Aanpak hittestress Harderwijk

JH Spijker, CMJ Jacobs, G Mol

Wageningen Environmental Research

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Environmental Research in opdracht van de gemeente Harderwijk

Wageningen Environmental Research
Wageningen, januari 2019

Rapport
ISSN 1566-7197

Spijker J.H., C.M.J. Jacobs, G. Mol, 2019. *Aanpak hittestress Harderwijk.* Wageningen Environmental Research, Rapport .

Trefwoorden: stedelijk hitte-eiland, hittestress, gezondheid

www.wur.nl/environmental-research.

© 2019 Wageningen Environmental Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, www.wur.nl/environmental-research. Wageningen Environmental Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Wageningen Environmental Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Wageningen Environmental Research Rapport

WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Inhoud

1	**Inleiding**	**7**
2	**Hittestress in Harderwijk**	**8**
	2.1 Achtergrond hittestress	8
	2.2 Hittekaarten Harderwijk	10
	2.2.1 De dagkaart	10
	2.2.2 De nachtkaart	14
3	**De risico-dialoog**	**17**
	3.1 Verslag eerste workshop	17
	3.2 Tweede workshop	18
	3.2.1 Maatregelen tegen hittestress	18
	3.2.2 Resultaten van de discussie van de tweede workshop	19
4	**Samenvatting, conclusies en aanbevelingen**	**22**
	Literatuur	**24**

In het hoofdrapport zijn de bijlagen niet opgenomen.

1 Inleiding

In 2017 heeft de gemeenteraad van Harderwijk een motie (zie Bijlage 1) aangenomen om de hittestress in Harderwijk in beeld te brengen en effectieve maatregelen te nemen om de hittestress te verminderen.

In samenwerking met waterschap Vallei & Veluwe, en de gemeenten en provincies in dit gebied, is in 2017 een regionale stresstest (light) uitgevoerd voor het gehele beheergebied van het waterschap (ca. 30 gemeenten), waarbij ook de hittestress in beeld is gebracht. Voor de gezondheid van ouderen en andere voor hitte kwetsbare groepen is het aantal warme nachten een belangrijke indicator. Des te meer warme nachten op een rij, des te meer problemen met de gezondheid van senioren en zwakkeren. Uit de stresstest voor de bebouwde kom van Harderwijk blijkt een verwachte toename van het aantal warme nachten van één of enkele dagen per jaar (huidige klimaat) tot 2-3 weken per jaar (klimaat 2050).

Om verdere invulling aan de motie te geven heeft de gemeente Harderwijk opdracht gegeven aan Wageningen Environmental Research om een risico-dialoog te voeren met belangrijke belanghebbenden in Harderwijk. Belanghebbenden zijn bijvoorbeeld bewoners, woningbouwcorporaties, instellingen van gezondheidszorg, bewonersorganisaties, ouderenbonden, ondernemersverenigingen, gemeente, waterschap. Doelen van de risico-dialoog zijn:

1. Creëren van bewustwording van de problematiek van hittestress.
2. Gezamenlijk in kaart brengen van de knelpunten: waar worden die nu al ervaren, waar kunnen die in de nabije toekomst verwacht worden?
3. Het bespreken van realistische en effectieve maatregelen om negatieve gezondheidseffecten van hittestress te verminderen.

Bij de risico's gaat het met name om de kwetsbaarheid van ouderen en zwakkere groepen, maar ook andere risico's kunnen door de belanghebbenden worden ingebracht.

Deze rapportage geeft een samenvattend beeld van de problematiek van stedelijke hittestress in Harderwijk, de resultaten van de risico-dialoog en conclusies en aanbevelingen voor de gemeente Harderwijk.

2 Hittestress in Harderwijk

In dit hoofdstuk wordt de voor Harderwijk beschikbare informatie over de problematiek van de stedelijke hittestress besproken. Dit gebeurt aan de hand van twee hittekaarten die in paragraaf 2.2 gepresenteerd worden. Voor de duiding van de kaarten is het belangrijk om de aard van het kaartmateriaal te begrijpen. Daarom geeft paragraaf 2.1 eerst enige achtergrondinformatie over de stedelijke hitteproblematiek, vooral toegespitst op het effect van hittestress op mensen. In het vervolg wordt dit kortweg aangeduid met de term "hittestress".
De informatie in dit hoofdstuk volgt in grote lijnen de presentatie over dit onderwerp tijdens de eerste workshop in Harderwijk. Deze presentatie is toegevoegd in Bijlage 2 en biedt grafische ondersteuning bij onderstaande tekst. Omwille van de leesbaarheid laten we voortdurende verwijzingen naar specifieke dia's uit de presentatie achterwege.

2.1 Achtergrond hittestress

Klimaatverandering leidt tot gemiddeld warmer weer, ook in Nederland (KNMI, 2014). Bij de te verwachten stijging van de gemiddelde temperatuur hoort ook, dat zich vaker weersextremen zullen voordoen, waaronder hittegolven. Deze zullen niet alleen vaker voorkomen, maar naar verwachting ook intenser zijn, dus vaker langer duren en met hogere temperaturen gepaard gaan.
Binnen het thema klimaatadaptatie is de kennis over hitte en hittestress en het in kaart brengen daarvan nog flink in ontwikkeling.

Naast dit klimaateffect speelt een rol dat de temperatuur in stedelijk gebied hoger is dan in het omliggende platteland. Dit wordt het stedelijk hitte-eiland genoemd (Rovers et al., 2014). Dit hitte-eiland is in Nederland vooral een nachtelijk fenomeen. In de zomerperiode zijn temperatuurverschillen het grootst in de nacht na een zonnige en windstille dag (Brandsma en Wolters, 2012; Theeuwes et al., 2017). Overdag neemt stedelijk gebied meer warmte op dan het omliggende platteland en staat dit de opgenomen warmte 's nachts langzamer af. Dit komt door:

- verminderde reflectie van zonnestraling (donkere materialen zoals asfalt wegdek en bitumen dakbedekking reflecteren minder straling; straling heeft meer kans om opgenomen te worden door veelvoudige reflectie);
- verminderde verdamping, vooral wegens vervanging van groen door steen, beton, asfalt, enz., waardoor meer energie beschikbaar is voor opwarming;
- materialen zoal steen, beton en asfalt slaan gemakkelijk warmte op en er is meer oppervlak (bovengrondse massa) in vergelijking met het platteland;
- uitstraling van warmte in de nacht wordt belemmerd doordat gebouwen de straling als het ware blokkeren en zelf warmte terug stralen;
- productie van warmte, gekoppeld aan menselijke activiteiten zoals verkeer en industrie;
- verminderde ventilatie tussen bebouwing waardoor warmte en vervuiling blijven hangen;
- luchtvervuiling straalt warmtestraling terug naar de stad.

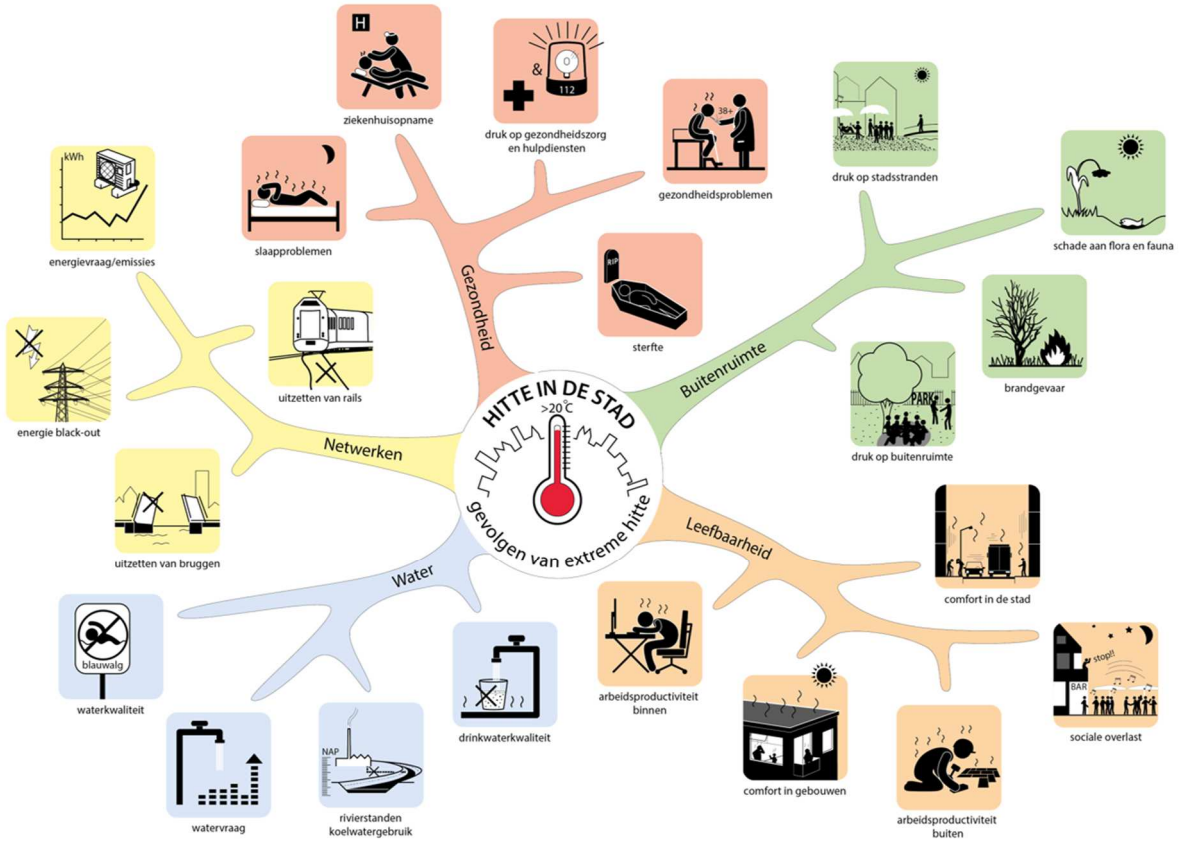
Een aandachtspunt is dat in perioden van grote warmte de windrichting vaak oostelijk of zuidelijk is. Indien bijvoorbeeld ten oosten/zuiden van woonwijken gebieden liggen die sterk opwarmen (bv. sommige bedrijventerreinen) dan kan dit de hittestress in deze wijken verhogen.

Ook in Nederlandse steden kan het hitte-eiland effect oplopen tot rond 10°C (Rovers et al., 2014). Het effect doet zich ook voor in kleinere dorpen en steden in het landelijk gebied (Steeneveld et al., 2011; https://ruimtelijkeadaptatie.nl/voorbeelden/@168824/hittestress-zeeland/).

Voor hittestress is niet alleen de luchttemperatuur van belang. Of een mens opwarmt of afkoelt en zich prettig voelt onder gegeven weersomstandigheden hangt ook af van factoren die de uitwisseling van energie tussen mens en omgeving beïnvloeden. Dit zijn naast temperatuur de zonne- en warmtestraling, de windsnelheid en de luchtvochtigheid (Höppe, 1999). De vraag of mensen bepaalde weersomstandigheden als aangenaam ervaren, is daarmee nog niet helemaal beantwoord. Naast deze omgevingsfactoren speelt namelijk een aantal sociaal-culturele en persoonlijke factoren een rol zoals fysieke conditie en inspanning, kledingkeuze, gedrag en waardering van de omgeving (Klemm, 2018).

Uit een combinatie van de bovengenoemde omgevingsfactoren wordt vaak een gevoelstemperatuur berekend, soms in combinatie met aannames over leeftijd, activiteit en isolerende werking van kleding. Een bekend voorbeeld hiervan is de zogenoemde fysiologisch equivalente temperatuur (PET[1]). Hierin zijn de invloeden van luchttemperatuur, straling, windsnelheid en luchtvochtigheid verwerkt.

Recent hebben Klok en Kluck (2018) op grond van een studie van de internationale literatuur de belangrijkste effecten van extreme hitte in de stad in kaart gebracht via een zogenoemde mindmap (zie figuur 1). Deze effecten vormen in feite de redenen om maatregelen tegen hitte te nemen. In de mindmap worden vijf sectoren of probleemgebieden onderscheiden.



Figuur 1 Mindmap met belangrijkste effecten van extreme hitte in de stad. Bron: Klok en Kluck 2018.

1) Gezondheid

Hittestress kan leiden tot warmteziekten en een verhoogd aantal ziekenhuisopnames. In zeer ernstige gevallen kan hitte de dood tot gevolg hebben (Kovats en Hajat, 2008). Hitte kan ook de slaapkwaliteit negatief beïnvloeden, met negatieve gevolgen voor de gezondheid (Obradovich et al., 2017) en productiviteit. Naast deze directe effecten op de menselijke gezondheid kan hitte ook indirect tot

[1] PET is de afkorting van Physiological Equivalent Temperature

gezondheidseffecten leiden, bijvoorbeeld via toegenomen groei van schadelijke micro-organismen in het water (Kosten, 2011) of extra verslechtering van de luchtkwaliteit (Willers et al., 2016).

2) Buitenruimte
Mensen zoeken tijdens hitte buiten verkoeling en zo kan de druk op stadsstranden en –parken toenemen. Toegenomen brandrisico en schade aan flora en fauna vallen eveneens in deze categorie.

3) Leefbaarheid
Thermisch comfort in zowel de buiten- als binnenruimte is een belangrijk aspect van de leefbaarheid van een stad. Maatregelen tegen hitte richten zich dan ook vaak op deze aspecten (Rovers et al., 2014), mede met het oog op arbeidsproductiviteit en mogelijke sociale overlast door mensen die 's nachts langer buiten verblijven. Aandachtspunt bij effect op arbeidsproductiviteit is dat veel bedrijventerreinen duidelijk warme plekken zijn in de stad en daarbij komt dat met name oudere bedrijfsgebouwen slecht zijn geïsoleerd.

4) Water
Hieronder vallen toegenomen watervraag en afstemming van vraag op aanbod, aandacht voor drinkwaterkwaliteit en de kwaliteit van oppervlaktewater.

5) Infrastructuur
Bij hitte kan de piekenergie-vraag voor airconditioning toenemen, waardoor de kans op een energie-black-out groter wordt. Verder vallen in deze categorie problemen in de vervoersinfrastructuur zoals vastlopende bruggen, uitzettende rails en beschadiging van het wegdek.

2.2 Hittekaarten Harderwijk

In deze paragraaf wordt de voor Harderwijk beschikbare informatie over de problematiek van de stedelijke hittestress beschreven. Dit gebeurt aan de hand van twee hittekaarten. De eerste kaart brengt hittepatronen op een hete middag in beeld op basis van ruimtelijke verschillen in de PET. Dit noemen we hierna de "dagkaart". Deze kaart representeert in de praktijk vooral de mindmap sectoren "Gezondheid" en "Leefbaarheid", maar is waarschijnlijk ook bruikbaar in delen van de andere sectoren. De tweede kaart toont hittepatronen in de nacht en zullen we hierna aanduiden met "nachtkaart". Deze kaart is eveneens in eerste instantie vooral van toepassing in de sectoren "Gezondheid" en "Leefbaarheid", maar is ook veel breder toepasbaar.

In feite kan voor elk probleem een andere kaart zinvol zijn. Zo kunnen sommige problemen in de sector "Infrastructuur" wellicht gekoppeld worden aan de oppervlaktetemperatuur. Een ander voorbeeld is het in kaart brengen van de leefbaarheid via "afstand tot koelte" of schaal/verdeling van schaduw op openbare ruimte die bestemd is als verblijfgebied voor voetgangers/fietsers.
We kiezen voor de hierna beschreven dagkaart en nachtkaart omdat die beschikbaar zijn en, zoals boven beschreven, representatief geacht worden voor meerdere probleemvelden in meerdere sectoren. Deze kaarttypes sluiten goed aan bij de aanbevelingen van een groep experts voor gebruik van hittekaarten als ondersteuning van de stresstest die gemeentes in het kader van het Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie moeten uitvoeren (De Nijs et al., 2019). Daarnaast waren deze kaarten al beschikbaar voor de gemeente Harderwijk en zijn ze om die reden besproken tijdens de workshops.

2.2.1 De dagkaart

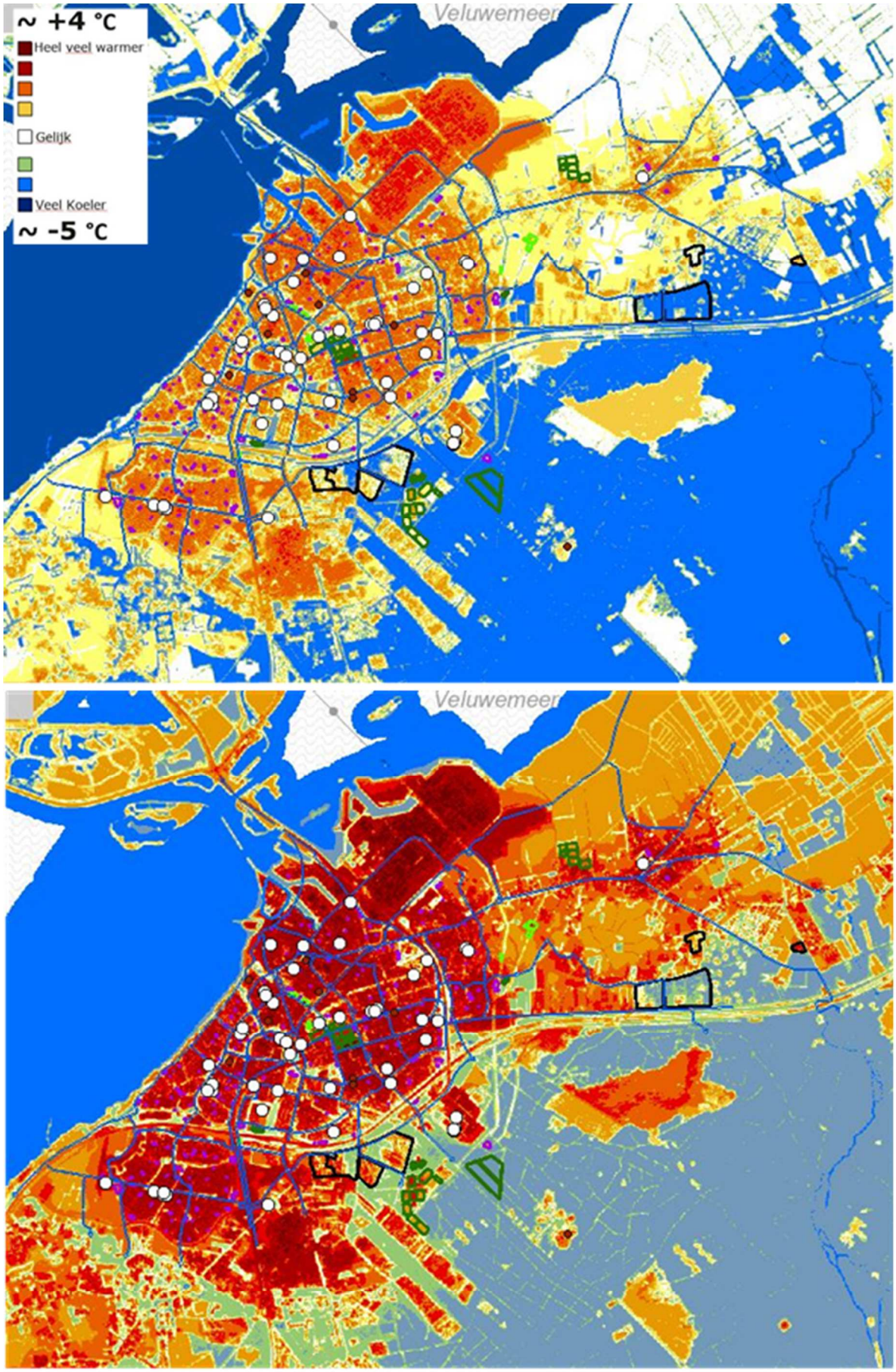
De dagkaart is het resultaat van een hitte-analyse die adviesbureau Tauw voor de gemeente Harderwijk heeft uitgevoerd; https://geo.harderwijk.nl/geoinformatie/hwk_181_hittestresskaart.html. De kaart brengt hittepatronen op een hete middag in beeld op basis van ruimtelijke verschillen in de luchttemperatuur (figuur 2a) en in PET (figuur 2b). De schaal is kwalitatief en loopt van "heel veel koeler" (donkerblauw) tot "veel warmer" (donkerrood). Dit komt overeen met temperatuurverschillen van -5 tot +4 °C ten opzichte van de geschatte temperatuur in een nabijgelegen agrarisch gebied.

De dagkaart is gebaseerd op berekeningen met een computermodel, dat door Tauw en Wageningen University is ontwikkeld op basis van metingen aan hitte in de stad (bijv. Heusinkveld et al., 2014). De modelberekeningen beschrijven effecten van water, grondgebruik, en schaduw/zon op de luchttemperatuur, tijdens een warme, zonnige middag met vrijwel windstille omstandigheden. Er is aangenomen dat deze effecten onafhankelijk van elkaar zijn en bij elkaar kunnen worden opgeteld. Om de PET te berekenen wordt de resulterende luchttemperatuur gebruikt en daarin worden effecten van de inkomende straling, de luchtvochtigheid en windsnelheid verder verwerkt. De verschillen worden met een hoog ruimtelijk oplossend vermogen berekend ten opzichte van de geschatte temperatuur in het gekozen nabijgelegen agrarisch gebied.

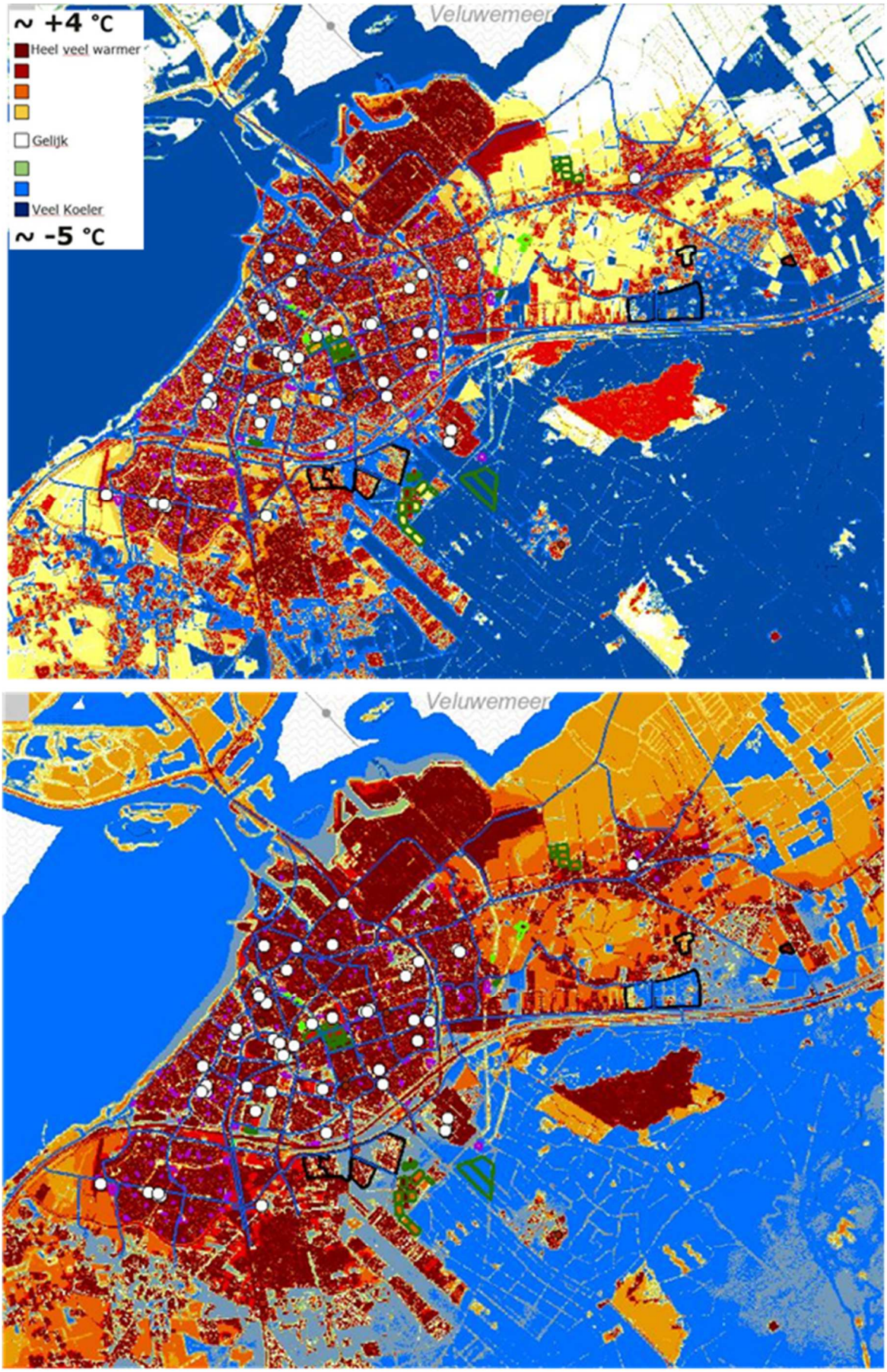
Beide kaarten zijn beschikbaar voor het huidige klimaat, gerepresenteerd door het nominale jaar 2015, en voor een toekomstig klimaat ongeveer halverwege deze eeuw, rond 2050. Voor het toekomstige klimaat gaat men uit van het KNMI W_H scenario waarin de gemiddelde temperatuur met 2 °C is toegenomen. Dit verschil wordt in stedelijk gebied overal bij de luchttemperatuur opgeteld, maar de getoonde verschillen blijven berekend ten opzichte van de huidige situatie (2015) op het platteland. Zo blijven ruimtelijke patronen in wezen hetzelfde in de twee klimaten, maar worden verschillen meer naar de warme kant getrokken in 2050.

In de kaarten is de invloed van bebouwing duidelijk te herkennen. Delen waarin relatief weinig groen aanwezig is lichten roder op dan delen waarin meer groen en water te vinden zijn. Dit geldt voor zowel de luchttemperatuur als de PET. De verschillen tussen PET in de open en gebouwde omgeving zijn groter omdat hierin ook effecten van een (nog verder) gereduceerde windsnelheid worden meegenomen, samen met het effect van gebouwen op de straling. Dit levert een groter bereik op van PET-waarden: terwijl de luchttemperatuur in de stad doorgaans onder 35°C zal blijven, schieten PET-waarden daar gemakkelijk overheen. Dit grotere bereik vergroot in principe ook de berekende verschillen (er zit nu eenmaal meer "ruimte" in de schaal).

De luchttemperatuur geeft een minder gedetailleerd beeld dan de PET. Dit is ook duidelijk te zien op de detail-uitsneden die in figuur 3 zijn opgenomen. Het verschil in detail mag verwacht worden omdat de luchttemperatuur vooral het effect van landgebruik en stadskenmerken laat zien op een wat grotere schaal. Effecten van kleinschalige elementen op de luchttemperatuur, zoals van individuele bomen, zijn doorgaans klein en nauwelijks meetbaar. Ze zullen meestal alleen naar voren komen als er veel van dergelijke elementen in een buurt of wijk aanwezig zijn. Verder kent de atmosfeer meestal een sterk mengend vermogen, waardoor een in eerste instantie lokale koeling in de praktijk over



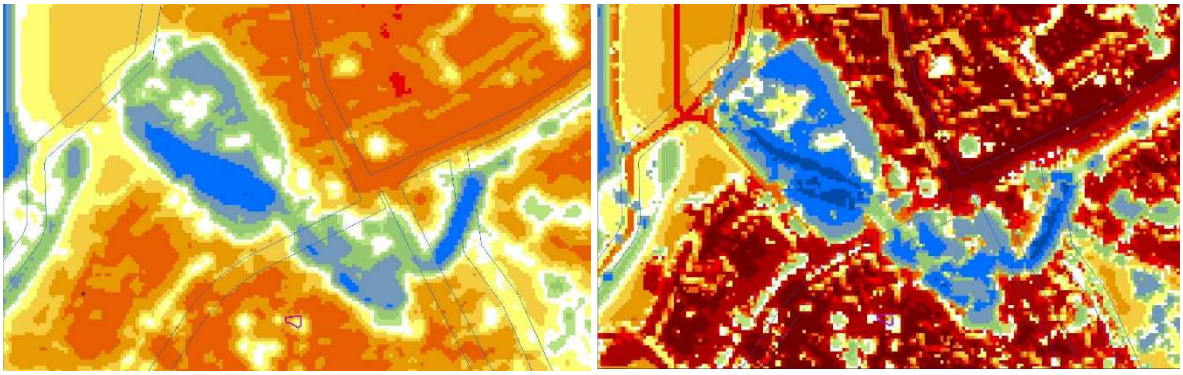
Figuur 2a. Dagkaarten van Harderwijk en Hierden voor luchttemperatuur. Boven: huidig klimaat; beneden: volgens het W_H scenario van het KNMI. Grote witte stippen geven de locatie van scholen aan. Kleine paarse stippen duiden zorglocaties aan. Blauwe lijnen laten de hoofdfietsstructuur zien. Overige lijnen omsluiten stadsdelen bedoeld voor sport en recreatie.



Figuur 2b. Dagkaarten van Harderwijk en Hierden voor PET. Boven: huidig klimaat; beneden: volgens het W_H scenario van het KNMI. Grote witte stippen geven de locatie van scholen aan. Kleine paarse stippen duiden zorglocaties aan. Blauwe lijnen laten de hoofdfietsstructuur zien. Overige lijnen omsluiten stadsdelen bedoeld voor sport en recreatie.

grotere gebieden wordt uitgesmeerd. Daarentegen is de PET erg gevoelig voor zon en schaduw patronen die nu eenmaal niet door de atmosfeer gemengd worden. In de PET kaart zijn dan ook schaduweffecten van individuele bomen en gebouwen terug te vinden als relatief koele gebieden. In de Harderwijkse kaart is niet meteen duidelijk op welk niveau de berekeningen precies zijn uitgevoerd. Normaal gesproken is dit "leefniveau" (1-2 m), maar daken zijn niet herkenbaar. In nieuwere versies van deze PET-kaarten zijn daken van gebouwen wel duidelijk herkenbaar.

Bij de duiding van de kaart is het goed om te beseffen dat voor de mens vooral het thermisch comfort van belang is. Dit wordt het beste uitgedrukt via de PET-kaart. De bij PET horende klassen van thermisch comfort en hittestress omvatten echter 6 °C. Met andere woorden: PET-verschillen van 1 of 2 °C hebben in de praktijk nauwelijks enige betekenis. Pas als de verschillen een flink deel of ruim 1 klasse overbruggen worden ze waarschijnlijk goed merkbaar voor de meeste mensen. Daarnaast hoeft



Figuur 2. Uitsnede van de kaarten uit figuur 1 voor het huidige klimaat. Links: luchttemperatuur; rechts: PET. Zie figuur 1 voor legenda.

een hoge PET niet per se een gevaarlijke hittestress situatie op te leveren. Dit hangt bijvoorbeeld ook af van de blootstellingstijd en persoonlijke en gedragsfactoren. Relevante, grote verschillen in PET doen zich op de kaart op relatief korte afstand voor. Dat komt omdat plekken in de zon gemakkelijk een 5-10 °C hogere PET kunnen hebben dan plekken in de schaduw. Dit benadrukt het kleinschalige karakter van de PET kaart.

Bij de vraag of maatregelen gewenst zijn speelt het ruimtegebruik een rol: heeft het gebied een woonfunctie (wat is de thermische kwaliteit van de woningen? Isolatie – koeling -zonwering), is het bedoeld voor recreatie? Is het een winkelstraat of een industriegebied? Verblijven er veel kwetsbare mensen, zoals ouderen? Zijn er kritische functies die tegen extreme hitte beschermd moeten worden? Daarom kan de huidige dagkaart gecombineerd worden met gegevens over ruimtegebruik. Enkele belangrijke voorbeelden zijn in figuur 2 opgenomen.

2.2.2 De nachtkaart

De nachtkaart is een regionale bewerking van de landelijke klimaateffectatlas (www.klimaatvalleienveluwe.nl/atlas). De kaart brengt hittepatronen voor zomerse nachten in kaart. De hittepatronen worden gegeven als het aantal keren dat de minimumtemperatuur in de nacht niet lager wordt dan 20°C. Dit heet een tropische nacht, vaak ook warme nacht genoemd.

De gekozen maat is van belang omdat de minimumtemperatuur mede de afkoeling van objecten in de nacht bepaalt. Daarmee bepaalt de minimumtemperatuur indirect ook de binnentemperatuur, inclusief slaapkamertemperatuur. Deze is op zijn beurt bepalend voor slaapkwaliteit en is dus invloed op gezondheid en arbeidsproductiviteit. Bij een buiten-minimumtemperatuur van meer dan 20°C lijken zich relatief vaak gezondheidseffecten voor te doen (Fischer en Schär, 2010). Maar ook voor andere objecten geldt de regel dat de afkoeling in de nacht minder is naarmate de luchttemperatuur hoger blijft. Zo neemt bijvoorbeeld ook de kans op een langere periode met ononderbroken hoge watertemperaturen toe. Vanwege dit achterliggende principe is de kaart breder toepasbaar dan alleen in de sectoren "Gezondheid" en "Leefbaarheid".

De kaart voor warme nachten in Harderwijk is weergegeven in figuur 4. Deze kaart laat ook het risico op hoge watertemperaturen zien, maar daar gaan we hier verder niet op in. De in de kaart aangegeven tropische nachten hoeven niet aaneengesloten te zijn. Om de kaart te maken is het aantal tropische nachten per zomer geteld en gedeeld door zeven om de totale lengte te vergelijken met een week. Dit lijkt communicatief doorgaans goed te werken.

De kaart voor het huidige klimaat is gemaakt door voor alle dagen in de zomers van 1981-2010 een schatting te maken van de maximale sterkte van het stedelijk hitte-eiland effect in – onder andere- Harderwijk en deze op te tellen bij de minimumtemperatuur in het landelijk gebied. De minimumtemperatuur is gebaseerd op landelijke gegevens uit het meetnet van het KNMI. De schattingen van de sterkte van het hitte-eiland zijn gebaseerd op metingen in Rotterdam en Utrecht. Ze houden rekening met de invloed van gebouwen via de gebouwhoogte en met de invloed van groen (van Hove et al., 2015). Verder wordt rekening gehouden met de invloed van windsnelheid en zonnestraling (bewolking) op de intensiteit van het hitte-eiland.

Met behulp van een door het KNMI aangereikte methode ("transformatietool"; http://www.klimaatscenarios.nl/toekomstig_weer/transformatie/) zijn de minimumtemperaturen van het huidige klimaat omgezet naar minima die tussen 2036 en 2065 zou kunnen optreden onder het KNMI '14 W_H scenario. Daarbij is ook weer het hitte-eiland effect opgeteld, onder de aanname dat de sterkte van dit effect niet verandert. Met andere woorden: stedelijke ontwikkelingen of veranderingen in het landelijk gebied worden genegeerd (het effect van klimaatverandering op het hitte-eiland is waarschijnlijk klein en in ieder geval onzeker). Daarnaast is aangenomen, dat de bewolking en windsnelheid niet veel zullen veranderen. De gegevens over het toekomstige klimaat worden zichtbaar gemaakt via een "klimaatlens", die inzoomt op een specifiek gebied én het toekomstige klimaat.

Het oplossend vermogen (detailniveau) van de nachtkaart is vrij klein. Dit is conform het feit, dat temperatuurmetingen representatief zijn voor een veel groter gebied dan alleen de directe omgeving van de meetlocatie. In Nederlands onderzoek is gevonden dat de gemeten sterkte van het hitte-eiland beïnvloed wordt door een gebied tot 200 à 500 m stroomopwaarts (tegen de wind in) van de thermometer (Heusinkveld et al., 2014; van Hove et al., 2015). Hieruit blijkt het sterk mengende vermogen van de atmosfeer. Ondanks het beperkte detailniveau van de kaart is ook hier de invloed van de bebouwing goed herkenbaar. Dat is vooral het geval in de kaart voor het toekomstig klimaat, te zien door de lens, omdat hier de drempelwaarde van 20°C vaker overschreden wordt. De warmste gebieden overlappen maar zeer ten dele de gebieden waar relatief veel ouderen wonen, maar de temperatuurverschillen tussen de wijken zijn gemiddeld klein. Andere mogelijke belangrijke (kwetsbaarheids)factoren zoals locatie van scholen en kinderrijke buurten zijn niet in de kaart opgenomen en zullen via extra kaartmateriaal met deze hittekaart gecombineerd moeten worden.



Figuur 4. Aantal tropische nachten in gebouwd gebied in de regio Harderwijk. De bovenste kaart laat de situatie voor het huidige klimaat zien. De onderste kaart geeft via de "klimaatlens" (zwarte cirkel) voor een beperkt gebied een blik op de situatie in een toekomstig klimaat (rond 2050) volgens het W_H scenario van het KNMI. De arcering geeft aan in welke buurten meer dan 25% van de bewoners tot de groep ouderen (65 jaar of ouder) behoort. De kaart geeft ook het risico op opwarming van oppervlaktewater, maar daar gaan we hier verder niet op in.

3 De risico-dialoog

Om betrokkenheid van belanghebbenden te creëren bij de problematiek van hittestress in de gemeente Harderwijk en mogelijke maatregelen daartegen heeft de gemeente Harderwijk twee workshops georganiseerd. Dit sluit aan bij de aanbevelingen vanuit het Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie (risico-dialoog met maatschappelijk belanghebbenden). De risico-dialoog heeft vorm gekregen in twee workshops met betrokken organisaties en groeperingen uit Harderwijk en omgeving, zoals woningbouworganisaties, gezondheidsorganisaties, welzijnswerkers en –organisaties, ouderenorganisaties, scholen, veiligheidsregio, waterschap, buurgemeenten. Bewoners zijn als zodanig niet uitgenodigd.
De eerste workshop was enerzijds gericht op het geven van informatie over de problematiek van hittestress in Harderwijk en de verwachte ontwikkeling de komende jaren en decennia, en anderzijds op het uitwisselen van ervaringen met het omgaan met hittestress nu. De tweede workshop was gericht op de maatregelen die partijen eigenstandig of in samenwerking kunnen treffen om de hittestress of de negatieve effecten daarvan te verminderen.

Een lijst van de genodigde organisaties, het programma en de verzorgde presentaties staan in bijlage 2 (eerste workshop, 8 oktober 2018) en bijlage 3 (tweede workshop, 18 november 2018).

3.1 Verslag eerste workshop

In de eerste workshop hebben de deelnemers sectoren en locaties en sectoren onderscheiden waar de aanpak van hittestress het meest urgent is. Tussen haakjes het aantal deelnemers dat een onderwerp aandroeg, meestal aangevuld met korte toelichting of concretisering.

Locaties:

- Openbare ruimte (5x) (pleinen, plekken met weinig schaduw, onderwijscluster Harderweide, binnenstad, Johanniterlaan, pinautomaten en andere kleine plekken)
- Wonen (4x) (sociale huurwoningen, gehandicapten, appartementen goed geïsoleerd)
- Mobiliteit (4x) (parkeerterreinen, openbaar vervoer – bussen, bushaltes en stationsplein)
- Zorg (3x) (zorgcentra, wijkontmoetingscentra voor ouderen)
- Werk (2x) (kantooromgeving, bedrijventerreinen, boerderijen-met name stallen)
- Recreatie (2x) (sportvelden, moestuincomplexen)

Sectoren:

- Bouw (9x) (slecht geventileerd, groene daken/gevels kansen bouwkolom, gasloos bouwen, wonen onderkant markt, overheid bouwbesluit, platte daken, slecht geïsoleerde gebouwen)
- Zorg/ouderen/zwakkeren (7x) (ouderen, zorg, medewerkers zorg, kwetsbare groepen, minder zelfredzaam, groter risico infectieziekten)
- Onderwijs (4x) (kinderen, kinderdagverblijven, warme schoolgebouwen, te heet om les te geven)
- Veiligheid (4x) (brandgevaar (natuur), beschikbaarheid bluswater , groene daken/gevels ook brandrisico, brandsingels verdrogen)
- Natuur/waterhuishouding (5x) (brand, droogvallende beken, poelen, drinkwatertekort, natuurlijke bermen (brandgevaar bij verdrogen; kwaliteit oppervlaktewater (ziekten)))
- Sociaal domein (3x) (sociaal zwakkere wijken; meer overlast, meer alcoholconsumptie, kortere lontjes; politie als partner)
- Evenementen (2x) (veiligheid, hittestress, drank, ervaren overlast)
- Openbaar vervoer (2x) (ov; forensen)

Voorts zijn de wensen aangegeven voor speerpunten om te bespreken en uit te werken in de tweede workshop:

- aanpak bij de verschillende sectoren
- wat kunnen de Harderwijkers zelf doen
- focus inrichting/beheer openbare ruimte (waar heeft gemeente zelf invloed op)
- wat kan groen doen (wat werkt, wat niet en waarmee moet rekening worden gehouden bij toepassing?)
- maatregelen gebouwen (nachtventilatie –sociaal onveilig-, nieuwbouw)
- overheid als aanjager (vb Apeldoorn als burgerpartcipatie)

De presentaties van de eerste workshop staan in bijlage 2.

3.2 Tweede workshop

Tijdens de tweede workshop is voor twee thema's de gewenste aanpak van hittestress nader uitgewerkt.

In paragraaf 3.2.1 staat een korte samenvatting van de gegeven presentatie over maatregelen tegen hittestress (zie Bijlage 3). In paragraaf 3.2.2 zijn de resultaten van de discussie opgenomen.

3.2.1 Maatregelen tegen hittestress

Bij hittestress gaat het om meer dan de luchttemperatuur. Voor het ervaren van hittestress zijn zowel de omgevingsfactoren, als persoonlijke eigenschappen en gedrag van belang.
De omgevingsfactoren zijn temperatuur, luchtvochtigheid, windsnelheid en straling. Deze kunnen worden uitgedrukt in de PET (zie ook hoofdstuk 2). De persoonlijke eigenschappen die mede bepalen of iemand hittestress ervaart zijn acclimatisering, adaptatie; fysiologische factoren (leeftijd, conditie, activiteit, ...), psychologische factoren (waardering van de omgeving, context van de hitte, ...) en sociaal-culturele factoren (wel of geen siësta, ...).

De omgevingsfactoren zijn het belangrijkste aangrijpingspunt voor verkoelende maatregelen in de buitenruimte:

- Verdamping voorkomt dat binnenkomende energie (zonne- en warmtestraling) wordt omgezet in voelbare warmte. Verdamping kan worden bevorderd door groen (bomen, struiken, andere beplanting verdampen actief, mits de vochtvoorziening goed is) en door bijvoorbeeld fonteinen of klaterende beken.
- Schaduw vermindert de hoeveelheid binnenkomende energie. Bomen en pergola's geven schaduw. Ook gebouwen geven schaduw en zorgen daar voor vermindering van de inkomende energie.
- Ventilatie kan helpen om koele lucht van buiten de stad aan te voeren en opgewarmde lucht af te voeren. Hiervoor moet het gebied van de aanvoerrichting koeler zijn dan de stad. Ook verlaagt ventilatie direct de gevoelstemperatuur (het verkoelende briesje tijdens warmte). Voorkomen moet worden dat groene en andere elementen die geplaatst worden tegen de hitte de ventilatie ongewild te sterk belemmeren.
- Reflectie voorkomt, dat binnenkomende stralingsenergie wordt opgenomen en vervolgens wordt omgezet in warmte. Groene elementen, zoals bomen, reflecteren meer zonlicht dan reguliere bouwmaterialen (asfalt, stenen). Ook gebruik van witgeverfde of spiegelende materialen kan helpen, maar dat werkt alleen goed als de reflectie terug naar de ruimte is. Naar elders in de stad gereflecteerde straling kan alsnog worden opgenomen en kan bovendien zorgen voor een extra hoge PET en/of verblinding van passanten
- Ook verlaging van de warmteproductie in de stad helpt enigszins. Denk hierbij aan warmteproductie door gemotoriseerd verkeer, industriële bedrijvigheid en airco's.

Bomen en groen zijn in de buitenruimte effectief, omdat deze zowel zorgen voor minder absorptie van zonnestraling, bijdragen aan verkoeling door verdamping en door schaduw zorgen voor comfortabele

plekken op straat, in parken, bij haltes OV en op parkeerplaatsen. De meest effectieve plaats is op straatniveau. Groene daken hebben nauwelijks effect op straatniveau, maar, als er op het dakniveau ook geleefd kan worden kunnen vooral goed verdampende dakparken met bomen enige verkoeling brengen. Groene gevels kunnen dankzij beschaduwing van de muren vooral binnen bij slecht geïsoleerde woningen effectief zijn. Op straatniveau kunnen ze enigszins bijdragen aan het verlagen van de PET door vermindering van de stralingstemperatuur.

In veel gevallen leidt toepassing van groen ook tot positieve effecten op andere (beleids)terreinen, zoals de positieve werking van groen op onze gezondheid/welbevinden, baten voor biodiversiteit en mogelijkheden om met het groen een deel van de neerslag van piekbuien op te vangen, waarmee regenwater meer lokaal vastgehouden wordt en beschikbaar blijft om groen/bomen van voldoende vocht te voorzien tijdens hittegolven en droge periodes.
Ook in gebouwen zijn de omgevingsfactoren een aangrijpingspunt om de hittestress te verminderen. Denk hierbij aan

- klimaatneutraal bouwen (geen doorzonwoningen meer; benut de mogelijkheden van natuurlijke koeling)
- gebruik reflecterende kleuren of groene gevels, maar let op de reflectie.
- Groene daken helpen niet altijd
- Zorg voor beschaduwing van wanden en daken
- Op korte termijn kan de plaatsing van airco's lokaal helpen (hoewel dit opgespannen voet staat met doelstelling terugdringen fossiel energiegebruik); op stadsniveau verhoogt dit overigens het hitte-eiland effect (airco's verpompen warmte uit de gebouwen naar de buitenruimte en produceren zelf warmte)
- Ook vergroening in gebouwen draagt bij

In bijlage 3 is meer informatie over maatregelen tegen hittestress opgenomen en wordt het effect van enkele specifieke maatregelen toegelicht.

3.2.2 Resultaten van de discussie van de tweede workshop

De thema's zijn 1. Wonen, werken, scholen (incl. kwetsbare groepen) en 2. Openbare ruimte, mobiliteit en recreatie.
Bij elke themagroep werden telkens de volgende vier punten onderscheiden:

- Wat gebeurt er nu al?
- Wat zijn knelpunten?
- Wat is de mogelijke aanpak van deze knelpunten?
- Wat is er verder nog nodig?

1. Wonen, Werken, Scholen (incl kwetsbare groepen)

Wat gebeurt nu al?

- Gemeente: Stresstest, Hittekaarten
- Risicodialoog met belanghebbenden
- Kwetsbare objecten en groepen in kaart brengen
- Beleid/uitvoering: Hitte is thema in klimaatadaptatie en klimaatadaptatie is 1 van de 4 pijlers van Visie Duurzaamheid
- Uitbreiding: meedenken in waterstructuurplannen
- Corporatie: woning nul op de meter

Wat zijn knelpunten?

- Macht van projectontwikkelaars en soms ook gemeente
- In oude wijken te weinig groen in combinatie met water
- Gemeente: eigenaarschap en bewustwording bij investeerders/aandeelhouders/ ontwikkelaars/makelaars
- Tendens naar meer verharding
- Borging van klimaatadaptatie-denken voor lange termijn (2050)

- Warmteopslag in de bodem
- Collectief zonwering hoogbouw plaatsen
- Hitteplannen professionele zorginstellingen/scholen
- Integraal werken
- Techniek in de kinderschoenen
- Arbeidsomstandigheden thuiszorg

Aanpak knelpunten (wat kan ik zelf doen, wat anderen)

- Corporatie: nieuwbouw t.a.v. zonstraling gunstige ontwerpen
- Goede kleuren schilderwerk kiezen
- Met ventilatie luchttemperatuur terugwinnen
- Zakelijke hindernis creëren (waarvoor?)
- Meer beleid: dus gemeente aan zet met bestemmingsplan (WS)

Wat is verder nog nodig?

- Gemeente: bewustwording in stad bevorderen, bijv. Actie Steenbreek
- Woonvisie
- Gemeente: burger centraal, vooral kwetsbare groepen | Folder/Film
- Duurzame interventies
- Gemeente: samen met belanghebbenden en burgers werken aan oplossingen
- Ontwerpeisen op hitte richten
- Kaart met Koelteplekken (en op strategisch plekken koelte eilanden versterken/toevoegen)
- Private ruimte: verleiden of dwingen, instrumenten Omgevingswet
- Onderzoek invloed blauwgroen dak op hitte-eiland
- Blauwgroene diensten valideren en waarderen

2. Openbare Ruimte, Mobiliteit, en Recreatie

Wat gebeurt nu al?

- WS: Beleid gericht op voorkomen van hittestress. Zoeken naar "water"maatregelen in steden en dorpen. Hoe kan Waterschap bijdragen?
- WS: Bij nieuwbouw adviseren en bijdragen aan klimaatbestendige inrichting.
- Randmeer, recreatieterrein met veel bos
- Fietspadennetwerk is goed, kan hier en daar beter (schaduw?)
- Voor zorgcentra: Bodem, waterornament, zonnescherm, bankjes
- Veiligheid: Samenwerking Veiligheidsregio + ketenpartners | inventarisatie, ook GHOR
- Evenementen
- Vitale Vakantieparken
- Advies bouwplannen + omgevingsvisie

Wat zijn knelpunten?

- Harderwijk heeft geen hittestress-plan op dit moment
- Veel steen centrum
- Binnenstad + bedrijventerreinen, parkeerterreinen (overloop parkeerterrein Dolfinarium), wegen, pleinen
- Waterfront, weinig openbaar groen
- Capaciteit + rollen mbt nieuwe omgevingswet
- Gezondheid speelt nog weinig bij planvorming
- Toegankelijkheid (rolstoelen/rollators)
- Mobiliteit/Co-morbiditeit (juist voor mensen die lijden aan meer dan één aandoening)
- Langer thuis wonen ouderen en mobiliteit

Aanpak knelpunten (wat kan ik zelf doen, wat anderen)

- Kans: toekomstige parkeergarages & blauwgroen
- Kans: vooraf in keten met nieuwe wijk inrichting: bouwmethode + brandgevaar beheersen
- Bouwwijze voor kwetsbare groepen
- Oostkant Koelte-eiland (i.v.m. overheersende windrichting tijdens hittegolven)
- WS: Waterkwaliteit is mogelijk zorgpunt, water vasthouden is een uitdaging | Welke maatregelen zijn effectief en wat is rol WS?
- Bomen aanplanten & sortiment beplanting

Wat is verder nog nodig?

- GGD kan adviseren over gezonde plannen
- Bewustwording
- Kennis over impact hitte op infra
- Bij ontwerp groen ook rekening houden met veiligheid
- WS: klimaatadaptieve inrichting met water en groen combinatie inzichtelijk maken.
- Samenhang Wonen en Openbare Ruimte
- Omgevingswet integraal met alle (keten)partners
- Bouweisen
- Kennis van hoe goed te ventileren is beperkt
- Bestaande bebouwing is veel zongericht (en dus warm)

- Bouwbesluit & vormgeving nieuwe woongebieden

4 Samenvatting, conclusies en aanbevelingen

In 2018 is gebleken dat in het huidige klimaat in Harderwijk al knelpunten met hittestress kunnen optreden, zo bleek uit de inventarisatie bij de eerste workshop van de risico-dialoog. De gemeenteraad van Harderwijk had – na aandacht in de landelijke media over dit onderwerp - in 2017 reeds in een motie aan het college van B&W gevraagd hittestresskaarten en een aantal maatregelen voor te leggen om gezondheidsrisico's van hittestress tegen te gaan (met name ten aanzien van ouderen en zwakkeren).
De zomer van 2018 was uitzonderlijk in het huidige klimaat van Nederland. In de tweede helft van deze eeuw is een zomer als deze echter niet meer uitzonderlijk blijkens de KNMI-klimaatscenario's.

In de tweede helft van 2018 hebben de gemeente Harderwijk en Wageningen Environmental Research twee workshops georganiseerd met belangrijke belanghebbenden uit Harderwijk. Hiermee heeft de gemeente invulling gegeven aan de risico-dialoog, aansluitend op de aanbevelingen vanuit het Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie (risico-dialoog met maatschappelijk belanghebbenden).

Er bleek veel belangstelling voor deelname aan de risicodialoog. Zorginstellingen, woningbouwcorporaties, de veiligheidsregio en ouderenbonden waren onder meer vertegenwoordigd. Velen gaven aan in 2018 al geconfronteerd te zijn met knelpunten als gevolg van hittestress tijdens de warme zomer.

Tijdens de eerste workshop zijn de hittekaarten voor het huidige klimaat en de verwachtingen voor het midden van deze eeuw gepresenteerd. De kaarten geven een ruimtelijk beeld van zowel de dagtemperaturen in de stad Harderwijk als de nachttemperaturen. Voor de dagtemperaturen zijn zowel luchttemperatuur als gevoelstemperatuur beschikbaar. Het blijkt dat de hittestress in de komende decennia waarschijnlijk sterk gaat toenemen en de invloed van bebouwing, groen en blauw is herkenbaar. Of maatregelen noodzakelijk zijn hangt mede af van het (beoogde) ruimtegebruik en aanwezigheid van kwetsbare groepen en functies. Effectiviteit van veel maatregelen is op voorhand hoogstens grof in te schatten, aan de hand van een aantal algemene vuistregels en resultaten. Over de effectiviteit van sommige maatregelen bestaat nog de nodige wetenschappelijke discussie. Bij de keuze van maatregelen is het aan te bevelen om een relatie te leggen met andere beleidsterreinen.

Met de aanwezigen is besproken wat de belangrijkste sectoren zijn met nadelige effecten van hitte en welke acties ondernomen kunnen worden om hitte hier te verminderen of om beter om te gaan met de hitte.

De belangrijkste sectoren zijn wonen, werken, scholen (incl. kwetsbare groepen en openbare ruimte, mobiliteit en recreatie.

Conclusies

- Er is met de uitvoering van de 2 workshops invulling gegeven aan de motie en er is een start gemaakt met de risicodialoog en samenwerking van een groot deel van de betrokken partijen in Harderwijk. Aanwezig waren: woningbouworganisaties, gezondheidsorganisaties, welzijnsorganisaties, ouderenorganisaties, scholen, veiligheidsregio, waterschap, buurgemeenten.
- Er bestaat bij deze partijen veel belangstelling voor het vraagstuk hittestress in Harderwijk
- De deelnemers achten actie noodzakelijk, en zien de noodzaak van samenwerking om tot goede maatregelen te komen.
- Alle deelnemers kunnen zaken benoemen die wel en niet goed geregeld zijn als de hitte toeslaat:

    - Voor de gezondheidssector werken de waarschuwingscodes van het KNMI (geel, oranje en rood) en het Nationaal Hitteplan van het RIVM en de hitteprotocollen die dan wordt geactiveerd, goed. Met concrete acties worden de risico's voor ouderen en andere kwetsbare groepen verkleind en hierdoor is er ook een betere bewustwording ontstaan. Een aandachtspunt is nog de impact van de hitte op werknemers in de zorg.
    - Met betrekking tot de veiligheidssector zijn brandgevaar (combinatie hitte en droogte), functioneren van de infrastructuur (bijv. storingen in bruggen, waardoor hulpdiensten niet meer overal snel kunnen komen) en uitvallen van communicatie, de belangrijkste aandachtspunten.
    - Met betrekking tot dichtbebouwde woonwijken en het centrum is de aanwezigheid van voldoende schaduw in straten en pleinen/buurtparken cruciaal.
    - Met betrekking tot mobiliteit is het beschaduwen van parkeerplaatsen, fietsroutes en rond OV-haltes een aandachtspunt.
    - Met betrekking tot de bedrijventerreinen is de afwezigheid van comfortabele buitenruimte voor een lunchwandeling/pauze aandachtspunt.
- De opdeling uit de eerste workshop in locaties en sectoren wordt wel herkend, maar werkte niet optimaal in de risicodialoog. De indeling in het functioneel gebruik (zoals wonen, werken, mobiliteit, en recreatie) en evt de integratie van functies bleek beter te werken om het gesprek met elkaar te voeren en maatregelen van meerdere kanten te beschouwen.

Belangrijke aanbevelingen vanuit de workshops zijn:

- Maak een hittestress-plan
- Zorg, dat dit niet alleen een gemeentelijk plan is, maar dat zo veel mogelijk belanghebbenden hier bij betrokken worden. *Benut de kennis en ervaring vanuit de samenleving*.
- Het versterken van de bewustwording en betrekken van de inwoners is hierbij van groot belang. Stimuleer een *gezamenlijke* benadering.
- Implementatie van maatregelen tegen de hitte moet geïntegreerd worden met andere opgaven en beleidsterreinen. Dit blijkt ook uit de conclusie dat nadenken over functioneel ruimtegebruik tot een beter gesprek leidt, dan eenzijdig denken vanuit locaties of sectoren. Stimuleer een *integrale* benadering.
- Kijk naar de knelpunten in de bestaande stad en naar de mogelijkheden om bij nieuw-aanleg of grootschalige renovatie de hittestress integraal in de planvorming mee te nemen.

Het hittestressplan kan zich richten op drie groepen actoren:

- Wat kunnen inwoners zelf doen?
    - Bewustwording en gedragsaanpassing
    - Eenvoudige maatregelen in huis
    - Eenvoudige maatregelen in tuin/ om het huis
- Welke bijdrage kunnen stakeholders (uit particuliere en publieke sector) leveren? Belangrijke partijen onder meer scholen, woningcorporaties, zorginstellingen, recreatiebedrijven, OV en veiligheidsregio.
- Wat kan de gemeente doen?
    - Bij beheer, inrichting en omvorming van de bestaande openbare ruimte.
    - Bij de planvorming van nieuwe woonwijken, bedrijventerreinen en andere nieuwe ontwikkelingen
    - Bewustwording en gedragsbeïnvloeding van inwoners en stakeholders
    - Bevorderen samenwerking op dit terrein met verschillende partijen
    - Integratie van beleid met andere beleidsterreinen.

In de workshops is een groot aantal concrete ideeën opgenomen en uitgewerkt. Deze zijn opgenomen in hoofdstuk 3 van deze rapportage. Deze suggesties zijn een goed vertrekpunt voor de verdere beleidsvorming over de aanpak van hittestress in de gemeente en implementatie daarvan.

Literatuur

Brandsma, T., en D. Wolters, 2012. Measurement and Statistical Modeling of the Urban Heat Island of the City of Utrecht (the Netherlands). Journal of Applied Meteorology and Climatology, 51, 1046-1060.
Fischer, E. M. en C. Schär, 2010. Consistent geographical patterns of changes in high-impact European heatwaves. Nature Geosciences, 3, 398-403.

Heusinkveld, B.G., G.J. Steeneveld, L.W.A. van Hove, C.M.J. Jacobs, en A.A.M. Holtslag, 2014. Spatial variability of the Rotterdam urban heat island as influenced by urban land use. Journal of Geophysical Research-Atmospheres, 119, 677–692.

Höppe, P., 1999. The physiological equivalent temperature–a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. International Journal of Biometeorology, 43, 71-75.

Hove, L.W.A. van, C.M.J. Jacobs, B.G. Heusinkveld, J.A. Elbers, B. van Driel and A.A.M. Holtslag, 2015. Temporal and spatial variability of urban heat island and thermal comfort within the Rotterdam agglomeration. Building and Environment, 83, 91–103.

Klemm, Wiebke, 2018. Clever and Cool. Generating design guidelines for climate-responsive urban green infrastructure. PhD Thesis Wageningen University, http://edepot.wur.nl/453958

Klok, E. J., en J. Kluck, 2018. Reasons to adapt to urban heat (in the Netherlands). Urban Climate, 23, 342-351.

KNMI, 2014. KNMI'14: Climate Change scenarios for the 21st Century – A Netherlands perspective; door Bart van den Hurk, Peter Siegmund, Albert Klein Tank (Eds), Jisk Attema, Alexander Bakker, Jules Beersma, Janette Bessembinder, Reinout Boers, Theo Brandsma, Henk van den Brink, Sybren Drijfhout, Henk Eskes, Rein Haarsma, Wilco Hazeleger, Rudmer Jilderda, Caroline Katsman, Geert Lenderink, Jessica Loriaux, Erik van Meijgaard, Twan van Noije, Geert Jan van Oldenborgh, Frank Selten, Pier Siebesma, Andreas Sterl, Hylke de Vries, Michiel van Weele, Renske de Winter and Gerd-Jan van Zadelhoff. Scientific Report WR2014-01, KNMI, De Bilt, The Netherlands. www.climatescenarios.nl.

Kosten, S., S. Schep en B.J. van Weeren, 2011. Een frisse blik op warmer water: over de invloed van klimaatverandering op de aquatische ecologie en hoe je de negatieve effecten kunt tegengaan. STOWA rapport 2011-20, STOWA, Amersfoort.

Kovats, R. S. en S. Hajat, 2008. Heat Stress and Public Health: A Critical Review. Annual Review of Public Health, 29, 41-55.

Nijs, Ton de, Peter Bosch, Ellen Brand, Bert Heusinkveld, Franklin van der Hoeven, Cor Jacobs, Jeroen Kluck, Lisette Klok, Arjen Koekoek, Sytse Koopmans, Kim van Nieuwaal, Reinder Ronda en Gert-Jan Steeneveld, 2019. Ontwikkeling Standaard Stresstest Hitte. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), briefrapport 2019-0008. DOI 10.21945/RIVM-2019-0008

Obradovich, N., R. Migliorini, R., S.C. Mednick en J.H. Fowler, 2017. Nighttime temperature and human sleep loss in a changing climate. Science Advances, 3, e1601555.

Rovers, Vera, Peter Bosch, Ronald Albers, Bert van Hove, Bert Blocken, Andy van den Dobbelsteen, Tejo Spit, Marjolein Dikmans, Beitske Boonstra, Reinder Brolsma, Hein Daanen, Leyre Echevarría Icaza, Annemarie Groot, Oscar Hartogensis, Jan Hensen, Bert Heusinkveld, Jan Hofman, Ronald Hutjes, Cor Jacobs, Laura Kleerekoper, Wiebke Klemm, Lisette Klok, Anita Kokx †, Hamid Montazeri, Martin Roders, Reinder Ronda, Liz Root, Patrick Schrijvers, Karin Stone, Herbert ter Maat, Harry

Timmermans, Caroline Uittenbroek, Frans van de Ven, Frank van der Hoeven, Twan van Hooff, William Veerbeek, Toine Vergroesen, Alexander Wandl en Chris Zevenbergen, 2015. Climate Proof Cities–Final Report. Knowledge for Climate, Report 129/2014, .

Steeneveld, G. J., S. Koopmans, B.G. Heusinkveld, L.W.A. van Hove en A.A.M. Holtslag, 2011. Quantifying urban heat island effects and human comfort for cities of variable size and urban morphology in the Netherlands. Journal of Geophysical Research-Atmospheres, 116, D20129.

Theeuwes, N. E., G.J. Steeneveld, R.J. Ronda en A.A.M. Holtslag, 2017. A diagnostic equation for the daily maximum urban heat island effect for cities in northwestern Europe. International Journal of Climatology, 37, 443-454.

Willers, S. M., M.F. Jonker, L. Klok, M.P. Keuken, J. Odink, S. van den Elshout, C. E. Sabel, J. P. Mackenbach en A. Burdorf, 2016. High resolution exposure modelling of heat and air pollution and the impact on mortality. Environment International, 89-90, 102-109.

Pagina 14 en 15 Wageningen Environmental Research

Postbus 47

6700 AA Wageningen

T 0317 48 07 00

www.wur.nl/environmental-research

Wageningen Environmental Research

Rapport

ISSN 1566-7197

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 5.000 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

