttig gebruik maken van restwarmte = ‘gratis’ warmte
- Minder onderhoud van het wegdek
- Minder of geen zout strooien bij vorst

Nadelen

- Effectief rendement is moeilijker te bepalen bij wisselende bronnen
- Onderhoud aan het wegdek kan complicaties geven
- Nutsvoorzieningen onder het wegdek zijn moeilijker te bereiken

Dimensionering en ruimtebeslag

Omdat er nog weinig cases zijn over de asfaltcollector zijn de dimensioneringsvoorwaarden nog in een ontwikkelingsfase. Uit enkele cases komt voort dat er per vierkante meter asfalt circa 222 kWh aan energie gewonnen kan worden.

Noot bij het inzetten van asfaltcollectoren is wel dat deze voornamelijk op de invals en ontsluitingswegen voorzien zouden worden. Naar het hittebestendig maken van stads en dorpskernen is ontharden namelijk prioriteit. Bovendien is het aanleggen van korte stukken asfaltcollector niet zinvol op vlak van kosten/baten.

Referentie: de klimaatneutrale Bloemstraat in Antwerpen



Bloemstraat Antwerpen

Aanleiding

Het projectidee “Klimaatneutrale wijk” is één van de geselecteerde projecten binnen Stadslab2050 georganiseerd door de Stad Antwerpen. Dit projectidee koppelt private gebouwrenovatie aan collectieve verduurzaming van energievoorziening in de binnenstad. Op die manier wil de Stad haar energie-neutrale ambities realiseren met maximaal draagvlak van de burger.

Het projectidee waarvoor de Bloemstraat in Antwerpen als pilootlocatie werd geselecteerd, wil gebouwrenovatie in de binnenstad optimaal afstemmen op de implementatie van een lage temperatuur warmte- en koudenet en microgrid op wijkniveau. Het initiatief voor het projectidee werd aangereikt door de bewoners van de Bloemstraat te Antwerpen. In de Bloemstraat zal het openbaar domein worden heraangelegd met realisatie van een Tuinstraat. De heraanleg van het openbaar domein biedt een unieke kans om collectieve voorzieningen en nieuwe technologie te integreren in het vernieuwd ruimtelijk ontwerp van de wijk en daarnaast optimaal te laten aansluiten op de gebouwen. Vanuit dit uitgangspunt is bottom-up het projectidee ontstaan voor een pilootproject voor een klimaatneutrale wijk waarbij de herinrichting van het openbaar domein wordt gekoppeld aan enerzijds collectieve duurzame energievoorzieningen anderzijds slimme gebouwrenovatie.

Projectidee Bloemstraat

Collectieve voorzieningen zullen bestaan uit een BEO-veld en lage temperatuur warmte en koudenet, dat wordt aangelegd ter hoogte van een pleintje, en een microgrid voor het delen van groene stroom uit individuele PV-installaties voor ondermeer warmtepompen (zie afbeelding 2). Binnen dit pilootproject wil men komen tot een slimme integratie van renovatie van openbaar domein met technologie voor verduurzaming van de wijk.

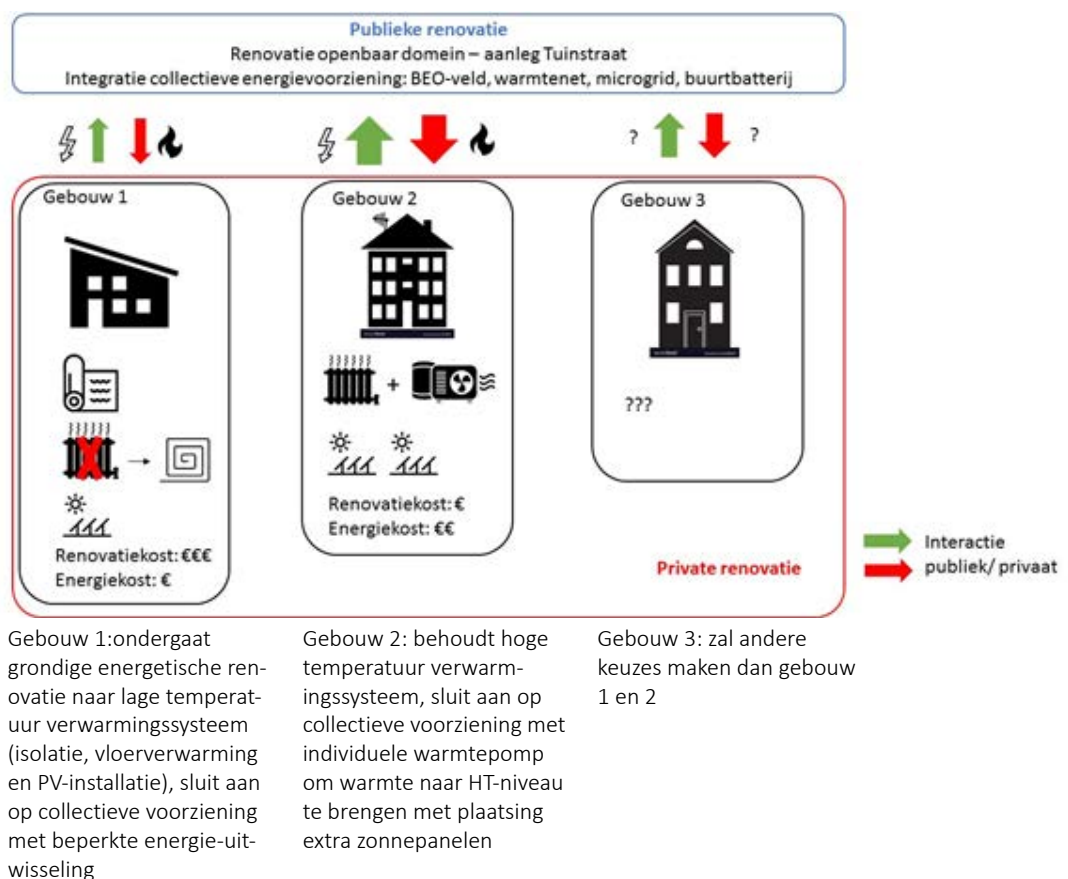
Op gebouwniveau wil dit project komen tot algemene concepten voor (collectieve) renovatie van de gebouwen (renovatiepakket), die gefinancierd kunnen worden op basis van private investeringen, die energetisch en financieel optimaal zijn afgestemd op de collectieve voorzieningen zoals een warmtenet en microgrid.

Op basis van nieuwe verdienmodellen uit bijvoorbeeld aankoop van warmte uit een collectief BEO-veld en verkoop van groene stroom van private zonnepanelen worden burgers gestimuleerd te participeren in





een collectieve duurzame energievoorzieningen en individuele keuzes te maken die op lange termijn meer maatschappelijke baten opleveren: de klimaatneutrale stad. In afbeelding 3 wordt conceptueel weergegeven hoe gebouw eigenaren hun renovatiepakket afstemmen op de mogelijkheden/beperkingen van het gebouw, de aanwezige collectieve energievoorzieningen en opbrengsten op korte en langere termijn.

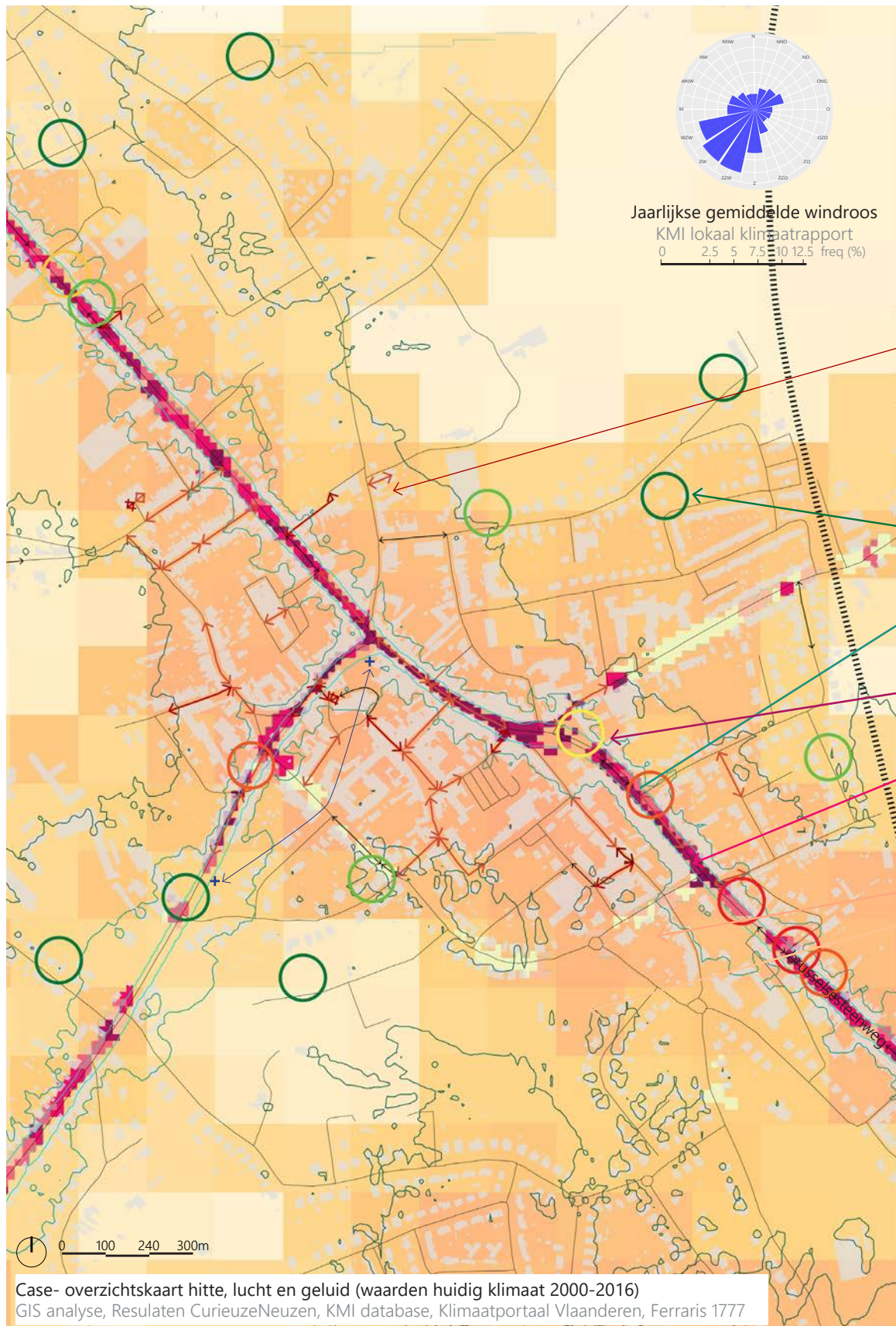


Door middel van een thermisch en elektrisch microgrid in de Bloemstraat worden de eindgebruikers zoals woningen, school en handelszaken met elkaar geconnecteerd en gestimuleerd hun energievraag en energielevering optimaal af te stemmen op het collectief systeem van de wijk.

Addendum: testcase inrichtingsmaatregelen

In dit addendum zijn de 3 testcases opgenomen van de straat canyon studie. De 3 cases illustreren hoe hitte lucht en geluid samenwerken en hoe een aantal inrichtingsmaatregelen al dan niet interfereren. Ook een denkpiste in hoe te kiezen voor het oplossen van welk hinderaspect is meegenomen. Case Asse, Tongeren en Vilvoorde werden geselecteerd, waarbij de laatste suggesties kreeg naar inrichtingsmaatregelen.

Leeswijzer en definities



1) Kaarten

Deze syntheseskaarten combineren de beschikbare gegevens over hittestress, luchtverontreiniging en geluidshinder. De kaarten werden samengesteld door GIS Analyse op basis van de planlaag Vlaanderen in Geopunt, concentraties NO₂ van het 2017 VMM-model, resultaten van CurieuzeNeuzen en Straatvinken, de KMI database, Klimaatportaal Vlaanderen en op basis van de Ferraris1777. De verschillende lagen zijn bewerkt in GIS en via Illustrator tot gelaagd eindproduct vormgegeven. Definities en drempelwaardes per thema zijn uitgezet in de legende en worden in deze leeswijzer eerst verklaard. Een interpretatie van de gelaagde kaarten, en dus een samenvatting van elke case, wordt onderin de kaart meegegeven. De cases illustreren de toepassing van de werkingsprincipes van hitte, lucht en geluid uit vorige hoofdstukken en één case werd verder uitgewerkt op toepassing van de voorgestelde maatregelen per thema.

2) Geometrie

h/b verhouding

↔ 2.01-3.00
↔ 1.01-2.00
↔ 0.66-1.00
↔ 0.51-0.65
— < 0.51

↑ straatcanyon



De Ferrarisatlas uit 1777 duidt de oorsprong van de meeste streetcanyons in het historische weefsel. In veel gevallen wordt gesproken van historische streetcanyons.

(zie ook hoofdstuk "street canyons-definities" voor meer informatie over de geometrie van street canyons)

3) Geluidshinder

geluidsniveau L_{den} (dB)

— 75 dB
— 70 dB
— 65 dB
— 60 dB
— 55 dB

Geopunt geeft de strategische geluidsbelastingskaart van 2016 voor wegverkeer met meer dan 3 miljoen voertuigpassages per jaar volgens RL 2002/49/EG, samen met impact aanvullende wegen. Op de geluidkaart wordt aangegeven aan hoeveel geluid (in L_{den}) de omgeving wordt blootgesteld. Het L_{den}-niveau is een gewogen jaargemiddeld geluidsdrukkniveau over het etmaal waarbij de avond- en nachtniveaus relatief gezien zwaarder doorwegen, wat overeenkomt met de vaststelling dat geluidsoverlast 's avonds en 's nachts doorgaans als hinderlijker wordt ervaren.

L_{den}, verkeer < 53 dB hogere waarden hebben negatieve invloed op gezondheid
L_{night}, verkeer < 45 dB hogere waarden hebben negatieve invloed op slaap

4) Luchtverontreiniging

NO₂-concentratie (µg/m³)

- puntmetingen

0 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 >60

- achtergrondwaarden

0 10 15 20 25 30 35 40 45 50 max

WGO drempelwaarde
ANSES gezondheidsadvieswaarde
EU/WGO grenswaarde

De NO₂-concentratie metingen zijn een goede indicatie van luchtverontreiniging door verkeer. De puntmetingen zijn afkomstig van het citizenscience project CurieuzeNeuzen, de achtergrondindicatie NO₂ is afkomstig van het 2017 VMM model. De ANSES gezondheidsadvieswaarde is vastgelegd op 20 µg/m³.

noot: concentraties NO₂ (vierkantjes) lager dan 25 (groen) zijn niet opgenomen in een aantal van de overzichtskaarten ten voordele van de leesbaarheid. Ook een kleurenconversie is opgenomen ter verduidelijking.

5) Hittestress

hittegolfgraaddagen (°Cdag)

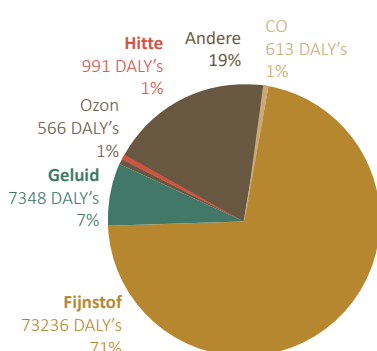
0 44,7 60

drempelwaarde
hittestress Vlaanderen

Een hittegolfgraaddag wordt gedefinieerd als de som van de overschrijdingen van de dagelijkse maximum- en minimumtemperaturen boven de drempelwaarden van respectievelijk 29,6 °C en 18,2 °C, voor de hittegolfdagen in de periode 1/4 tot 30/9 in een jaar. De FOD Volksgezondheid schuift als kritische temperatuurdrempels zowel het dagelijkse max van 29,6 °C als de nachtelijke min van 18,2 °C naar voor. Gezondheidsproblemen treden op bij min. 3 opeenvolgende dagen met nachtelijke minima boven die 18,2 °C. Kaarten afkomstig van VMM.

noot: hitereductiemaatregelen zijn voornamelijk gericht op het beperken van impact bij verderzettende klimaatverandering. De huidige hitte-situatie is nog net niet kritiek.

6) Welk hinderaspect eerst?

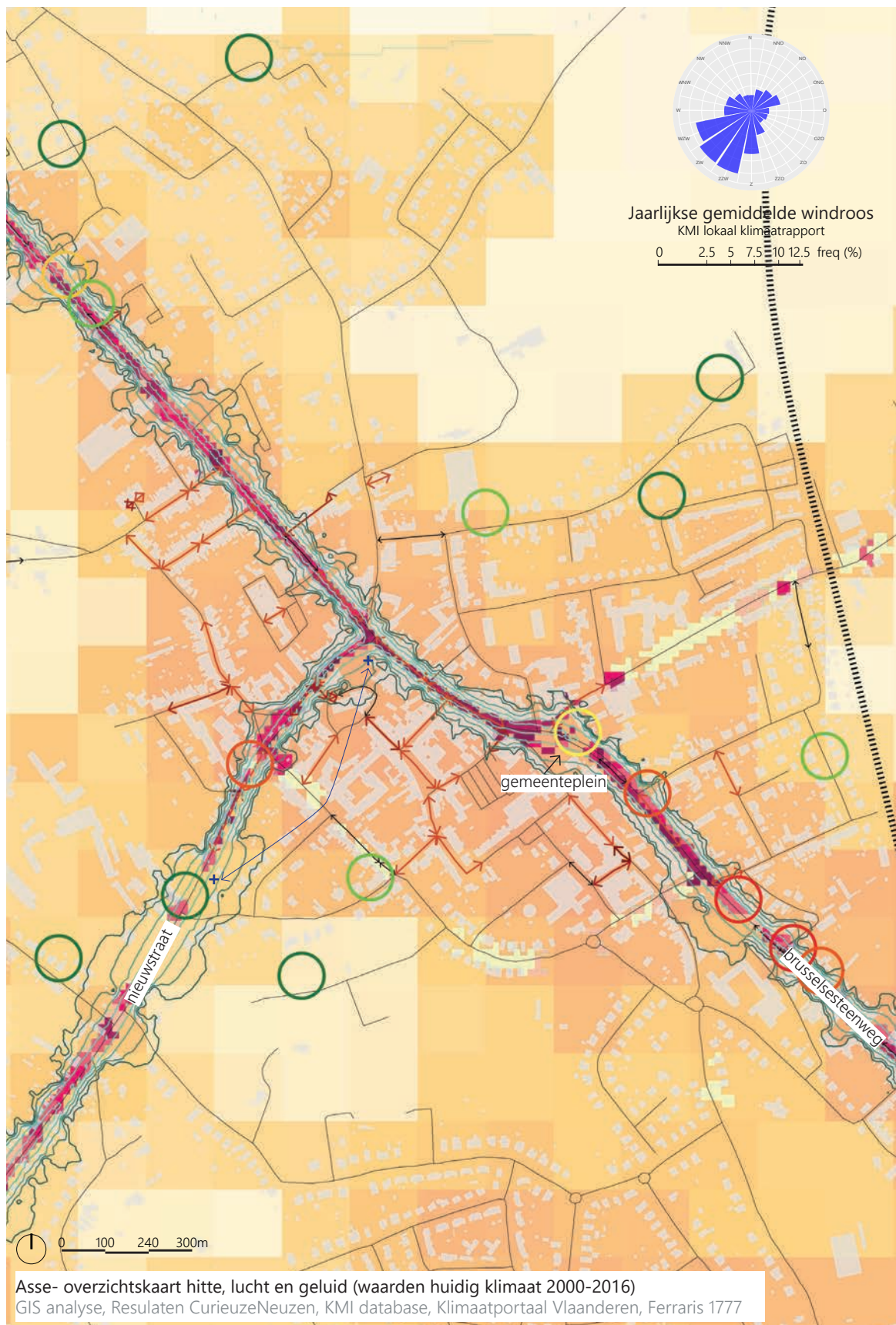


Scherpstellen op welk hinderaspect een straat ingericht wordt, is noodzakelijk daar geluid, lucht en/of hitereducerende maatregelen elkaar-positief of negatief- beïnvloeden. Dit kan op twee manieren:

1) Prioriteren van hinderaspect door absoluut grootste overschrijding over geaffecteerde bevolking: door de aanwezige actuele overlast te becijferen en naast de normen te leggen, is gekend hoeveel de absoluut hoogste overschrijding bedraagt. Die kan voor hitte bv. groter zijn dan voor geluid. Vervolgens kan daarnaast de voetafdruk van de geaffecteerde bevolking gelegd worden. Een combinatie van deze 2 lagen geeft inzicht in het prioriteren aan te pakken hinderaspect.

2) Prioriteren door impact op DALY's of potentieel verloren levensjaren: een tweede optie is de DALY grafiek voor de verschillende aspecten na te gaan. Het is wel belangrijk de juiste DALY grafiek hiervoor te selecteren: de algemene grafiek zal er anders uitzien dat de DALY grafiek voor bv. verkeer.

Case Asse



h/b verhouding

↔ 2.01-3.00
↔ 1.01-2.00
↔ 0.66-1.00
↔ 0.51-0.65
— < 0.51

streetcanyon

NO₂-concentratie (µg/m³)

- puntmetingen
0 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 >60
- achtergrondwaarden
0 10 15 20 25 30 35 40 45 50 max

geluidsniveau L_{den} (dB)

75 dB
70 dB
65 dB
60 dB
55 dB

hittegolfgraaddagen (°Cdag)

0 44,7

1) Historiek



Historische streetcanyons, met ZW hoofdwindrichting die de Nieuwstraat doorspoelt.

2) Geluidshinder

Geluidshinder wordt gemeten aan de invalswegen, en is afhankelijk van de verkeersintensiteiten doorheen de dag. Wel is het zo dat de WHO norm daar overal overschreden wordt.

3) Luchtkwaliteit

De slechtste luchtkwaliteit is te vinden langs de Brusselsesteenweg en de Nieuwstraat, niet toevallig de invalswegen van Asse. De Brusselsesteenweg staat in de Curieuzeneuzen-studie geklasseerd onder *Rode Landelijke Hotspots*, plekken waar de NO_2 concentratie stijgt door filevorming en/of overmatig stop-en-go verkeer, een situatie die vaak voorkomt in straten met lintbebouwing loodrecht op de hoofdwindrichting. Hier is het namelijk zo dat de oriëntatie van de straat de wind verhindert de vervuilde lucht uit de straat te spoelen.

4) Hittestress

Dankzij de landelijke ligging en de lage bouwdichtheid van Asse is hittestress geen grote uitdaging in het huidige klimaat. Voorspeld wordt wel dat het aantal hittegolfgaardagen in de toekomst zal stijgen, waardoor hittestress een regionaal probleem zal worden (Milieuraapport, 2017). In de straten met lintbebouwing is het wel zo dat de temperaturen stijgen door lage albedo's en ten gevolge van een geblokkeerde windpoeling.

5) Conclusie en mogelijke maatregelen voor Asse

Asse kampt voornamelijk met luchtverontreiniging, vervolgens met geluidshinder en op de invalswegen met lintbebouwing ook met hittestress. Buiten de invalswegen vallen deze problematieken weg door windspoeling als gevolg van de landelijke ligging.

Mogelijke maatregelen voor Asse op vlak van luchtkwaliteit (prioriteit) zijn:

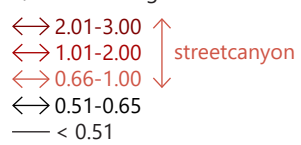
- inzetten op ander, niet-gemotoriseerd transport
- het verschuiven van de verkeerslichten naar plaatsen waar wel windspoeling is (zodat luchtverontreiniging van stationair draaien bij wachten voor het licht weg kan spoelen)
- het interactief afstemmen van de verkeersseinen ten voordele van een vlottere doorvoer van het verkeer
- stationair motordraaien overal verbieden
- de lintbebouwing plaatstelijk onderbreken zodat windspoeling weer mogelijk is (de voordelen van deze ruimtelijke strategie zijn al te zien aan de gele Curieuzeneuzen cirkel bij het Gemeenteplein voor het stadhuis (waar de rest van de resultaten rood plotten).

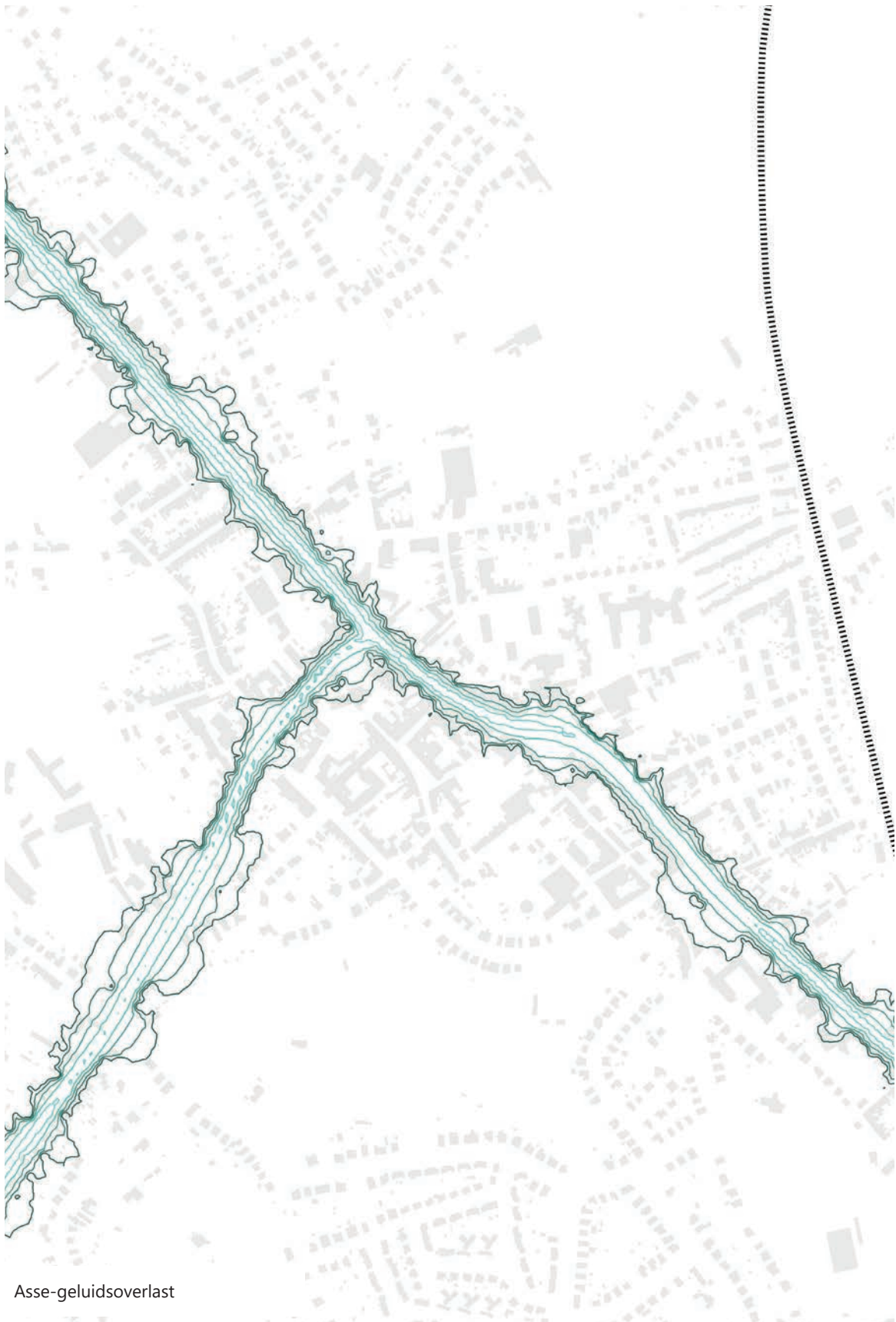
Mogelijke maatregelen voor Asse op vlak van geluidshinder (2^e prioriteit) zijn:

- inzetten op ander, niet-gemotoriseerd transport: maatregelen geluid zijn het efficiëntste aan de bron
- aanleggen straatmeubilair, herbekijken type wegdek, privaat gevelgroen, ...

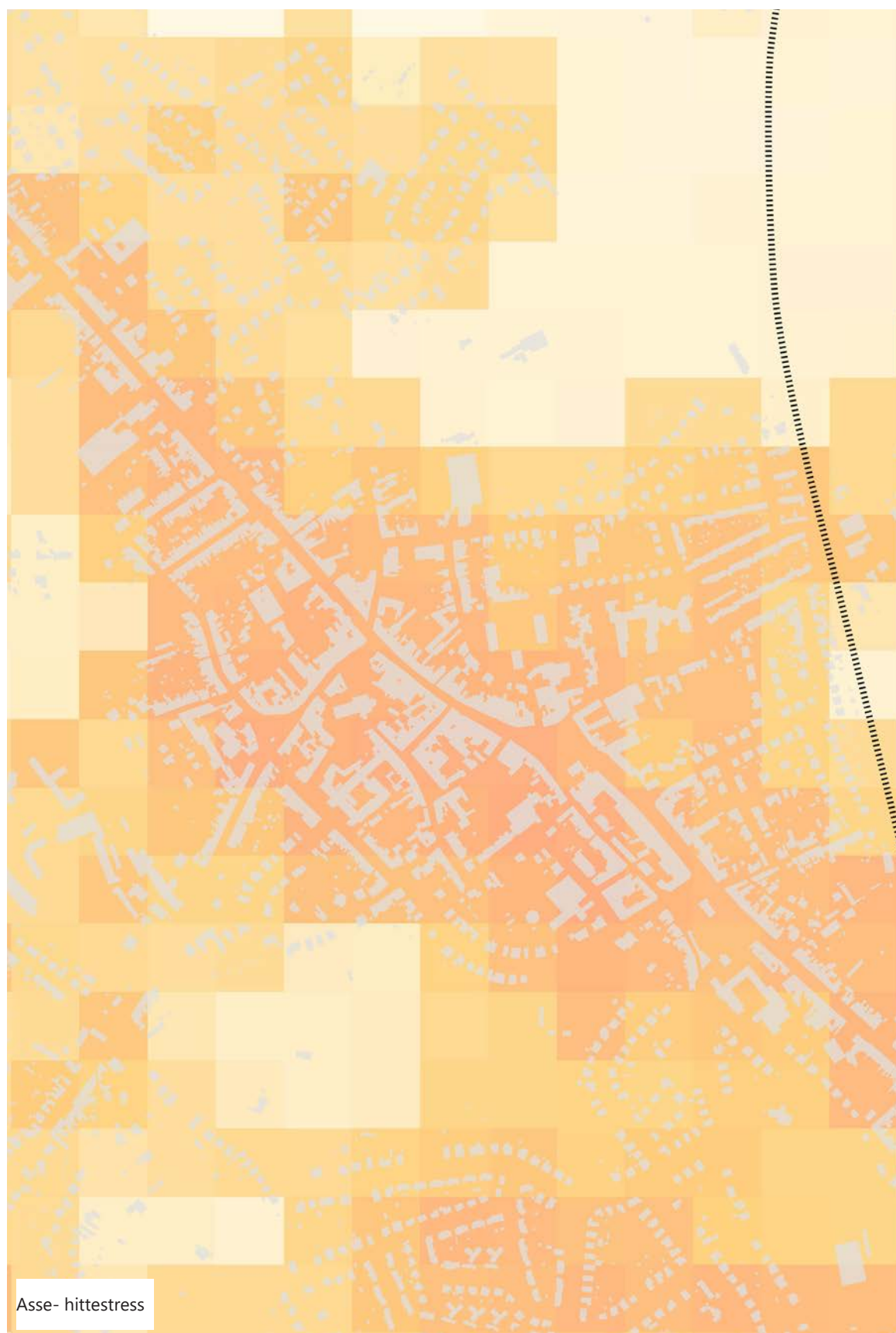


h/b verhouding

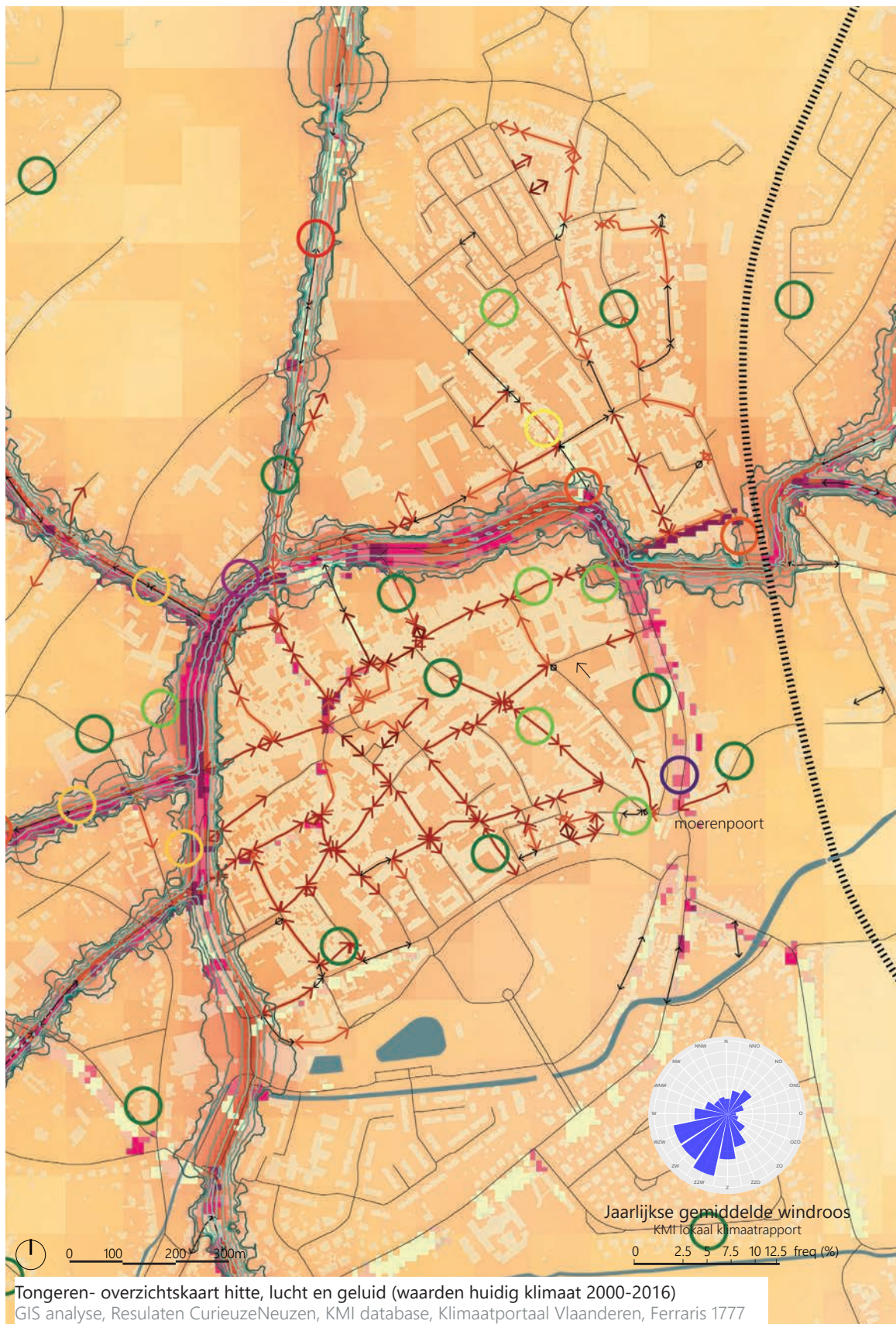








Case Tongeren



1) Historiek



Nagenoeg de gehele Tongerse binnenstad bestaat uit street canyons, een gevolg van het oorspronkelijke castrum model van Hippodamus, loodrecht op de heersende windrichting.

2) Geluidshinder

De geluidsmetingen zijn niet continu voor Tongeren. Wel is duidelijk dat de ring geluidshinder ervaart.

3) Luchtkwaliteit

De slechtste luchtkwaliteit is ook hier weer te vinden langs de invalswegen en de ring, beide ten gevolge van verkeer. Lokaal plot een meting paars aan de Moerenpoort, waar invalswegen samenkomen en de wind geen lucht kan spoelen door bebouwing aan weerszijden. In de binnenstad zelf is de luchtkwaliteit goed: dit is direct te linken aan de smalle stratenstructuur die niet veel gemotoriseerd verkeer toelaat. De lage draagkracht van de straat wordt hier gerespecteerd.

4) Hittestress

Ook Tongeren heeft last van hittestress, dit door de dichtbebouwde kern met smalle straten. Tongeren haalt lokaal wel winsten uit open ruimtes waar windspoeling mogelijk is, uit parken die de temperatuur lokaal doen dalen en uit waterwegen zoals de vallei van de Jeker.

5) Conclusie en mogelijke maatregelen voor Tongeren

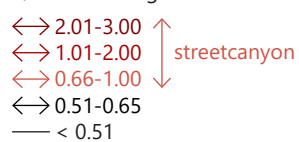
De compacte en dichtbebouwde stadskern van Tongeren wordt gekenmerkt door een weefsel van street canyons: hittestress is ook hier de grootste uitdaging, naast het reguleren van het verkeer op de invalswegen ter bevordering van de lokale luchtkwaliteit.

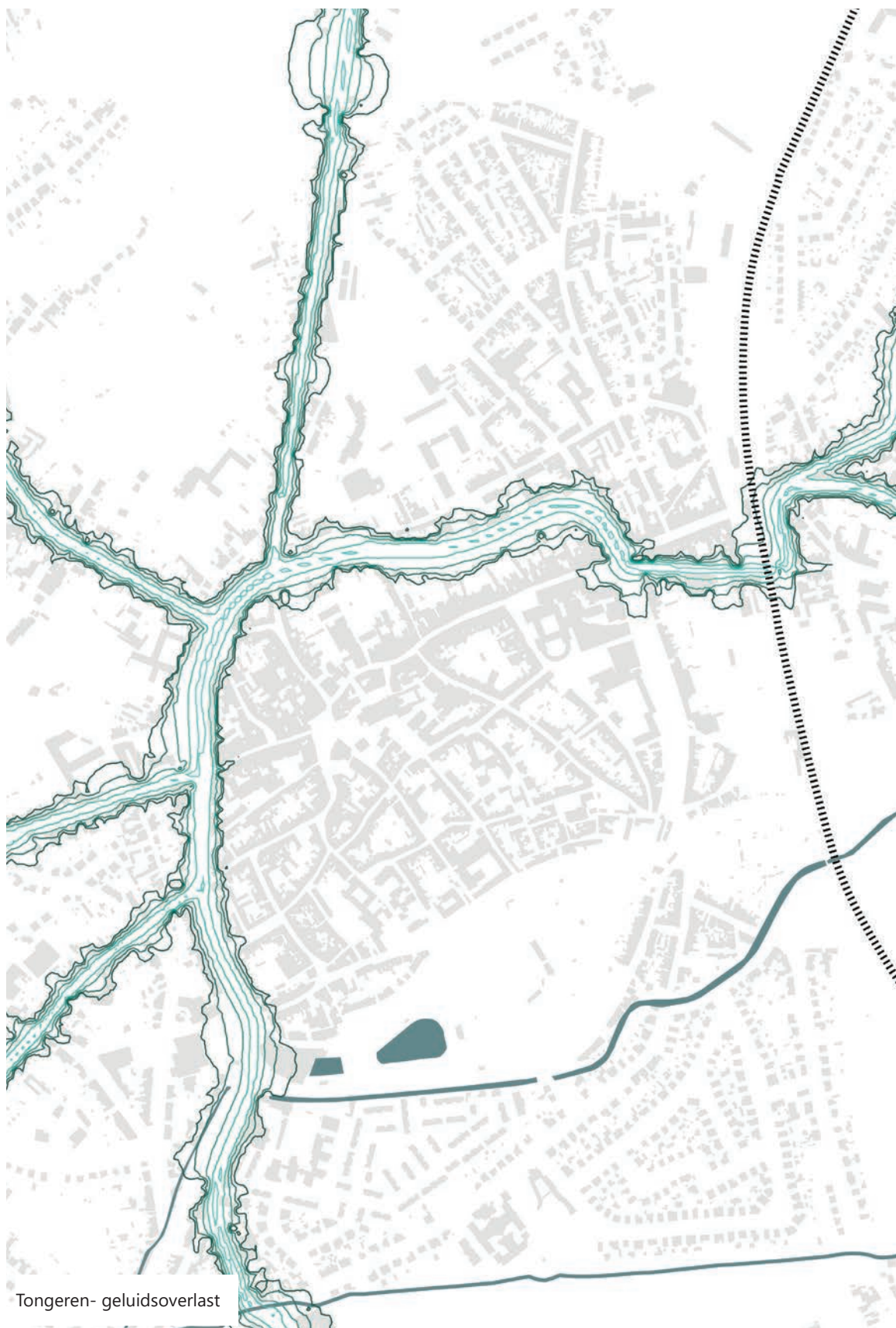
Maatregelen tegen hittestress (prioritair) voor Tongeren zijn:

- het inrichten van pleinen voor windspoeling (dit i.f.v. historische beschermingen)
- inzetten op ontharding en een groenblauwe dooradering (dit i.f.v. historische beschermingen)
- ...



h/b verhouding







NO₂-concentratie (µg/m³)

- puntmetingen

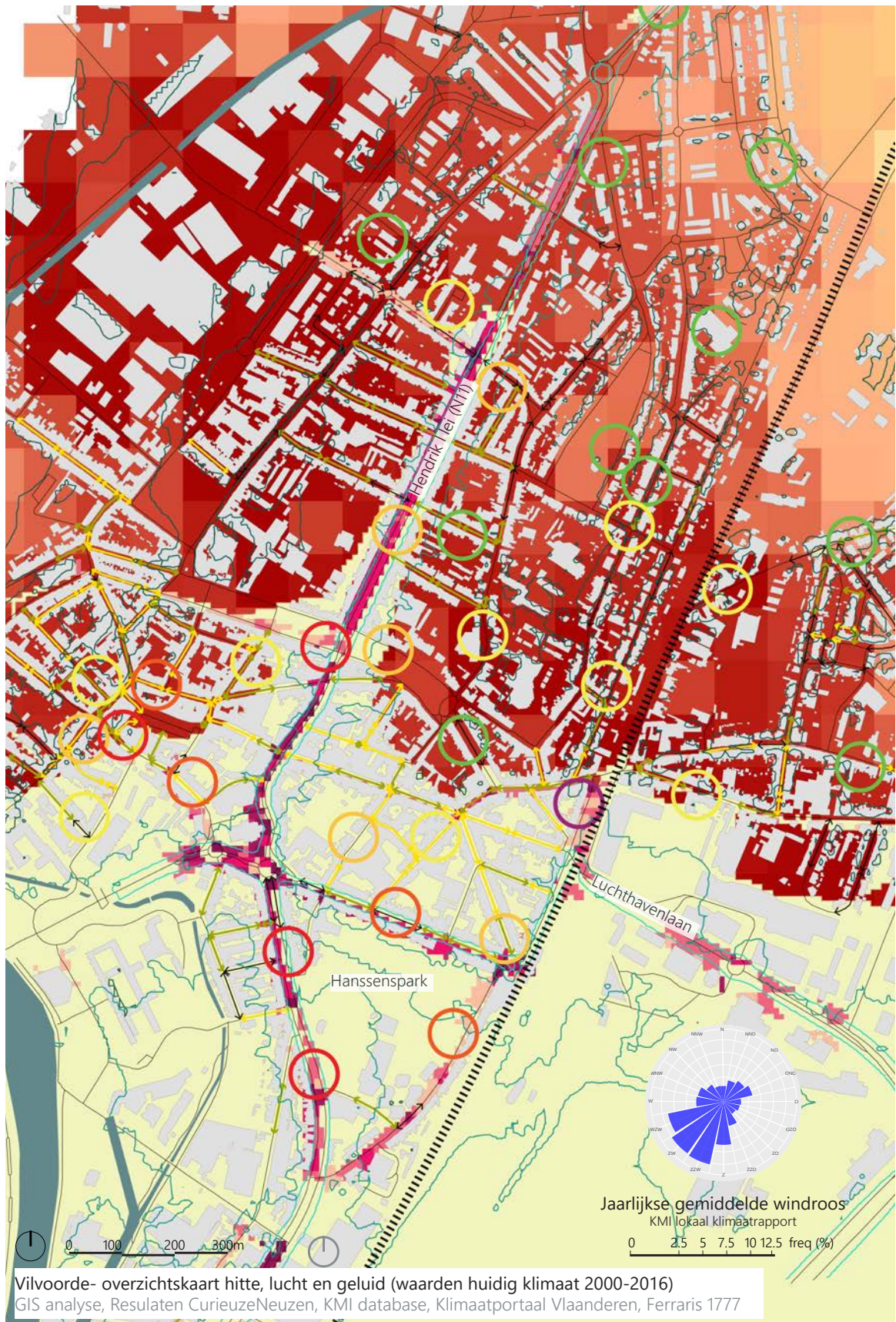
0 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 >60

- achtergrondwaarden

0 10 15 20 25 30 35 40 45 50 max



Case Vilvoorde



h/b verhouding

↔ (nvt)
↔ 1.01-2.00
↔ 0.66-1.00
↔ 0.51-0.65
— < 0.51

streetcanyon

NO₂-concentratie (µg/m³)

- puntmetingen
0 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 >60
- achtergrondwaarden
0 10 15 20 25 30 35 40 45 50 max

geluidsniveau L_{den} (dB)

75 dB
70 dB
65 dB
60 dB
55 dB

hittegolfgraaddagen (°Cdag)

0 44,7

1) Historiek



De meeste street canyons (geel) die Vilvoorde telt, zijn historisch van aard

2) Geluidshinder

Geluidshinder valt ook hier samen met verkeersoverlast op de inval- en sluiptwegen door Vilvoorde.

3) Luchtkwaliteit

De slechtste (dieprode) luchtkwaliteit is te vinden langs de invalswegen. CurieuzeNeuzen plot tevens 1x paars, daar waar het verkeer van de Luchthavenlaan de spoorbrug onder duikt, en de verkeersemisies gevangen gehouden worden door de bebouwing en de spoorwegberm langs weerszijden.

4) Hittestress

De kaart duidt het meest urgente probleem van Vilvoorde: de achtergrond van Vilvoorde kleurt donker-rood wat wijst op relatief hoge hittestress (tegen 44°C/dag). Invloeden zijn een slechte windspoeling, de aanwezigheid van veel verharding en weinig groen, de nabijheid van Brussel (versterkt het stedelijk hitte effect) en de vele verkeersknopen.

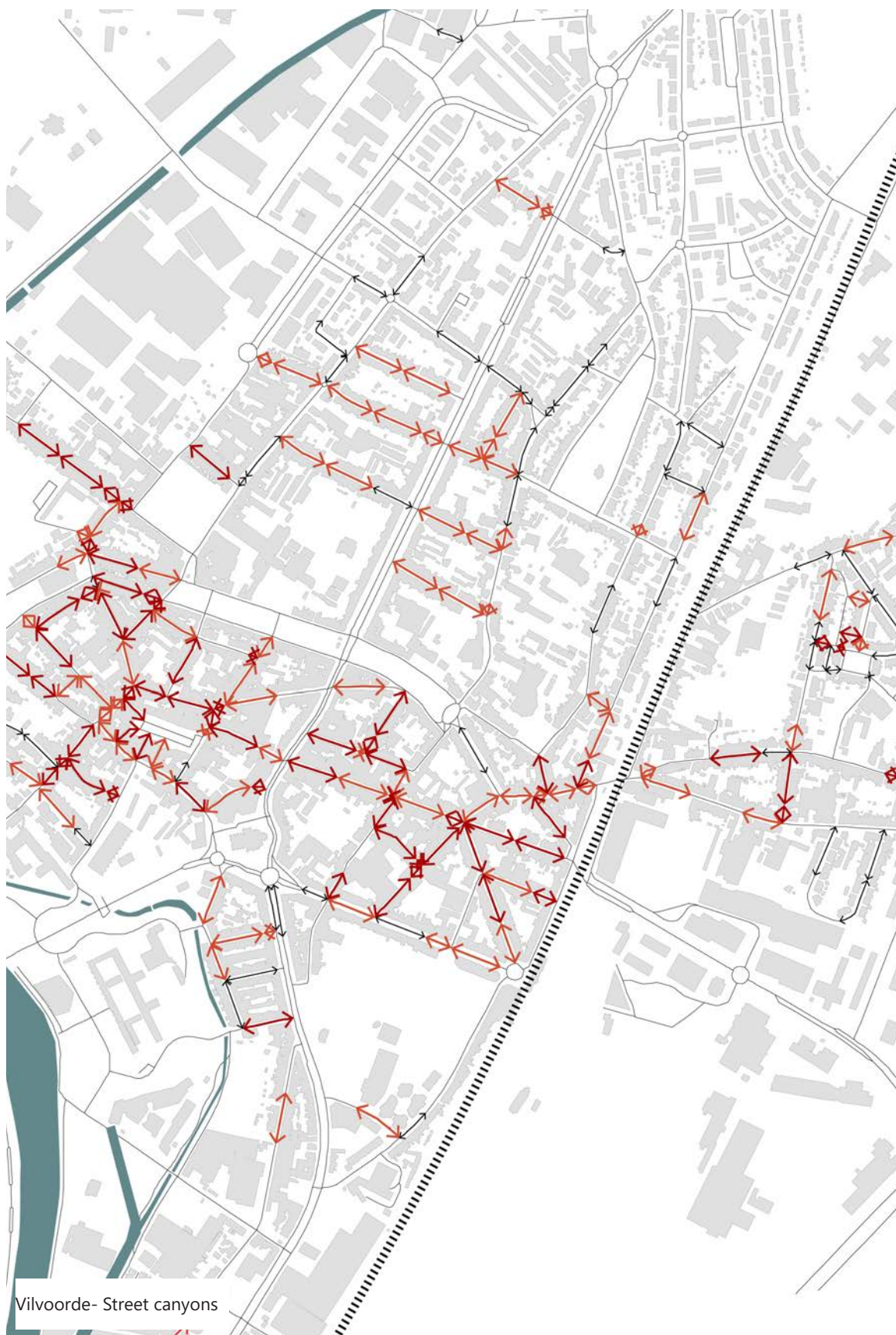
5) Conclusie en mogelijke maatregelen voor Vilvoorde

Vilvoorde draagt zowel qua mobiliteit als qua hittegolfgaardagen mee de lasten van Brussel. Het is duidelijk dat (voornamelijk tijdens de spitsuren) de grote stroom aan auto's de lokale luchtkwaliteit sterk doet dalen. Dat dit voornamelijk tijdens de spitsuren gebeurt, kunnen we afleiden aan de groene cirkels van CurieuzeNeuzen vlak naast de invalswegen. Vilvoorde haalt wel lokale voordelen uit de aanwezigheid van bv. het Hanssenpark, het kanaal, en de Zenne.

Oplossingen voor Vilvoorde zijn voornamelijk eerst op macroschaal te bekijken.

Maatregelen tegen hittestress (prioritair) voor Vilvoorde zijn

- het openleggen van de Zenne
- inzetten op ontharding en een groenblauwe dooradering
- het inrichten van pleinen voor windspoeling
- ...



h/b verhouding

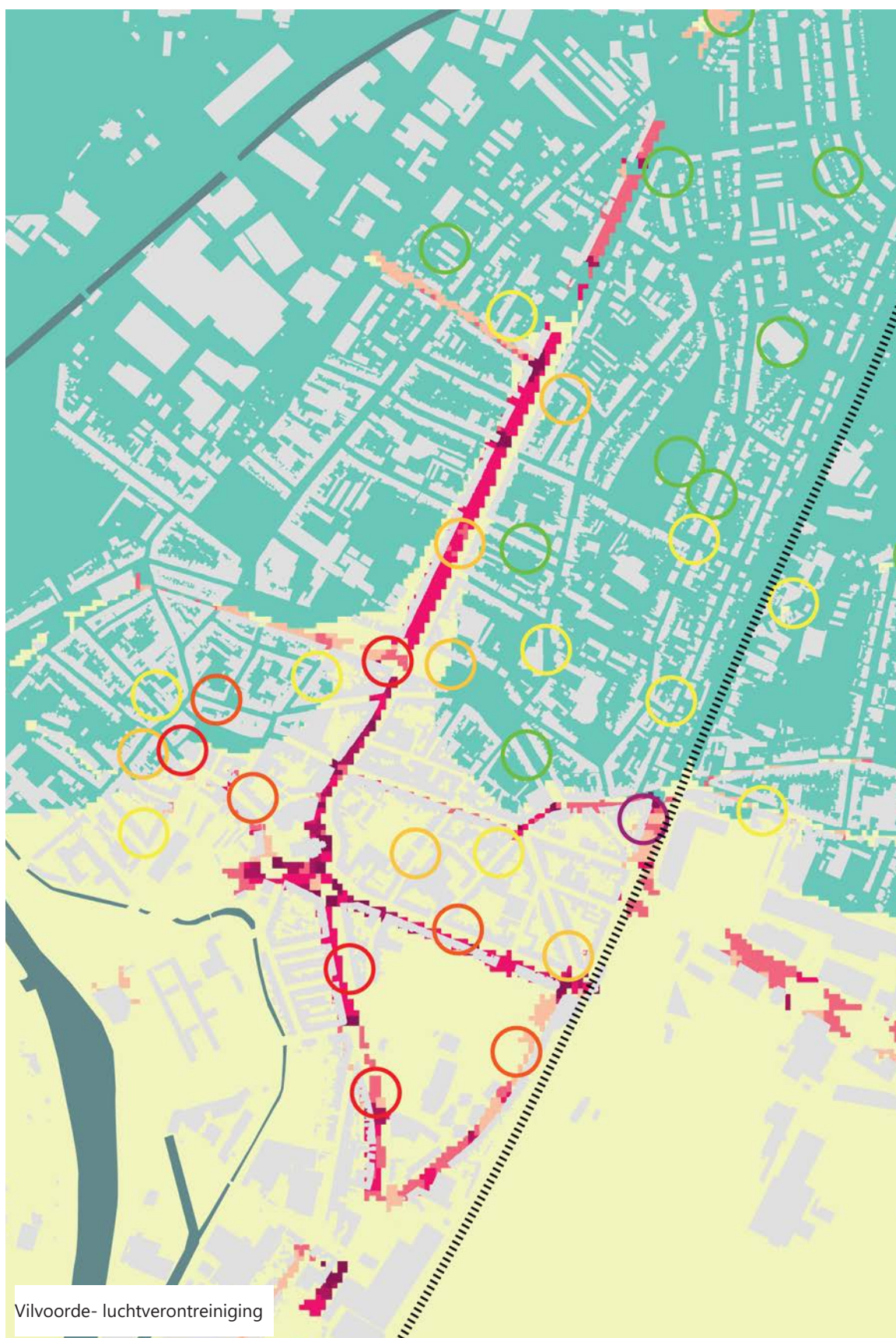
- ↔ 2.01-3.00
 - ↔ 1.01-2.00
 - ↔ 0.66-1.00
 - ↔ 0.51-0.65
 - < 0.51
- streetcanyon



Vilvoorde- geluidsoverlast

geluidsniveau L_{den} (dB)

- 75 dB
- 70 dB
- 65 dB
- 60 dB
- 55 dB



NO₂-concentratie (µg/m³)

- puntmetingen

0 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 >60

- achtergrondwaarden

0 10 15 20 25 30 35 40 45 50 max



hittegolfgaaddagen (°Cdag)



Testcase en inrichtingsvoorstellen Vilvoorde

Op basis van voorgaande kaarten wordt de case Vilvoorde onder de loep genomen. Hiervoor wordt eerst naar de absolute overschrijding van de gezondheidswaarde van de hinder aspecten gekeken.



geluidsniveau L_{den} (dB)

75 dB
70 dB
65 dB
60 dB
55 dB

$L_{den, \text{verkeer}} < 53$ dB hogere waarden hebben negatieve invloed op gezondheid
 $L_{night, \text{verkeer}} < 45$ dB hogere waarden hebben negatieve invloed op slaap

Geluidsoverlast kenmerkt de hoofd- en invalswegen van Vilvoorde: de Hendrik I Lei, de Schaarbeeklei en de Luchthavenlaan worden het hardst getroffen. De geluidsoverlast, uitgedrukt in gewogen gemiddelden overheen een etmaal, is hier dan ook volledig veroorzaakt door het gemotoriseerde wegverkeer.

De geaffecteerde bevolking beperkt zich rond de omwonenden van de betreffende straten (achtergrondgeluid niet meegenomen).



NO_2 -concentratie ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

- puntmetingen

0 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 >60

- achtergrondwaarden

0 10 15 20 25 30 35 40 45 50 max

WGO drempelwaarde
ANSES gezondheidsadvieswaarde

De ANSES gezondheidsadvieswaarde van 20 microgram per kubieke meter wordt nagenoeg overal in Vilvoorde overschreden.

De geaffecteerde bevolking is dan ook 100% in deze case.



hittegolfgraaddagen ($^{\circ}\text{Cdag}$)

0 44,7 60

drempelwaarde
hittestress Vlaanderen

Vilvoorde komt nog net niet aan de drempelwaarde voor hittestress gedefinieerd door Vlaanderen. Wel komen ze erg dichtbij. Met het snel veranderende klimaat zullen de hittegolven in intensiteit en aantal toenemen, en zal Vilvoorde als snel getroffen worden door wat officieel als hittestress bestempeld wordt.

De geaffecteerde bevolking is in dat geval ook meteen 100%.

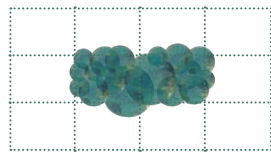
De absolute overschrijding in relatie tot de hoeveelheid geaffecteerde bevolking is in Vilvoorde het grootste op vlak van luchtverontreiniging. Vervolgens, met toekomstprojecties in acht genomen, zal hittestress het grootste probleem zijn. Geluid wordt in functie van de geaffecteerde bevolking als laatste prioriteit ingevuld. De volgende paragraaf duidt waarvoor welke maatregelen zullen toegepast worden. De case wordt hiervoor verder ingezoomd op het Hanssenpark, de Stationlei en de Van Helmontstraat.



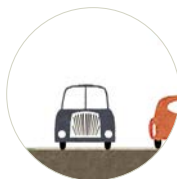
Vilvoorde- zoom op case Hanssenspark, Stationlei, Van Helmontstraat



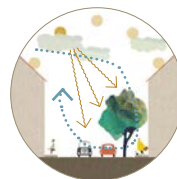
ingroenen parking



inzetten op vergroening met invloedzone



beleid en circulatieplannen



windspoeling stimuleren



ingroenen speelplaats en bijhorende utiliteiten

Acties te nemen op grotere schaal

Om het inrichtingsvraagstuk aan te pakken wordt eerst bekeken wat er in de ruimere omgeving van kansen speelt.

1.

Luchtverontreiniging aanpakken in deze case is het efficiëntste door een aangepast mobiliteitsbeleid met bijpassende visie. Lage emissiezones, een aangepast circulatieplan, of maatregelen die de overstap naar elektrische voertuigen stimuleren zijn hier cruciaal.

Ook inzetten op ventilatie kan helpen de verontreinigde lucht zoveel mogelijk weg te spoelen; let wel dat dit gezien de hoge achtergrondconcentratie niet tot heel erg grote verschillen in kwaliteit zal leiden.

2.

Hittestress kan hier iets gemakkelijker aangepakt worden daar de straat voordeel haalt uit het nabijgelegen Hanssenspark. Inzetten op windspoeling die de afgekoelde lucht van het park door transporteert naar de Stationlei kan hier wel degelijk verkoeling brengen. Het verder laten doorspoelen van de frisse wind in het binnengebied van het bouwblok waar het GO-Atheneum ligt zorgt ook voor afkoeling daar. Als daar dan ook nog een aantal van de speelplaatsen verder ingegroend worden (schaduw+speelveld i.p.v. speelplein), kan dat een significante hitte-reductie teweegbrengen.

Verder geeft de hittekaart ook aan dat de parking van de nabijgelegen Colruyt (windafwaarts) erg veel hittestress kent: de parking ingroenen (zowel bestrating als aanplanting van bomen) zorgt voor een verkoeling aan de windafwaardse zijde: koele lucht kan zo mee windopwaarts naar Hanssenspark en Atheneum met speelplaats stromen.

////////////////////////////////////

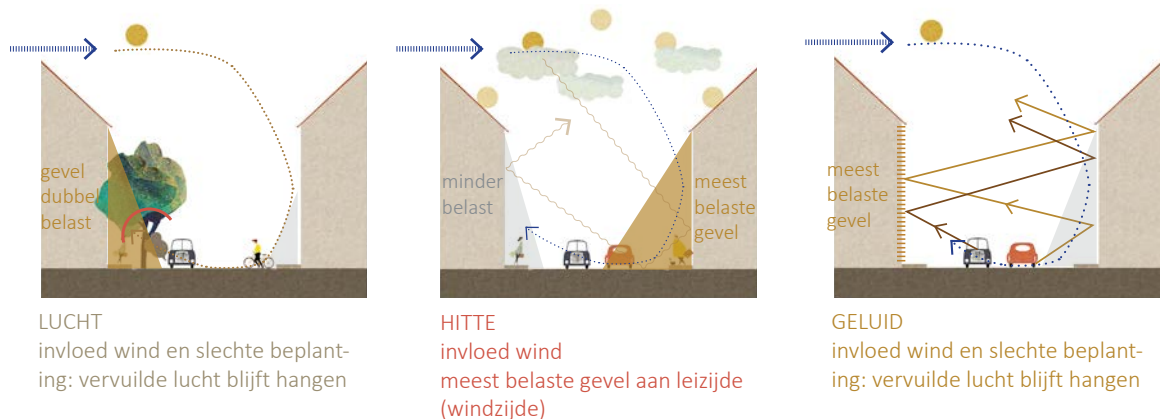
3.

Geluidsoverlast kan op buurtschaal niet meteen opgelost worden door inrichtingsmaatregelen zelf. Wel is het zo dat geluidsoverlast mee aangepakt wordt door een gepaste mobiliteitsvisie: minder gemotoriseerd verkeer genereert immers direct een daling in geluidsoverlast.

Op schaal van de straat zelf zijn verdere ondersteunende maatregelen mogelijk

1.

Luchtverontreiniging kan gereduceerd worden door een reductie in verkeer: (her)inrichting van de straat naar een enkelrichtingstraat waarbij het baanvak aan de windwaartse zijde opgegeven wordt ten voordele van aanplanting van bomen, gevolgd door het aanplanten van het straatprofiel aan de windwaartse zijde. Naast ontharden en het aanplanten van bomen kan hier ook ingezet worden op gevelgroen dat vervuilde lucht kan vasthouden en zuiveren. Afkanten van de straat met hagen ter opvang van fijnstof is een extra maatregel.



2.

Hittestress wordt mede door vorige inrichtingsmaatregelen aangepakt: (her)inrichting van de straat naar een éénrichtingstraat maakt dat ook ontharding mogelijk is. Het planten van bomen aan de zuidkant van de straat (die hier samenvalt met de windzijde) zorgt voor een stijging in het beschaduwde oppervlak. Ook het voetpad kan opnieuw aangelegd worden met een materiaal met een hoger albedo (betere reflectie) en daarbij kunnen de zuid-hoeken tussen voetpad en straat vrijgehouden worden voor beplanting en kunnen eigenaars ervoor opteren om de plint van de voorgevel in natuursteen (hoog albedo) uit te voeren. Deze loodrechte verharde zuidhoek staat immers het heetst tijdens warme dagen. Private zonnententen kunnen nog ingezet worden waar nodig. Als laatste punt worden best ook eventuele voor- en achtertuinen aangeplant in plaats van verhard (cfr. speelplein Atheneum).

3.

Geluidsoverlast kan mee gereduceerd worden door de inrichtingsmaatregel die de straat naar een enkelrichtingstraat (her)inricht. Reductie in verkeer heeft ook een reductie in geluidsoverlast. Bovendien is het type wegdek en de detaillering ervan cruciaal (helaas is er tot op heden nog geen hittebestendig wegdek met lage geluidsemissie bekend). Verder kunnen de straten nog afgekant worden met hagen (ook positief voor de luchtkwaliteit en de hittestress), en blijft inzetten op niet-gemotoriseerd verkeer een cruciale beslissing. Evenwel moet de omgeving fiets- en voetgangersvriendelijk aangelegd worden.

De case van Vilvoorde duidt een mogelijk scenario voor herinrichting naar de verschillende problematieken. Dat de zuidgevel hier samenvalt met de windwaartse gevel zorgt er ook voor dat er veel maatregelen een dubbel effect hebben. Wat de case ook inzichtelijk maakt, is dat elke situatie apart ontworpen en ingericht moet worden en dat er geen “ideale” straat bestaat.



Addendum: paspoorten stratencusters

bron: Stad Antwerpen

PASPOORT OPENBAAR DOMEIN

STUDENTENBUURT	oud-BERCHEM	DEURNE	EKEREN
57 ha	31 ha	70 ha	13 ha
6,7 % onverharde ruimte	11,0 % onverharde ruimte	27,5 % onverharde ruimte	47,5 % onverharde ruimte
3,0 % publiek groen	0,7 % publiek groen	1,9 % publiek groen	6,0 % publiek groen
19,1% openbaar domein	18,3% openbaar domein	19,9% openbaar domein	12,1% openbaar domein
12.065 m totale straatlengte	5.808 m totale straatlengte	11.242 m totale straatlengte	1.655 m totale straatlengte
214 wegnopen/ km ²	130 wegnopen/ km ²	128 wegnopen/ km ²	84 wegnopen/ km ²

PASPOORT WONEN

* Is voor de contour van de case, zonder * is voor de desbetreffende wijk

STUDENTENBUURT	oud-BERCHEM	DEURNE	EKEREN
6.453 inwoners *	5.582 inwoners *	9.964 inwoners *	1.171 inwoners *
11.323 pers./km ² *	18.103 pers./km ² *	14.196 pers./km ² *	8.989 pers./km ² *
8,8 % 0 tem 17j.	24,4 % 0 tem 17j.	23,1 % 0 tem 17j.	21,6 % 0 tem 17j.
78,4 huishoudens/ha *	75,5 huishoudens/ha *	61,1 huishoudens/ha *	40,1 huishoudens/ha *
79 m ² gemiddelde woonopp.	109 m ² gemiddelde woonopp.	116 m ² gemiddelde woonopp.	124 m ² gemiddelde woonopp.
7,06 verdiepen	2,29 verdiepen	2,66 verdiepen	1,44 verdiepen
34,9 % percelen met huizen - 30,0 % percelen met app.	76,9 % percelen met huizen - 7,4 % percelen met app.	75,2 % percelen met huizen - 16,2 % percelen met app.	76,1 % percelen met huizen - 8,4 % percelen met app.

////////////////////////////////////

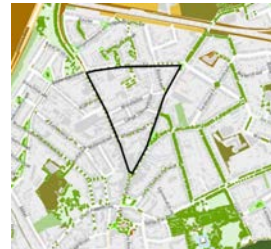
PASPOORT VOORZIENINGEN



STUDENTENBUURT	oud-BERCHEM	DEURNE	EKEREN
2 bakkers	4 bakkers	6 bakkers	1 bakker
5 apotheek	1 apotheek	7 apotheek	1 apotheek
13 superettes	5 superettes	4 superettes	0 superettes
3 creches, 3 basisscholen	7 creches, 3 basisscholen	6 creches, 4 basisscholen	4 creches, 1 basisschool
0,8 m² speelterrein/0-11j	0,4 m² speelterrein/0-11j	0 m² speelterrein/0-11j	2,8m² speelterrein/0-11j
50,8 % woonfunctie 18,9 % economische functie 22,5 % andere functie 7,8 % onbebouwd	71,4 % woonfunctie 18,1 % economische functie 9,0 % andere functie 1,5 % onbebouwd	84,7 % woonfunctie 7,5 % economische functie 5,2 % andere functie 2,7 % onbebouwd	74,1 % woonfunctie 7,8 % economische functie 7,2 % andere functie 10,9 % onbebouwd

PASPOORT VEERKRACHT en GEZONDHEID

* Is voor de contour van de case, zonder * is voor de desbetreffende wijk



STUDENTENBUURT	oud-BERCHEM	DEURNE	EKEREN
40,1 % inw. blootgesteld aan NO2 boven EU-norm	100% inw. blootgesteld aan NO2 boven EU-norm	6,9 % inw. blootgesteld aan NO2 boven EU-norm	0% inw. blootgesteld aan NO2 boven EU-norm
56,3 % inw. blootgesteld aan geluidsniveau >= 60 dB (etm)	59,6 % inw. blootgesteld aan geluidsniveau >= 60 dB (etm)	35,5 % inw. blootgesteld aan geluidsniveau >= 60 dB (etm)	53,7 % inw. blootgesteld aan geluidsniveau >= 60 dB (etm)
			HITTESTRESS
			OVERSTROMING
0,6 m² groen/inw 25,6 % inw. op 5 min te voet van groen	0,2 m² groen/inw 95,0 % inw. op 5 min te voet van groen	0,7 m² groen/inw 79,0 % inw. op 5 min te voet van groen	0,7 m² groen/inw 70,9 % inw. op 5 min te voet van groen
			ENERGIECONCEPTEN

PASPOORT MOBILITEIT

* Is voor de contour van de case, zonder * is voor de desbetreffende wijk



STUDENTENBUURT	OUD-BERCHEM	DEURNE	EKEREN
760 P-plaatsen op OD	XX P-plaatsen op OD	XX P-plaatsen op OD	XX P-plaatsen op OD
1380 bewonerskaarten	1560 bewonerskaarten	261 bewonerskaarten	203 bewonerskaarten
82 % inw. op 5 min te voet van tram/ treinhalte	68,1 % inw. op 5 min te voet van tram/ treinhalte	93,3 % inw. op 5 min te voet van tram/ treinhalte	0 % inw. op 5 min te voet van tram/ treinhalte
72,7 % inw. op 5 min te voet van buurtparking	73,8 % inw. op 5 min te voet van buurtparking	0 % inw. op 5 min te voet van buurtparking	0 % inw. op 5 min te voet van buurtparking
89,4 % inw. op 5 min te voet van autodeellocatie	99,3 % inw. op 5 min te voet van autodeellocatie	78,1 % inw. op 5 min te voet van autodeellocatie	18,7 % inw. op 5 min te voet van autodeellocatie
Fietspaden OK?			

////////////////////////////////////

Artikels

- 120

////////////////////////////////////

