



Landelijke hittekaart gevoelstemperatuur

Technische toelichting

Ministerie van Infrastructuur en Milieu

11 juni 2020

Project Landelijke hittekaart gevoelstemperatuur
Opdrachtgever Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Document Technische toelichting
Status Definitief
Datum 11 juni 2020
Referentie 118532/20-009.089

Projectcode 118532
Projectleider dhr. dr.ir. A.C. de Niet
Projectdirecteur dhr. ing. M.T. Marshall MTEch

Auteur(s) mw. ir. A. Goede
Gecontroleerd door dhr. J.M. Timmermans MSc, dhr. L.W. Moth MSc
Goedgekeurd door dhr. dr.ir. A.C. de Niet

Paraaf



Adres Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V.
Leeuwenbrug 8
Postbus 233
7400 AE Deventer
+31 (0)570 69 79 11
www.witteveenbos.com
KvK 38020751

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

© Witteveen+Bos

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

INHOUDSOPGAVE

	SAMENVATTING	5
1	IN KAART BRENGEN VAN HITTESTRESS	7
1.1	Gevoelstemperatuur volgens de PET-index	8
1.2	Welk inzicht geeft de gevoelstemperatuur?	8
1.3	Waar is de hittekaart gevoelstemperatuur voor bedoeld?	8
1.4	Aan de slag met de hittekaart gevoelstemperatuur	9
2	ONTWIKKELING VAN DE LANDELIJKE HITTEKAART GEVOELSTEMPERATUUR	10
2.1	Open data	10
2.1.1	Meteorologische data	11
2.1.2	Ruimtelijke data	11
2.2	Berekening PET-kaart	12
2.2.1	Afwijkingen van het recept	12
2.2.2	Publicatie	13
3	VALIDATIE VAN DE LANDELIJKE HITTEKAART GEVOELSTEMPERATUUR	15
3.1	Kwaliteit brondata	15
3.2	Aannames in het algoritme	15
3.3	Effecten die niet zijn meegenomen in het model	16
3.4	Conclusie	17
	Laatste pagina	17
	Bijlage(n)	Aantal pagina's
	-	

SAMENVATTING

Witteveen+Bos heeft de landsdekkende hittekaart gevoelstemperatuur voor Nederland gemaakt in samenwerking met Wageningen University & Research (WUR) en Stichting Climate Adaptation Services (CAS). De kaart is te raadplegen via de Klimaateffectatlas.¹

Door klimaatverandering wordt het steeds warmer in Nederland en extreem weer zoals zomerse dagen, tropische dagen en hittegolven nemen toe. Hitte kan voor mensen oncomfortabel zijn en kan leiden tot gezondheidsproblemen en sterfte. De gevoelstemperatuur is een goede indicatie voor hittestress bij mensen. Hittestress ontstaat wanneer mensen hun warmte onvoldoende kwijt kunnen aan de omgeving. Dit hangt naast de luchttemperatuur ook af van andere weersfactoren, de omgeving en persoonlijke factoren.

Om uniformiteit te bieden heeft het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) een gestandaardiseerde methode voorgeschreven om hittestress te beoordelen op basis van de gevoelstemperatuur. De methode voor de gestandaardiseerde hittekaart gevoelstemperatuur is ontwikkeld door de WUR. Om de gevoelstemperatuur in beeld te brengen is de PET-index gebruikt, PET staat voor Physiological Equivalent Temperature. De PET-kaart geeft de gemiddelde gevoelstemperatuur in °C weer op een hete zomermiddag tussen 12.00 en 18.00 uur. Deze kaart helpt bij het identificeren van de hitteopgave en het hittebestendig inrichten van de buitenruimte.

Witteveen+Bos heeft bij het ontwikkelen van de landelijke hittekaart met de WUR samengewerkt in de uitwerking en het vastleggen van de methode met als doel een kaart van hoge kwaliteit die reproduceerbaar is. De landelijke hittekaart gevoelstemperatuur is berekend op basis van het recept dat door de WUR is ontwikkeld. Om een landsdekkende kaart te berekenen heeft Witteveen+Bos een algoritme ontwikkeld. Dit algoritme is geverifieerd door de WUR. In de ontwikkeling van het algoritme zijn keuzes gemaakt in de interpretatie van het recept en naar aanleiding van de verificatie is op een aantal punten afgeweken van het recept.

De rekenmethode is kwalitatief en kwantitatief gevalideerd met meetgegevens. De WUR heeft een uitgebreide notitie geschreven over de verificatie en validatie van de methode. Een model is altijd een versimpeling van de werkelijkheid. Een aantal aannames en keuzes in de berekening zorgen voor afwijkingen in het model ten opzichte van de werkelijkheid. De afwijkingen kunnen veroorzaakt worden door de brondata, aannames in het algoritme en effect die niet zijn meegenomen in het model.

Dit rapport geeft een technische toelichting op de landelijke hittekaart gevoelstemperatuur. Hoofdstuk 1 geeft achtergrond informatie over hittestress en gevoelstemperatuur. Hoofdstuk 2 gaat in op de databronnen en het algoritme die zijn gebruikt om de landelijke kaart te genereren. Hoofdstuk 3 gaat in op de validatie en verbeterpunten van het algoritme.

¹ <https://www.klimaateffectatlas.nl>

1

IN KAART BRENGEN VAN HITTESTRESS

Door klimaatverandering wordt het steeds warmer in Nederland en extreem weer zoals zomerse dagen, tropische dagen en hittegolven nemen toe.¹ Hitte kan voor mensen oncomfortabel zijn en kan leiden tot gezondheidsproblemen en zelfs sterfte.² In het Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie is afgesproken om heel Nederland in 2050 waterrobuust en klimaatbestendig in te richten.³ De eerste stap hiervoor is het in beeld brengen van de potentiële kwetsbaarheden voor wateroverlast, hittestress, droogte en overstromingen. Hittestress kan op verschillende manieren in beeld worden gebracht. Het gebruik van verschillende hittestresskaarten leidt tot onduidelijkheid en discussie. Om uniformiteit te bieden heeft het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) een gestandaardiseerde methode voorgeschreven om hittestress te beoordelen op basis van de gevoelstemperatuur (Afbeelding 1.1).⁴ Deze kaart helpt bij het identificeren van de hitteopgave en het hittebestendig inrichten van de buitenruimte.

Afbeelding 1.1 Uitsnede hittekaart gevoelstemperatuur van Amsterdam



¹ http://www.klimaatsscenario.nl/brochures/images/KNMI14_Klimaatsscenario_folder_2015.pdf

² <https://www.tno.nl/media/3959/factsheet-hittestress.pdf>

³ <https://www.deltacommissaris.nl/deltaprogramma/gebieden-en-generieke-themas/ruimtelijke-adaptatie>

⁴ <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2019-0008.pdf>

1.1 Gevoelstemperatuur volgens de PET-index

De gevoelstemperatuur is een goede indicatie voor hittestress bij mensen. Hittestress ontstaat wanneer mensen hun warmte onvoldoende kwijt kunnen aan de omgeving. Dit hangt naast de luchttemperatuur ook af van andere weersfactoren, de omgeving en persoonlijke factoren. De gevoelstemperatuur varieert per locatie en kan vooral in stedelijk gebied hoog oplopen door de dichte bebouwing en weinig vegetatie. Om de gevoelstemperatuur op een hete zomerdag in beeld te brengen is de PET-index gebruikt, PET staat voor Physiological Equivalent Temperature.¹ De PET-kaart geeft de lokale gevoelstemperatuur weer op een hete zomermiddag en helpt bij het identificeren van de hitteopgave en het verkoelend inrichten van de buitenruimte.

1.2 Welk inzicht geeft de gevoelstemperatuur?

De gevoelstemperatuur is net als de luchttemperatuur uitgedrukt in graden Celsius (°C). De PET-waarde buiten is zo te vergelijken met hoe de luchttemperatuur binnenshuis zou aanvoelen, zonder invloed van het weer en de omgeving. De hoogte van de PET bepaalt hoeveel hittestress mensen ervaren (Tabel 1.1). In Nederland is een gevoelstemperatuur tussen 18 en 23 °C normaal en ervaren mensen geen stress. Bij lagere temperaturen ervaren mensen het als koud. Bij hogere temperaturen ontstaat hittestress. Op sommige plekken komt de gevoelstemperatuur boven de 41 °C uit, dit leidt tot extreme hittestress. Hittestress kan leiden tot thermisch discomfort, gezondheidsproblemen en sterfte.

Tabel 1.1 Overzicht gevoelstemperatuur met bijbehorende perceptie en stressniveau

PET (°C)	Perceptie	Fysiologisch stressniveau
18-23	comfortabel	geen hittestress
23-29	beetje warm	lichte hittestress
29-35	warm	matige hittestress
35-41	heet	grote hittestress
>41	zeer heet	extreme hittestress

1.3 Waar is de hittekaart gevoelstemperatuur voor bedoeld?

De PET-kaart geeft een gedetailleerd beeld van de lokale gevoelstemperatuur buiten op een hete zomerdag. Dit heeft een relatie met leefbaarheid en gezondheid van de buitenruimte. Er zijn ook andere effecten van hitte die juist gerelateerd zijn aan de luchttemperatuur, bijvoorbeeld het effect op natuur, water of infrastructuur. Ook zijn er effecten die met de binnentemperatuur te maken hebben, zoals slaapproblemen, verminderde arbeidsproductiviteit en toename van airconditioning gebruik. De tijd waarin deze problemen ontstaan is verschillend. Extreme hitte kan in korte tijd al tot problemen leiden, maar soms pas als de hitte langere tijd aanhoudt. Er zijn dus verschillende methoden nodig om de hitteopgave te bepalen, de hittekaart gevoelstemperatuur is hier één van.

¹ <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2019-0008.pdf>

1.4 Aan de slag met de hittekaart gevoelstemperatuur

Als de onacceptabel hete plekken in beeld zijn, kan hier dialoog over worden gevoerd en beslissingen worden genomen over hoe hiermee om te gaan. Voor hittebestendigheid is alleen geen maximumtemperatuur, de hitteopgave moet per gebied verkend worden.¹ Daarom is er meer informatie nodig dan alleen een gevoelstemperatuurkaart om te bepalen waar de hitte onacceptabel is. Het risico op hitte gerelateerde problemen ligt ook aan hoe een gebied wordt gebruikt en door wie. De gevolgen van hitte zijn bijvoorbeeld beschreven in de NAS-adaptatietool² en de Mindmap hitte in de stad³. Als de aanpak van hittestress is bepaald en knelpunten in de buitenruimte zijn aangewezen, kunnen deze verkoelend ingericht worden. De gevoelstemperatuur is goed te beïnvloeden met lokale maatregelen. Schaduwvorming is het meest effectieve verkoelingsprincipe om de gevoelstemperatuur te verlagen.⁴ Het verschil tussen gevoelstemperatuur in de zon en in de schaduw van een boom kan meer dan 10 °C zijn. Het gedetailleerd in kaart brengen van de gevoelstemperatuur is dus de eerste stap in een proces.

¹ https://www.hva.nl/binaries/content/assets/subsites/kc-techniek/publicaties-klimaatbestendige-stad/hva_2020_hittebestendige_stad_online.pdf

² <https://nas-adaptatietool.nl>

³ <https://www.hittebestendigestad.nl/mindmap>

⁴ <https://www.naibooksellers.nl/het-weer-in-de-stad-hoe-ontwerp-het-stadsklimaat-bepaalt-sanda-lenzholzer.html>

2

ONTWIKKELING VAN DE LANDELIJKE HITTEKAART GEVOELSTEMPERATUUR

De methode voor de gestandaardiseerde hittekaart gevoelstemperatuur (PET) is ontwikkeld door de WUR. De methode is beschreven in het RIVM Briefrapport 2019-0008 Ontwikkeling Standaard Stresstest Hitte met erratum d.d. 19-02-2020.¹ De methode is complex en laat ruimte voor interpretatie met impact op de kwaliteit van het resultaat. Witteveen+Bos heeft met de WUR samengewerkt in de uitwerking en het vastleggen van de methode met als doel een hittekaart van hoge kwaliteit die reproduceerbaar is. De methode bestaat uit een aantal stappen waarin eerst tussenproducten worden berekend die samen input vormen voor de PET-kaart. Witteveen+Bos heeft ervoor gekozen om de gehele berekening van de PET-kaart uit te voeren met een algoritme in de programmeertaal Python. Hierdoor is de berekening helder en eenduidig vastgelegd. De toolbox die is ontwikkeld biedt ook de mogelijkheid om de berekening uit te voeren met andere input of output. Bijvoorbeeld voor een berekening van de gevoelstemperatuur in toekomstig klimaat, aanpassingen in de ruimtelijke inrichting of een overschrijdingskaart. De keuzes die in het algoritme voor de landelijke hittekaart gevoelstemperatuur zijn gemaakt, worden hieronder per tussenproduct beschreven.

2.1 Open data

De PET-kaart is berekend met open data, hierdoor is de methode door iedereen te reproduceren. Tabel 2.1 en Tabel 2.1. Tabel 2.2 geven een overzicht van de gebruikte databronnen.

Tabel 2.1 Meteorologische input PET-kaart

Input	Bron	Datum
luchttemperatuur, (zonne)straling, wind, luchtvochtigheid	KNMI meetstations: uurgegevens van het weer in Nederland	1 juli 2015
zonshoogte	berekening	1 juli 2015

Van de ruimtelijke data is de meest actuele data gebruikt. Voor de kwaliteitswaarborging en reproduceerbaarheid is gekozen om gebruik te maken van datasets die beschikbaar worden gesteld door de overheid. Hiermee is afgeweken van de databronnen die in het briefrapport worden voorgeschreven voor water en gebouwen (Open Street Maps) en bomen (boomregister).

¹ <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2019-0008.pdf>

Tabel 2.2 Ruimtelijke input PET-kaart

Input	Bron	Versie (jaar van inwinning)
landgebruik	Basisregistratie Grootchalige Topografie (BGT)	17 april 2020
sky view factor	KNMI Sky View Factor (SVF)	SVF 3 (2007 tot 2013)
objecthoogte	Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN)	AHN 3 (2014 tot 2019)
vegetatie	PDOK luchtfoto RGB en IR	2017, 2018, 2019
bomen	eigen kaart op basis van AHN3, vegetatie en BGT	zie bronnen

2.1.1 Meteorologische data

De PET-kaart geeft de gemiddelde gevoelstemperatuur in °C weer op een hete zomermiddag tussen 12.00 en 18.00 uur. De dag waarop de kaart is gebaseerd is 1 juli 2015. De kans dat een hete dag zoals deze voorkomt in Nederland is 1:1.000 tussen april en september in het huidige klimaat gebaseerd op de periode 2004 tot 2018. De berekening van de PET is gebaseerd op de meetgegevens van het KNMI, hieronder is beschreven hoe de data is bewerkt om geschikt te maken voor de berekening van de landelijke kaart.

Interpolatie meteorologische data

De meteo-data van alle weerstations is geïnterpoleerd, zodat discontinue overgangen tussen de regio's verdwijnen. De interpolatie van de data is gedaan door middel van 'kriging'. Hiervoor is de methode van het Koninklijk Meteorologisch Instituut (KNMI) gevolgd.¹

Windrichting

De windrichting is niet uitgedrukt in graden, maar als noord, oost, zuid en west (en ook noordoost of noord-noordoost). Een draaiing van de windrichting tussen zorgt daardoor voor discontinuïteiten in de kaart. Op 1 juli 2015 was de windrichting overwegend oostelijk. Oostelijke wind brengt 's zomers warme en droge lucht vanaf het continent. Daarom is voor de landelijke PET-kaart gekozen om de windrichting te fixeren op oost.

Zonshoogte

De zonshoogte is berekend met formules voor zonnestralingsrichting die zijn beschreven door de Technische Universiteit Delft.²

2.1.2 Ruimtelijke data

De ruimtelijke data is op verschillende manieren toegepast in de PET-berekening. De bewerkingen om de data hiervoor geschikt te maken zijn hieronder beschreven. De bomenkaart is speciaal voor de landelijk hittekaart gevoelstemperatuur gegenereerd op basis van de objecthoogte en vegetatie, dit staat verderop toegelicht.

Landgebruik

De BGT is gebruikt voor de lagen gebouwen, begroeidterreindeel en water.

Sky view factor

De bronkaart van de SVF wordt gebruikt in de finale berekening van de PET-kaart. De SVF-kaart bevat af en toe gaten of 'scatter', deze scatter zou duidelijk zichtbaar zijn in de eindkaart. Dit verstoort het beeld van de PET-kaart. Daarom zijn de gaten in de bronkaart SVF lineair geïnterpoleerd.

¹ <http://bibliotheek.knmi.nl/knmipubTR/TR335.pdf>

² <http://wiki.bk.tudelft.nl/bk-wiki/Zonnestralsingsrichting>

De SVF wordt ook gebruikt voor het berekenen van het urban heat island (UHI), hiervoor is uit de bronkaart een gemiddelde SVF berekend.

Objecthoogte

Objecthoogte is bepaald op basis van de AHN3. AHN3 bevat de ruwe hoogte en de maaiveldhoogte. De objecthoogte is het verschil hiertussen. De AHN3 bevat cellen met 'no data', om gaten in de hittekaart te voorkomen is de hoogtekaart geïnterpoleerd.

Vegetatie

Op basis van de luchtfoto's wordt de Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) berekend. Vegetatie heeft een NDVI > 0,16. De pixels met een NDVI > 0,16 zijn gebruikt voor het berekenen van de vegetatiefractie en de bomenkaart.

Bomen

Voor de landelijke PET-kaart zijn de bomen berekend met open data. Deze berekening staat beschreven onder 2.2. Er is ook een bomenkaart beschikbaar via het boomregister. Dit is een versie uit 2015, in de loop van 2020 wordt het boomregister geüpdatet met een actuele en verbeterde versie. Op dit moment is de zelf berekende kaart meer geschikt als input dan de kaart van het boomregister. Naast de actualiteit van de bomenkaart is er nog een verschil tussen het boomregister en de eigen berekende kaart. De shapes in het boomregister hebben een uniforme hoogte, in de zelf berekende bomenkaart heeft iedere pixel een eigen hoogte. Kleine clusters bomen in stedelijk gebied zijn completer dan in het boomregister.

2.2 Berekening PET-kaart

De landelijke hittekaart gevoelstemperatuur is berekend op basis van het recept dat door de WUR is ontwikkeld. Om een landsdekkende kaart te berekenen heeft Witteveen+Bos een algoritme ontwikkeld. Dit algoritme is geverifieerd door de WUR. In de ontwikkeling van het algoritme zijn keuzes gemaakt in de interpretatie van het recept en naar aanleiding van de verificatie is op een aantal punten afgeweken van het recept. Deze keuzes worden hieronder beschreven.

2.2.1 Afwijkingen van het recept

In het briefrapport van het RIVM zijn de stappen en de berekeningen voor de tussenproducten beschreven. Voor de punten die ruimte laten voor interpretatie, zijn hieronder de keuzes en aannames beschreven.

Bomenkaart

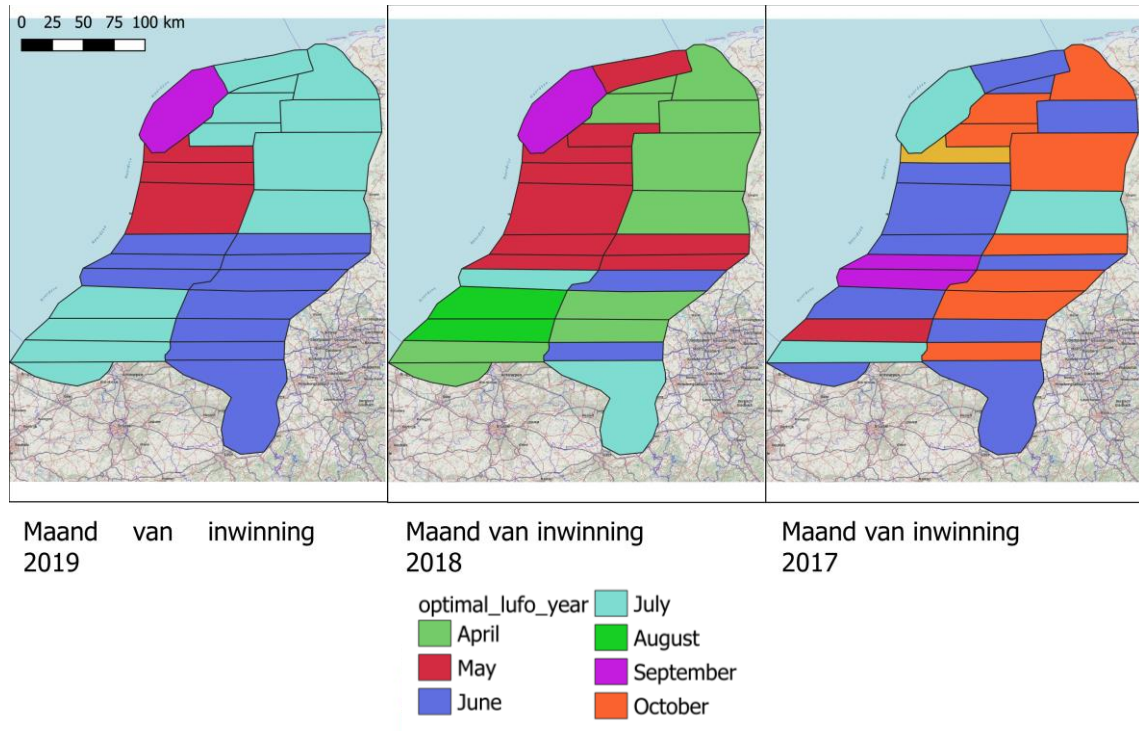
De bomenkaart in het algoritme is berekend op basis van open data.¹ Hiervoor zijn de vegetatiekaart, hoogtekaart en BGT gebruikt. De volgende stappen zijn gevolgd:

- 1 in de NDVI kaart zijn cellen met een waarde >0.16 geïdentificeerd als vegetatie, hiervan is een 'mask layer' gemaakt;
- 2 als minimum hoogte voor bomen om meegenomen te worden in het bomenbestand is 2 meter gesteld;
- 3 de locaties met een hoogte >2 m en de vegetatie mask layer zijn samengevoegd;
- 4 ook hoogspanningskabels zijn geïdentificeerd als bomen, op de locaties van hoogspanningskabels in de BGT is de bomenkaart daarom gecorrigeerd, waardoor er geen bomen onder hoogspanningskabels zijn;
- 5 tenslotte wordt de bomenkaart bewerkt met het 'Gaussian Filter' algoritme.²

¹ <https://edepot.wur.nl/362099>

² https://www.researchgate.net/publication/271529031_Automatic_3D_Building_Detection_and_Modeling_from_Airborne_LiDAR_Point_Clouds (pp. 35-38)

Afbeelding 2.1 Maand van inwinning luchtfoto's voor 2017, 2018 en 2019



De luchtfoto's waarmee de vegetatie bepaald wordt zijn gemaakt in het voorjaar en in de zomer. Op foto's die te vroeg in het jaar worden gemaakt is nog onvoldoende blad aan de bomen. Omdat de foto's ieder jaar in een andere volgorde worden gemaakt, zijn luchtfoto's uit 2017, 2018 en 2019 gebruikt, zie Afbeelding 2.1. In principe is de meest recente foto uit juni, juli of augustus gebruikt.

De bronbestanden hadden een resolutie van 0,25 en 0,5 m, de output is een bomenkaart is samengevoegd naar een resolutie van 1 m.

Windreductie

Doordat in de zelf berekende bomenkaart iedere pixel een andere hoogte heeft, hebben bomen meer frontale oppervlakte dan in het boomregister. Met name in bos geeft het oorspronkelijke recept een overschatting van het frontale oppervlakte en is de windreductie te groot. Daarom is de berekening van de windreductie anders dan wanneer gebruik wordt gemaakt van het boomregister. De frontale oppervlakte wordt bij de zelf berekende bomen gereduceerd met een wortelfunctie.

Gemiddelde SVF

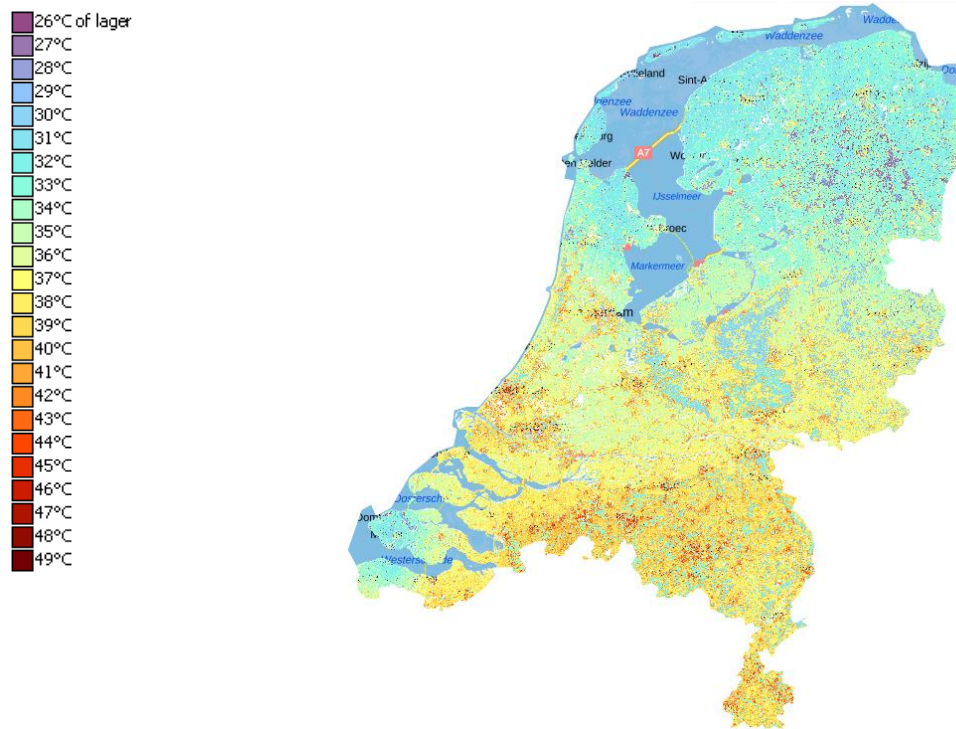
Naar aanleiding van de validatie door de WUR is een stap toe gevoegd aan de berekening die het gebiedsgemiddelde SVF bepaalt. Voorafgaand aan het middelen worden de 1 m SVF pixelwaarden te gecombineerd tot een 25 m pixelwaarde. Indien 90% of meer van de 1 m-pixels geen waarde heeft, dan heeft de bijbehorende 25m pixelwaarde ook geen waarde. Dit geeft voornamelijk aan de rand van bebouwd gebied een betere waarde voor de gemiddelde SVF.

2.2.2 Publicatie

De hittekaart gevoelstemperatuur is voor heel Nederland gepubliceerd in de Klimateffectatlas (Afbeelding 2.2). Om de hittekaart gevoelstemperatuur goed te laten functioneren in de Klimateffectatlas, zijn een aantal afspraken gemaakt met Stichting Climate Adaptation Services (CAS). Het CAS beheert klimateffectatlas.nl. Om goed te functioneren in de Klimateffectatlas is een bestandsgrootte van maximaal 1 GB vereist. Hoewel de PET-kaart in een resolutie van 1 m² is berekend, is er vanwege de prestatie van de atlas voor gekozen om de kaart te publiceren in een resolutie van 2 m².

De temperaturen zijn afgerond naar gehele getallen (29, 30, 31, 32 °C). Tot slot is de data gecomprimeerd met LZW compressie, hierbij is de kwaliteit van de kaart behouden.

Afbeelding 2.2 Hittekaart gevoelstemperatuur in Klimateffectatlas



3

VALIDATIE VAN DE LANDELIJKE HITTEKAART GEVOELSTEMPERATUUR

De rekenmethode is kwantitatief gevalideerd met meetgegevens in de steden Amsterdam, Rotterdam en Wageningen. Daarnaast is de kaart kwalitatief gevalideerd op plekken in Nederland met verschillende landschapstypes: het Limburgs heuvelland, Zeeland/Middelburg/Vlissingen, de Utrechtse Heuvelrug, Den Haag/Scheveningen en de Randmeren. De WUR heeft een uitgebreide notitie geschreven over de verificatie en validatie van de methode.¹ Een model is altijd een versimpeling van de werkelijkheid. Een aantal aannames en keuzes in de berekening zorgen voor afwijkingen in het model ten opzichte van de werkelijkheid. Deze hebben verschillende oorzaken. De afwijkingen kunnen veroorzaakt worden door de brondata, aannames in het algoritme en effect die niet zijn meegenomen in het model.

3.1 Kwaliteit brondata

Voor de berekening is gebruik gemaakt van open data met een dekking voor heel Nederland. Dit heeft op een aantal punten consequenties voor de kwaliteit van de data.

Nauwkeurigheid data

Sommige (bewegende) objecten zoals reflecterende zonnepanelen, treinen, vliegtuigen, hoogspanningskabels worden verkeerd geïnterpreteerd. Dit zorgt voor afwijkingen in de gevoelstemperatuur.

Missende data

Er zijn locaties met 'no data' in de AHN3 en de SVF kaarten. Om een landelijk dekkende gevoelstemperatuurkaart te maken, zijn deze gaten opgevuld met de data uit de AHN2 en de oude versie van de SVF kaart.

Actualiteit data

De gebruikte data is zo actueel mogelijk, maar sommige bronnen zijn toch een aantal jaar oud. Hierdoor zijn niet alle sloop- en nieuwbouwlocaties correct berekend. De BGT is het meest actueel, dus soms zijn gebouwen wel weergegeven in de hittekaart, maar is het effect daarvan op de gevoelstemperatuur niet berekend omdat de gebouwen nog niet in de AHN3 zijn opgenomen. In het algemeen is dat goed te zien doordat het schaduw effect van het gebouw ontbreekt.

3.2 Aannames in het algoritme

Bij het berekenen van de landelijke kaart gevoelstemperatuur zijn een aantal aannames gedaan die invloed hebben op de uitkomst van de berekening.

¹ De WUR is een verificatie- en validatienotitie aan het schrijven, de verwijzing naar deze notitie wordt opgenomen zodra die beschikbaar is.

Representatieve zomerdag

Voor de landelijke kaart is een representatieve zomerdag gekozen met een terugkeertijd van 1:1000 zomerdagen. Het was die dag over het hele land warm en zonnig, maar de terugkeertijd is gebaseerd op voor het meetstation Herwijnen. De verschillen in het weer binnen Nederland hebben ook effect op de gevoelstemperatuur.

Oostenwind

De windluwe zijde van gebouwen en bossen is relatief warm. De windrichting in de landelijke kaart is oostenwind. Dit resulteert in een relatief hogere gevoelstemperatuur ten westen van gebouwen en bossen. Bij een andere windrichting zou dit anders zijn.

Grenzen

Aan de randen, zoals de landsgrens en water, is niet alle brondata beschikbaar. Voor een aantal berekeningen is een groter gebied rond een cel nodig. Aan de grenzen van Nederland zijn enkel de Nederlandse pixelwaarden gebruikt, aan de andere kant van de grens is geen data. Dit is vooral relevant voor de windreductie en de UHI. Vanwege de oostelijke wind kan dit tot maximaal 1 km langs de oostgrens zorgen voor een afwijking in de UHI en tot maximaal 210 m op de windreductie.

3.3 Effecten die niet zijn meegenomen in het model

In het model zijn verschillende factoren meegenomen die invloed hebben op de gevoelstemperatuur. Sommige factoren zijn beperkt of niet meegenomen.

Antropogene warmte

Antropogene warmte is warmte door mensen veroorzaakt. Bijvoorbeeld airconditioners, verkeer en industrie warmen hun omgeving op. Antropogene warmte is niet meegenomen in de berekening.

Materiaalgebruik

De PET berekening bevat ook niet de verschillende thermische eigenschappen van materialen zoals het weerkaatsingsvermogen of albedo of hoe goed een materiaal warmte vasthoud en uitstraalt.

Persoonlijke factoren

De gevoelstemperatuur is berekend voor een gestandaardiseerd persoon. Maar naast weer en omgeving is de gevoelstemperatuur ook persoonsafhankelijk. Je leeftijd, gezondheid, lichaamsgewicht, kleding en activiteit beïnvloeden hoe hoog je gevoelstemperatuur wordt en hoeveel last je daarvan hebt. Er zijn nog andere persoonlijke factoren die invloed hebben op de beleving van de gevoelstemperatuur, zoals welke temperatuur iemand gewend is. In een mediterraan klimaat is een hogere gevoelstemperatuur dan in Nederland normaal. Of wanneer je van een hele koele naar een warme plek gaat.

Groene daken en gevels

Vegetatiefractie is onderdeel van de PET-berekening voor het bepalen van de UHI. De vegetatie op gebouwen is niet meegenomen in de berekening, bijvoorbeeld groene gevels of daken. Dit heeft op grote schaal wel effect op de UHI.

Water

Het effect van water op de gevoelstemperatuur is complex. In het PET-model is het effect versimpeld door oppervlaktewater overdag als groen te beschouwen. Voor water zelf is net als voor gebouwen geen gevoelstemperatuur bepaald en wordt uit de PET-kaart geknipt. Verdamping van water kan verkoelend werken, maar door de thermische traagheid van water ook juist warmte afgeven in de nacht wanneer de luchttemperatuur lager is. Het PET-model houdt geen rekening met de tijdsafhankelijke invloed en verschillende typen water, zoals groot water, slootjes, fonteinen, verneveling, stilstaand of stromend water.

3.4 Conclusie

De ontwikkeling van de landelijke hittekaart gevoelstemperatuur heeft bijgedragen aan een uniforme en transparante manier om hittestress in beeld te brengen. Voor heel Nederland is een kaart beschikbaar die de gevoelstemperatuur op lokaal niveau weergeeft. De methode is reproduceerbaar door gebruik te maken van open data en de keuzes die in het algoritme zijn gemaakt transparant vast te leggen. Het algoritme dat Witteveen+Bos heeft ontwikkeld en de resultaten zijn geverifieerd en gevalideerd door de WUR. Hiermee is onderbouwd dat de methode correct is toegepast. Er zijn ook verbeterpunten aan het licht gekomen die gedeeltelijk al zijn verwerkt in het algoritme, maar ook aanleiding geven om het in kaart brengen van hitte verder te ontwikkelen.

Een stap in het proces naar hittebestendigheid

De landelijke hittekaart gevoelstemperatuur helpt bij het identificeren van de hitteopgave en het verkoelend inrichten van de buitenruimte. Voor hittebestendigheid is alleen geen maximumtemperatuur, de hitteopgave moet per gebied verkend worden. Door de berekening van de landelijke hittekaart gevoelstemperatuur in een algoritme vast te leggen, kan dit als toolbox worden ingezet om bijvoorbeeld ook kwetsbaarheidskaarten te maken of effecten van maatregelen door te rekenen. Het gedetailleerd in kaart brengen van de gevoelstemperatuur is dus een stap in het proces naar hittebestendigheid.

