

Omgevingsvisie Merwedekanaalzone

Deel 2: Uitwerking van de Ruimtelijke Agenda



Bijlage 7.2 Onderzoek maatregelen verminderen hittestress

Royal Haskoning, september 2018

RAPPORT

Tegen de hitte in Merwedekanaalzone

Onderzoek maatregelen voor verminderen hittestress in gebiedsontwikkeling Merwedekanaalzone deelgebied 5

Klant: Gemeente Utrecht

Referentie: BG1322

Versie: 0.1/Concept

Datum: 5 september 2018



HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX AMERSFOORT
Netherlands
Water

Trade register number: 56515154

+31 88 348 20 00 **T**
+31 33 463 36 52 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Tegen de hitte in Merwedekanaalzone

Ondertitel: Tegen de hitte in Merwedekanaalzone
Referentie: BG1322
Versie: 0.1/Concept
Datum: 5 september 2018
Projectnaam: Tegen de hitte in Merwedekanaalzone
Projectnummer: BG1322
Auteur(s): Nanco Dolman, Ronald Groen

Opgesteld door: Ronald Groen, Nanco Dolman

Gecontroleerd door: Nanco Dolman (red.)

Datum/Initialen:

Goedgekeurd door: Frans Jorna

Datum/Initialen:

Classificatie

Projectgerelateerd



Disclaimer

No part of these specifications/printed matter may be reproduced and/or published by print, photocopy, microfilm or by any other means, without the prior written permission of HaskoningDHV Nederland B.V.; nor may they be used, without such permission, for any purposes other than that for which they were produced. HaskoningDHV Nederland B.V. accepts no responsibility or liability for these specifications/printed matter to any party other than the persons by whom it was commissioned and as concluded under that Appointment. The integrated QHSE management system of HaskoningDHV Nederland B.V. has been certified in accordance with ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 and OHSAS 18001:2007.

Inhoud

1	Inleiding	1
1.1	Aanleiding en situatie	1
1.2	Onderzoeksvraag	2
1.3	Aanpak onderzoek	2
1.4	Leeswijzer	2
2	Uitgangspunten en kaders	3
2.1	Planontwikkeling Merwedekanaalzone deelgebied 5	3
2.2	Gevoeligheid voor hittestress en hitte-eilanden	4
2.3	Overzicht hittestress factoren	6
2.4	Stedelijke typologieën en functies gebouwen	7
2.5	Afwegingskader en ambitieniveau omgaan extreme hitte	9
3	Conceptuele berekeningen	11
3.1	Drie situaties of scenario's	11
3.2	Hitte effecten	11
3.2.1	Berekeningsmethode	11
3.2.2	Resultaten	12
3.3	Waardering (baten) van groene maatregelen	13
4	Aanzet handreiking	16
4.1	Beleidsregel en borging	16
4.2	Afwegingskader en maatregelen	16
	Geraadpleegde bronnen	19

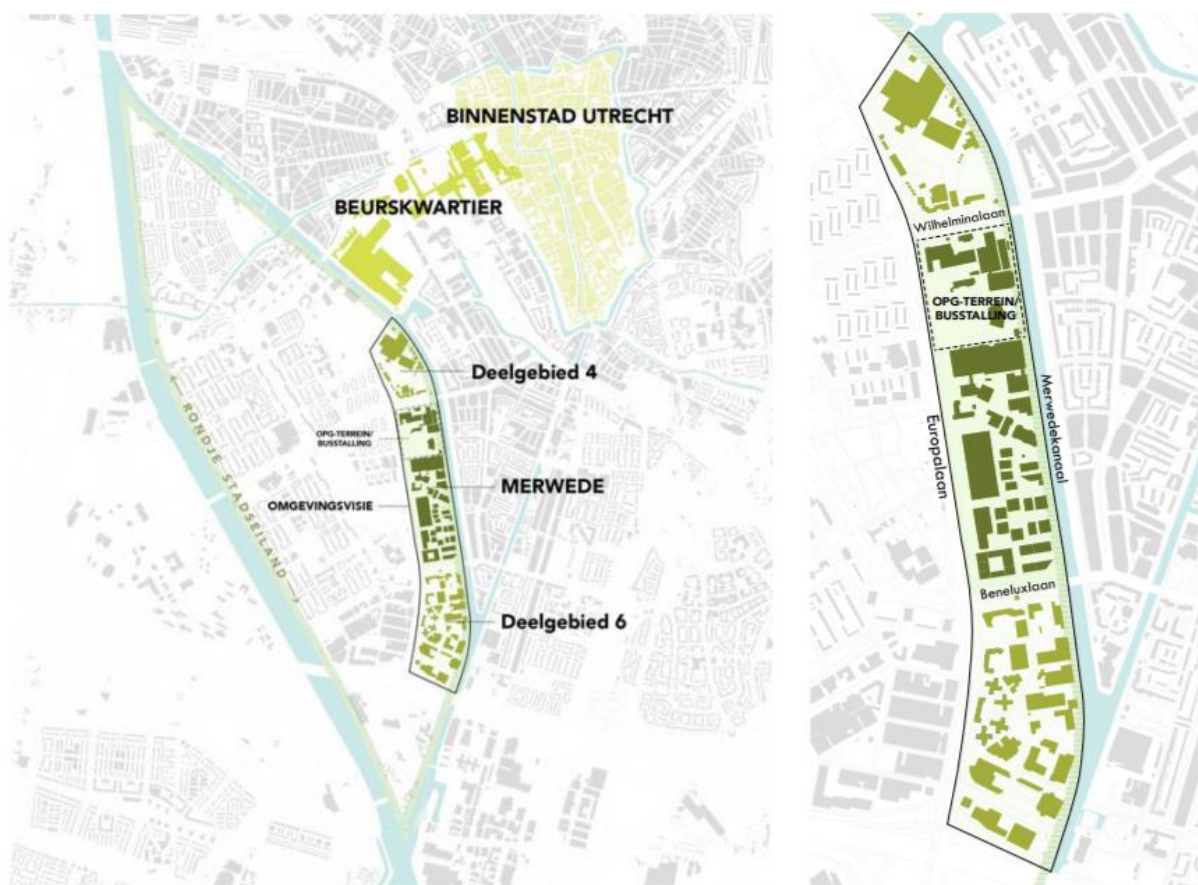
Bijlagen

- Bijlage 1 Plan openbare ruimte MWKZ deelgebied 5
- Bijlage 2 Oppervlakte grondgebruik MWKZ deelgebied 5
- Bijlage 3 Hittekaarten Merwedekanaalzone
- Bijlage 4 Waardebepaling (baten) van groene maatregelen
- Bijlage 5 Toolbox adaptieve hittemaatregelen

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en situatie

Onderdeel van het woningbouwprogramma Utrecht is de ontwikkellocatie Merwedekanaalzone (zie figuur 1.1). De Merwedekanaalzone bestaat uit drie deelgebieden, van noord naar zuid: deelgebied 4 (voormalig defensieterrein) wat al in ontwikkeling is, en deelgebieden 5 en 6.



Figuur 1.1 Ontwikkellocatie Merwedekanaalzone in Utrecht

De ontwikkellocatie is ontworpen vanuit verschillende ambities, zoals energie (geen gas, zelfvoorzienend), duurzaam en klimaatbestendig. De 'Omgevingsvisie Merwedekanaalzone – ruimtelijke agenda voor de toekomst Merwedekanaalzone' is opgesteld vanuit een 'gezonde verstedelijking'. Dit betekent een leefbare en gezonde Merwedekanaalzone die water- en hittebestendig is.

Door de gemeente Utrecht is aan Royal HaskoningDHV gevraagd om een praktisch onderzoek uit te voeren naar maatregelen voor het verminderen van hittestress in gebiedsontwikkeling Merwedekanaalzone. De nadruk in dit onderzoek ligt op deelgebied 5 (Merwede), in samenhang met deelgebieden 4 en 6.

1.2 Onderzoeksvraag

Door de gemeente Utrecht is gevraagd om te onderzoeken:

Welke adaptieve maatregelen in het schetsontwerp deelgebied 5 (Merwede) kunnen worden meegenomen om eventuele hittestress te verminderen?

Daarbij spelen de volgende belangrijke deelvragen:

- Welke adaptieve maatregelen hebben welke prestatie, als het gaat om type gebouwen (o.a. bouwhoogte), water, toepassing groen (vegetatiesoorten/ bomen), ondergrond.
- Publiek-privaat; wat wil je in een bouwplek (privaat), en wat in de publieke ruimte?
- Hoe zijn de maatregelen te toetsen en meetbaar?

1.3 Aanpak onderzoek

Het onderzoek heeft het karakter van een inventarisatie, een eerste inschatting van effecten en een handreiking voor de stedenbouwkundige ontwerpers. Bovendien is het een aanzet voor de communicatie tussen publieke partijen, ondernemers en burgers.

Het onderzoek is uitgevoerd in de volgende activiteiten en 3 bijeenkomsten:

- A. Voorbereiding en gegevens
<startbijeenkomst>
- B. Uitgangspuntennotitie
- C. Overzicht hittestress factoren
- D. Stedelijke typologieën en functies gebouwen
- E. Toolbox adaptieve hittemaatregelen
<hitteatelier>
- F. Ambitieniveau omgaan extreme hitte.
- G. Conceptuele berekening hitte effecten
- H. Waardering (baten) van groene maatregelen
- I. Rapportage handreiking en afronding
<opleveringsoverleg>

1.4 Leeswijzer

Dit rapportage bevat de opbrengst van een praktisch onderzoek naar adaptieve maatregelen voor het verminderen van de eventuele hittestress in de ontwikkellocatie Merwedekanaalzone deelgebied 5.

Na de inleiding zijn de uitgangspunten en kaders beschreven in hoofdstuk 2. Naast de voorgestelde inrichtingsplannen is ingegaan op de gevolgen van hittestress, welke factoren hierbij een rol spelen evenals de stedelijke typologieën en functies van gebouwen. In hoofdstuk 3 zijn de resultaten van de uitgevoerde conceptuele berekeningen opgenomen: het bepalen van de hitte-effecten evenals de waardering (baten) van groene maatregelen. Het rapport sluit af met een aanzet handreiking voor de stedenbouwkundige ontwerpers, evenals de aanbevelingen en discussie.

2 Uitgangspunten en kaders

2.1 Planontwikkeling Merwedekanaalzone deelgebied 5

De nadruk in dit onderzoek ligt op Merwedekanaalzone deelgebied 5, in samenhang met deelgebieden 4 en 6. Deelgebied 5 (Merwede) is thans in gebruik als bedrijventerrein en wordt begrensd door het Merwedekanaal aan de oostzijde en Park Transwijk aan de westzijde (zie figuur 2.1). In de voorgestelde situatie is de transitie naar een woongebied voorzien met 6.000 woningen voor 12.500 inwoners. Het transitiegebied heeft een oppervlakte van 31 hectare waarin een oppervlakte van 24 hectare te ontwikkelen nieuwbouw. De totale oppervlakte Merwedekanaalzone bedraagt 65 hectare.



Figuur 2.1 Schetsontwerp in vogelvlucht aanzicht deelgebied 5 in ontwikkellocatie Merwedekanaalzone

Het voorontwerp plan openbare ruimte Merwedekanaalzone deelgebied 5 (OKRA, 6 juni 2018) is opgenomen in figuur 2.2 en bijlage 1. Het ontwerp kenmerkt zich door bouwblokken met elk een binnentuin. Zoveel mogelijk is parkeren ondergronds voorzien. Vanuit de ambitie voor een 'gezonde verstedelijking' speelt groen een belangrijke rol. Groen draagt bij aan ons welbevinden en gaat het hittestress tegen door de verkoelende werking van bomen en struiken.

In de 'Omgevingsvisie Merwedekanaalzone – ruimtelijke agenda voor de toekomst Merwedekanaalzone' zijn de volgende ontwerputgangspunten voor groen in Merwedekanaalzone deelgebied 5 opgenomen:

- De zone langs het Merwedekanaal maakt deel uit van de hoofdgroenstructuur van de gemeente. Deze zone heeft een minimale breedte van 29 meter (omdat dit de cultuurhistorische wetering niet onmogelijk maakt) en heeft op meerdere plekken een fors bredere maat.
- De openbare ruimte is een grotendeels autovrije verblijfsruimte met een groene inrichting.
- Op bouwblokniveau wordt minimaal 25% van de oppervlakte van het bouwblok groen ingevuld (met behulp van groene binnenterreinen, groene daken en/of groene gevels).

- Voor elk bouwblok geldt dat aantoonbaar natuur-inclusief wordt gebouwd. In ieder geval voor vleermuizen, gierzwaluw en huismus. De wijze waarop is aan de ontwikkelende partij.
- Zetten we voor hittestress in op een maximale temperatuurstijging van 3 graden Celsius ten opzichte van het buitengebied. Grote bomen en cool spots zijn hierbij van belang.

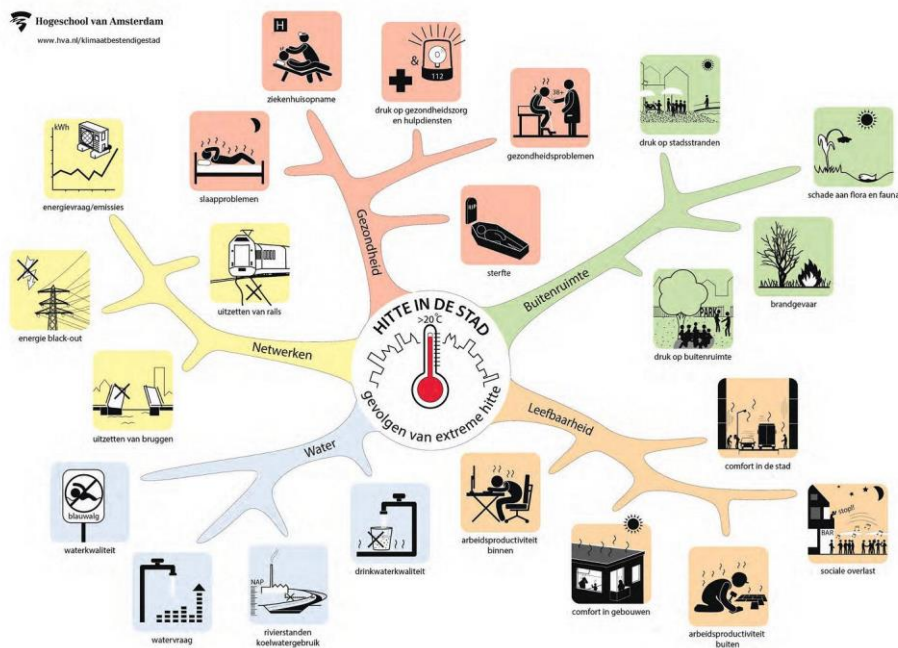
De zone langs het Merwedekanaal is het toekomstige lineaire Merwedepark dat een ecologische verbinding vormt met de nieuw te graven centrale watergang in deelgebied 5 naar Park Transwijk.



Figuur 2.2 Voorontwerp plan openbare ruimte Merwedekanaalzone deelgebied 5 (OKRA, 6 juni 2018)
NB; in bijlage 1 is een groter versie van dit voorontwerp opgenomen.

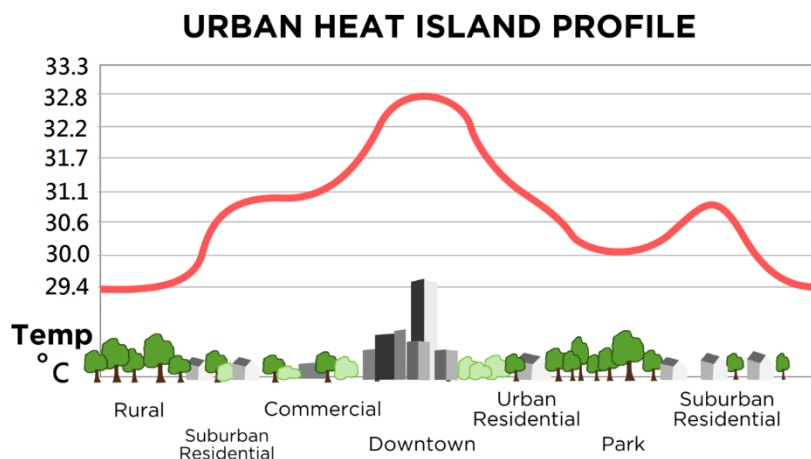
2.2 Gevoeligheid voor hittestress en hitte-eilanden

Het KNMI voorspelt dat hittegolven in de toekomst vaker zullen voorkomen. Daarmee worden inwoners en bedrijven sterker dan voorheen blootgesteld aan de negatieve gevolgen van hitte. Voor hitte bestaan geen normen en zijn geen bepalingen vastgelegd in wet- en regelgeving. Maar hitte kan wel tot problemen leiden (zie figuur 2.3). Tijdens warme periodes en vooral bij hittegolven (zoals die in 2003 en 2006) ontstaat gevaar voor de gezondheid van kwetsbare groepen zoals kleine kinderen, zieken en ouderen: lichte tot ernstige hittestress, ademhalingsproblemen, benauwdheid, misselijkheid en zelfs sterk verhoogde aantallen sterfgevallen. Hittestress staat in de Nationale Adaptatie Strategie (NAS) als klimaatrisico bovenaan als het gaat om de ernst en omvang van de effecten (aantal mensen dat wordt blootgesteld en potentiële sterfte) en de termijn waarop deze effecten optreden.



Figuur 2.3 Gevolgen van extreme hitte in de stad (bron: Hogeschool van Amsterdam)

Op warme zonnige windstille dagen kunnen temperatuurverschillen tussen het platteland en de stad oplopen tot 5 à 10 graden, waarbij het warmer is in de bebouwde omgeving. Dit staat bekend als het hitte-eiland of Urban Heat Island (UHI) effect, zie figuur 2.4.



Figuur 2.4 Het hitte-eiland of UHI (Urban Heat Island) effect

De grootste temperatuurverschillen treden op gedurende de avond en nacht. Op plaatsen met veel steen en weinig groen, loopt de temperatuur overdag hoog op en koelt het 's nachts maar weinig af. Verharding (beton, asfalt, baksteen, opgespoten zand) is de belangrijkste veroorzaker van het hitte-eiland; het sluit de bodem af, voorkomt dat water verdampt en het verhindert de groei van vegetatie. Verharding heeft tevens het vermogen om warmte op te slaan overdag. Deze opgeslagen warmte wordt 's nachts weer afgegeven en zorgt daarmee voor hittestress in de vorm van slechte nachtrust.

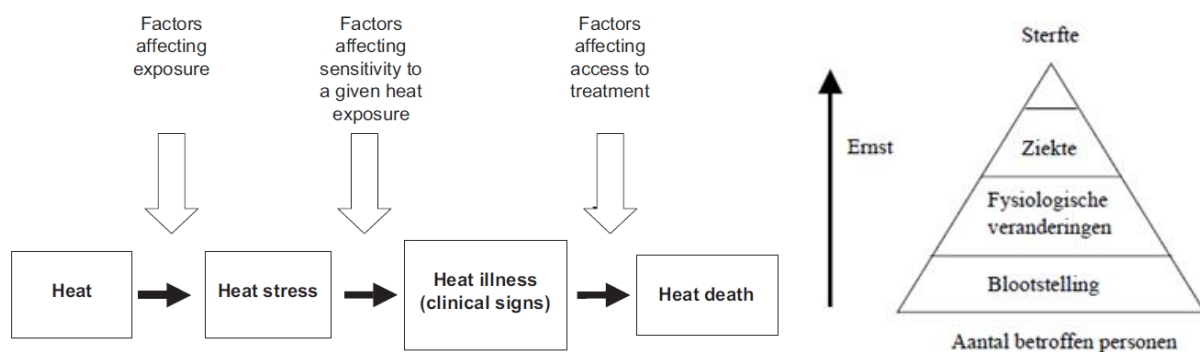
Water verbruikt door verdamping latente energie en werkt zo verkoelend. Oppervlaktewater heeft echter een zeer lage albedo-waarde (maat voor reflecterend vermogen) en neemt als geen ander medium zonnestraling op. De diepte, stroming en de omvang van dat water bepaalt of het wel of niet snel opwarmt. Overdag hoort oppervlaktewater in de zomer tot de koele delen van het aardoppervlak. 's Nachts draagt oppervlaktewater juist bij aan het (stedelijk) hitte-eiland effect, vooral later in het seizoen.

Naast de zon dragen mensen bij aan de opwarming van de stad. Dat doen ze onder andere door energiegebruik voor de verwarming en koeling van gebouwen, bedrijfsmatige processen, en in het verkeer. In de zomer, tijdens hittegolven, speelt het energiegebruik voor de koeling van gebouwen een rol. Naarmate de inrichting van de stad sterk bijdraagt aan het hitte-eilandeffect, wordt de behoefte om te koelen groter. De energie die gebruikt wordt in dat proces zorgt dan voor een verdere versterking van het hitte-eiland.

Het stedelijk hitte-eilandeffect wordt in de toekomst naar verwachting versterkt als bij ruimtelijke ontwikkelingen wordt ingezet op inbreiding in het huidige verstedelijkte gebied. In combinatie met de klimaatverandering zal dit effecten hebben op de gezondheid en het welbevinden van de inwoners van de mensen in de stad.

2.3 Overzicht hittestress factoren

De omvang van hittestress wordt bepaald door (1) 'de hoeveelheid hitte' en (2) 'de mate van blootstelling'. De effecten van hittestress (figuur 2.5) zijn variërend van milde klachten (hoofdpijn, discomfort, verminderde concentratie) tot ziekenhuisopnames (cardiovasculaire effecten, beroertes) en sterfte. De ernst van de effecten hangt af van de kwetsbaarheid van doelgroepen.



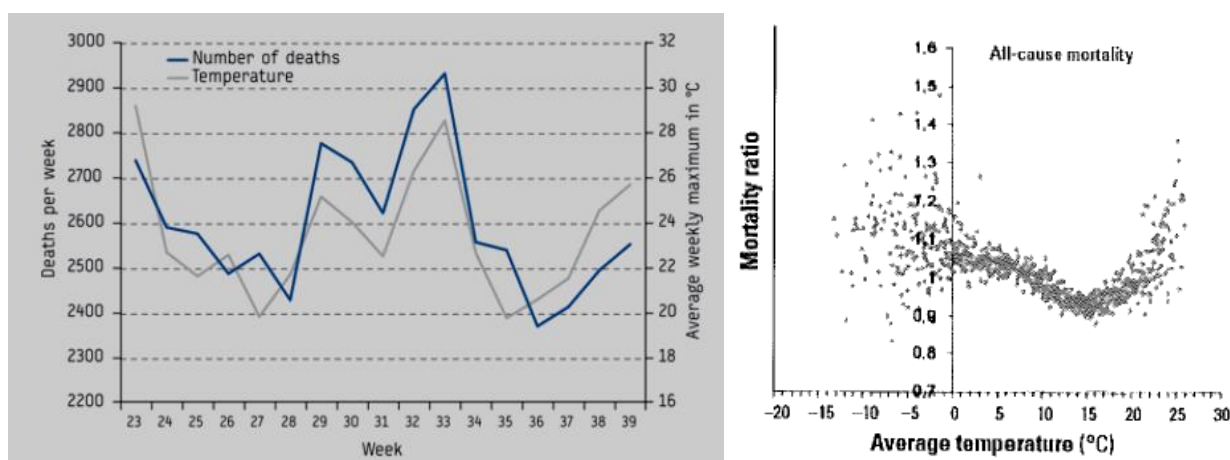
Figuur 2.5 Hittestressfactoren en gevolgeffecten

Acute hitte

Het is zinvol om onderscheid te maken in twee verschillende soorten hitte (en hittestress). Enerzijds is het directe (acute) effect van hitte als het gevolg van 'op het verkeerde moment op de verkeerde plaats'. De gevoelstemperatuur is dan maatgevend, naast (a) temperatuur is dan ook (b) zonnestraling, (c) warmtestraling – gebouwen en verharde oppervlakten), (d) luchtvochtigheid, (e) windsnelheid en (f) windrichting van belang. Dit acute effect is doorgaans goed te vermijden (te beperken) door schaduw en verkoeling. Aandachtspunt bij dit acute effect is dat tijdens evenementen overdag (grote) groepen mensen getroffen kunnen worden.

Massieve warmte

Anderzijds is het effect van 'massieve warmte' als gevolg van de hittegolf. Dit is de warmte die wordt vastgehouden in steden (bebouwing, verharde oppervlakken) en moeilijk aan is te ontsnappen. In het bijzonder is de temperatuur 's avonds en 's nachts van belang. De warmte uit gebouwen en verharde oppervlakken komt vrij waardoor er minder afkoeling is. Dit maakt dat mensen minder goed kunnen slapen en minder goed herstellen van de hitte overdag (en van andere gezondheidsklachten). Het effect is een (grootschalige) verhoogde sterfte. In 2006 zorgde de hittegolf in Nederland en België voor ernstige gezondheidseffecten. Deze periode resulteerde in 1.000 Nederlandse en 940 Belgische hittedoden¹, hetgeen een respectievelijk vierde en vijfde plaats opleverde in de lijst met landen die dat jaar het hardst zijn getroffen door natuurrampen. De hittegolf in 2003 veroorzaakte in Europa zelfs meer dan 45.000 extra sterfgevallen² (figuur 2.6).



Figuur 2.6 Mortaliteit als gevolg van hittestress (links: UNISDR, 2003 en rechts: Huynen et al, 2001)

2.4 Stedelijke typologieën en functies gebouwen

De stedelijke typologieën of wijkenmerken zijn van grote invloed op de temperatuur in een wijk. Denk hierbij aan de mate van vergroening/ verharding, bebouwingsdichtheid en materiaaleigenschappen van wegen, muren en daken. Maar ook het gebruik en functies van gebouwen, zoals kwetsbare groepen.

Doorgaans is aangenomen dat groen en/of blauwe voorzieningen helpen in het verminderen van hittestress. De verkoelende werking van groen is afhankelijk van:

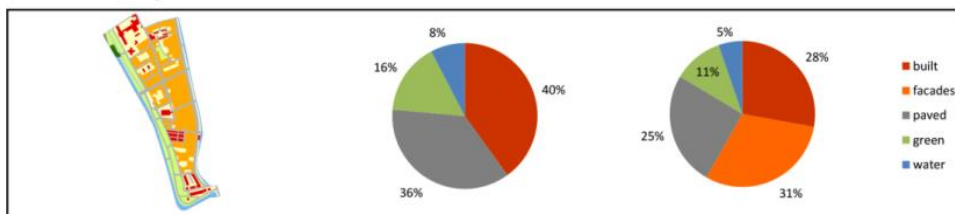
- Rechtstreekse verkoeling door verdamping – verkoelen
- Vermindering van opwarming, warmteopslag (en –afgifte) gebouwen en verhard oppervlak – ventileren
- Schaduwwerking (gevoelstemperatuur) – blokkeren

En daarnaast; hoe groen is groen? In 2016 is in het onderzoek 'Urban Climate Design - Improving thermal comfort in Dutch neighbourhoods' een inventarisatie aandeel groen en water per type wijk/ bebouwing in gemeente Utrecht uitgevoerd. Figuur 2.7 bevat een overzicht (boven naar beneden) van historische binnenstad, vooroorlogse uitbreiding, naoorlogse tuinsteden, jaren '60 – hoogbouw, jaren '80 – grondgebonden en VINEX wijk.

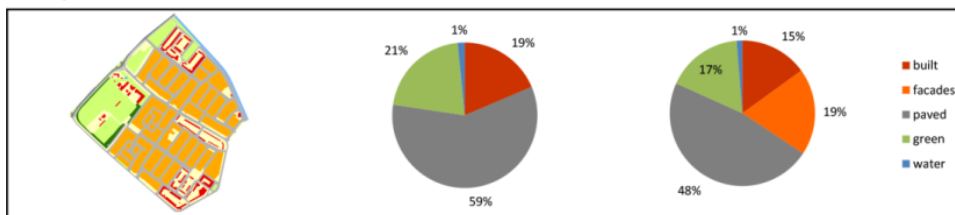
¹ United Nations International Strategy for Disaster Risk Reduction (UNISDR), 2007. Three European countries among the top ten deadliest disasters of 2006, UN/ISDR 2007/01.

² United Nations International Strategy for Disaster Risk Reduction (UNISDR) (2003) Heat wave in Europe in 2003, new data shows Italy as the most affected country.

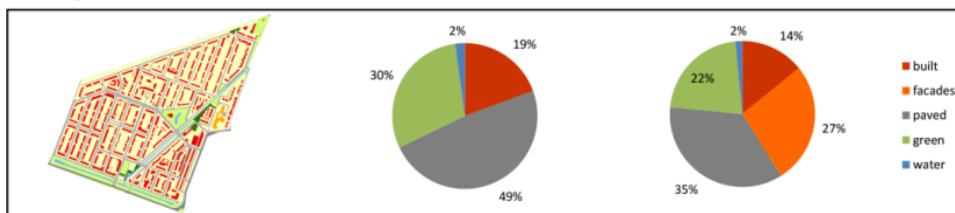
Geertebuurt, City centre, Utrecht



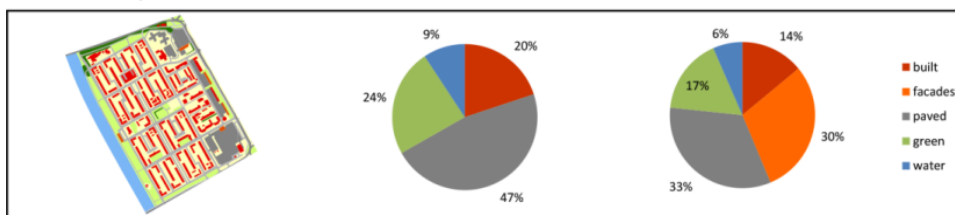
Ondiep, Utrecht



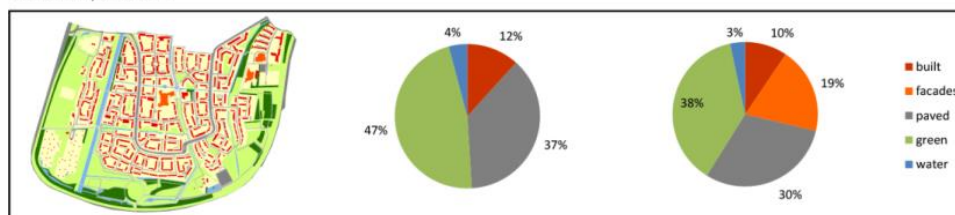
Tuindorp, Utrecht



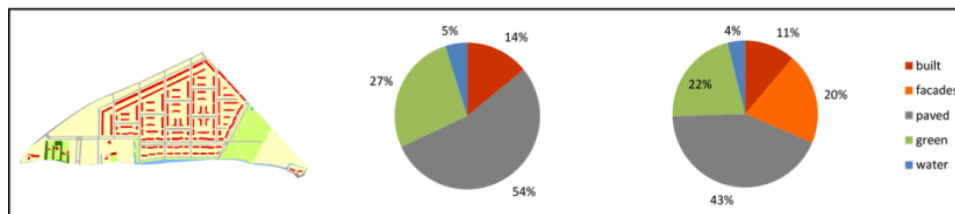
Kanaleneiland, Utrecht



Lunetten, Utrecht

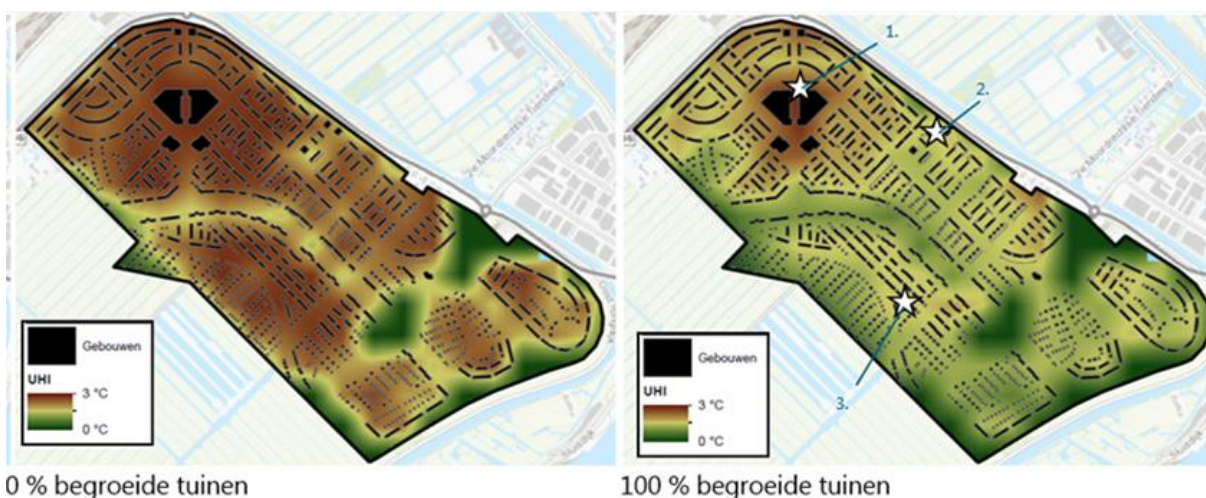


Parkwijk-Zuid, Leidsche Rijn, Utrecht



Figuur 2.7 Aandeel groen en water per type wijk/ bebouwing in gemeente Utrecht (Kleerekoper, 2016)

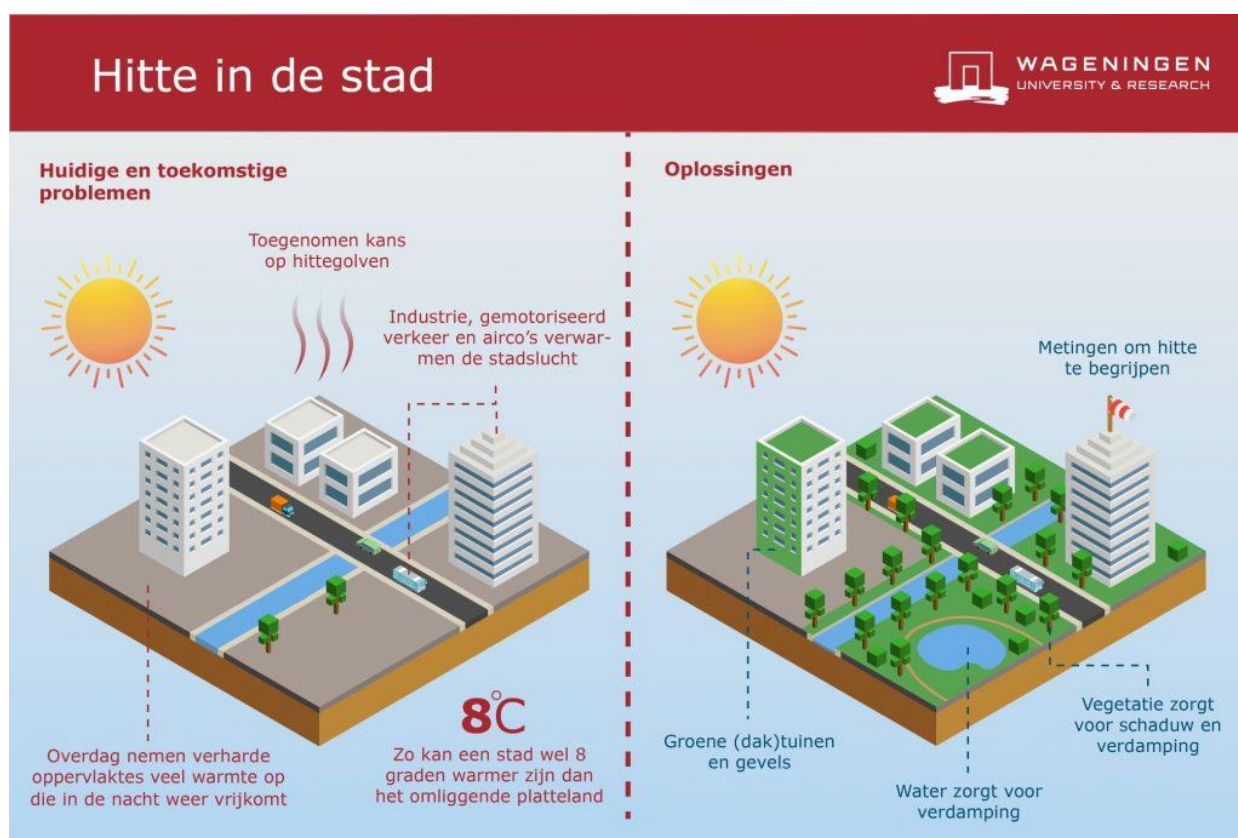
In een samenwerking tussen KNMI, WUR en Witteveen+Bos zijn de effecten van groen op hittestress onderzocht. Het verdergaand vergroenen van de leeflaag, zoals de publieke buitenruimte en private tuinen kan potentieel een groot effect hebben op het verlagen van het UHI-effect. Dit wordt het zogenaamde tuineffect genoemd (figuur 2.8).



Figuur 2.8 Het tuineffect (bron: Witteveen+Bos, WUR en KNMI, 2014)

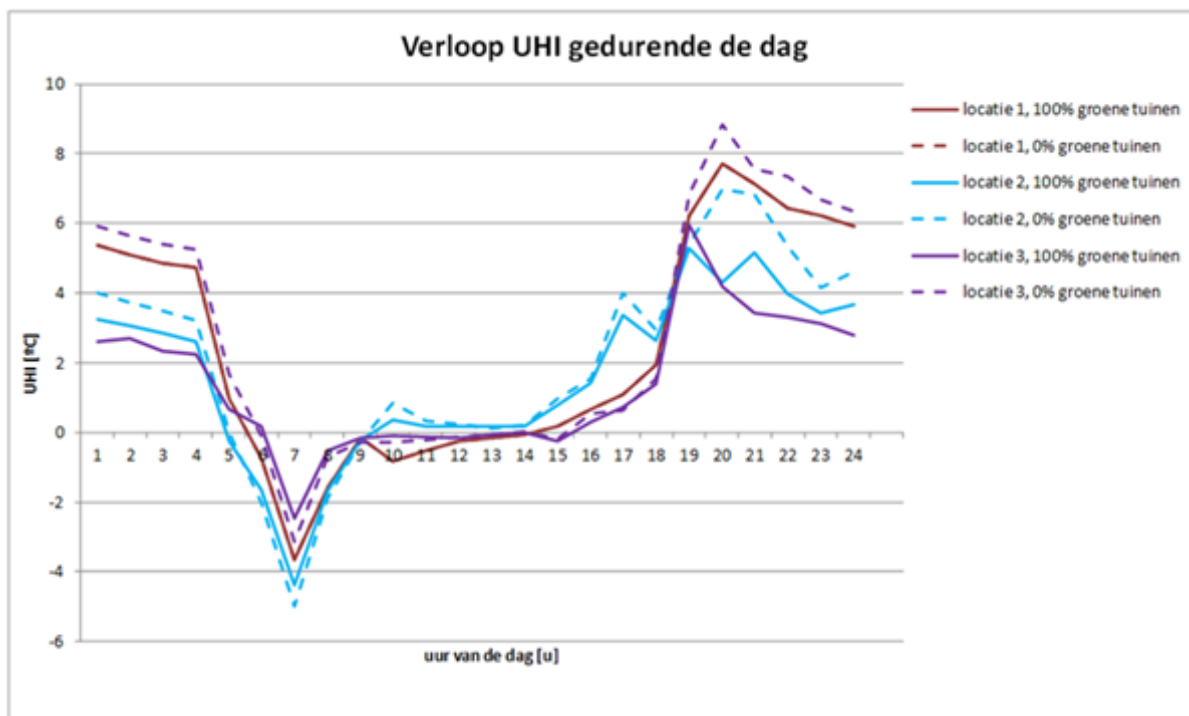
2.5 Afwegingskader en ambitieniveau omgaan extreme hitte

Door de gemeente Utrecht is voornamelijk de ambitie neergelegd dat het Urban Heat Island (UHI) effect in een nieuwe stadsontwikkeling niet meer dan 3°C verschil ten opzichte van het buitengebied mag zijn. Het temperatuurverschil tussen stad en omgeving kan oplopen tot 8°C (zie figuur 2.9), en is 's nachts het grootst.



Figuur 2.9 Hitte in de stad en het Urban Heat Island (UHI) effect (bron: WUR)

Gebaseerd op bestaand onderzoek en uitgevoerde hittestress-studies in Nederland (zie lijst met geraadpleegde bronnen) is de maximaal 3°C “UHI” ambitie als etmaalgemiddelde inderdaad een goed streven. Op enig of meer specifiek moment van de dag is deze ambitie echter zeer ambitieus en nagenoeg onmogelijk (zie figuur 2.10).



Figuur 2.10 Verloop UHI gedurende de dag (bron: Witteveen+Bos, 2017)

Het is belangrijk om een beschermingsniveau voor hitte vast te stellen, alsmede de mogelijkheden om dit niveau te waarborgen en handelingsopties wanneer dit niveau wordt overschreden. Puttend uit diverse mogelijkheden, stellen we de volgende criteria voor, waarmee het ambitieniveau concreet wordt gemaakt voor bewoonde gebieden, openbare functies en evenementen (hitteplan):

- Objectief criterium voor hittestress: de ‘hoeveelheid hitte’ en voor ‘de mate van blootstelling’. In de literatuur komt de etmaalgemiddelde temperatuur naar voren als een sterke indicator voor gezondheidsrisico’s en verhoogde sterfte. Hierin zit een cumulatie van ‘stress’ overdag (discomfort) en ‘s nachts (slapeloosheid).
- De mate waarin hittestress door menselijk handelen beïnvloed kan worden (handelingsopties). In steden zorgt het hitte-eilandeffect (UHI) voor een verhoogde temperatuur t.o.v. de niet-stedelijke omgeving. De stedelijke inrichting is van grote invloed op het UHI en is daarmee beïnvloedbaar door menselijk handelen.
- Een beoordeling die rekening houdt met verschillende doelgroepen en gebruiksfuncties. Het is wenselijk om niet alle gebruiksgroepen langs dezelfde maatlat te leggen. Voor kwetsbare groepen geldt een hoger beschermingsniveau om gezondheidsrisico’s te verminderen.

Bovenstaande criteria zijn te vertalen naar het volgende ambitieniveau voor bewoonde gebieden:

- Etmaalgemiddelde UHI van maximaal 3°C als algemene doelstelling voor bewoonde delen in het plangebied.
- Etmaalgemiddelde UHI van maximaal 2°C als doelstelling voor functies en bestemmingen met kwetsbare doelgroepen (ouderen, kinderen, zieken).

3 Conceptuele berekeningen

3.1 Drie situaties of scenario's

Voor het uitvoeren van de conceptuele hitteberekeningen en waardering (baten) groene maatregelen zijn in deze studie de volgende drie scenario's in Merwedekanaalzone deelgebied 5 (Merwede) beschouwd:

1. Bestaande situatie (als referentie).
2. Voorgestelde situatie – plan OKRA (d.d. 6 juni 2018), zie bijlage 1.
3. Voorgestelde situatie – geoptimaliseerd (potentieel).

Voor iedere situatie is een ruimtelijke analyse uitgevoerd naar het grondgebruik. In bijlage 2 zijn de oppervlakteverdelingen per scenario voor 'Merwedekanaalzone deelgebied 5' opgenomen, zoals gebruikt voor de hitteberekeningen en de waardebepaling groene maatregelen.

3.2 Hitte effecten

3.2.1 Berekeningsmethode

De hitte effecten zijn berekend met de UCAM-methode^{3 4}. UCAM staat voor: 'Urban Climate Assessment & Management'. De berekeningen zijn gebaseerd op resultaten van geavanceerde modellering met het Weather Research & Forecast (WRF) model en geven een betrouwbare inschatting van de temperatuur in een wijk gedurende een hittegolf⁵, alsmede het verschil ten opzichte van een rurale (100% groene) omgeving. Dit laatste wordt het hitte-eiland genoemd (Urban Heat Island, UHI). Een vereenvoudigde berekening is mogelijk op basis van deze resultaten. De fysieke wijkenmerken zoals bebouwingshoogte en -dichtheid, weerkaatsing door daken, muren en wegen en de hoeveelheid groen zijn van invloed en kunnen worden meegenomen in de berekening.

Naast de berekende temperatuur(-verschillen) in een wijk biedt de UCAM-methode een handreiking om de ernst ervan te beoordelen:

- Het extra risico dat de wijk (bebouwde omgeving) toevoegt aan de risico's tijdens een hittegolf. In andere woorden: hoeveel extra hittestress optreedt.
- Het risico is gebaseerd op de hitte-gerelateerde verhoging van sterfte (mortaliteit), welke vergelijkbaar is met het risico tijdens een smog-alarm (ozon).
- Een indeling is gemaakt om onderscheid te maken in verschillende doelgroepen.

In de berekeningen zijn de volgende risicoprofielen opgesteld:

UHI tussen 0 – 0,9 °C	comfortabel (geen merkbare bebouwingsinvloed, geen verhoging van risico's)
UHI tussen 0,9 en 1,9 °C	acceptabel (lichte invloed, acceptabel tot 25 dagen per jaar)
UHI tussen 1,9 en 2,8 °C	risicovol (extra risico, vergelijkbaar met informatiedrempel ozon)
UHI hoger dan 2,8 °C	risicovol (extra risico, vergelijkbaar met smogalarm)

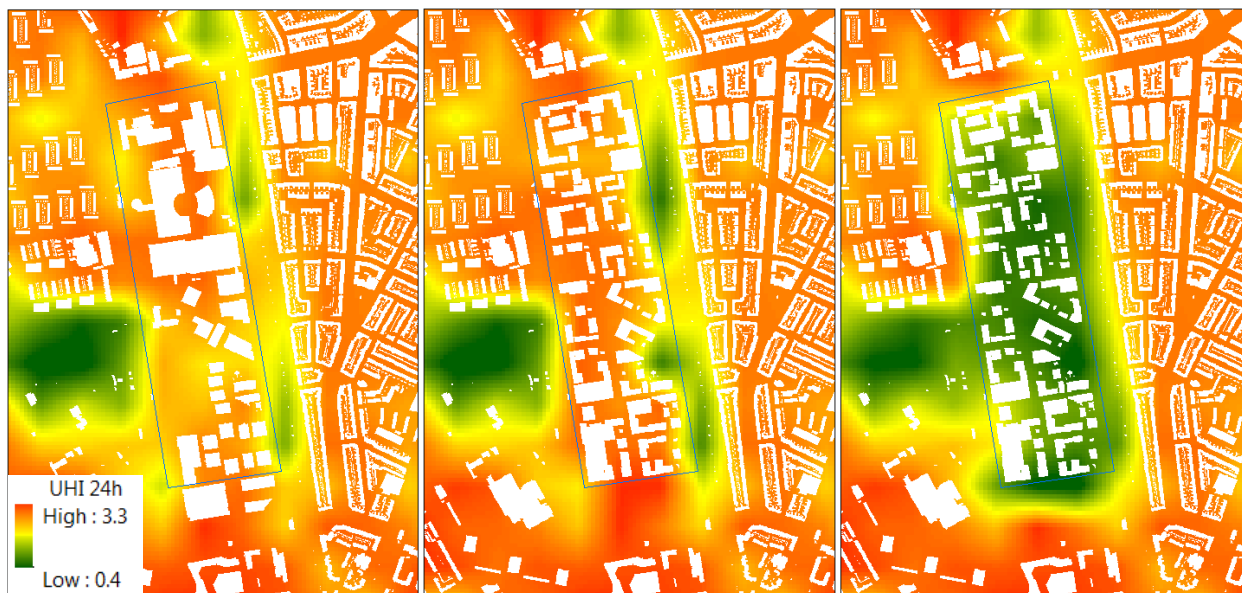
³ Witteveen+Bos, WUR en KNMI (2014), UCAM: Urban Climate Assessment & Management (eindrapport)

⁴ Steeneveld, Klomp maker Groen (2016 accepted), Urban climate assessment and management tool for combined heat and air quality judgements at neighbourhood scales, Resources, Conservation and Recycling

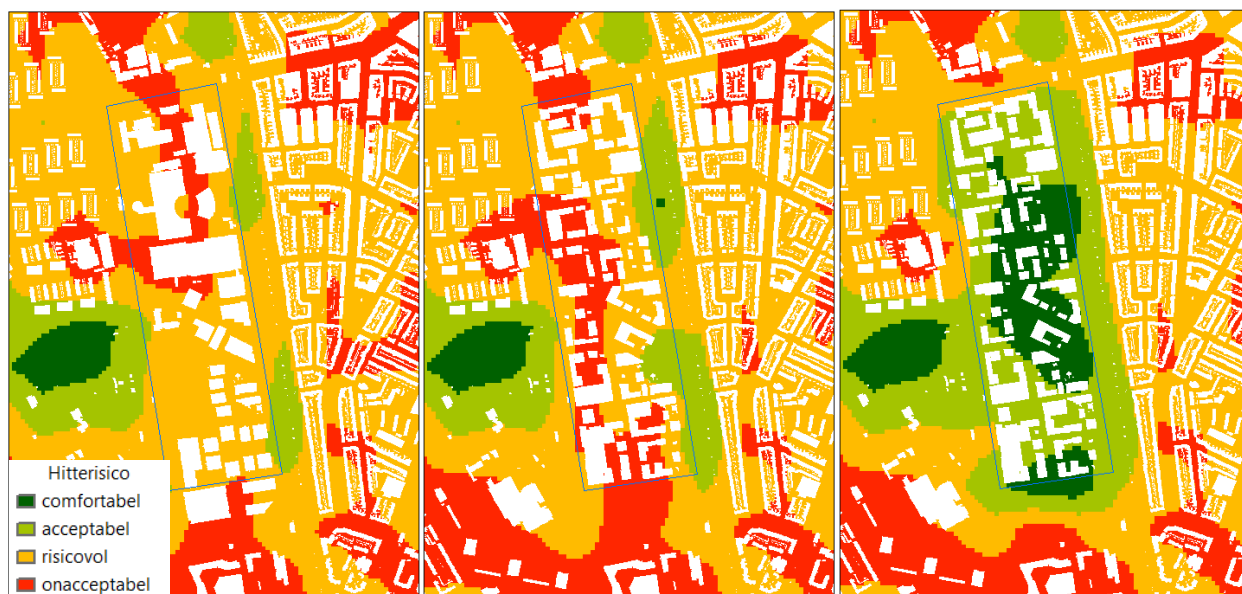
⁵ WUR (2014), UCAM: WRF kolommodel-simulaties - WRF kolommodel-simulaties van het hitte-eiland effect in Nederland.

3.2.2 Resultaten

De berekende temperatuurverhoging in de wijk ten opzichte van het rurale gebied (het UHI), is weergegeven in de kaarten in onderstaande figuren 3.1 (hitte-eiland) en 3.2 (hitterisico). Bijlage 3 bevat de grotere versies van de kaarten per scenario. De kleuren geven aan welke delen van de wijk relatief warmer en koeler zijn, hetgeen resulteert uit de wijkenmerken. Met name de bebouwingsdichtheid en groenoppervlak is van invloed.



Figuur 3.1 Hitte-eiland (UHI) effect in bestaande situatie (links), voorgestelde plansituatie (midden) en geoptimaliseerde (potentieel) situatie (rechts).



Figuur 3.2 Hitterisico in bestaande situatie (links), voorgestelde plansituatie (midden) en geoptimaliseerde (potentieel) situatie (rechts).

De resultaten van de hitteberekeningen illustreren de potentie van groen zien in het verminderen van hittestress in de Merwedekanaalzone deelgebied 5 (Merwede). In de berekeningen is nog een behouden aandeel groen meegenomen, terwijl op bouwblokniveau minimaal 25% van de oppervlakte van het bouwblok groen wordt ingevuld.

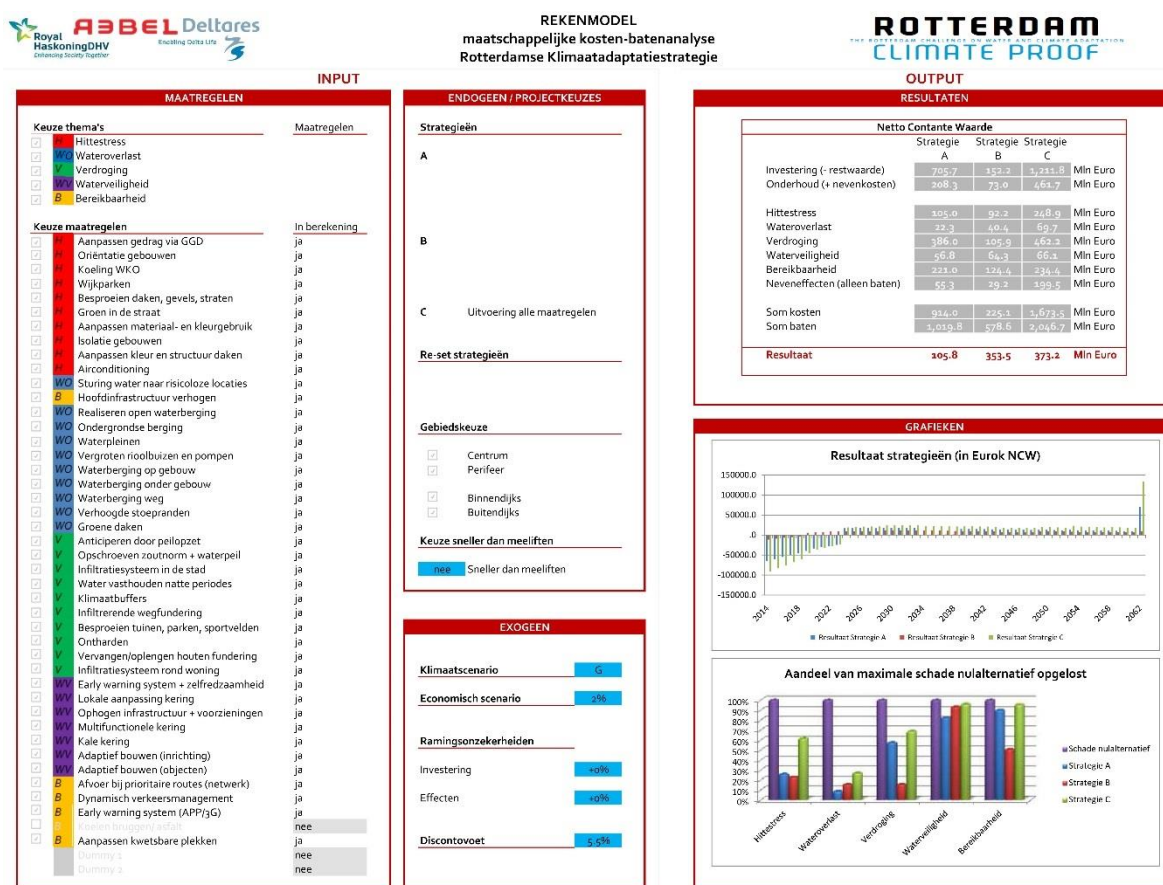
In het derde scenario is het plan openbare ruimte (OKRA, 6 juni 2018) geoptimaliseerd voor het tegengaan van hittestress. In dit scenario zijn de volgende aanpassingen meegenomen:

- Lichtere materialen (weg=50, dak=60, muur=40),
- Meer groen tussen bebouwing – leeflaag (p_other=100%groen).

Hierbij merken we op dat groene daken een beperkt effect hebben t.a.v. tegengaan hittestress i.v.m. de grote hoogte (afstand tot leeflaag). Bovendien zijn groene daken tijdens hittegolven niet meer “groen”.

3.3 Waardering (baten) van groene maatregelen

De waardebeoordeling (baten) van groene maatregelen tegen de hitte in Merwedekanaalzone deelgebied 5 zijn bepaald op conceptueel niveau. Hiervoor is de methode ingezet zoals ontwikkeld in de Maatschappelijke Kosten-Baten Analyse (MKBA) Rotterdamse Adaptatiestrategie (RAS). In onderstaande figuur 3.3 is een screenshot van de cockpit opgenomen.



Figuur 3.3 Cockpit MKBA-tool RAS (Rebel, Royal Haskoning, Deltares, 2012)

In de MKBA-tool is onderscheid gemaakt tussen maatregelen voor de thema's hittestress, wateroverlast, verdroging, waterveiligheid en bereikbaarheid. In deze studie hebben we de maatregelen geïsoleerd die invloed hebben op hittestress:

- ~~Aanpassen gedrag via GGD~~
- ~~Oriëntatie gebouwen~~
- ~~Koeling WKO~~
- Wijkparken - publiek groen (Merwedepark)
- ~~Besproeien daken, gevels, straten~~
- Groen in de straat – binnenterreinen
- ~~Aanpassen materiaal- en kleurgebruik straten~~
- ~~Isolatie gebouwen~~
- Aanpassen kleur en structuur daken, o.a. vegetatie
- ~~Airconditioning~~

Maatregelen hittestress

In de hitteberekeningen Merwedekanaalzone deelgebied 5 zijn de volgende maatregelen meegenomen:

- Wijkparken - publiek groen (Merwedepark)
- Groen in de straat – binnenterreinen
- Aanpassen kleur en structuur daken, o.a. vegetatie

Effecten hittestress met focus op gezondheid

Voor het bepalen van de baten (vermeden schade) hittestress ligt de nadruk op "gezondheid" en is gebaseerd op de volgende kentallen en bronnen:

- Discomfort (o.a. slaapkwaliteit, gedrag) [Döpp et al, 2011]
- Arbeidsproductiviteit [Daanen et al., 2010]
- Ziekenhuisopnames [Parsons et al., 2011]
- Mortaliteit [Daanen en Brode, 2012]

Neveneffecten hittestress

Naast de vermeden gezondheidsrisico's (schade) door hittestress zijn ook verschillende neveneffecten meegenomen op basis van:

- | | |
|---|--------------------------|
| • Elektriciteit | 0,05 Euro/Kwh |
| • Aardgas | 0,27 Euro/m ³ |
| • CO2 | |
| o CO2 uitstoot kg/kwh elektriciteit | 0,57 kg/kwh |
| o CO2 uitstoot kg/m ³ aardgas | 1,79 kg/m ³ |
| o Prijs CO2 | 0,06266 Euro/kg |
| o Opname CO2 in vegetatie | 150.000 kg/hectare |
| • Luchtkwaliteit | |
| o Kosten PM10 | 376,91 Euro/kg |
| o Kosten NOx | 15,08 Euro/kg |
| • Vastgoed: toename vastgoedwaarde (eenmalig) | 5.000 Euro/woning |

Uitgangspunten scenario's

De waardebepaling (baten) is uitgedrukt in de zogenaamde Netto Contante Waarde (NCW), waarbij is uitgegaan van een:

- Doorkijk 50 jaar/ klimaatscenario G/W+
- Discontofactor van 5%
- Geen economisch scenario (zoals inflatie of crisis)

Bijlage 4 bevat een fragment (2018-2027) van de berekening waardering (baten) van groene maatregelen. De resultaten van de waardebeoordeling groen in Netto Contante Waarde (NCW) is samengevat per scenario in onderstaande tabel:

Maatregelen hittestress (bron: MKBA RAS, 2012)	Bestaande situatie			Plan OKRA			Geoptimaliseerd plan		
Aanpassen gedrag via GGD	n.v.t.			n.v.t.			n.v.t.		
Oriëntatie gebouwen	n.v.t.			n.v.t.			n.v.t.		
Koeling WKO	n.v.t.			n.v.t.			n.v.t.		
Wijkparken - publiek groen (Merwedepark)	3,74	hectare	€ 1.359.044,14	6,99	hectare	€ 2.543.994,96	6,99	hectare	€ 2.543.994,96
Besproeien daken, gevels, straten	n.v.t.			n.v.t.			n.v.t.		
Groen in de straat - binnenterreinen	-	hectare	€ -	3,52	hectare	€ 408.279,13	11,83	hectare	€ 1.372.592,23
Aanpassen materiaal- en kleurgebruik straten	n.v.t.			n.v.t.			n.v.t.		
Isolatie gebouwen									
Aanpassen kleur en structuur daken, o.a. vegetatie	-	hectare	€ -	-	hectare	€ -	9,04	hectare	€ 1.957.956,03
Airconditioning	n.v.t.			n.v.t.			n.v.t.		
Baten "groen" in MWKZ - verdisconteerd (NCW) o.b.v. 50 jaar			€ 1.359.044,14			€ 2.952.274,09			€ 5.874.543,22
			100%			217%			432%

In alle drie de scenario's heeft groen een aanzienlijke waarde. Op basis van het voorontwerp plan openbare ruimte (OKRA, 6 juni 2018) wordt de waarde van groen in deelgebied 5 verdubbeld. In het geval wordt geïnvesteerd in het bouwen met lichter gekleurde materialen (straten, gebouwen, daken) en met meer (100%) groen tussen de bebouwing, dan kan de waarde nogmaals worden verdubbeld, naar de ruim viervoudige waarde in de bestaande situatie.

Vanzelfsprekend is het beheer en onderhoud heel anders in een groen-intensieve wijk dan in de bestaande wijken. Wat betreft de kosten is dit meegenomen in de waardebeoordeling. Het gaat juist om bewustwording en gedragsbeïnvloeding. Van de toekomstige bewoners wordt een actieve rol gevraagd om het "private" groen in de Merwedekanaalzone deelgebied 5 te verzorgen en in stand te houden.

4 Aanzet handreiking

Naast een eerste inschatting van effecten op het tegengaan van hitte in de Merwedekanaalzone deelgebied 5, geeft het onderzoek zicht op een handreiking voor de stedenbouwkundige ontwerpers. Daarnaast zijn verschillende ingrediënten benoemd als aanzet voor de brede klimaatverhaal in Utrecht evenals de communicatie tussen publieke partijen, ondernemers en burgers.

4.1 Beleidsregel en borging

Door de gemeente Utrecht is vooralsnog de ambitie neergelegd dat het Urban Heat Island (UHI) effect in een nieuwe stadsontwikkeling niet meer dan 3°C verschil ten opzichte van het buitengebied mag zijn. Gebaseerd op bestaand onderzoek en uitgevoerde hittestress-studies in Nederland (zie lijst met geraadpleegde bronnen) is de maximaal 3°C “UHI” ambitie als etmaalgemiddelde inderdaad een goed streven. Op enig of meer specifiek moment van de dag is deze ambitie echter zeer ambitieus en nagenoeg onmogelijk.

Voor de beleidsmatige borging in het breder klimaatverhaal kan worden gedacht aan:

- Het uitvoeren van een zogenaamde hittetoets (net als de watertoets) bij alle (her)inrichten en ruimtelijk ontwikkelingen. Dit verankeren als onderdeel beleidsregel “Klimaatrobuust (her)inrichten en ruimtelijk ontwikkelen”.
- Het ontwikkelen van een Utrechtse klimaatadaptatiestrategie (KAS). Vanuit de risicodialoog moet de samenwerking worden gezocht, en deze samenwerking bekrachtigen in een bestuurlijk convenant (gemeenten en waterschap).
- De relatie leggen met de ‘Omgevingsvisie’. Vooral de omgevingsvisie kan een aanknopingspunt bieden om nú van klimaatadaptatie werk te maken. Hierbij gaat het om de wijze waarop de omgevingswet wordt ingericht voor stedelijke aanpak, waaronder de omgevingsvisie, plan, programma en digitaal stelsel.

De Omgevingsvisie kan een duidelijk anker zijn voor klimaatadaptatie in de stad Utrecht en haar regio, dat vervolgens zijn doorwerking kan krijgen in (een) Omgevingsprogramma(s) en het Omgevingsplan.

Voor de uitwerking van het klimaat- of specifiek hittestress-beleid kan gedacht worden aan een specifiek Omgevingsprogramma. De Omgevingswet biedt de mogelijkheid om dit ‘vrijwillig’ te doen voor specifieke thema’s (zoals klimaatadaptatie), waarbij er ook de mogelijkheid is te komen tot een programma van meerdere overheden (bijvoorbeeld gemeente(n), waterschap en mogelijk ook provincie).

Voor dit alles is een goede communicatie cruciaal: bij de betrokken overheden (ambtelijk-breed, college, gemeenteraad). Daarnaast merken we op dat naast beleidsmatige borging ook de financiële borging moet worden meegenomen. Wij verwachten dat deze volgt uit de beleidsmatige en bestuurlijke borging.

4.2 Afwegingskader en maatregelen

Beleid, zoals de maximaal 3°C “UHI” regel, moet worden geconcretiseerd in een afwegingskader en maatregelen. Tenslotte is “voorkomen beter dan genezen”. Bij het voorkomen gaat het om de juiste ingrepen in het ontwerp te bepalen, zoals:

- Aanwezigheid van groen (algemeen verkoelend effect, vermindering van warmteafgifte ’s avonds en ’s nachts);
- Specifiek plaatsen van juiste type bomen die op gewenst moment op de dag schaduw geven;
- Licht gekleurde materialen.

Desondanks moet ook worden overwogen om rekening te houden met “genezen”, zoals:

- Aanpassen gedrag via GGD/ capaciteit hulpdiensten
- Hitteplan/ protocol op maat voor wijken/funcities
- Verkoelende activiteiten (buurt)

Toolbox adaptieve maatregelen

In onderstaande tabel 4.1 is een voorbeeld toolbox met adaptieve klimaatmaatregelen (inclusief hitte) openomen. Hierbij is onderscheid gemaakt in schalen: perceel, wijk, stad en regio. De meeste ingrepen vinden plaats op de schaal van de wijken (en straten). En als we ook de sociale aspecten meenemen, dan zit daar de gezamenlijke identiteit. Het vergroenen van een of twee tuinen helpt niet. Het gaat om het collectief.

Tabel 4.1 Voorbeeld toolbox adaptieve maatregelen (bron: Kleerekoper, 2016 – gebaseerd op “Proeftuinen Den Haag en Arnhem”, Bosch Slabbers, 2010)

	Regio	Stad	Wijk	Perceel
vegetatie			straatbomen	bomen
			grasvelden	
			parken	
			groenedaken	vertikaal groen
			wadi's	
		stadsbossen en parken		
		groene routes		
			groen geluidsscherm	particulier groen
		natuurlijke zones	stadslandbouw	
water			waterelementen	
		open water en waterparken	waterpleinen	regenton/tank
		grachten en kanalen		
			afkoppelen regenwater	
			open waterafvoer	
			infiltratie punten (evt. combi met wadi)	
			natuurlijke oevers	
			helofyten filter/grijswatersysteem	
bebouwingvorm		herontwikkel-/uitbreidingsstrategie	beschaduwden gebouwen	
		regenwater bestendig bouwen		
			oriëntatie op zon t.b.v. binnenklimaat	
		bevorderen ventilatie		
		gevel- en dakoppervlak		
materiaal			reflecterende materialen	
			materialen met lage warmte accumulatie	
			luchtstroming door ΔT	
			permeabele materialen	
energie		exergie concepten		
		antropogene warmte		
			asfalt/gevel collectoren	

Groen tegen de hitte in de stad

Een belangrijke rol in het tegengaan van hittestress in bebouwd gebied is weggelegd voor groen. De verkoelende werking van groen is afhankelijk van:

- Rechtstreekse verkoeling door verdamping – verkoelen
- Vermindering van opwarming, warmteopslag (en –afgifte) gebouwen en verhard oppervlak - ventileren
- Schaduwwerking (gevoelstemperatuur) - blokkeren

Onderstaande figuur 4.1 is een voorbeeld van het inzetten groen op de schalen van gebouw, wijk en stad.



Figuur 4.1 Groen tegen de hitte in de stad (Royal HaskoningDHV, 2013)

Geraadpleegde bronnen

1. Kennis voor Klimaat (2014) Climate proof cities, eindrapport. <[link](#)>
2. Kleerekoper, Laura (2016), Urban Climate Design - Improving thermal comfort in Dutch neighbourhoods, TU Delft.
3. Lenzholzer, Sanda (2013), Het weer in de stad – Hoe ontwerp het stadsklimaat bepaalt, WUR.
4. Natuur en Milieufederatie Utrecht (2013) Hitte in de stad in de provincie Utrecht.
5. Royal HaskoningDHV (2015) “Tegen de hitte; groen en de opwarming van de stad”. <[link](#)>
6. TNO (2010), Ruimtelijke verdeling en mogelijke oorzaken van het hitte-eiland effect Rotterdam, TNO-034-UT-2010-01229_RPT-ML.
7. TU Delft – Faculty of Architecture Climate Proof Cities
 - a. Haagse Hitte (2018) <[link](#)>
 - b. Hotterdam (2015) <[link](#)>
 - c. AmsterWarm (2013) – Gebiedstypologie hitte-eiland Amsterdam <[link](#)>
8. Witteveen+Bos, WUR, KNMI (2014), Urban Climate Assessment & Management – Wijkgerichte beoordeling van hitte in de stad.

Bijlage 2 Oppervlakteverdeling grondgebruik

In deze studie zijn de volgende drie scenario's in Merwedekanaalzone deelgebied 5 (Merwede) beschouwd:

4. Bestaande situatie.
5. Voorgestelde situatie – plan OKRA (d.d. 6 juni 2018), zie bijlage 1.
6. Voorgestelde situatie – geoptimaliseerd (potentieel).

Voor iedere situatie is een ruimtelijke analyse uitgevoerd naar het grondgebruik. De volgende drie tabellen bevatten de oppervlakteverdeling per scenario voor 'Merwedekanaalzone deelgebied 5', zoals gebruikt voor de hitteberekeningen en de waardebeoordeling maatregelen tegen de hitte.

Tabel B2-1 Oppervlakte grondgebruik Merwedekanaalzone deelgebied 5 in bestaande situatie

Bestaande situatie						
UID	Per_buili	Per_green	Per_road	Per_water	Per_other	
3	28%	2%	0%	0%	70%	
5	28%	10%	0%	0%	62%	
26	47%	0%	0%	0%	53%	
29	12%	20%	28%	0%	40%	
33	15%	14%	0%	0%	70%	
46	33%	8%	8%	27%	24%	
47	69%	0%	0%	0%	31%	
54	56%	8%	0%	0%	37%	
60	1%	10%	26%	0%	63%	
90	64%	3%	0%	0%	33%	
92	32%	24%	6%	12%	26%	
94	33%	2%	0%	0%	64%	
98	23%	32%	4%	1%	40%	
103	65%	3%	0%	0%	32%	
111	0%	7%	15%	0%	78%	
112	6%	28%	35%	0%	30%	
113	44%	1%	0%	0%	55%	
125	18%	17%	6%	0%	60%	
129	32%	15%	0%	0%	52%	
133	65%	11%	0%	0%	25%	
136	29%	0%	0%	0%	71%	
144	59%	3%	6%	0%	32%	
159	26%	14%	8%	33%	20%	
161	23%	21%	39%	0%	18%	
165	44%	18%	0%	1%	37%	
199	8%	18%	32%	0%	41%	
203	37%	6%	8%	0%	49%	
206	1%	41%	33%	0%	25%	
211	58%	0%	0%	0%	42%	
221	17%	25%	0%	0%	58%	
Gemiddelde	32,5%	12,1%	8,5%	2,4%	44,6%	
Opp. [m2]	100.614	37.363	26.276	7.537	138.210	

Tabel B2-2 Oppervlakte grondgebruik Merwedekanaalzone deelgebied 5 in voorgestelde situatie – OKRA

Plan OKRA						
UID	Per_buildi	Per_green	Per_road	Per_water	Per_other	
3	25%	14%	0%	6%	55%	
5	41%	14%	0%	0%	45%	
26	33%	18%	0%	1%	48%	
29	21%	24%	27%	0%	28%	
33	44%	26%	0%	0%	31%	
46	20%	27%	5%	27%	21%	
47	37%	15%	0%	0%	48%	
54	43%	17%	0%	0%	40%	
60	38%	14%	26%	0%	22%	
90	31%	17%	0%	0%	53%	
92	19%	37%	4%	14%	26%	
94	13%	7%	0%	0%	80%	
98	10%	73%	2%	1%	14%	
103	26%	20%	0%	0%	54%	
111	25%	13%	14%	0%	47%	
112	26%	19%	34%	0%	21%	
113	27%	22%	0%	0%	51%	
125	29%	13%	5%	0%	53%	
129	23%	23%	0%	4%	50%	
133	17%	8%	0%	0%	74%	
136	23%	33%	0%	0%	44%	
144	34%	22%	1%	0%	43%	
159	10%	40%	5%	33%	13%	
161	26%	22%	31%	0%	21%	
165	35%	19%	0%	0%	45%	
199	39%	17%	32%	0%	12%	
203	59%	13%	1%	0%	27%	
206	12%	47%	31%	0%	10%	
211	55%	19%	0%	0%	26%	
221	34%	23%	0%	0%	43%	
Gemiddelde	29,2%	22,6%	7,2%	2,9%	38,2%	
Opp. [m2]	90.377	69.941	22.454	8.927	118.301	

In het derde scenario is het plan openbare ruimte (OKRA, 6 juni 2018) geoptimaliseerd voor het tegengaan van hittestress. In dit scenario zijn de volgende aanpassingen meegenomen:

- Lichtere materialen (weg=50, dak=60, muur=40),
- Meer groen tussen bebouwing – leeflaag (p_other=100%groen)

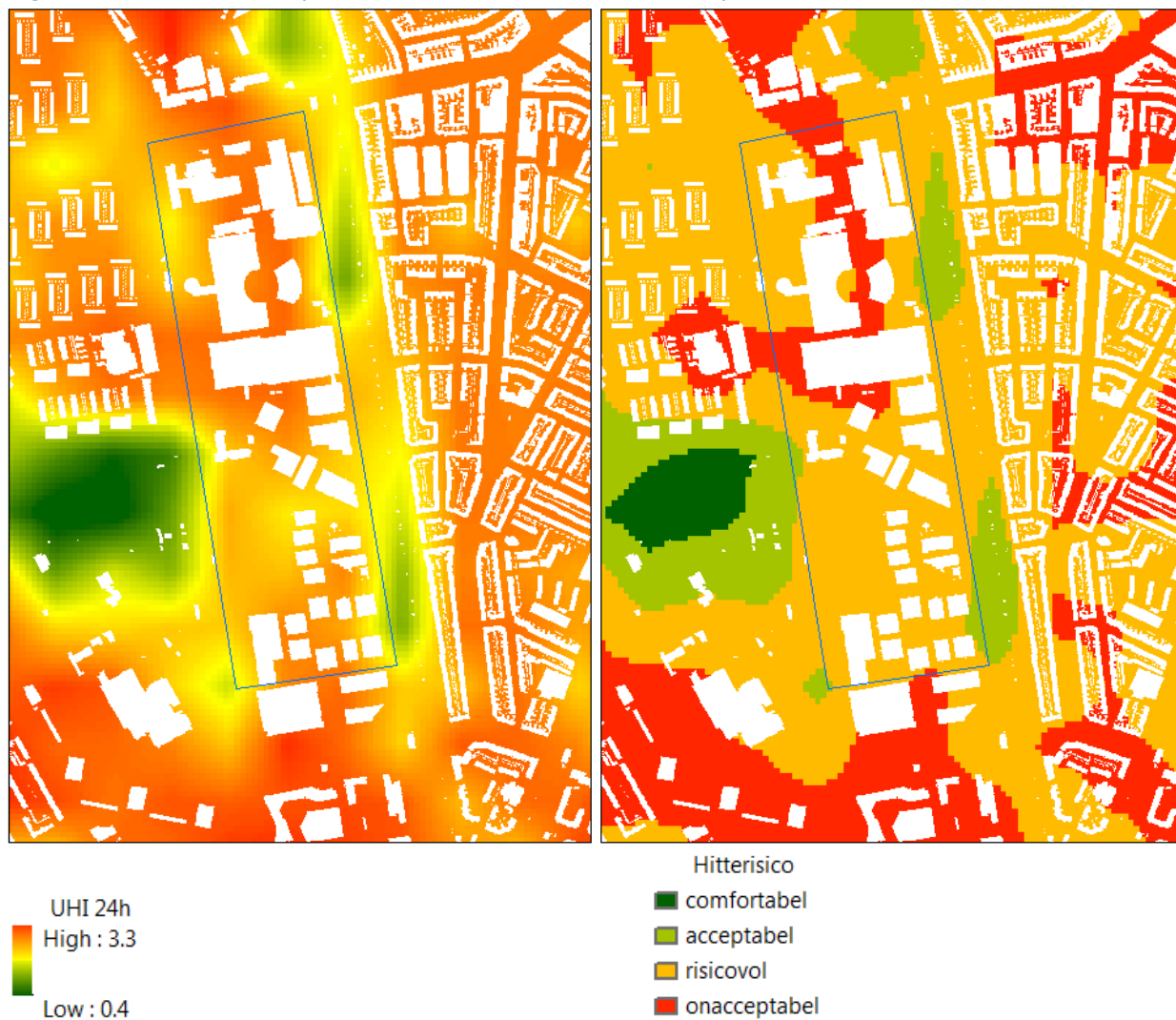
Hierbij is opgemerkt dat groene daken een beperkt effect hebben t.a.v. tegengaan hittestress i.v.m. de grote hoogte (afstand tot leeflaag). Bovendien zijn groene daken tijdens hittegolven niet meer “groen”.

Tabel B2-3 Oppervlakte grondgebruik Merwedekanaalzone deelgebied 5 in voorgestelde situatie – geoptimaliseerd (potentieel) voor tegengaan hittestress

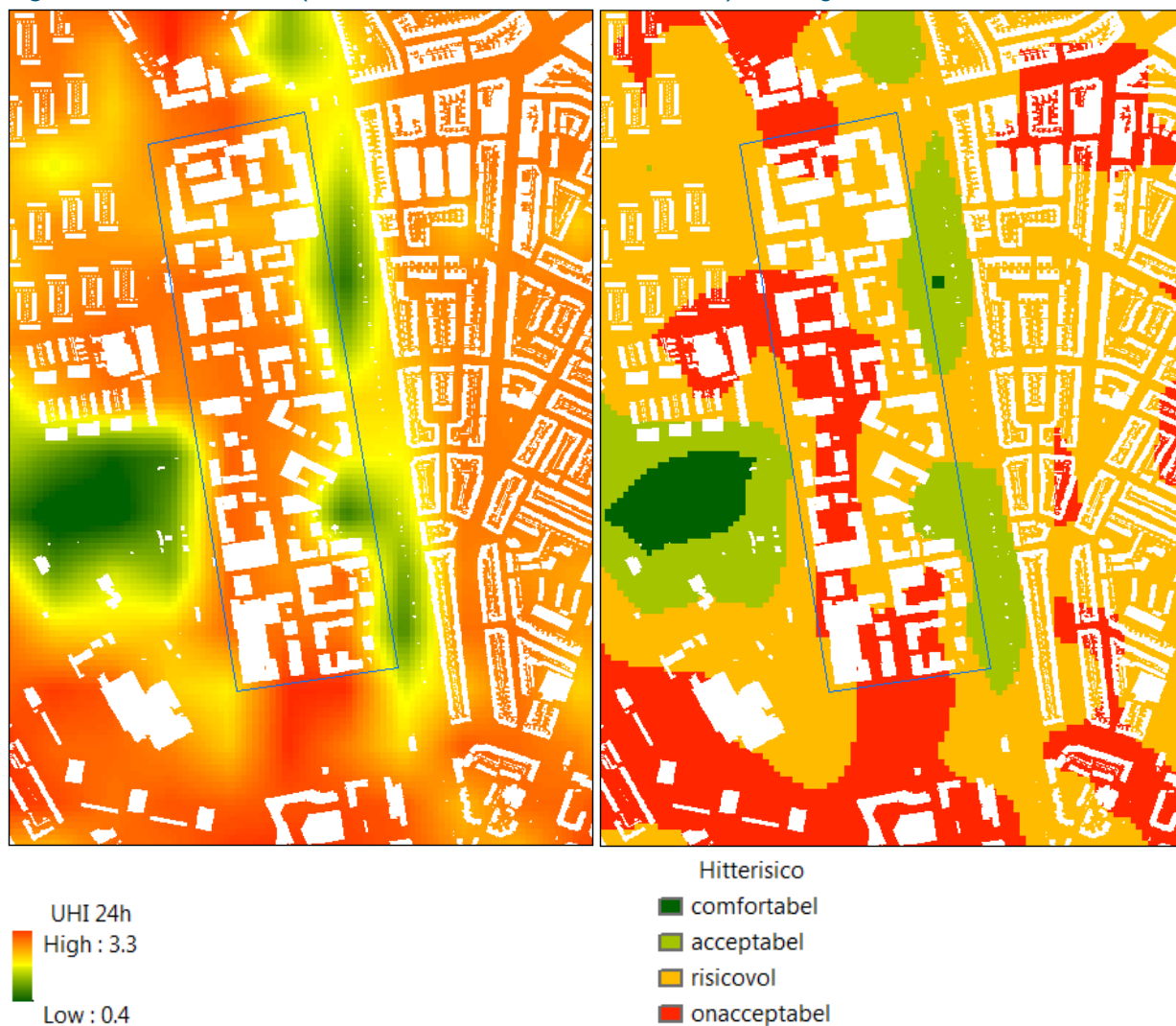
Geoptimaliseerd						
UID	Per_buildi	Per_green	Per_road	Per_water	Per_other	
3	25%	69%	0%	6%	0%	
5	41%	59%	0%	0%	0%	
26	33%	66%	0%	1%	0%	
29	21%	52%	27%	0%	0%	
33	44%	56%	0%	0%	0%	
46	20%	48%	5%	27%	0%	
47	37%	63%	0%	0%	0%	
54	43%	57%	0%	0%	0%	
60	38%	36%	26%	0%	0%	
90	31%	69%	0%	0%	0%	
92	19%	63%	4%	14%	0%	
94	13%	87%	0%	0%	0%	
98	10%	88%	2%	1%	0%	
103	26%	74%	0%	0%	0%	
111	25%	61%	14%	0%	0%	
112	26%	41%	34%	0%	0%	
113	27%	73%	0%	0%	0%	
125	29%	66%	5%	0%	0%	
129	23%	73%	0%	4%	0%	
133	17%	83%	0%	0%	0%	
136	23%	77%	0%	0%	0%	
144	34%	65%	1%	0%	0%	
159	10%	53%	5%	33%	0%	
161	26%	43%	31%	0%	0%	
165	35%	65%	0%	0%	0%	
199	39%	29%	32%	0%	0%	
203	59%	40%	1%	0%	0%	
206	12%	57%	31%	0%	0%	
211	55%	45%	0%	0%	0%	
221	34%	66%	0%	0%	0%	
Gemiddelde	29,2%	60,7%	7,2%	2,9%	0,0%	
Opp. [m2]	90.377	188.242	22.454	8.927	-	

Bijlage 3 Hittekaarten Merwedekanaalzone

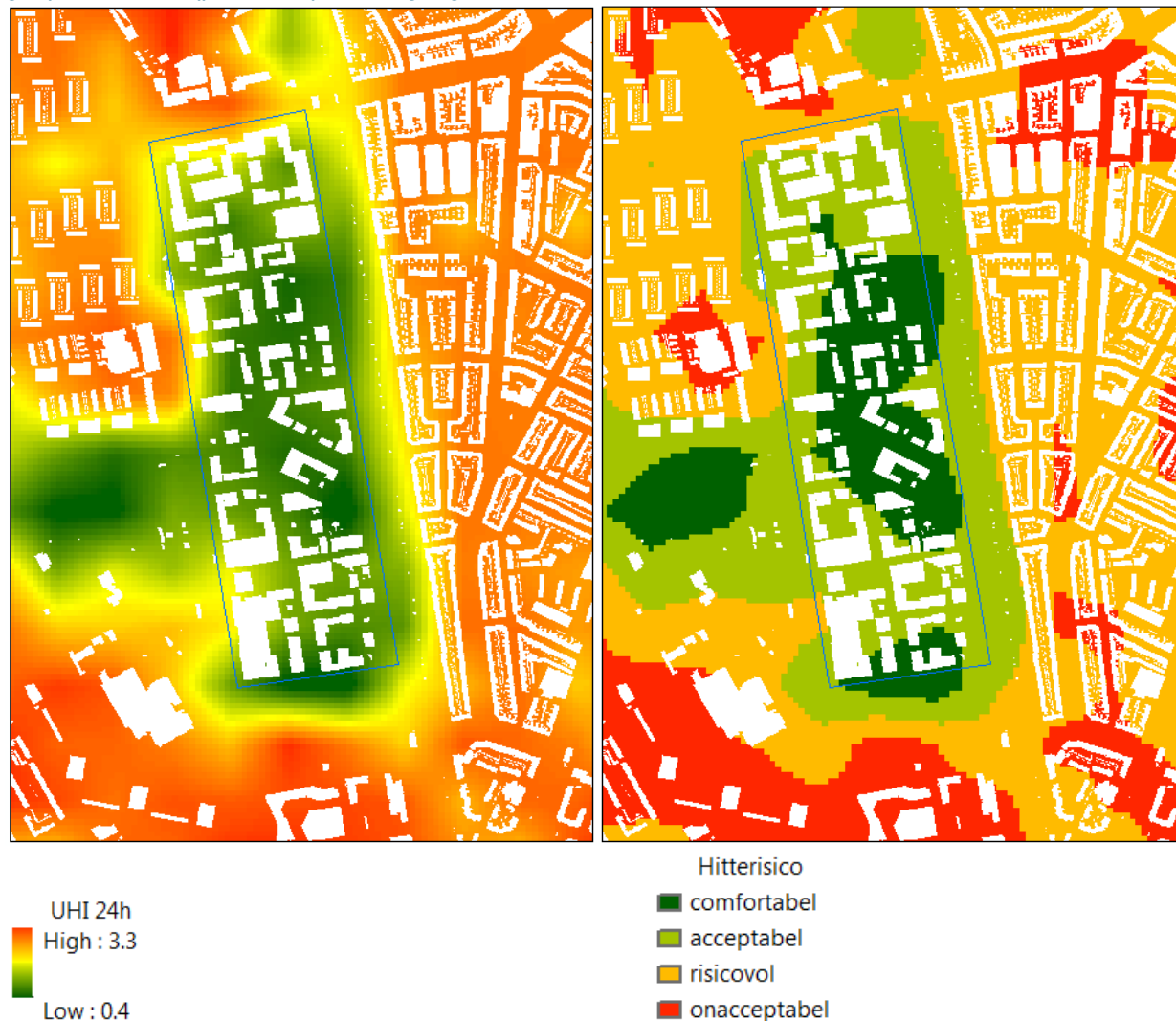
Figuur B3-1 Hittekaarten (links: UHI – 24h en rechts: Hitterisico) in bestaande situatie



Figuur B3-2 Hittekaarten (links: UHI – 24h en rechts: Hitterisico) in voorgestelde situatie – OKRA



Figuur B3-3 Hittekaarten (links: UHI – 24h en rechts: Hitterisico) in voorgestelde situatie – geoptimaliseerd (potentieel) voor tegengaan hittestress



Bijlage 4 Waardebepaling (baten) van groene maatregelen

Doorkijk - periode	50 jaar	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Disconteringsfactor		1,00	0,95	0,90	0,85	0,81	0,77	0,73	0,69	0,65	0,62
Wijkparken (50 ha)											
Investerings - verdisconteerd	€ 300.000,00	€ -	€ 30.000,00	€ 30.000,00	€ 30.000,00	€ 30.000,00	€ 30.000,00	€ 30.000,00	€ 30.000,00	€ 30.000,00	€ 30.000,00
Restwaarde - verdisconteerd	€ 250.363,42	€ -	€ 29.004,74	€ 28.042,50	€ 27.112,18	€ 26.212,72	€ 25.343,10	€ 24.502,34	€ 23.689,46	€ 22.903,56	€ 22.143,72
Onderhoud - verdisconteerd	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
Onderhoud - verdisconteerd	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
Onderhoud - verdisconteerd	€ 133.500,00	€ -	€ 300,00	€ 600,00	€ 900,00	€ 1.200,00	€ 1.500,00	€ 1.800,00	€ 2.100,00	€ 2.400,00	€ 2.700,00
Vernieuwen schade Htstress GW +	€ 6.810.364,69	€ -	€ 11.039,83	€ 22.429,14	€ 34.167,92	€ 46.256,17	€ 58.693,90	€ 71.481,10	€ 84.617,77	€ 98.103,92	€ 111.939,53
Vernieuwen schade Htstress GW + - verdisconteerd	€ 2.836.314,45	€ -	€ 10.673,58	€ 20.965,64	€ 30.878,89	€ 40.416,67	€ 49.592,85	€ 58.381,80	€ 66.818,32	€ 74.897,62	€ 82.625,27
Energie - verdisconteerd	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
CO2 - verdisconteerd	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
Luchtkwaliteit - verdisconteerd	€ 21.788.286,54	€ -	€ 48.962,44	€ 97.924,88	€ 146.887,32	€ 196.849,77	€ 244.812,21	€ 293.774,65	€ 342.737,09	€ 391.699,53	€ 440.661,97
Luchtkwaliteit - verdisconteerd	€ 9.585.077,22	€ -	€ 47.338,10	€ 91.535,27	€ 132.747,84	€ 171.125,18	€ 206.810,05	€ 239.938,86	€ 270.641,94	€ 299.043,76	€ 325.263,24
Waarde woningen	€ 6.718.995,72	€ -	€ 671.899,57	€ 671.899,57	€ 671.899,57	€ 671.899,57	€ 671.899,57	€ 671.899,57	€ 671.899,57	€ 671.899,57	€ 671.899,57
Waarde woningen - verdisconteerd	€ 5.607.302,52	€ -	€ 649.699,07	€ 628.058,05	€ 607.222,00	€ 587.077,20	€ 567.600,70	€ 548.770,35	€ 530.564,70	€ 512.963,02	€ 495.945,29
Baten wijkparken - verdisconteerd	€ 17.716.848,33	€ -	€ 678.325,96	€ 711.955,62	€ 742.923,19	€ 771.357,82	€ 797.383,34	€ 821.118,53	€ 842.677,23	€ 862.168,57	€ 879.697,15
Wijkparken (1 ha)											
Baten wijkparken - verdisconteerd	€ 354.336,97	€ -	€ 13.568,52	€ 14.239,11	€ 14.858,46	€ 15.427,16	€ 15.947,67	€ 16.422,37	€ 16.853,54	€ 17.243,37	€ 17.593,94
Groen in de straat - binnenterreinen (20.000 meter straat)											
Investerings - verdisconteerd	€ 936.000,00	€ -	€ 24.000,00	€ 24.000,00	€ 24.000,00	€ 24.000,00	€ 24.000,00	€ 24.000,00	€ 24.000,00	€ 24.000,00	€ 24.000,00
Restwaarde - verdisconteerd	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
Onderhoud - verdisconteerd	€ 948.000,00	€ -	€ 1.200,00	€ 2.400,00	€ 3.600,00	€ 4.800,00	€ 6.000,00	€ 7.200,00	€ 8.400,00	€ 9.600,00	€ 10.800,00
Vernieuwen schade Htstress GW +	€ 926.961,24	€ -	€ 827,99	€ 1.682,19	€ 2.562,59	€ 3.469,21	€ 4.402,04	€ 5.361,08	€ 6.346,33	€ 7.357,79	€ 8.395,47
Vernieuwen schade Htstress GW + - verdisconteerd	€ 357.830,04	€ -	€ 800,52	€ 1.572,42	€ 2.315,92	€ 3.031,25	€ 3.718,71	€ 4.378,64	€ 5.011,37	€ 5.617,32	€ 6.196,90
Energie - verdisconteerd	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
CO2 - verdisconteerd	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
Luchtkwaliteit - verdisconteerd	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
Waarde woningen	€ 6.718.995,72	€ -	€ 335.949,79	€ 335.949,79	€ 335.949,79	€ 335.949,79	€ 335.949,79	€ 335.949,79	€ 335.949,79	€ 335.949,79	€ 335.949,79
Waarde woningen - verdisconteerd	€ 4.804.439,44	€ -	€ 324.804,53	€ 314.029,03	€ 303.611,00	€ 293.538,60	€ 283.800,35	€ 274.385,17	€ 265.282,35	€ 256.481,51	€ 247.972,65
Baten groen in de straat - binnenterreinen - verdisconteerd	€ 4.265.051,49	€ -	€ 301.241,07	€ 290.924,05	€ 280.983,72	€ 271.405,64	€ 262.175,96	€ 253.281,38	€ 244.709,10	€ 236.446,85	€ 228.482,82
Groen in de straat - binnenterreinen (1 ha)											
Baten groen in de straat - binnenterreinen - verdisconteerd	€ 106.626,29	€ -	€ 7.531,03	€ 7.273,10	€ 7.024,59	€ 6.785,14	€ 6.554,40	€ 6.332,03	€ 6.117,73	€ 5.911,17	€ 5.712,07
Aanpassen kleur en structuur daken (5.000 woningen)											
Investerings - verdisconteerd	€ 5.000.000,00	€ -	€ 1.000.000,00	€ 1.000.000,00	€ 1.000.000,00	€ 1.000.000,00	€ 1.000.000,00	€ -	€ -	€ -	€ -
Restwaarde - verdisconteerd	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
Onderhoud - verdisconteerd	€ 11.750.000,00	€ -	€ 50.000,00	€ 100.000,00	€ 150.000,00	€ 200.000,00	€ 250.000,00	€ 250.000,00	€ 250.000,00	€ 250.000,00	€ 250.000,00
Vernieuwen schade Htstress GW +	€ 5.428.812,02	€ -	€ 48.341,23	€ 93.474,99	€ 135.560,89	€ 174.751,47	€ 211.192,54	€ 204.186,15	€ 197.412,20	€ 190.862,98	€ 184.531,04
Vernieuwen schade Htstress GW + - verdisconteerd	€ 2.310.794,80	€ -	€ 167.130,00	€ 339.717,40	€ 517.762,19	€ 701.264,37	€ 880.223,95	€ 903.867,44	€ 917.510,93	€ 931.154,41	€ 944.797,90
Energie - verdisconteerd	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
CO2 - verdisconteerd	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
Luchtkwaliteit - verdisconteerd	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
Waarde woningen	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
Baten kleur en structuur daken - verdisconteerd	€ 13.540.261,49	€ -	€ 853.580,47	€ 710.674,08	€ 571.378,12	€ 435.773,93	€ 303.928,07	€ 534.042,70	€ 527.099,21	€ 520.028,65	€ 512.847,10
Aanpassen kleur en structuur daken (1 ha)											
Vernieuwen schade Htstress	€ 216.644,18	€ -	€ -13.657,29	€ -11.370,79	€ -9.142,05	€ -6.972,38	€ -4.862,85	€ 8.544,68	€ 8.320,46	€ 8.205,55	€ 8.205,55

Figuur B4-1 Fragment berekening waardebeoordeling (baten) van groene maatregelen