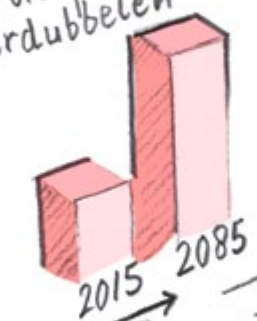
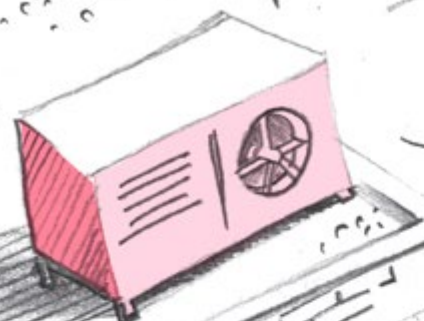


het aantal
zomerse dagen
zal verdubbelen



gebruik
van airco's
doet hitte
toenemen



nauwelijks
wind



ten
vers

groot
temperatuur
verschil

tussen
stad &
platteland

Zo héét!

In de stad wordt het al snel moordend heet. Dat vermindert de arbeidsproductiviteit en veroorzaakt gezondheidsklachten. Wageningse onderzoekers meten wat er op straatniveau gebeurt, maken weermodellen voor de stad en helpen om verlichting te brengen.

TEKST MARION DE BOO ILLUSTRATIE JORRIS VERBOON

metingen met
bakfiets vol apparatuur

fontein
verkoelen



Steeds vaker puffen we van de hitte. Volgens het KNMI kan het aantal zomerse dagen, met een temperatuur van 25 graden of hoger, tussen 2015 en 2085 verdubbelen. Ook het aantal tropische dagen, met temperaturen boven de 30 graden Celsius, neemt toe. Vooral in de steden, waar mensen dicht op elkaar leven en door hun vele activiteiten extra warmte produceren, ontstaat steeds meer hittestress. Het menselijk lichaam moet dan extra hard werken om niet oververhit te raken. Gezonde volwassenen voelen zich het meest comfortabel bij temperaturen van 18 tot 23 graden – ook



**In de zomer wordt de stad
wel zeven graden
warmer dan het platteland**

in warme landen. Buiten die range moet het lichaam zich extra inspinnen.

Vorige zomer, toen alle hitterecords in Europa werden gebroken, trokken Wageningse onderzoekers op een warme julidag naar het centrum van Amsterdam. Vanaf de Dam lieten ze elke twee uur, 24 uur lang, een weerballon op met een bekertje met meetapparatuur eraan. Tegelijkertijd deden collega's hetzelfde in een weiland bij Breukelen, een paar kilometer buiten de stad. De weerballonnen maten elke twee seconden de temperatuur, luchtvochtigheid, windsnelheid en -richting tot op 2,5 kilometer hoogte. De actie haalde alle journaals. De Amsterdamse binnenstad bleek wel zeven graden warmer dan het weiland bij Breukelen en deze warmte bleef tot op grote hoogte meetbaar, zegt Wageningse meteoroloog Gert-Jan Steeneveld. 'Ook binnen de stad zien wij flinke temperatuurverschillen. Industrie-terreinen en versteende wijken met weinig groen warmen extra op, de parken blijven meestal koeler.'

MODELLEN TE GROF

Deze metingen kunnen de onderzoekers goed gebruiken om hun stedelijke weermodellen te verfijnen, aldus Steeneveld. 'In die modellen spelen de hogere luchtlagen een grote rol. Stedenbouwkundig ontwerpers en landschapsarchitecten kunnen zulke modellen gebruiken om betere ontwerpen te maken om hittestress in de stad te beperken. Tot nog toe gebeurt dat niet of nauwelijks omdat de bestaande modellen te grof zijn.' 'De stad absorbeert meer zonnewarmte dan het landelijk gebied, omdat er meer donkere materialen zoals asfalt en donkere straatklinkers en dakpannen worden gebruikt', zegt Steenevelds collega Bert Heusinkveld. Daarbij komt dat juist tijdens een hittegolf het gebruik van airconditioning in de stad enorm toeneemt. 'Door die antropogene warmtebronnen wordt de hitte in de stad nog verder versterkt, een soort meekoppelend effect', aldus Heusinkveld. 'Ook staat in de stad vaak minder wind. Zo kunnen 'hitte-eilanden' ontstaan. Boven en tussen de bebouwing hangt ook 's avonds nog een koepel van warme lucht, die zich slecht mengt met hogere, koelere luchtlagen. Daardoor kan de hitte in de stad 's avonds nauwelijks weg. Ook blijven smog, uitlaatgassen en andere luchtverontreiniging onder deze warme deken lang in de straten hangen, in een hogere concentratie dan normaal.'

MEER DODEN

Hitte maakt de stad minder leefbaar, door de hittestress gaat de arbeidsproductiviteit achteruit en er ontstaan gezondheidsklachten. Plakkerige, zweterige nachten leiden tot slaapgebrek. Wie niet genoeg drinkt, raakt uitgedroogd. Een zonnesteek kan zelfs levensbedrei-

‘We kunnen weersverwachtingen maken met 100 meter resolutie’



gend zijn. Vooral ouderen en mensen met chronische aandoeningen aan hart en longen lopen extra kans om te overlijden. Volgens het RIVM vallen er tijdens hittegolven gemiddeld dertig extra doden per week per graad temperatuurverhoging boven de normale zomertemperatuur van die datum – het langjarig gemiddelde van de afgelopen dertig jaar.

De politie constateert tijdens hittegolven ook meer overlast doordat mensen een korter lontje krijgen, drinkwaterbedrijven hebben meer moeite om de temperatuur van het drinkwater onder de legionellagrens te houden, waterschappen krijgen te maken met giftige blauwalgen en botulisme in het oppervlaktewater. Om te voorkomen dat elektriciteitskabels in de bodem te heet worden, mag er bovendien minder energie getransporteerd worden. Heusinkveld: ‘Op hete dagen wordt het stroomnet toch al extra belast, omdat er dan ook veel zonne-energie wordt opgewekt en getransporteerd.’

HITTEDRAAIBOEKEN

In het Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie van het Rijk is vastgelegd dat gemeenten, waterschappen, provincies en het Rijk met andere betrokkenen moeten anticiperen op de voorziene toename van hittegolven. Allerlei partijen – gemeenten, gezondheidsdiensten, drinkwaterbedrijven, waterschappen, politie enzovoort – maken daarvoor hun eigen hittedraaiboeken. Steeneveld: ‘Voor die hittedraaiboeken waren er allerlei soorten hittekaarten in omloop, waarop het aantal tropische nachten staat aangegeven bijvoorbeeld, of juist de hoogst gemeten temperaturen overdag. Je kunt hittekaarten op meterschaal maken, of op wijkniveau. Tot voor kort hanteerden diverse partijen daarbij hun eigen methodiek.’ Daarom hebben Heusinkveld en Steeneveld op verzoek van de rijksoverheid een standaardmethode voor een hittekaart ontworpen, die gebaseerd is op de gevoels-temperatuur. ‘Die geeft aan hoe warm een persoon een bepaalde weersituatie beleeft, dat wil zeggen, hoe gemakkelijk een persoon warmte kan afstaan’, aldus >

HITTE EN LUCHTVERVUILING GAAN HAND IN HAND

Uit onderzoek van de Wageningse hoogleraar luchtverontreiniging Maarten Krol blijkt dat de luchtkwaliteit en het weer nauw met elkaar verbonden zijn. Smog, uitlaatgassen en andere luchtverontreiniging hopen zich op in stedelijke hitte-eilanden. ‘De levensverwachting van bewoners langs een drukke verkeersweg in Rotterdam is wel twee jaar lager dan die van bewoners van een Waddeneiland’, zegt Krol. ‘Een belangrijke veroorzaker is het verkeer. Verkeer stoot stikstofoxiden uit, en oude dieselauto’s vaak ook roet. Vooral het jarenlang inademen van verontreinigde lucht kan tot gezondheidsproblemen leiden.’ Gedurende hittegolven overlijden meer mensen dan normaal. Krol: ‘In Nederland is er dan vaak sprake van landwind, waarbij vervuiling uit Duitsland en België naar Nederland stroomt. Deze lucht is dan al vies, en hier komt er dan nog vervuiling bij van verkeer, landbouw en industrie. Ook is het tijdens hittegolven vaak zeer zonnig, wat de vorming van fotochemische smog tot gevolg heeft. Tijdens de hittegolf van afgelopen jaar werden in Nederland hoge concentraties ozon gemeten. Dit giftige gas vormt zich onder invloed van zonlicht en uitstoot van verkeer en industrie, een proces dat efficiënt verloopt bij hoge temperaturen. Al deze factoren kwamen toen samen.’



Steenefeld. 'Niet alleen de luchttemperatuur, maar ook zonnestraling, windsnelheid en luchtvochtigheid bepalen de gevoelstemperatuur. Als je ergens in de zon en uit de wind staat, lijkt het misschien wel vijf graden warmer dan in de schaduw.'

Ingenieursbureaus gaan deze kaart landelijk uitrollen. Steenefeld: 'Ze gaan hittekaarten voor allerlei steden maken volgens de Wageningse methode, die wij dan valideren.'

De beide onderzoekers maakten eerst een hittekaart voor Wageningen. Ze reden met een 'klimaatbakfiets' boordevol meetapparatuur rond om de temperatuur- en stralingsverschillen in de stad tot op straatniveau in kaart te brengen. De kaart representeert de gemiddelde gevoelstemperatuur in de stad op een hete zomerdag en laat zien waar tijdens extreme hitte de warmste plekken in de stad voorkomen.

Daarna maakten ze ook hittekaarten voor Amsterdam en Rotterdam. Opvallend genoeg werden in Amsterdam overdag de hoogste temperaturen tijdens een hittegolf niet in de binnenstad gemeten, maar in buitenwijken zoals Holendrecht, Osdorp en Amstelveen. Een mogelijke verklaring is dat de binnenstad met zijn smalle straten meer schaduw biedt. De Rotterdamse hittekaart laat zien dat bijvoorbeeld de Kralingse Plas een koele oase is. In

Hillegersberg, met zijn lommerrijke tuinen en parken, maar ook bijvoorbeeld op het Noordereiland middenin de Maas, blijft het een stuk frisser dan in het dichtbevolkte Oude Noorden.

VOORSPELLING OP STRAATNIVEAU

Vervolgens hebben de onderzoekers voor Wageningen, Amsterdam en Rotterdam voorspellende weermodellen ontwikkeld, waarmee ze weersvoorspellingen tot op straatniveau kunnen doen. Steenefeld: 'Weermodellen op wereldschaal rekenen met een resolutie van 9 kilometer. Daarin zie je Nederlandse steden nauwelijks terug. Omdat wij heel gedetailleerde informatie gebruiken, kunnen we weersverwachtingen maken tot op 100 meter resolutie. Dat was vijf jaar geleden nog ondenkbaar. En de modellen worden steeds verfijnder.'

Om de verschillende microklimaten goed in beeld te brengen zijn grote datasets met geo-informatie en meteogegevens verzameld. De Wageningse onderzoekers maakten bijvoorbeeld gebruik van zeer gedetailleerde hoogtekaarten, op een halve-meterschaal, en van luchtfoto's. Je weet dan precies hoe hoog gebouwen en muren zijn en hoe hoog bomen en andere vegetatie. Daaruit kun je afleiden hoe laat er bijvoorbeeld schaduw in de straten valt, en hoeveel hittestress de bewoners zullen ervaren, mede afhankelijk van de plaatselijke meteorologische omstandigheden en van het spel van zon en schaduw, straling en wind. Ook wordt duidelijk wat het effect is van de vegetatie, of bijvoorbeeld van een stadsgracht. Ingenieursbureau Witteveen+Bos gebruikt de door Wageningen ontwikkelde methoden nu om een landelijke hittekaart te maken. Overheden en gezondheidsdiensten kunnen die straks gebruiken om op tijd maatregelen te nemen tegen hittestress. Bijvoorbeeld rond vragen als: moeten er hittewaarschuwingen uitgaan, kan dat popfestival nog doorgaan?

OP HET BALKON

Veel van het meteorologisch onderzoek gebeurt in samenwerking met Amsterdam Institute for Advanced Metropolitan Solutions (AMS Institute), kennisinstelling voor stedelijke innovatie. Het is een samenwerkingsverband van de TU Delft, WUR en het Massachusetts Institute of Technology (MIT), medegefinancierd door de gemeente Amsterdam. De 24 weerstations die in de wijken continu de temperatuur meten, maken deel uit van de onderzoeksprojecten van AMS Institute over klimaatadaptatie in de stad, de Amsterdam Atmospheric Monitoring Supersite. Steenefeld: 'Het gebruik van bakfietsen en weerstations is relatief duur. Daarom gebruiken we ook data van amateurweerstations. In Nederland staan zo'n 15 duizend van die stationnetjes bij mensen in de achtertuin of op het balkon. Die zijn niet heel geavan-

‘Stedenbouwkundig ontwerpers denken bij klimaatverandering vooral aan wateroverlast, maar hittestress moet meer aandacht krijgen’



ceerd en je moet ook niet bang zijn om rare datasets weg te gooien, maar bij elkaar geven die weerstations toch een verfijnd beeld van verschillen tussen wijken.’ Een andere databron zijn smartphones. De batterijtemperatuur van smartphones blijkt namelijk heel goed te correleren met de luchttemperatuur buiten. Een bedrijfje dat de netwerkverbindingen van providers checkt, houdt ook de batterijtemperatuur van smartphones bij. Dat levert de onderzoekers alleen al in de regio Amsterdam in een maand tijd anderhalf miljoen meetpunten op. Steeneveld: ‘De komende jaren zou ik ook graag meer onderzoek doen aan binnentemperaturen. Sommige slaapkamers zijn in mei al 27 of 28 graden, daar schrik je van. Die metingen zou ik dan graag relateren aan gebouwtypes, bebouwingsdichtheden en bijvoorbeeld energielabels.’

STEDELIJK ONTWERP

De beide onderzoekers benadrukken dat een slim stedelijk ontwerp het leefklimaat kan veraangenamen. Zo werken fonteinën verkoelend. Die vernevelen veel water, dat verdampt, waardoor de lucht ter plaatse afkoelt. Heusinkveld: ‘In sommige Duitse steden spuit men van tijd tot tijd een klein laagje water over de pleinen, dat dan verdampt. Dat is een heel effectieve manier om pleinen te koelen. Ook die kleine waterfonteinnetjes die op willekeurige momenten omhoog schieten en waar kinderen in spelen, werken verkoelend in de stad.’ Heusinkveld: ‘Tot nog toe denken stedenbouwkundig ontwerpers bij klimaatverandering vooral aan wateroverlast, maar hittestress in de stad moet meer aandacht krijgen. Daarbij kunnen hittekaarten en weermodellen goede diensten bewijzen. Stedenbouwkundig ontwerpers weten bijvoorbeeld bij welke windhinder stadsbewoners zich oncomfortabel gaan voelen, en onze stedelijke weermodellen laten zien waar die windhinder in de stad precies optreedt, hoe die windvlagen ontstaan en hoe de luchtstromen rond gebouwen zich bij bepaalde meteorologische condities ontwikkelen. Ontwerpers kunnen onze micrometeorologie gebruiken voor hun ontwerpoptimalisaties.’

Inmiddels woont meer dan de helft van de wereldbevolking in steden. Nu al ligt de gemiddelde zomertemperatuur in 354 steden boven de 35 graden, vooral in het Midden-Oosten en Azië.

In 2050 zal dat in 970 steden het geval zijn, volgens onderzoek van het Urban Climate Change Research Network. Steden in tropische gebieden, waar de luchtvochtigheid veel hoger is dan in Nederland, dreigen in de toekomst zelfs onleefbaar heet te worden. Terwijl in Nederland zowat elke vierkante meter grond nauwkeurig beschreven is, is zulke informatie in armere landen vaak veel minder beschikbaar. Veel grote steden beperken zich tot het indelen van wijken op een hittestress-schaal van 1 tot 10. ‘Mensen in sloppenwijken in warme streken hebben geen geld voor airco en andere verkoelende maatregelen’, aldus Heusinkveld. ‘Daar wordt de komende jaren veel meer oversterfte door hittestress verwacht. Onze onderzoeksresultaten kunnen direct worden ingezet om deze steden leefbaarder te maken.’

De Wageningse meteorologen doen intussen hun best om de effecten van stedenbouwkundige maatregelen tegen hittestress te kwantificeren. Zo zijn de onderzoekers betrokken bij een project in Breda waarbij de gedempte rivier de Mark volgend jaar weer wordt uitgegraven, om de binnenstad aantrekkelijker te maken. Er zijn verschillende scenario’s voor de herinrichting en de aankleding van de oevers. Daarbij wordt goed gelet op mogelijkheden om in de zomer verkoeling te bieden. Heusinkveld: ‘We hebben de bestaande situatie doorgerekend en het ontwerp getoetst, waarna het ontwerp nog meermalen verder verbeterd is. Je moet bijvoorbeeld goed op windrichting en schaduw letten. Bomen geven schaduw, maar te veel bomen belemmeren de wind. Er wordt ook veel met lichtere kleuren steen gewerkt, die het zonlicht minder absorberen, waardoor de kade koeler blijft.’ Deze zomer gaan de Wageningse meteorologen alvast een nulmeting doen en daarna blijven ze meten om te zien hoe het stadsklimaat verandert als de Nieuwe Mark weer door Breda stroomt. ■

www.wur.nl/klimaatbestendige-steden