



Koninklijk Nederlands
Meteorologisch Instituut
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

Van Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) naar hittekracht

Implementatie en operationalisering van een nieuwe hitte-
indicator

Carolina Pereira Marghidan, Gerard van der Schrier, Else van den Besselaar, Monique Vrolijk, Rutger Boonstra, Jacco van Ekris, Wesley Nuijens, Lone Mokkenstorm, Peter Siegmund, Martine Reiling, Fleur Groeneweg, Iris Matters, Josine Camps, Jet van Paassen en Rob Sluijter

De Bilt, 2026 | Technisch rapport; TR-26-04

Auteurs

Carolina Pereira Marghidan, Gerard van der Schrier, Else van den Besselaar, Monique Vrolijk, Rutger Boonstra, Jacco van Ekris, Wesley Nuijens, Lone Mokkenstorm, Peter Siegmund, Martine Reiling, Fleur Groeneweg, Iris Matters, Josine Camps, Jet van Paassen, Rob Sluijter

Met dank aan de volgende partners voor hun review en inhoudelijke bijdragen

Jochem Klompmaker (RIVM), Werner Hagens (RIVM), Hein Daanen (VU), Boris Kingma (TNO)

Samenvatting (Nederlands)

Door klimaatverandering krijgt Nederland steeds vaker te maken met (extreme) hitte, met gevolgen voor gezondheid, arbeid, buitenactiviteiten, veiligheid en dierenwelzijn. Voor het duiden van hitte is de luchttemperatuur alleen niet altijd voldoende. Ook luchtvochtigheid, windsnelheid en zonnestraling spelen een rol in de fysiologische hittebelasting van het lichaam. Daarom implementeert het KNMI de Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) als aanvullende hitte-indicator, een internationaal erkende maat voor hittebelasting. Het KNMI gebruikt hiervoor de Liljegren-methode.

Omdat de WBGT lastig te interpreteren is, wordt deze vertaald naar een schaal van 0 tot 10: de hittekracht. Deze schaal sluit aan bij bekende begrippen zoals windkracht en zonkracht. De klimatologische analyse (1991-2024) laat zien dat hoge hittekracht vooral in de zomer voorkomt, regionaal sterk kan verschillen en niet altijd samenvalt met hittegolven. Tijdens hittegolven lag de maximale hittekracht meestal rond 6 of 7. Zeer hoge waarden zijn zeldzaam, kortdurend en treden vaak slechts enkele uren op. Hittekracht geeft de omgevingsbelasting van hitte aan; het uiteindelijke risico hangt ook af van iemands 'hittefitheid', zoals gezondheid, kleding en activiteitsniveau.

Summary (English)

Due to climate change, the Netherlands is experiencing more frequent and intense heat, with impacts on health, labour, outdoor activities, safety, and animal welfare. Air temperature alone is not always sufficient to assess heat stress, as humidity, wind speed, and solar radiation also influence the physiological heat load on the human body. Therefore, the KNMI is implementing the Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) as an additional heat indicator, an internationally recognized measure of heat stress. The WBGT is calculated using the Liljegren method.

Because WBGT values are not easily interpretable for non-experts, they are translated into a scale from 0 to 10, referred to as "heat force". This scale is analogous to familiar indices such as wind force and UV index. A climatological analysis (1991-2024) shows that high heat force values mainly occur in summer, may vary strongly regionally, and do not always coincide with heatwaves. During heatwaves, maximum heat force typically ranges between 6 and 7. Very high values are rare, short-lived, and often occur only for a few hours. Heat force represents the environmental heat load, while the actual risk also depends on individual "heat fitness" (hittefitheid), including factors such as health, clothing, and activity level.

Inhoudsopgave

1	Aanleiding	5
2	Context en onderbouwing	6
3	Implementatie van de WBGT op basis van de Liljegren-methode	9
	3.1 Liljegren-methode.....	9
	3.2. Implementatie en broncode.....	9
	3.3. Inputgegevens en berekening van de WBGT op basis van modelverwachtingen ..	10
	3.4. Inputgegevens en berekening van de WBGT op basis van 10- minutenwaarnemingen	11
	3.5. Afleiding van instantane stralingsvariabelen (SSRD en FDIR)	11
	3.6. Zonshoogte en correctie van zonnestraling (COSZA).....	13
	3.7. Limiet voor lage windsnelheden	13
4	Van WBGT naar de 0-10 hittekrachtschaal	14
	4.1. Aanpak.....	14
	4.2. De hittekracht schaalverdeling	14
5	De klimatologie van de WBGT en hittekracht in Nederland	15
	5.1 Verdeling van de WBGT en hittekracht (De Bilt).....	15
	5.2. WBGT-statistieken en percentielen (Nederland)	17
	5.3. Relatie tussen WBGT en meteorologische variabelen (De Bilt)	18
	5.4. Relatie tussen uurlijkse hittekracht en temperatuur (Nederland).....	21
	5.5. Dagverloop van WBGT, hittekracht en luchttemperatuur.....	22
	5.6. Extreem hoge WBGT, hittekracht, en hittegolven	23
6	Communicatie	29
	6.1. Doel en doelgroep.....	29
	6.2. Publiekscommunicatie (KNMI-app)	29
	6.3. Professionele toepassingen en WBGT.....	29
7	Vervolg en doorontwikkeling	30
	Bibliografie	31
	Appendix A	33

1 Aanleiding

Door klimaatverandering krijgt Nederland steeds vaker te maken met (extreme) hitte. De gevolgen daarvan kunnen aanzienlijk zijn en leiden tot gezondheidsproblemen, verminderde arbeidsproductiviteit, verstoring van activiteiten en in ernstige gevallen sterfte. De impact van hitte hangt onder meer af van de duur en intensiteit van de blootstelling, maar ook van individuele factoren zoals leeftijd, gezondheid, activiteitsniveau en kleding.

Voor het duiden van hitte is de luchttemperatuur alleen niet altijd voldoende. Ook de luchtvochtigheid, de windsnelheid en zonnestraling spelen een rol in de fysiologische hittebelasting van het lichaam. Zo kan een dag met een luchttemperatuur van 25 °C bij hoge luchtvochtigheid, weinig wind en veel zon tot een grotere hittebelasting leiden dan een warmere dag onder drogere, bewolktere of winderigere omstandigheden.

In de afgelopen jaren hebben verschillende partners en afnemers het KNMI benaderd met het verzoek om naast de luchttemperatuur, aanvullende hitte-indicatoren beschikbaar te stellen. Daarbij gaat het om uiteenlopende toepassingen:

- Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM): als beheerder van het Nationaal Hitteplan zoekt het RIVM naar aanvullende stuurvariabelen om beter te kunnen bepalen wanneer het plan moet worden geactiveerd.
- Nederlands Instituut Publieke Veiligheid (NIPV) en veiligheidsregio's: hebben behoefte aan betere informatie over hitte in relatie tot specifieke werkzaamheden, zoals buitenwerk van hulpdiensten (bijvoorbeeld bij natuurbrandbestrijding) en grote buitenevenementen met veel bezoekers.
- Vakbonden: zoeken naar bruikbare informatie in het kader van veilig en gezond werken in de buitenlucht.
- Nederlandse Arbeidsinspectie: zoekt naar stuurvariabelen voor veilig en gezond werken in de buitenlucht, met het oog op mogelijke opname in wet- en regelgeving.
- Ministerie van LNV: vanuit het perspectief van dierenwelzijn. Niet alleen mensen, maar ook dieren ondervinden de gevolgen van extreme hitte, wat vraagt om passende maatregelen, bijvoorbeeld tijdens transport.

Op basis van dit breed gedragen verzoek is het KNMI in gesprek gegaan met de experts op het gebied van de gevolgen van hitte op het menselijk lichaam bij RIVM, TNO en de Vrije Universiteit (VU) Amsterdam. Op basis van dit overleg is besloten om de Wet Bulb Globe Temperature (WBGT), een internationale index, te implementeren als aanvullende indicator om hittebelasting in Nederland beter te kunnen duiden.

Dit rapport beschrijft de keuze voor de WBGT als aanvullende hitte-indicator en het bijbehorende conceptuele raamwerk (hoofdstuk 2), de implementatie van de WBGT op basis van de Liljegren-methode (hoofdstuk 3), de vertaling van WBGT naar een 0-10 hittekrachtschaal (hoofdstuk 4), de klimatologie van WBGT en hittekracht (hoofdstuk 5), en de communicatie van hittekracht naar gebruikers (hoofdstuk 6). Het rapport sluit af met een beschouwing van vervolg en doorontwikkeling (hoofdstuk 7).

2 Context en onderbouwing

Er bestaat een brede behoefte onder partners en afnemers om, naast luchttemperatuur, hittegerelateerde risico's te beoordelen met behulp van aanvullende indicatoren. Deze behoefte varieert van informatief gebruik tot toepassing in beleidskaders waarin maatregelen verplicht kunnen worden gesteld, met mogelijk aanzienlijke (financiële) consequenties. Denk daarbij aan het aanpassen, vertragen of stilleggen van werkzaamheden vanwege een te groot risico voor de gezondheid.

De implementatie van een hitte-indicator stelt daarom hoge eisen aan robuustheid: deze dient wetenschappelijk onderbouwd te zijn, eenduidig en reproduceerbaar in berekening, en breed toepasbaar en begrijpelijk voor verschillende gebruikersgroepen. De keuze van het KNMI om de WBGT als indicator te hanteren is tot stand gekomen in samenwerking met RIVM, TNO en de VU Amsterdam.

2.1. Selectie van de WBGT

Er bestaat een grote hoeveelheid indicatoren om hittebelasting te beschrijven, waaronder de Heat Index (HI), Universal Thermal Climate Index (UTCI), Physiological Equivalent Temperature (PET) en de Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) (McGregor and Vanos, 2018; Gosling et al., 2014). Deze indices verschillen in doelstelling, vereiste data, complexiteit en onderliggende aannames. De HI combineert bijvoorbeeld luchttemperatuur en luchtvochtigheid, maar houdt geen rekening met zonnestraling en windsnelheid. Andere indicatoren, zoals de UTCI en PET, zijn gebaseerd op thermofysiologische modellen waarin de warmtebalans van het menselijk lichaam wordt gesimuleerd, mogelijk uitgebreid met thermofysiologische respons, en onder aannames over onder andere kleding en activiteit.

Voor het KNMI is het van belang een hitte-indicator te kiezen die transparant en reproduceerbaar kan worden berekend, gebaseerd is op standaard meteorologische variabelen, en operationeel toepasbaar is binnen zowel waarnemingen als modelverwachtingen. Indicatoren die afhankelijk zijn van thermofysiologische modellering zijn door deze randvoorwaarden minder geschikt voor deze toepassing.

De WBGT is een gewogen optelsom van de luchttemperatuur (drogeboltemperatuur; T_a), de natteboltemperatuur (T_w), en de zwarteboltemperatuur (zie sectie 3.1). De WBGT kan worden geschat uit direct observeerbare meteorologische variabelen, waaronder de luchttemperatuur, luchtvochtigheid, straling en windsnelheid, en sluit daarmee goed aan bij deze eisen. Internationaal is de WBGT (zowel de meetmethode en limieten) verankerd in ISO-norm 7243, waarin het wordt toegepast in relatie tot arbeid in warme omstandigheden (ISO, 2017).

Een grootschalige studie waarin 61 hitte-indicatoren in veldomstandigheden in negen landen zijn geëvalueerd, laat zien dat de WBGT tot de best presterende indicatoren behoort voor het inschatten van fysiologische hittebelasting (Ioannou et al., 2022). Daarnaast bestaan er sectorspecifieke WBGT-limieten voor onder andere werksituaties van bijvoorbeeld de Occupational Safety and Health Administration (OSHA)¹, voor sportomstandigheden door de American College of Sports Medicine (ACSM) (Roberts et al., 2023), en voor militairen door de NAVO (Sawka et al., 2013). Ook binnen de wetenschap behoort de WBGT tot de meest gebruikte hitte-indicatoren, en wordt ook door onderzoekers in Nederland gebruikt. Daarnaast gebruikt de vakbond FNV de WBGT in hun werkklimaatapp. Daarnaast heeft het KNMI, samen met TNO, VU, het RIVM en verschillende GGD'en, bijgedragen aan de ontwikkeling van de Richtlijn Zomerse Warmte (GGD-richtlijn medische milieukunde: hitte en gezondheid, 2026), waarin de WBGT wordt beschreven als een relevante aanvullende index naast de luchttemperatuur.

¹ <https://www.osha.gov/otm/section-3-health-hazards/chapter-4>

Hoewel de WBGT wereldwijd veel wordt toegepast en de belangrijkste meteorologische factoren voor hittebelasting combineert, kent de indicator ook beperkingen (Budd, 2008). De belangrijkste daarvan is dat de combinatie van de temperatuur, wind, vochtigheid en straling relateert aan, maar niet synoniem is met de hittebelasting van het lichaam. Zo kan bij hoge luchtvochtigheid en weinig wind de fysiologische belasting worden onderschat doordat verdamping van zweet wordt beperkt. Omgekeerd kan bij zeer hoge temperaturen en lage luchtvochtigheid het lichaam onvoldoende zweet produceren om de warmtebelasting effectief af te voeren (Foster et al., 2022). Daarnaast kunnen vergelijkbare WBGT-waarden onder verschillende combinaties van temperatuur, luchtvochtigheid en windsnelheid gepaard gaan met verschillende fysiologische reacties, bijvoorbeeld doordat veel wind de warmteafgifte van het lichaam kan vergroten (Teunissen et al., 2013). Windsnelheid is bovendien sterk afhankelijk van terreineigenschappen, wat het belang onderstreept van een fijnmazig meteorologisch netwerk (Robinson et al., 2026). Ook een fysisch gebaseerde implementatie van de WBGT, zoals de in dit rapport gebruikte Liljegren-methode, blijft afhankelijk van aannames en praktische keuzes in de operationalisering. Deze beperkingen gelden echter in zekere mate voor vrijwel alle hitte-indicatoren.

Op basis van deze overwegingen hebben de VU en TNO het KNMI geadviseerd de WBGT als indicator te hanteren. De WBGT combineert een sterke wetenschappelijke onderbouwing met operationele toepasbaarheid, internationale standaardisatie en brede aansluiting bij bestaande praktijktoepassingen. Daarmee vormt de WBGT een geschikte basis voor het operationaliseren en communiceren van hittebelasting in Nederland.

2.2. Hittekracht en hittefit

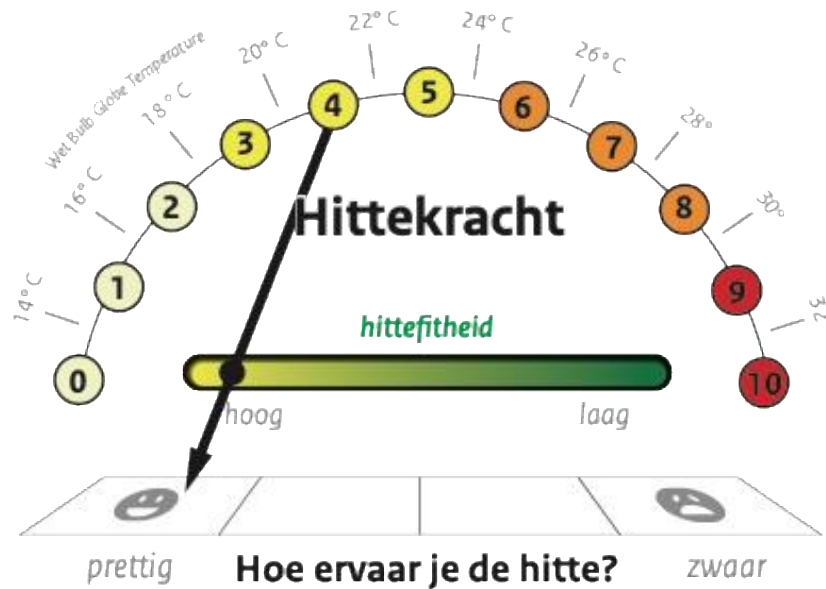
Hoewel de WBGT een robuuste index is om hittebelasting te beschrijven, wordt deze uitgedrukt in graden Celsius en liggen de waarden vaak lager dan de luchttemperatuur, waardoor de interpretatie niet intuïtief is voor niet-professionele gebruikers en het algemene publiek. Binnen het project WARM², georganiseerd door TNO, is daarom in samenwerking met bovengenoemde partners en op basis van een breed bezochte workshop in juli 2024, gewerkt aan een eenduidige en breed toepasbare terminologie en een raamwerk voor het communiceren van hittebelasting in Nederland (Figuur 1). Hieruit zijn de concepten hittekracht en hittefit voortgekomen.

De WBGT wordt vertaald naar een schaal van 0-10, de hittekracht, analoog aan bekende schalen zoals windkracht en zonkracht. Hittekracht is nadrukkelijk bedoeld als communicatieschaal, waarbij de achterliggende wetenschappelijke maat in de toekomst kan worden aangepast indien nieuwe inzichten of toepassingen daar aanleiding toe geven, terwijl de communicatie richting gebruikers stabiel en herkenbaar blijft.

De uiteindelijke hittebelasting wordt niet alleen bepaald door de hittekracht, maar ook door de individuele gevoeligheid voor hitte, de 'hittefitheid'. Hittefit beschrijft deze individuele gevoeligheid en wordt bepaald door factoren zoals gezondheid, activiteitsniveau en kleding. Deze factoren bepalen in hoeverre dezelfde omgevingsbelasting (hittekracht) leidt tot verschillende gezondheidsrisico's. Net zoals huidtype en het gebruik van zonnebrandcrème bepalen hoe snel iemand verbrandt bij hoge zonkracht, bepaalt hittefitheid hoe kwetsbaar iemand is bij een hoge hittekracht. Voor specifieke toepassingen, zoals hardloopevenementen of buitenwerk, kan hittekracht door organisatoren of professionals worden geïnterpreteerd in combinatie met contextfactoren zoals inspanning, duur, route, schaduw en beschikbaarheid van koeling.

² <https://www.tno.nl/nl/newsroom/insights/2024/12/hittekracht-hittefit-nederland/>

Het KNMI richt zich op de implementatie van hittekracht. De verdere uitwerking van hittefit zal door partners en afnemers plaatsvinden en kan worden toegespitst op specifieke doelgroepen en toepassingscontexten. Het KNMI zal vanaf juni 2026 zowel de WBGT als de hittekracht beschikbaar stellen, berekend op basis van metingen van de meteorologische stations en modelverwachtingen. Deze informatie wordt ontsloten via de KNMI-app, evenals via het KNMI-dataplatform voor professioneel gebruik.



Figuur 1: Raamwerk hittekracht en hittefit. Hittekracht beschrijft de omgevingsbelasting, hittefit de individuele gevoeligheid; samen bepalen zij het hitte-gerelateerde risico.

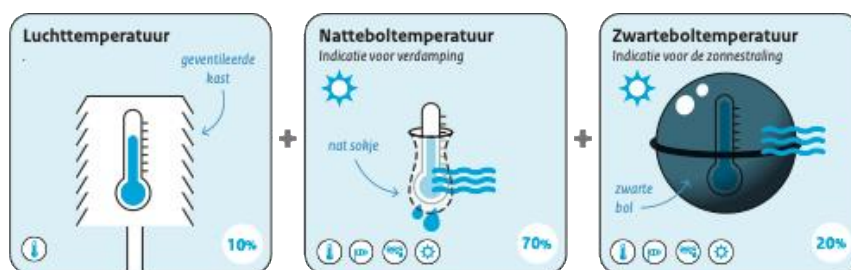
3 Implementatie van de WBGT op basis van de Liljegren-methode

3.1 Liljegren-methode

De WBGT is gedefinieerd in de NEN-EN-ISO 7243:2017 norm ((ISO), 2017) en bestaat uit een lineaire combinatie van de natteboltemperatuur (T_w), de zwarteboltemperatuur (T_g) en drogeboltemperatuur (T_a) (zie Figuur 2).

$$WBGT = 0.7T_w + 0.2T_g + 0.1T_a \text{ (}^\circ\text{C)}$$

In deze formule is de drogeboltemperatuur de temperatuur van de lucht zoals die standaard wordt gemeten. De nattebol- en zwarteboltemperaturen kunnen worden afgeleid uit standaard meteorologische variabelen met behulp van een fysisch model. De meest gebruikte benadering is de Liljegren-methode (Liljegren et al., 2008), die de WBGT afleidt uit standaard meteorologische gegevens (temperatuur, luchtvochtigheid, windsnelheid, en straling). Deze methode is goed gevalideerd en wordt beschouwd als de "gouden standaard" voor het afleiden van de WBGT uit meteorologische variabelen. Het KNMI heeft, op advies van TNO en VU, gekozen voor implementatie van deze methode.



Figuur 2: De WBGT wordt berekend uit de luchttemperatuur (drogeboltemperatuur) (T_a), de natteboltemperatuur (T_w), en de zwarteboltemperatuur (T_g)

De natteboltemperatuur is de laagste temperatuur die een nat voorwerp, dat zich in een luchtstroom bevindt, krijgt ten gevolge van het verdampen van het aanklevende water. Daarom is de natteboltemperatuur per definitie lager dan of gelijk aan de luchttemperatuur. In de WBGT representeert deze term het verkoelend effect van verdamping van zweet op de huid. De zwarteboltemperatuur kan daarentegen hoger uitvallen dan de luchttemperatuur onder invloed van zonnestraling. Omdat de natteboltemperatuur het grootste gewicht heeft in de WBGT (70%), ligt de WBGT gemiddeld vaak lager dan de luchttemperatuur, hoewel deze onder specifieke omstandigheden (bijvoorbeeld bij hoge luchtvochtigheid en sterke zonnestraling) vergelijkbaar of zelfs hoger kan zijn (zie sectie 5.5).

De invloed van afzonderlijke meteorologische variabelen op de WBGT is niet lineair en hangt af van de combinatie van omstandigheden. De bijdrage van temperatuur, luchtvochtigheid, windsnelheid en zonnestraling aan de WBGT hangt af van hun onderlinge combinatie. Daardoor kan dezelfde verandering in één meteorologische variabele onder verschillende omstandigheden leiden tot een verschillend effect op de WBGT.

3.2. Implementatie en broncode

Het KNMI stelt de WBGT beschikbaar voor zowel historische en actuele situaties (op basis van waarnemingen) als voor verwachtingen (op basis van weermodelgegevens). Het

KNMI Data Platform biedt sinds september 2023 WBG-gegevens openbaar aan, afgeleid van 10-minutenwaarnemingen.³

Voor de implementatie is gebruikgemaakt van de open-source code⁴ van Kong & Huber (2022), waarin de oorspronkelijke Liljegren-methode (C en Fortran) is herschreven naar Cython. Deze code is geïntegreerd in de KNMI weermodel-postprocessing en wordt ook gebruikt voor de WBG op basis van 10-minutenwaarnemingen. Voor details betreffende de formules van de Liljegren-methode, zie paragraaf 2.1 van Kong & Huber (2022).

3.3. Inputgegevens en berekening van de WBG op basis van modelverwachtingen

De WBG-verwachting wordt op het KNMI gemaakt met de volgende weermodellen:

- UWC-West HARMONIE (0 tot +60 uur)
 - uurlijkse verwachtingsstappen
 - elk uur een nieuwe modelrun
 - het deterministische model wordt gebruikt
- ECMWF IFS ENS (0 tot +360 uur)
 - uurlijkse verwachtingsstappen tot +90 uur, 3-uurlijkse stappen tot +144 uur, 6-uurlijkse stappen tot +360 uur
 - elke 6 uur een nieuwe modelrun
 - het ensemblemodel wordt gebruikt
 - De onderstaande modelparameters worden gebruikt om de instantane waarden van WBG te bepalen. De dagwaarde van WBG is gedefinieerd als de maximumwaarde van alle instantane waarden van WBG over het etmaal. Voor dag 0 (vandaag) en dag 1 (morgen) wordt de deterministische verwachting van het HARMONIE model gebruikt om de uur- en dagwaarde te bepalen. Voor de dagen erna wordt de mediaan van het etmaalmaximum van ECMWF's IFS-ensemble verwachting gebruikt. Tevens wordt er gebruik gemaakt van Cosinus van de zonnenithoek (Cosine zenith angle; COSZA) (zie 3.6).

Voor beide modellen worden vergelijkbare meteorologische variabelen gebruikt, maar verschillen de beschikbare stralingsparameters en hun verwerking. Modelparameters:

- UWC-West HARMONIE
 - Luchttemperatuur op 2 meter
 - Relatieve vochtigheid op 2 meter
 - Luchtdruk aan aardoppervlak
 - Windsnelheid op 10 meter (zie 3.7)
 - Inkomende kortgolvlige zonnestraling aan het aardoppervlak (In Engels: surface (solar) radiation downward (SSRD))
 - De Cython code voor de WBG-berekening vereist dat deze parameter een instantane waarde heeft. Bij HARMONIE betreft het de parameter 'global radiation flux' (parameter 117). Dat is een geaccumuleerde waarde over een bepaalde periode, met als eenheid Joule per vierkante meter (J/m^2). Om te converteren naar Watt per vierkante meter (W/m^2), moet de geaccumuleerde waarde gedeeld worden door de accumulatie-tijd in seconden.
 - Fractie directe zonlicht (FDIR)
 - Wordt afgeleid door kortgolvlige stralingsflux te delen door de globale stralingsflux:

³ Zie <https://dataplatform.knmi.nl/dataset/wet-bulb-globe-temperature-3-0>

⁴ Beschikbaar in Zenodo (open toegankelijke datarepository): <https://zenodo.org/record/5980536>

-
- Kortgolvlige stralingsflux => in HARMONIE 'short-wave radiation flux', parameter 116, eenheid W/m², instantane waarde
 - Globale stralingflux => in HARMONIE 'global radiation flux, parameter 117, eenheid J/m², geaccumuleerde waarde; deze waarde wordt eerst afgeleid tot een geschatte instantane waarde
- ECMWF IFS
 - Luchttemperatuur op 2 meter
 - Relatieve vochtigheid op 2 meter
 - Luchtdruk aan aardoppervlak
 - Windsnelheid op 10 meter (zie 3.7)
 - Inkomende kortgolvlige zonnestraling aan het aardoppervlak (In Engels: surface (solar) radiation downward (SSRD))
 - De Cython code voor de WGBT-berekening vereist dat deze parameter een instantane waarde heeft. Bij IFS betreft het de parameter 'surface short-wave solar radiation downward', parameter 169. Dat is een geaccumuleerde waarde over een bepaalde periode, met als eenheid Joule per vierkante meter (J/m²). Om te converteren naar Watt per vierkante meter (W/m²), moet de geaccumuleerde waarde gedeeld worden door de accumulatie-tijd in seconden.
 - Fractie direct zonlicht (FDIR)
 - Wordt afgeleid door de directe kortgolvlige zonnestraling aan het aardoppervlak te delen door de inkomende kortgolvlige zonnestraling aan het aardoppervlak:
 - directe kortgolvlige zonnestraling aan het aardoppervlak => in IFS 'surface direct short-wave (solar) radiation', parameter 228021, eenheid J/m², geaccumuleerde waarde; deze waarde wordt eerst afgeleid tot een instantane waarde (W/m²)
 - Inkomende kortgolvlige zonnestraling aan het aardoppervlak => in IFS 'surface short-wave solar radiation downward', parameter 169, eenheid J/m², geaccumuleerde waarde; deze waarde wordt eerst afgeleid tot een instantane waarde (W/m²)

3.4. Inputgegevens en berekening van de WGBT op basis van 10-minutenwaarnemingen

Vanuit het meetnet zijn de volgende 10-minuten variabelen beschikbaar voor circa 25 van de in totaal 50+ automatische weerstations:

- Afgelopen minuutgemiddelde luchttemperatuur op 1,5 meter
- Afgelopen minuutgemiddelde relatieve luchtvochtigheid op 1,5 meter
- Afgelopen minuutgemiddelde luchtdruk op zeeniveau
- Afgelopen 10-minutengemiddelde windsnelheid representatief voor 10 meter (zie 3.7)
- Afgelopen 10-minutengemiddelde globale zonnestraling

De WGBT wordt alleen berekend voor stations waarvoor alle bovenstaande variabelen beschikbaar zijn. Hierbij wordt gebruikgemaakt van dezelfde Cython code als bij de verwachting (Kong and Huber, 2022).

3.5. Afleiding van instantane stralingsvariabelen (SSRD en FDIR)

3.5.1. Modelverwachtingen

Voor de berekening van de WBGT volgens de methode van Liljegren zijn onder andere stralingsvariabelen nodig, waaronder de inkomende kortgolvlige zonnestraling (surface solar radiation downward; SSRD) en de fractie direct zonlicht (FDIR). Deze variabelen zijn in gebruikte weermodellen echter alleen beschikbaar als geaccumuleerde waarden, terwijl de WBGT instantane waarden vereist.

De benodigde instantane waarden worden daarom benaderd door de geaccumuleerde waarden te delen door de lengte van de tijdstap, waarmee een gemiddelde stralingsflux (SSRD) wordt verkregen. Deze geschatte SSRD-waarde wordt vervolgens verdeeld over het deel van de tijdstap waar de zon boven de horizon staat ($\text{COSZA} > 0$). De gemiddelde SSRD wordt vervolgens (lineair) verdeeld binnen een tijdstap van het model (zie Figuur 3).

Omdat zonnestraling binnen een tijdstap varieert, wijkt een tijdsgemiddelde af van de werkelijke instantane waarde. Door deze waarde binnen de tijdstap te verdelen op basis van de zonnestand (COSZA), wordt deze variatie beter benaderd. Deze benadering werkt met name goed onder heldere omstandigheden. Bij aanwezigheid van bewolking binnen een tijdstap kan de straling echter worden onderschat, en daarmee ook de WBGT (hetgeen met het gebruik van het gemiddelde ook het geval zou zijn).

Deze benadering geeft een zo goed mogelijke schatting, maar kan afwijken van andere instantane waarden binnen een bepaalde verwachtingstijdstap. Bij korte tijdstappen worden deze afwijkingen als acceptabel beschouwd.



Figuur 3: Voorbeeld van de verdeling van SSRD binnen een tijdstap bij opgaande zon

De onzekerheid in de afgeleide instantane waarden neemt toe naarmate de tijdstap groter wordt. Bij grotere tijdstappen, zoals in het weermodel ECMWF IFS-model na +90 uur (3-uurlijkse stappen) en na +144 uur (6-uurlijkse stappen), neemt de onzekerheid toe en ontstaat een systematische onderschatting van de straling en daarmee van de WBGT. Gezien bovenstaande, moet het gebruik van de WBGT-verwachting voorbij +90 uur met enig voorbehoud gebruikt worden, maar geeft nog steeds een indicatie van de verwachte ontwikkeling.

3.5.2. Waarnemingen

Voor de berekening van de WBGT op basis van 10-minutenwaarnemingen is geen variabele directe zonnestraling beschikbaar. Bovendien bestaat er geen eenvoudige methode om deze te bepalen vanuit de globale straling. Er is daarom gekozen voor een

constante waarde van 0,8 voor de fractie direct zonlicht, conform de aanpak in het R package *anacv/Heatstress*⁵.

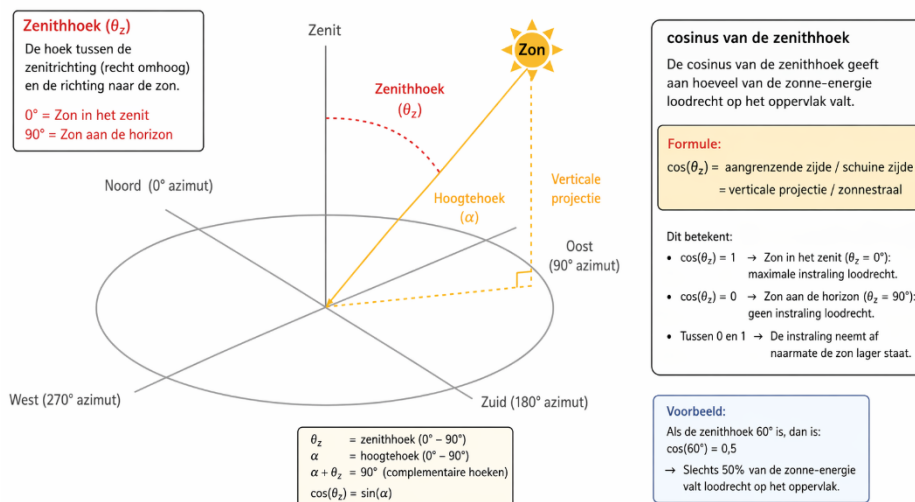
Het gebruik van een constante waarde kan leiden tot afwijkingen tussen de berekende WBGT en de werkelijke WBGT. In de situatie dat de daadwerkelijke fractie 0,6 is in plaats van de gebruikte fractie van 0,8, blijkt dat de WBGT circa 0,7 °C kan afwijken. In het geval dat de daadwerkelijke fractie 0,9 is in plaats van 0,8, blijkt dat de WBGT circa 0,3 °C kan afwijken. Deze afwijkingen zullen zich met name kunnen voordoen tijdens zonsopgang, zonsondergang en bewolking, wanneer hittebelasting doorgaans minder relevant is.

3.6. Zonshoogte en correctie van zonnestraling (COSZA)

De zonne-zenithoek (zenith angle) beschrijft de hoek tussen de zon en de verticale richting. De cosinus van deze hoek, de cosine of the solar zenith angle (COSZA), vormt een maat voor de effectieve zonshoogte (zie Figuur 4). Hoe hoger de zon aan de hemel staat, hoe groter de inkomende zonnestraling aan het aardoppervlak.

De COSZA wordt gebruikt om de verdeling van zonnestraling binnen een tijdstap te bepalen en is daarmee een belangrijke variabele in de berekening van de WBGT. De COSZA wordt berekend met de geografische locatie (breedtegraad, lengtegraad) en de datum-tijd, want de zenithhoek verandert met de seizoenen.

Om de COSZA te bepalen die gebruikt wordt bij de berekeningen van de WBGT waarnemingen en verwachtingen, wordt gebruik gemaakt van ECMWF's 'thermofeel' library.⁶ Om onrealistische WBGT-waarden rond zonsopkomst en zonsondergang te voorkomen, worden grenswaarden toegepast zoals benoemd door Liljegren et al. (2008) en tevens in persoonlijke correspondentie aanbevolen door Kong. De FDIR wordt op 0 gezet wanneer de zenithhoek groter is dan 89,5 graden, dus als de zon zich zeer laag aan de horizon bevindt. Daarnaast wordt de FDIR begrensd tussen 0 en 0,9 ($0 \leq \text{FDIR} \leq 0,9$).



Figuur 4: Schematische weergave van de zenithhoek en de hoogtehoek.

3.7. Limiet voor lage windsnelheden

Bij lage windsnelheden (ongeveer $< 0,5$ m/s) kreeg de WBGT erg hoge, onrealistische waarden. Dat effect is ook beschreven in de literatuur (Patton et al., 2024). Eerdere WBGT-studies gebruikten minimumwindsnelheden van 0,5 m/s (Spangler et al., 2022) en 1,0 m/s (Lemke and Kjellstrom, 2012), of pasten een limiet toe op snelheden onder 0,5 m/s (Patel et al., 2013), omdat in 'stilstaande lucht' lichaamsbewegingen en natuurlijke

⁵ Zie <https://github.com/anacv/HeatStress>

⁶ Zie <https://github.com/ecmwf-projects/thermofeel>

processen een minimale luchtstroom over de huid genereren. Omdat gebruik wordt gemaakt van windsnelheden op 10 m hoogte, wordt in de code eerst omgerekend naar een windsnelheid op 2 m hoogte, zoals gebruikelijk binnen de WBGT-berekening. Een windsnelheid van 0,62 m/s op 10 m komt daarbij overeen met ongeveer 0,5 m/s op 2 m hoogte. We corrigeren daarom alle waarden van minder dan 0,62 m/s naar 0,62 m/s, voor zowel waarnemingen als verwachtingen.

4 Van WBGT naar de 0-10 hittekrachtschaal

Zoals eerder beschreven is de WBGT een fysisch robuuste maat voor hitte belasting op het lichaam, maar niet altijd eenvoudig te interpreteren (zie hoofdstuk 2). De WBGT wordt uitgedrukt in graden Celsius, maar ligt vaak lager dan de luchttemperatuur en is daardoor minder intuïtief voor niet-experts. Daarom is de WBGT voor communicatie en operationele toepassing vertaald naar een schaal van 0 tot en met 10: de hittekracht.

4.1. Aanpak

De schaalindeling is gebaseerd op een combinatie van klimatologische analyse, inhoudelijke expertise en praktische toepasbaarheid. Als uitgangspunt is de klimatologische verdeling van de WBGT in De Bilt over de periode 1991-2020 gebruikt. Op basis hiervan zijn percentielen en frequenties bepaald om inzicht te krijgen in de relatieve zeldzaamheid van verschillende WBGT-niveaus. De uiteindelijke schaal is tot stand gekomen in samenspraak met interne experts op het KNMI (meteorologen, klimatologen en communicatieadviseurs) en externe partners (RIVM en TNO). In dit proces zijn meerdere schaalversies ontwikkeld en geëvalueerd.

4.2. De hittekracht schaalverdeling

De uiteindelijke hittekrachtschaal is te zien in Tabel 1. Er is gekozen voor intervallen van 2°C over de gehele schaal. Deze indeling biedt voldoende onderscheidend vermogen, is robuust bij onzekerheden in modelverwachtingen en blijft eenvoudig en consistent toepasbaar voor meteorologen en gebruikers. Hoewel bekend is dat gezondheidsrisico's niet lineair toenemen en sterker stijgen bij hogere WBGT-waarden, is bewust gekozen voor een uniforme schaalindeling om interpretatie en communicatie te vereenvoudigen. Voor professionele gebruikers worden exacte WBGT-waardes ter beschikking gesteld via het KNMI Data Platform.

De onderkant van de schaal (hittekracht 0: WBGT < 14°C) representeert situaties zonder hittebelasting. De bovenkant van de schaal is zodanig gekozen dat de hoogste categorie, hittekracht 10, in het huidige klimaat extreem zeldzaam blijft (in De Bilt nog maar vier uur in totaal van 1991-2024, op meerdere weerstations nog nooit). Hiermee behoudt de schaal onderscheidend vermogen voor extreme situaties en blijft ruimte bestaan voor toekomstige veranderingen in de WBGT door klimaatverandering.

Tabel 1: De hittekracht schaalverdeling

Hittekracht	WBGT (°C)
0	< 14
1	14 - 16
2	16 - 18
3	18 - 20
4	20 - 22
5	22 - 24
6	24 - 26
7	26 - 28
8	28 - 30
9	30 - 32

10

≥ 32

5 De klimatologie van de WBGT en hittekracht in Nederland

Om inzicht te krijgen in patronen van de WBGT en hittekracht is een klimatologie opgesteld op basis van uurlijkse gegevens van 32 automatische weerstations in Nederland (zie Figuur 5) over de periode 1991-2024, waarbij de exacte analyseperiode per station kan variëren afhankelijk van de beschikbaarheid van waarnemingen (zie Appendix Tabel A1 voor de exacte perioden per station).

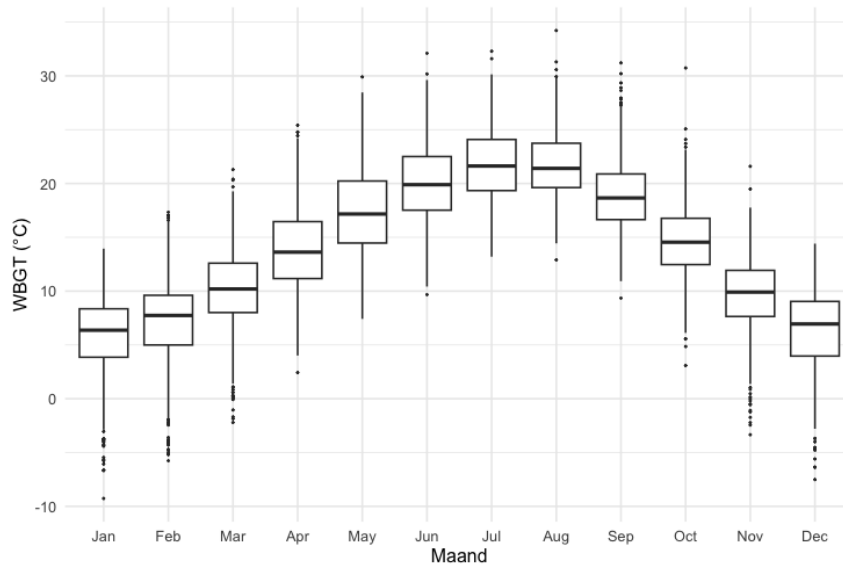
De historische WBGT is berekend conform de Liljegren-methode (Liljegren et al., 2008), op basis van standaard meteorologische gegevens.



Figuur 5: KNMI-weerstations gebruikt in dit hoofdstuk

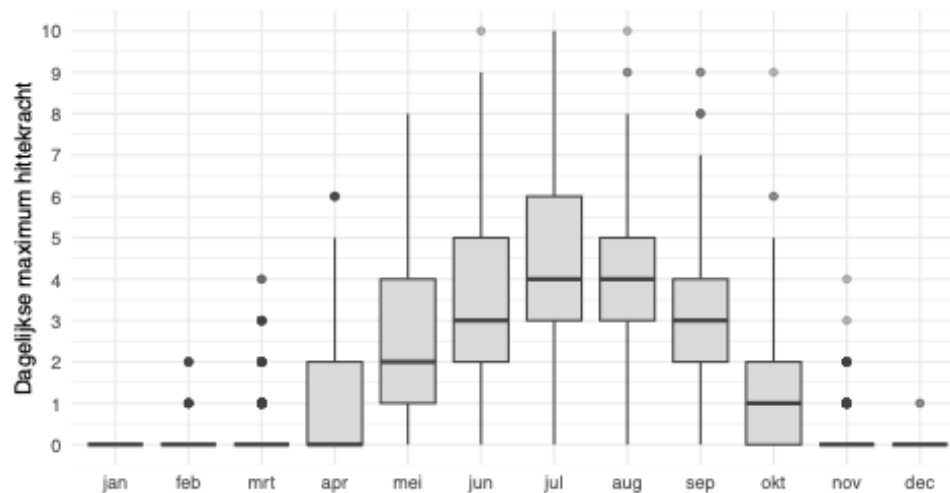
5.1 Verdeling van de WBGT en hittekracht (De Bilt)

De WBGT volgt in Nederland een vergelijkbare seizoenscyclus als de luchttemperatuur, met lage waarden in de winter en matige tot hoge waarden in de zomer (Figuur 6). Over de periode 1991-2024 bedraagt het gemiddelde dagelijkse maximum in De Bilt 14,0 °C. In de wintermaanden (december-februari) ligt dit rond de 6-7 °C, en blijven hoge WBGT-waarden afwezig. Vanaf het voorjaar nemen de waarden toe, met gemiddelde dagelijkse maxima tussen circa 20,1 en 21,9 °C in de zomermaanden (juni-augustus), en de hoogste waarden in juli en augustus.

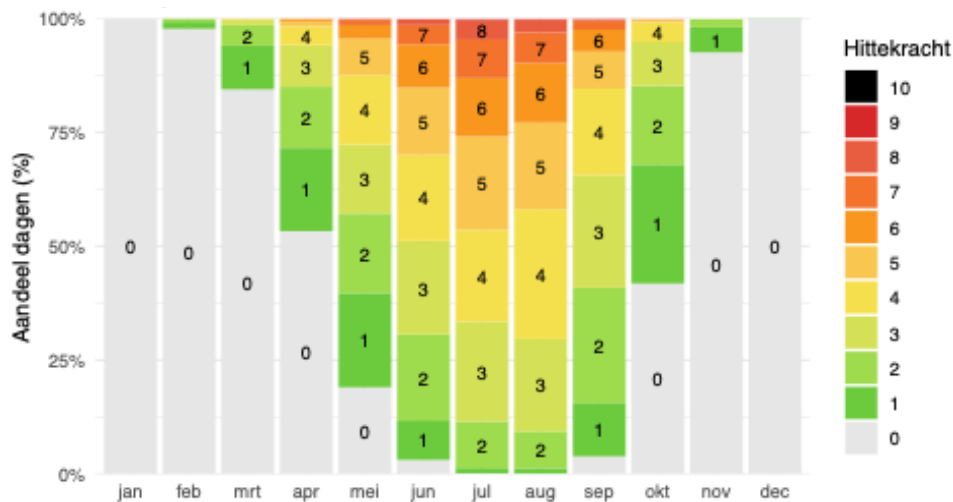


Figuur 6: Verdeling van de dagmaximale WBGT (De Bilt, 1991-2024)

Figuur 7 en Figuur 8 laten de verdeling van de dagelijkse maximale hittekracht per maand zien voor De Bilt. Gedurende november tot en met maart is de hittekracht vrijwel altijd 0. In het voorjaar begint de hittekracht te stijgen: met in maart de eerste dagen met hittekracht tot 4, en in april tot 6. In mei verschuift de mediane hittekracht naar 2, met uitschieters op uitzonderlijk warme dagen tot hittekracht 8. In de zomermaanden (juni-augustus) ligt de dagmaximale hittekracht doorgaans tussen de 2-6, maar kunnen alle hittekrachtwaarden voorkomen (0-10), en worden ook de hoogste waarden bereikt. In het najaar neemt de hittekracht weer af: in oktober daalt de mediane hittekracht naar 1, al heeft zich incidenteel nog een uitzonderlijk warme en zonnige nazomerdag met weinig wind voorgedaan met hittekracht 9.



Figuur 7: Verdeling van dagelijkse maximale hittekracht per maand (De Bilt, 1991-2024)



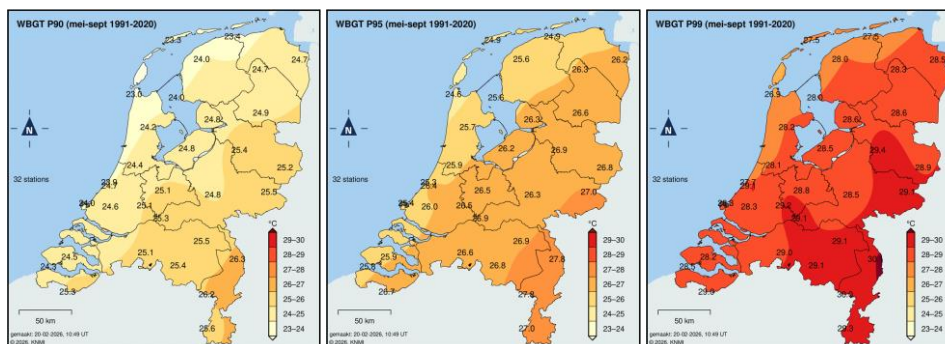
Figuur 8: Relatieve verdeling van de dagelijkse maximale hittekracht per maand (De Bilt, 1991-2024)

5.2. WBGT-statistieken en percentielen (Nederland)

De statistieken van de dagelijkse maximale WBGT laten duidelijke regionale verschillen zien binnen Nederland (Tabel 2). Gemiddeld liggen de dagelijkse maximale WBGT-waarden rond 13-15 °C over het gehele jaar en circa 19-21 °C tijdens de warme periode (mei-september). De hoogste gemiddelde waarden worden gemeten in het zuiden en zuidoosten, op stations zoals Arcen, Ell en Eindhoven, terwijl de laagste waarden voorkomen in het noorden en in kustgebieden, bijvoorbeeld in Lauwersoog, Terschelling en De Kooy. Dit ruimtelijke patroon komt overeen met bekende regionale verschillen in temperatuur, straling en windsnelheid. Kustgebieden worden in de relevante maanden vaker beïnvloed door maritieme lucht met een lagere luchttemperatuur en hogere windsnelheden, wat leidt tot lagere WBGT-waarden.

Figuur 9 laat een duidelijke ruimtelijke gradiënt in WBGT zien in Nederland, met lagere waarden in kustgebieden en hogere waarden in het binnenland en het zuidoosten. Voor het 90e percentiel (P90) varieert de dagmaximum WBGT van ongeveer 23 °C in kustgebieden tot circa 26-26,5 °C in het zuidoosten. Voor het 95e percentiel (P95) lopen deze waarden op van circa 24,5-25 °C aan de kust tot 27,8 °C in het zuidoosten. Bij het 99e percentiel (P99) liggen deze waarden rond 27-28 °C in kustgebieden en circa 29-30 °C in delen van het binnenland en het zuidoosten. Dit patroon weerspiegelt het relatief gematigde karakter van kustgebieden en het warmere, meer continentale klimaat van het binnenland en het zuidoosten.

De hoogste waarde in de beschouwde periode bedraagt 37,0 °C, gemeten op 13 augustus 2024 in Arcen (ongeveer 7 °C boven het 99e percentiel). Ook andere binnenlandse stations, zoals Nieuw-Beerta en Vlissingen, hebben incidenteel waarden boven 35 °C geregistreerd.



Figuur 9: Hoge percentielen (P90, P95 en P99) van de dagmaximale WBGT tijdens het warme seizoen in Nederland (mei-september, 1991-2020)

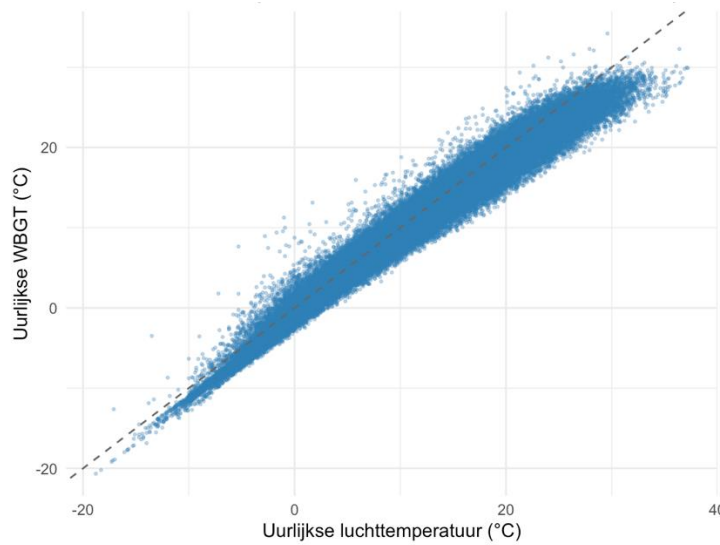
Tabel 2: WBGT-statistieken per KNMI-station

Station	Periode	Gem. max (°C)	Max (°C)	Jaar max	P90	P95	P99
<i>(berekend mei-sept, 1991-2020 of periode beschikbaar)</i>							
Arcen	1991–2024	14,5	37,0	2024	26,3	27,8	30,1
Nieuw-Beerta	1991–2024	13,3	35,4	2018	24,7	26,2	28,5
Vlissingen	1991–2024	13,8	35,2	2019	24,3	25,8	28,5
Hoek van Holland	1995–2024	13,8	34,5	2005	24,0	25,4	28,3
Maastricht	1991–2024	14,0	34,4	1998	25,6	27,0	29,3
Heino	1993–2024	14,0	34,2	2020	25,4	26,9	29,4
De Bilt	1991–2024	14,0	34,2	2019	25,1	26,5	28,8
Marknesse	1993–2024	13,6	34,2	2004	24,8	26,3	28,6
Hupsel	1991–2024	13,9	34,1	2024	25,5	27,0	29,1
Eindhoven	1991–2024	14,2	33,8	2018	25,4	26,8	29,1
Hoogeveen	1991–2024	13,6	33,8	1999	24,9	26,6	28,6
Schiphol	1991–2024	13,7	33,8	2023	24,4	25,9	28,1
Herwijnen	1991–2024	14,1	33,7	2014	25,3	26,9	29,1
Westdorpe	1993–2024	14,4	33,2	2024	25,3	26,7	29,0
Lelystad Airport	1991–2024	13,7	33,2	2020	24,8	26,2	28,5
Deelen	1991–2024	13,6	33,1	1997	24,8	26,3	28,5
Twente	1991–2024	13,7	33,0	1994	25,2	26,8	28,9
Voorschoten	2014–2024	14,4	32,8	2023	24,7	26,4	29,1
Ell	1999–2024	14,6	32,8	2015	26,2	27,8	30,0
Cabauw	1991–2024	14,1	32,4	1998	25,1	26,5	29,2
Leeuwarden	1991–2024	13,2	32,3	1994	24,0	25,6	28,0
Berkhout	1999–2024	13,8	32,0	2013	24,2	25,7	28,2
Volkel	1992–2024	14,2	31,9	2003	25,5	26,9	29,1
Gilze-Rijen	1991–2024	14,2	31,7	1997	25,1	26,6	29,0
Eelde	1991–2024	13,4	31,5	2007	24,7	26,3	28,3
Rotterdam	1991–2024	14,0	31,3	1997	24,6	26,0	28,3
Stavoren	1993–2024	13,2	31,3	2002	24,0	25,6	28,0
Lauwersoog	1991–2024	12,8	31,1	2015	23,4	24,9	27,5
Wilhelminadorp	1991–2024	14,0	30,9	2019	24,5	25,9	28,2
Valkenburg Zh	1991–2016	13,4	30,5	2002	23,9	25,3	27,7
Terschelling Hoorn	1994–2024	13,0	30,1	2003	23,3	24,9	27,5
De Kooy	1991–2024	13,1	29,2	1994	23,0	24,6	26,9

5.3. Relatie tussen WBGT en meteorologische variabelen (De Bilt)

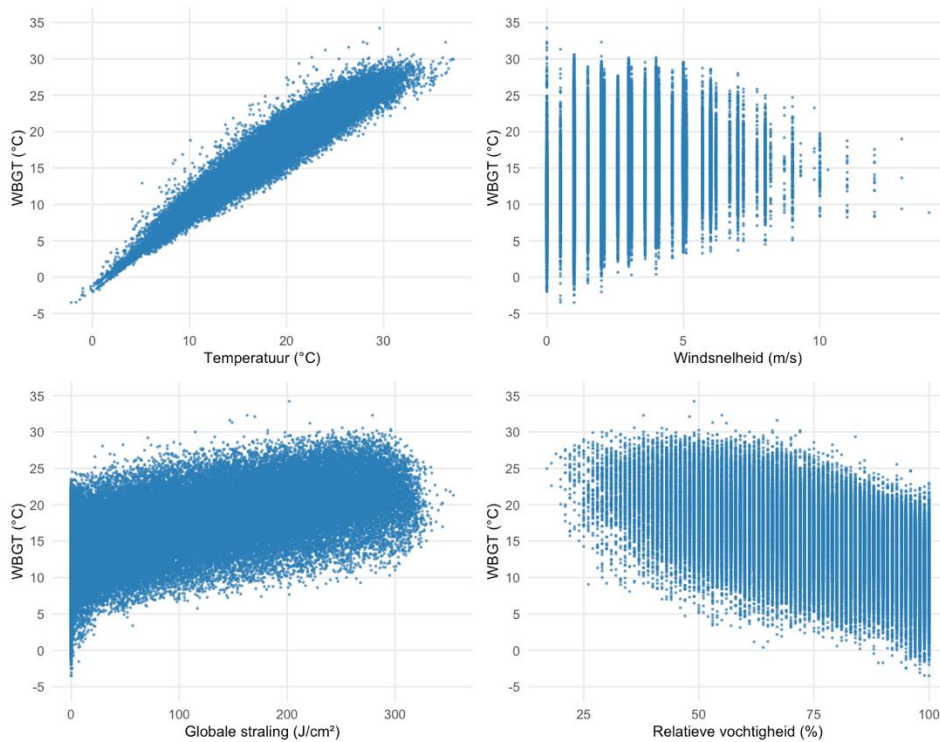
De relatie tussen uurlijkse WBGT en luchttemperatuur is nagenoeg lineair en zeer sterk (Pearson-correlatiecoëfficiënt $r = 0,98$). Tegelijkertijd kan de WBGT ook afwijken van de luchttemperatuur, vooral bij hogere waarden. Figuur 10 laat zien dat de WBGT meestal lager ligt dan de luchttemperatuur bij hogere waarden. Dit verschil hangt samen met de samenstelling van de WBGT (zie hoofdstuk 3, sectie 3.1), waarin de natteboltemperatuur het grootste gewicht heeft (70%). Omdat de natteboltemperatuur doorgaans lager is dan de luchttemperatuur, wordt de WBGT gemiddeld naar beneden getrokken. Daarnaast

laten de resultaten zien dat dagen met dezelfde luchttemperatuur kunnen leiden tot uiteenlopende WBGT-waarden, afhankelijk van de combinatie van luchtvochtigheid, straling en windsnelheid. Omgekeerd kan eenzelfde WBGT optreden bij verschillende luchttemperaturen.



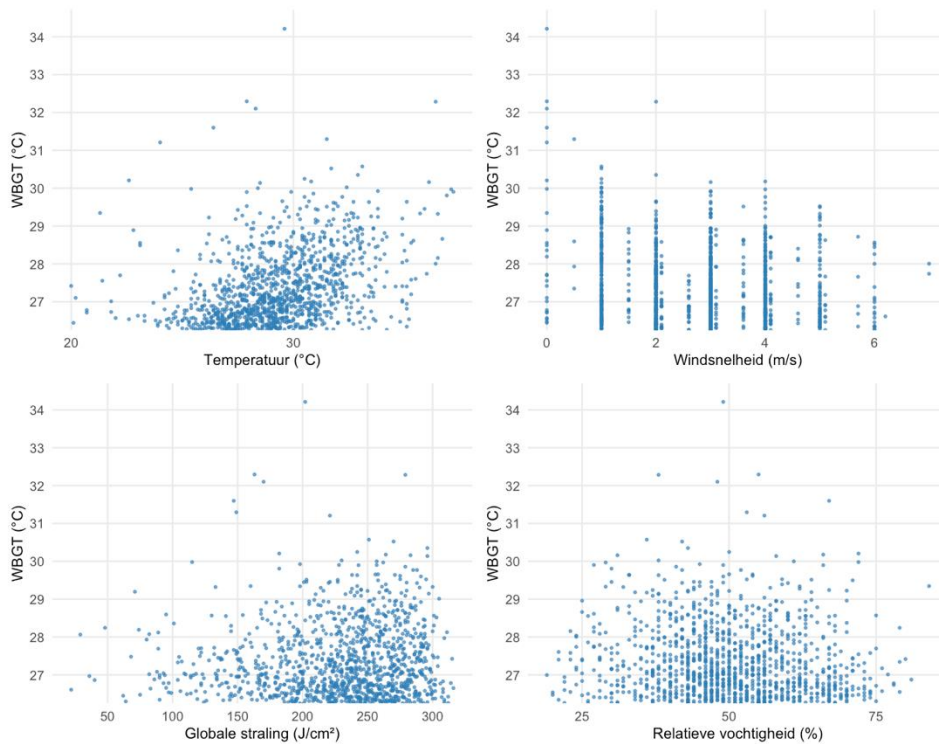
Figuur 10: Relatie tussen uurlijkse temperatuur en WBGT, De Bilt (1991-2024)

Tijdens de warme periode neemt het relatieve belang van zoninstraling en windsnelheid toe. Het puntwolkendiagram in Figuur 11 laat zien dat hoge WBGT-waarden vrijwel uitsluitend voorkomen bij combinaties van relatief hoge temperaturen en lage windsnelheden. De lineaire samenhang tussen straling en relatieve luchtvochtigheid is zwakker en minder direct. Zo treden hoge WBGT-waarden in Nederland vaak op bij relatief lage luchtvochtigheid, omdat warme en zonnige omstandigheden in Nederland doorgaans gepaard gaan met lagere relatieve vochtigheid (Figuur 11).



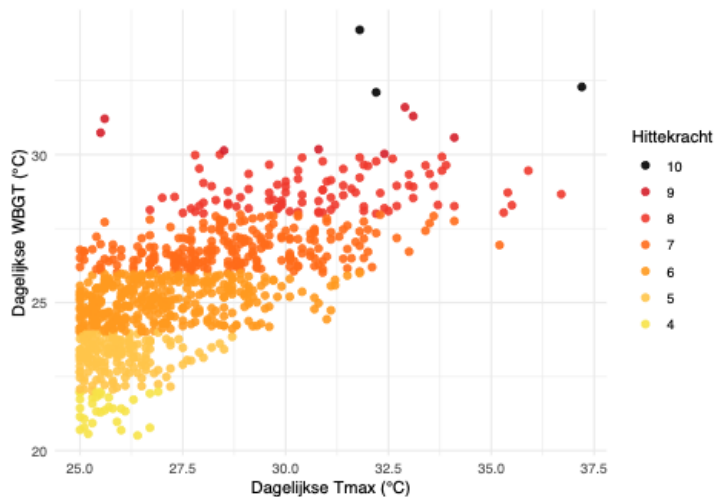
Figuur 11: Puntwolkendiagrammen van WBGT en meteorologische variabelen (mei-september), gebaseerd op uurlijkse data voor De Bilt (1991-2024).

Voor extreem hoge WBGT-waarden (\geq het 99e percentiel van alle uurlijkse waarden, mei-sept, 1991-2024; $26,2\text{ }^{\circ}\text{C}$) is de correlatie met de luchttemperatuur duidelijk zwakker ($r = 0,50$) dan wanneer alle uurlijkse WBGT- en temperatuurwaarden samen worden beschouwd (Figuur 12). Tegelijkertijd neemt de relatieve invloed van andere meteorologische factoren toe, met een zwakke negatieve correlatie met windsnelheid ($r = -0,15$), een zwakke positieve correlatie met zoninstraling ($r = 0,14$), en een zwakke negatieve correlatie met relatieve luchtvochtigheid ($r = -0,13$). Dit hangt samen met het feit dat extreme temperaturen in het Nederlandse klimaat vaak optreden tijdens heldere en zonnige omstandigheden, waarbij de relatieve luchtvochtigheid doorgaans lager is.



Figuur 12: Puntwolkendiagrammen voor alle uren ≥ 99 e percentiel van WBGT en meteorologische variabelen (mei-september), gebaseerd op uurlijkse data voor De Bilt (1991-2024) (P99 = $26,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ WBGT)

Figuur 13 hieronder toont de verdeling van dagelijkse maximale WBGT-waarden op dagen met een maximumtemperatuur $\geq 25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Er is te zien dat de min of meer lineaire relatie tussen WBGT en de dagelijkse maximale temperatuur, voor de meer extreme gevallen die relatie steeds minder eenduidig wordt (maar zijn ook minder punten). Op dagen met een maximumtemperatuur van $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, kan de WBGT tot meer dan $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ verschillen, en dus tussen hittekracht 4 en 7 kan zitten.



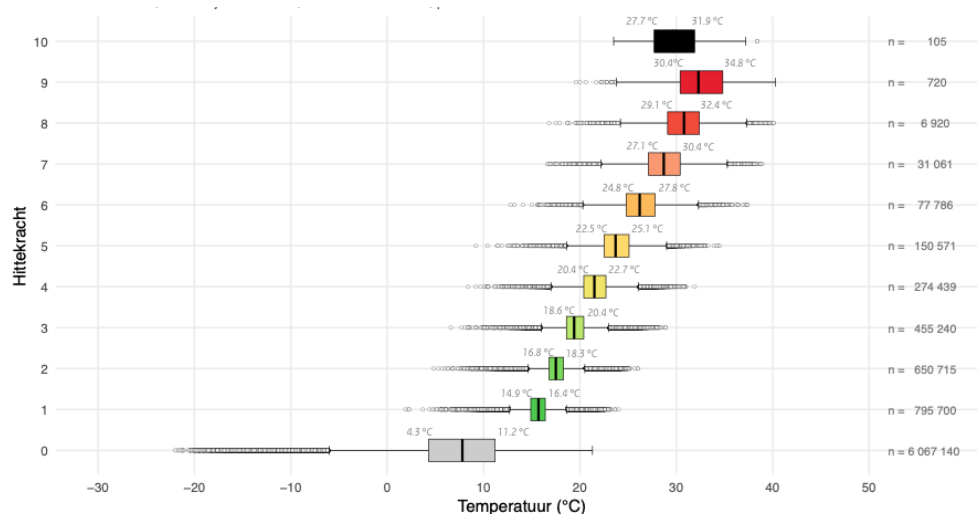
Figuur 13: Relatie tussen dagelijkse maximumtemperatuur en WBGT op warme dagen (Tmax ≥ 25 °C) voor De Bilt (1991-2024), gekleurd naar hittekracht.

5.4. Relatie tussen uurlijkse hittekracht en temperatuur (Nederland)

Om inzicht te krijgen in de relatie tussen uurlijkse hittekracht en luchttemperatuur, analyseren we het temperatuurbereik per hittekrachtklasse. Figuur 14 toont dit bereik op uurbasis voor alle beschouwde stations (1991-2024) (zie Tabel A2 voor De Bilt en Tabel A3 voor alle stations samen).

Voor elke hittekrachtklasse is het minimum, maximum, het 25^{ste} (P25) en 75^{ste} percentiel (P75) weergegeven. De resultaten laten zien dat een bepaalde hittekracht kan voorkomen bij een breed bereik aan luchttemperaturen. Tegelijkertijd zijn de klassen in de meeste gevallen goed van elkaar te onderscheiden: hogere hittekracht gaat doorgaans samen met hogere temperaturen. Zo liggen luchttemperaturen bij hittekracht 6 meestal tussen 24,8 en 27,8 °C (P25-P75), en bij hittekracht 7 tussen 27,1 en 30,4 °C. Bij hittekracht 10 ligt de temperatuur meestal tussen 27,7 en 31,9 °C. Dit bereik ligt deels lager dan bij hittekracht 8 en 9, wat onderstreept dat bij zeer extreme hittebelasting (hittekracht 10) de rol van andere meteorologische factoren, zoals zonnestraling en windsnelheid, relatief belangrijker wordt.

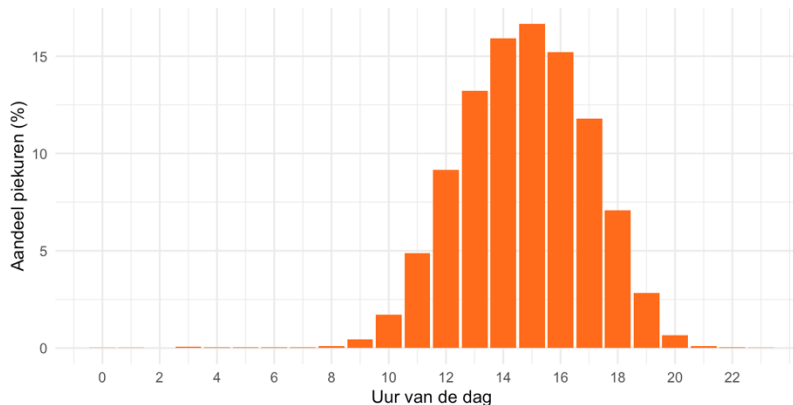
De minimum- en maximumwaarden laten zien dat de overlap tussen hittekrachtklassen toeneemt wanneer uitschieters worden meegenomen. Zo kunnen temperaturen rond 30 °C voorkomen bij meerdere hittekrachtklassen (circa 4-10), afhankelijk van de combinatie van luchtvochtigheid, straling en windsnelheid.



Figuur 14: Luchttemperatuurbereik per hittekracht op uurbasis voor alle beschouwde stations, 1991-2024. Zie Tabel A3 voor de bijbehorende statistieken.

5.5. Dagverloop van WBGT, hittekracht en luchttemperatuur

Figuur 15 toont het tijdstip waarop de hittekracht per dag haar maximum bereikt tijdens de warme periode (mei–september), voor dagen waarop ten minste matige hittestress voorkomt (hittekracht ≥ 3). Indien de maximale hittekracht op meerdere tijdstippen binnen een dag optreedt, worden al deze tijdstippen meegenomen in de analyse. In de meeste gevallen ligt dit moment in de middag, met een duidelijke piek tussen 14:00-16:00 uur.

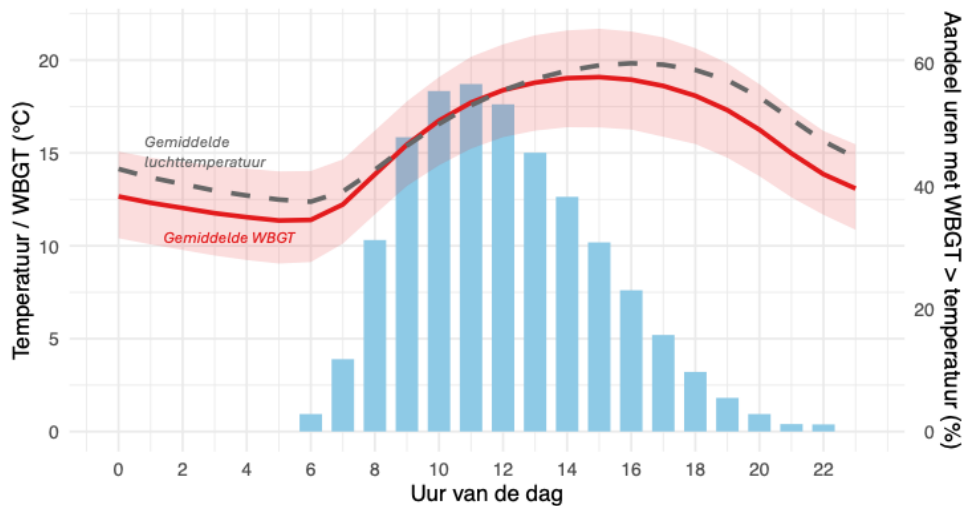


Figuur 15: Tijdstip van maximale hittekracht (mei-september, 1991-2024, voor alle stations). Alleen dagen met hittekracht ≥ 3 zijn meegenomen.

Hoewel WBGT en luchttemperatuur sterk samenhangen, zijn zij niet gelijk. Figuur 16 toont het gemiddelde dagverloop van beide variabelen, evenals het aandeel uren waarin de WBGT hoger is dan de luchttemperatuur. De WBGT ligt gemiddeld iets lager dan de luchttemperatuur, maar kan onder specifieke omstandigheden hoger zijn.

Dit is vooral zichtbaar in de ochtend, wanneer de WBGT vaak nagenoeg gelijk is aan of hoger ligt dan de luchttemperatuur. Het aandeel uren waarin WBGT hoger is dan de luchttemperatuur piekt rond 10:00-12:00 uur, wanneer in ongeveer 53-57% van de uren een hogere WBGT wordt gemeten. In deze uren ligt de WBGT gemiddeld circa 0,0-0,2 °C boven de luchttemperatuur. Dit hangt samen met de relatief hoge luchtvochtigheid in de ochtend, waardoor de natteboltemperatuur dicht bij de luchttemperatuur ligt, en waarbij de invloed van zoninstraling en lage windsnelheid (wat typisch is voor een mooie lente- of zomerochtend) de WBGT boven de luchttemperatuur uit tilt.

In de middag nemen de luchttemperaturen doorgaans sterker toe dan de WBGT, waardoor de kans dat de WBGT hoger is dan de luchttemperatuur geleidelijk afneemt. Over de gehele warme periode (mei-september) ligt de WBGT gemiddeld ongeveer 0,9 °C lager dan de luchttemperatuur. In 5% van de gevallen ligt de WBGT meer dan 3,0 °C onder de luchttemperatuur, terwijl in 5% van de gevallen de WBGT circa 1,0 °C hoger is. In 99% van de situaties blijft het verschil tussen WBGT en luchttemperatuur beperkt tot ongeveer -4,7 tot +2,0 °C.



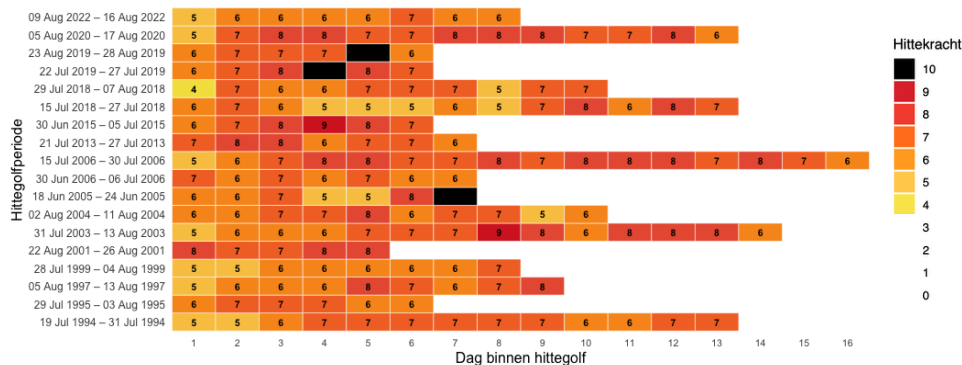
Figuur 16: Dagverloop van de gemiddelde WBGT (rode lijn), luchttemperatuur (grijze stippellijn) en het aandeel uren (blauwe balken) waarin de WBGT hoger is dan de luchttemperatuur (mei-september, 1991-2024; De Bilt, tijd in CEST).

5.6. Extreem hoge WBGT, hittekracht, en hittegolven

5.6.1. WBGT en hittekracht tijdens hittegolven

Tijdens hittegolven in De Bilt van 1991-2024⁷ varieerde de dagelijkse maximale WBGT tussen 21,4 °C en 34,2 °C, oftewel hittekracht 4-10. Het merendeel van de hittegolfdagen (67%) had hittekracht 6 of 7. Tijdens zomerse dagen (≥ 25 °C) lag de maximale dagelijkse hittekracht meestal rond hittekracht 6 (P25-P75: 5-7; range: 4-9), terwijl dit op tropische dagen (≥ 30 °C) doorgaans hittekracht 7 was (P25-P75: 7-8; range: 6-10).

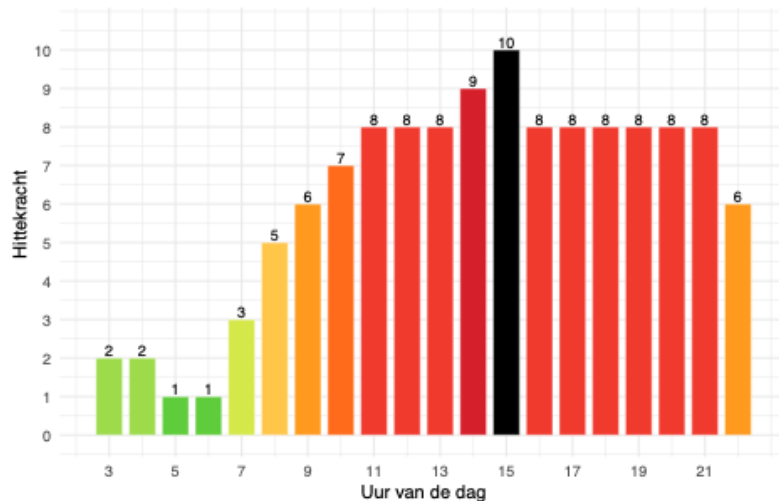
Figuur 17 laat zien hoe de maximale hittekracht zich ontwikkelt binnen afzonderlijke hittegolven. In veel gevallen neemt de hittekracht toe gedurende de eerste dagen van een hittegolf en bereikt deze een maximum rond het midden van de periode, waarna deze weer afneemt of fluctueert. De tot nu toe drie dagen waarop hittekracht 10 voorkwam in De Bilt, waren in 2019 en 2005.



Figuur 17: Maximale dagelijkse hittekracht tijdens hittegolven (De Bilt, 1991-2024)

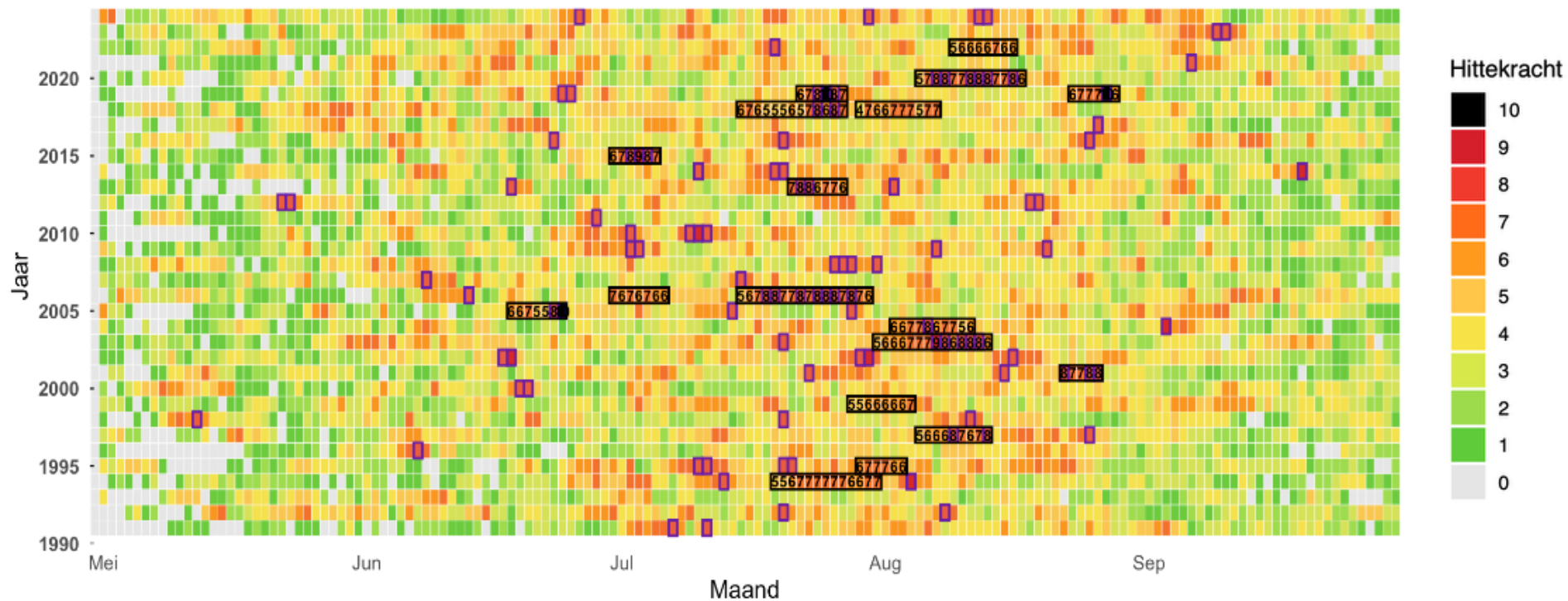
Figuur 18 illustreert het uurverloop van hittekracht tijdens een extreme hittegolfdag (25 juli 2019), waarop in De Bilt een maximumtemperatuur van circa 37 °C werd bereikt. Op deze dag werd gedurende 11 uur een hittekracht van 8 of hoger bereikt, het hoogste aantal uren hoge hittekracht achter elkaar in de onderzochte periode voor De Bilt. De hittekracht neemt gedurende de ochtend snel toe en bereikt in de vroege tot halverwege de middag haar maximum, waarna deze geleidelijk afneemt.

⁷ Zie hittegolven in De Bilt: <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/lijsten/hittegolven>



Figuur 18: Voorbeeld van het uurverloop van hittekracht tijdens de hittegolf op 25 juli 2019 in De Bilt. *Op deze dag werd gedurende 11 uur een hittekracht van 8 of hoger bereikt, het hoogste aantal uren in de onderzochte periode voor De Bilt.*

Figuur 19 toont de dagelijkse maximale hittekracht in De Bilt waarbij zowel hittegolven zijn aangegeven (zwarte kaders) als dagen met hittekracht ≥ 8 (paarse kaders) voor de gehele periode 1991-2024. Hieruit blijkt dat hoge hittekrachtwaarden niet uitsluitend tijdens hittegolven optreden, maar ook daarbuiten voorkomen. Dit wordt verder bevestigd door een analyse van de hoogste hittekrachtklassen. Dagen met een maximale hittekracht van 9 vallen slechts in een minderheid van de gevallen samen met hittegolven (ongeveer 22%), hoewel het aantal gevallen beperkt is ($n = 9$ dagen). De meest extreme categorie, hittekracht 10, komt daarentegen uitsluitend voor tijdens hittegolven, hoewel het aantal gevallen ook beperkt is ($n = 3$ dagen).



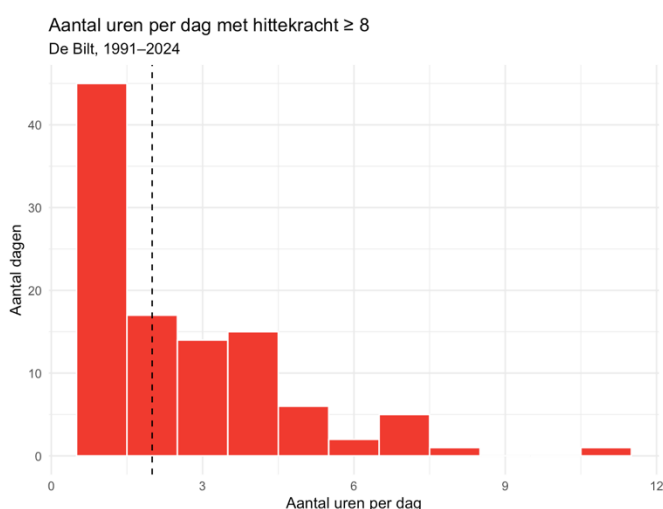
Figuur 19: Maximale dagelijkse hittekracht in De Bilt (mei-oktober, 1991-2024), met aanduiding van hittegolven (zwarte kaders) en dagen met hittekracht ≥ 8 (parse kaders)

5.6.2. Frequentie en duur van hoge hittekracht (≥ 8)

Een analyse van dagen met dagelijkse maximale hittekracht ≥ 8 in De Bilt over de periode 1991-2024 laat zien dat deze gebeurtenissen doorgaans kortdurend zijn. In totaal werden 105 dagen met hittekracht ≥ 8 geïdentificeerd (gemiddeld 2,3 dagen per jaar, met een maximum van 5 dagen per jaar). Hiervan viel 37 dagen (35%) samen met hittegolven, terwijl de meerderheid (68 dagen; 65%) buiten hittegolven plaatsvond.

Perioden met een dagmaxima van hittekracht ≥ 8 duurden gemiddeld 1,4 aaneengesloten dag. In 90% van de gevallen duurden deze episodes maximaal 2 dagen en geen enkele episode hield langer dan 3 aaneengesloten dagen aan. Episodes tijdens hittegolven duurden gemiddeld iets langer (ongeveer 1,8 dagen) dan daarbuiten (ongeveer 1,3 dagen).

Figuur 20 toont de verdeling van het aantal uren per dag met hittekracht ≥ 8 . Hieruit blijkt dat hoge hittekracht meestal slechts gedurende één uur per dag voorkomt, maar soms ook meerdere uren aanhoudt, met een maximum van 11 uur (zie Figuur 18).



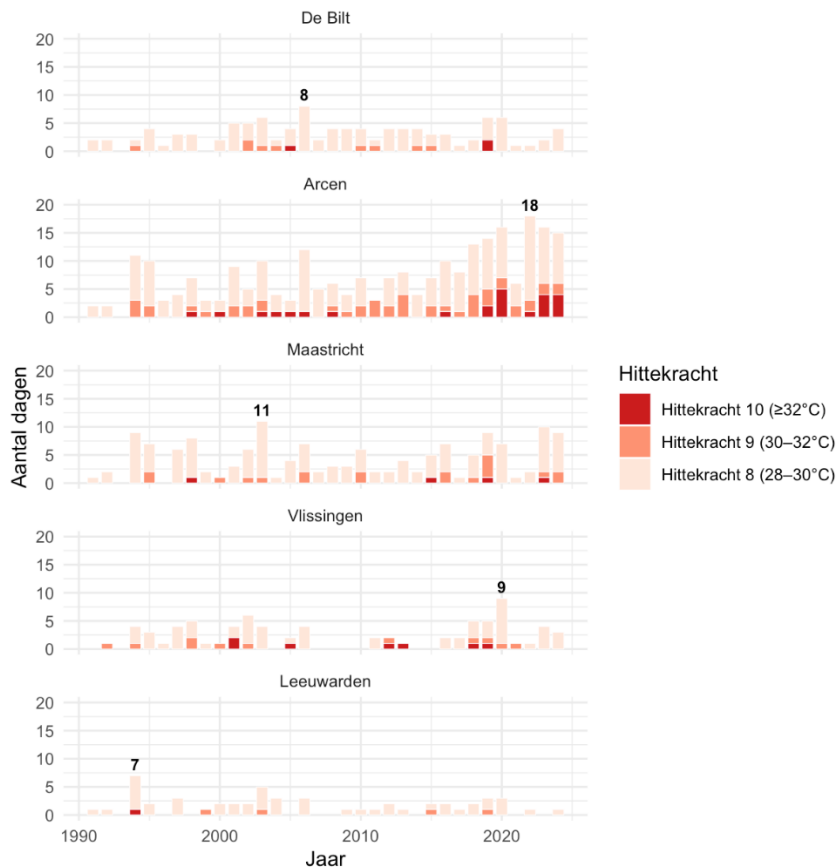
Figuur 20: Aantal uren per dag met hittekracht 8 of hoger

5.6.3. Regionale verschillen in hoge hittekracht (≥ 8)

De verdeling van dagen met hoge hittekracht (≥ 8) vertoont duidelijke regionale verschillen. Op weerstation Arcen⁸ in het zuidoosten kwamen dagen met hittekracht 8 vrijwel jaarlijks voor. In meerdere jaren werden hier 8-15 dagen met hittekracht 8 geregistreerd, en ook hogere categorieën traden regelmatig op. Hittekracht 9 werd in veel jaren waargenomen, terwijl hittekracht 10 zich vooral concentreerde in recente zomers.

In De Bilt is het aantal dagen met hittekracht 8 duidelijk lager en doorgaans beperkt tot enkele dagen per jaar. Hogere categorieën zijn hier zeldzaam: hittekracht 9 komt slechts sporadisch voor ($n = 9$), terwijl hittekracht 10 in de gehele periode slechts op drie dagen voorkwam. In kust- en noordelijke stations, zoals Vlissingen en Leeuwarden, zijn hoge hittekrachtwaarden nog minder frequent en blijven de hoogste categorieën vrijwel afwezig.

⁸ Weerstation Arcen is inmiddels vervangen door weerstation Horst, zie <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/nieuw-automatisch-weerstation-in-horst>



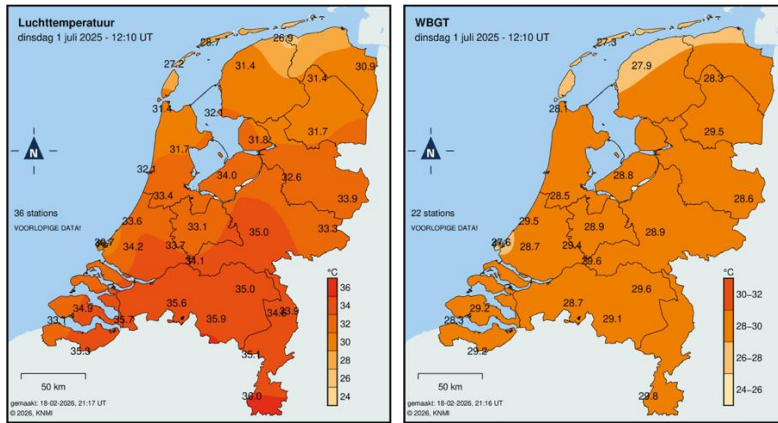
Figuur 21: Aantal dagen per jaar met hoge hittekracht (8-10) voor vijf weerstations in Nederland (1991–2024).

5.6.4. Hittekracht 10 (WBGT ≥ 32 °C)

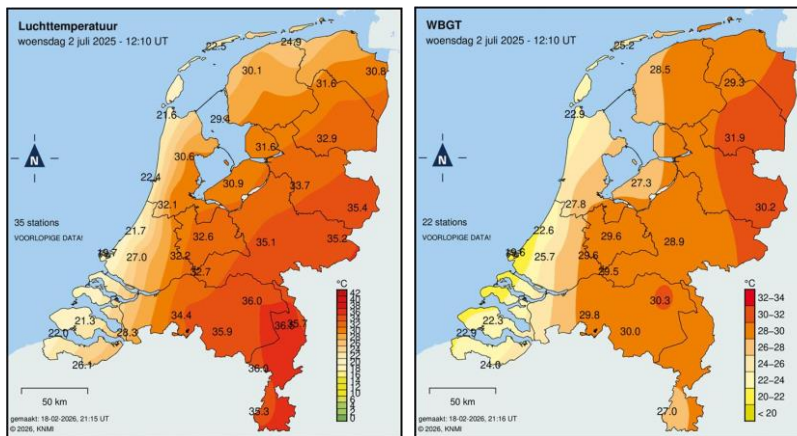
Hittekracht 10 (WBGT ≥ 32 °C) komt in Nederland zeer zelden voor. Over de periode 1991–2024 is het aantal overschrijdingsuren beperkt en sterk geconcentreerd in enkele stations en jaren. Het hoogste totaal aantal overschrijdingsuren werd gemeten in Arcen (29 uur), gevolgd door Ell en Heino (beide 9 uur) en Hupsel en Vlissingen (8 uur). In De Bilt en Maastricht werd in totaal 4 uur met hittekracht 10 geregistreerd over de gehele periode. In meerdere stations in het noorden en westen van het land, waaronder Berkhout, De Kooy, Eelde, Rotterdam, Stavoren en Terschelling, is in de beschouwde periode geen enkel uur met hittekracht 10 voorgekomen. De overschrijdingen treden doorgaans op als kortdurende pieken van één tot enkele uren op individuele dagen. Het langste aaneengesloten voorkomen werd gemeten in Arcen op 9 september 2023 (4 uur).

5.6.5. Ruimtelijke patronen van WBGT tijdens hittegolf 2025

In de zomer van 2025 is een code oranje uitgegeven voor extreme hitte op 1 en 2 juli. In de figuren hieronder zijn de ruimtelijke patronen in WBGT en luchttemperatuur te zien. Op 1 juli bereikt het grootste gedeelte van Nederland WBGT-waarden tussen de 28-30 °C, gelijk aan hittekracht 8 (Figuur 22). Op 2 juli was de gemeten maximale luchttemperatuur van de weerstations 36,5 °C (waargenomen in Noord-Limburg), en de WBGT 31,9 °C, gelijk aan hittekracht 9 (Figuur 23). Op 2 juli zijn grotere regionale verschillen zichtbaar: in het oosten wordt hittekracht 9 bereikt, terwijl de hittekracht richting de kust afneemt van 8 naar 4.



Figuur 22: Luchttemperatuur (links; max 36 °C) en WBGT (rechts; max 29,8 °C; hittekracht 8) tijdens code oranje voor extreme hitte op 1 juli, 2025 om 14:10 Nederlandse tijd (CEST). De geïnterpoleerde kaart voor WBGT is gebaseerd op een subset van de weerstations.



Figuur 23: Luchttemperatuur (links; max 36,5 °C) en WBGT (rechts; max 31,9 °C; hittekracht 9) tijdens code oranje voor extreme hitte op 2 juli, 2025 om 14:10 Nederlandse tijd (CEST). De geïnterpoleerde kaart voor WBGT is gebaseerd op een subset van de weerstations.

6 Communicatie

6.1. Doel en doelgroep

De koppeling tussen weer en gezondheid wordt steeds belangrijker, zoals hitte en daaraan gerelateerde gezondheidsrisico's. Effectieve communicatie over hittestress vormt een belangrijke schakel tussen meteorologische informatie en het nemen van beschermende maatregelen. Om de WBGT geschikt te maken voor publiekscommunicatie is deze vertaald naar hittekracht: een schaal van 0 tot 10 (zie Hoofdstuk 4). Deze schaal draagt bij aan de begrijpelijkheid en herkenbaarheid van de indicator, onder meer doordat deze aansluit bij bestaande communicatieschalen zoals zonkracht en windkracht. Met de introductie van hittekracht wordt beoogd deze vertaalslag te verbeteren door complexe thermische informatie toegankelijker te maken voor verschillende gebruikersgroepen.

De hittekracht is bedoeld voor het brede publiek en geeft een algemene indicatie van hittestress. De relevantie is het grootst bij directe blootstelling aan buitenomstandigheden, zoals bij buitenwerk en sport. Voor professionele gebruikers, zoals veiligheidsregio's, kan de hittekracht eveneens nuttig zijn. Voor deze toepassingen blijven echter ook meer gedetailleerde WBGT-waarden beschikbaar (zie Sectie 6.3).

6.2. Publiekscommunicatie (KNMI-app)

De hittekracht zal in eerste instantie beschikbaar zijn via de KNMI-app (per juni 2026). De KNMI-app is hiervoor geschikt omdat deze locatiespecifieke informatie geeft. Per locatie wordt de maximale hittekrachtverwachting voor vandaag, morgen en overmorgen getoond. Daarnaast is er een grafiek met de hittekracht per uur, zodat mensen hun dag en activiteiten kunnen plannen. In een latere fase wordt een kaart met actuele hittekracht toegevoegd, waarmee regionale verschillen inzichtelijk worden gemaakt.

Hoewel de hittekracht vooral relevant is in de warmere maanden (circa maart tot en met oktober), wordt de schaal het gehele jaar in de app getoond. Dit draagt bij aan een consistente en herkenbare presentatie in de app.

De interpretatie van hittekracht blijft afhankelijk van individuele gevoeligheid voor hitte. Factoren zoals leeftijd, gezondheid, activiteitsniveau en acclimatisatie spelen hierbij een rol. Gebruikers zullen de betekenis van de indicator in de praktijk moeten leren interpreteren, mede in relatie tot hun eigen 'hittefitheid'.

6.3. Professionele toepassingen en WBGT

Voor professionele gebruikers zoals bijvoorbeeld de veiligheidsregio's en politie, stelt het KNMI nu al de WBGT beschikbaar via het KNMI Data Platform en via mijnknmi.nl. De WBGT houdt de voorkeur voor toepassingen waarin meer detail of sectorspecifieke interpretatie nodig is omdat het een continue fysische maat biedt. Tegelijkertijd is het van belang dat professionele partijen ook vertrouwd zijn met hittekracht, aangezien deze indicator primair wordt gebruikt in de communicatie naar het brede publiek. Een goede aansluiting tussen WBGT en hittekracht is essentieel om consistente en effectieve risicocommunicatie te waarborgen.

7 Vervolg en doorontwikkeling

De introductie van WBGT en hittekracht vormt een belangrijke stap in het beter duiden van hittebelasting in Nederland. Tegelijkertijd is het van belang om de nieuwe indicator in de eerste jaren na invoering goed te monitoren en te evalueren. De nadruk ligt daarbij op de werking in de operationele praktijk, de begrijpelijkheid voor gebruikers en de kwaliteit van de geleverde informatie.

Een eerste aandachtspunt is de operationele monitoring van de berekende WBGT op basis van waarnemingen en modelverwachtingen. Het is belangrijk om in de praktijk te volgen of de berekeningen stabiel en consistent functioneren onder uiteenlopende meteorologische omstandigheden, en of de gekozen aannames en correcties robuust blijken in operationeel gebruik.

Daarnaast is het van belang om de toepassing en interpretatie van hittekracht te evalueren. Daarbij kan worden gekeken in hoeverre de schaal van 0 tot 10 begrijpelijk en bruikbaar is voor verschillende gebruikersgroepen, en of de vertaling van WBGT naar hittekracht voldoende aansluit bij de informatiebehoefte van zowel het algemene publiek als professionele gebruikers.

Tot slot is afstemming met partners van belang voor de verdere doorontwikkeling van de toepassing van hittekracht. Daarbij kan het gaan om de manier waarop de informatie wordt gebruikt binnen bestaande processen, zoals communicatie, advisering of sectorspecifieke toepassingen. In dit kader is ook de verdere uitwerking van hittefit relevant, als aanvullende component die de individuele gevoeligheid (de 'hittefitheid') voor hitte beschrijft. Op basis van praktijkervaringen kan worden beoordeeld of nadere aanpassingen of aanvullingen gewenst zijn.

Bibliografie

1. (ISO), I. O. for S.: ISO 7243:2017. Ergonomics of the thermal environment — Assessment of heat stress using the WBGT (wet bulb globe temperature) index, 2017.
2. GGD-richtlijn medische milieukunde: hitte en gezondheid: <https://www.rivm.nl/ggd-richtlijn-mmk-hitte-gezondheid>, last access: 19 February 2026.
3. Budd, G. M.: Wet-bulb globe temperature (WBGT)-its history and its limitations, *J. Sci. Med. Sport*, 11, 20–32, <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2007.07.003>, 2008.
4. Foster, J., Smallcombe, J. W., Hodder, S., Jay, O., Flouris, A. D., and Havenith, G.: Quantifying the impact of heat on human physical work capacity; part II : the observed interaction of air velocity with temperature, humidity, sweat rate, and clothing is not captured by most heat stress indices, *Int. J. Biometeorol.*, 507–520, <https://doi.org/10.1007/s00484-021-02212-y>, 2022.
5. Gosling, S. N., Bryce, E. K., Dixon, P. G., Gabriel, K. M. A., Gosling, E. Y., Hanes, J. M., Hondula, D. M., Liang, L., Ayleen, P., Mac, B., Muthers, S., Nascimento, S. T., Petralli, M., Jennifer, K. V, and Wanka, E. R.: A glossary for biometeorology, 277–308 pp., <https://doi.org/10.1007/s00484-013-0729-9>, 2014.
6. Ioannou, L. G., Tsoutsoubi, L., Mantzios, K., Vliora, M., Nintou, E., Piil, J. F., Notley, S. R., Dinas, P. C., Gourzoulidis, G. A., Havenith, G., Brearley, M., Mekjavic, I. B., Kenny, G. P., Nybo, L., and Flouris, A. D.: Indicators to assess physiological heat strain—Part 3: Multi-country field evaluation and consensus recommendations, *Temperature*, 9, 274–291, <https://doi.org/10.1080/23328940.2022.2044739>, 2022.
7. Kong, Q. and Huber, M.: Explicit Calculations of Wet-Bulb Globe Temperature Compared With Approximations and Why It Matters for Labor Productivity Earth 's Future, *Earth's Futur.*, 10, <https://doi.org/10.1029/2021EF002334>, 2022.
8. Lemke, B. and Kjellstrom, T.: Calculating Workplace WBGT from Meteorological Data : A Tool for Climate Change Assessment, *Ind. Health*, 267–278, <https://doi.org/doi:10.2486/indhealth.ms1352>, 2012.
9. Liljegren, J. C., Carhart, R. A., Lawday, P., Tschopp, S., Liljegren, J. C., Carhart, R. A., Lawday, P., Tschopp, S., Liljegren, J. C., Carhart, R. A., Lawday, P., Tschopp, S., and Sharp, R.: Modeling the Wet Bulb Globe Temperature Using Standard Meteorological Measurements Modeling the Wet Bulb Globe Temperature Using Standard Meteorological Measurements, 9624, <https://doi.org/10.1080/15459620802310770>, 2008.
10. McGregor, G. R. and Vanos, J. K.: Heat: a primer for public health researchers, *Public Health*, 161, 138–146, <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2017.11.005>, 2018.
11. Patel, T., Mullen, S. P., and Santee, W. R.: Comparison of Methods for Estimating Wet-Bulb Globe Temperature Index From Standard Meteorological Measurements, *Mil. Med.*, 178, 926–933, <https://doi.org/https://doi.org/10.7205/MILMED-D-13-00117>, 2013.
12. Patton, E., Li, W., Ward, A., Doyle, M., and Patton, E.: Wet bulb globe temperature from climate model outputs : a method for projecting hourly site - specific values and trends, *Int. J. Biometeorol.*, 68, 2663–2676, <https://doi.org/10.1007/s00484-024-02776-5>, 2024.
13. Roberts, W. O., Armstrong, L. E., Sawka, M. N., Yeargin, S. W., Heled, Y., and Connor, F. G. O.: ACSM Expert Consensus Statement on Exertional Heat Illness : Recognition , Management , and Return to Activity, *Curr. Sports Med. Rep.*, 22, <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000001058>, 2023.
14. Robinson, A., Fuhrmann, C., Konrad, C., Davis, O. M., Kirk, E. A., and Parr, D.: A performance comparison of mobile transect methods for heat and humidity prediction in complex urban environments, *Int. J. Biometeorol.*, 70, <https://doi.org/10.1007/s00484-026-03126-3>, 2026.

-
15. Sawka, M., Carton, C., Oopik, V., Rintamaki, H., Bourdon, L., Glitz, K. J., Werner, A., Daanen, H. A. M., Mekjavic, I., Rogers, A., Castellani, J., Freund, B., Heaney, J., and O'Brien, K.: Management of Heat and Cold Stress - Guidance to NATO Medical Personnel, 2013.
 16. Spangler, K. R., Liang, S., and Wellenius, G. A.: Wet-Bulb Globe Temperature, Universal Thermal Climate Index, and Other Heat Metrics for US Counties, 2000–2020, *Sci. Data*, 9, 1–9, <https://doi.org/10.1038/s41597-022-01405-3>, 2022.
 17. Teunissen, L. P. J., Haan, A. De, Koning, J. J. De, and Daanen, H. A. M.: Effects of wind application on thermal perception and self-paced performance, 1705–1717, <https://doi.org/10.1007/s00421-013-2596-9>, 2013.

Appendix A

Tabel A1: Periode gebruikt voor data analyse per weerstation

Weerstation	Data
Arcen	11-02-1991 – 31-12-2024
Berkhout	22-03-1999 – 31-12-2024
Cabauw	01-01-1991 – 31-12-2024
De_Bilt	01-01-1991 – 31-12-2024
De_Kooy	01-01-1991 – 31-12-2024
Deelen	01-01-1991 – 31-12-2024
Eelde	01-01-1991 – 31-12-2024
Eindhoven	01-01-1991 – 31-12-2024
Ell	14-07-1999 – 31-12-2024
Gilze-Rijen	01-01-1991 – 31-12-2024
Heino	15-07-1993 – 31-12-2024
Herwijnen	01-01-1991 – 31-12-2024
Hoek_van_Holland	31-07-1995 – 31-12-2024
Hoogeveen	01-01-1991 – 31-12-2024
Hupsel	01-01-1991 – 31-12-2024
Lauwersoog	18-03-1991 – 31-12-2024
Leeuwarden	01-01-1991 – 31-12-2024
Lelystad_Airport	01-01-1991 – 31-12-2024
Maastricht	01-01-1991 – 31-12-2024
Marknesse	22-09-1993 – 31-12-2024
Nieuw_Beerta	01-01-1991 – 31-12-2024
Rotterdam	01-01-1991 – 31-12-2024
Schiphol	01-01-1991 – 31-12-2024
Stavoren	18-08-1993 – 31-12-2024
Terschelling_Hoorn	31-05-1994 – 31-12-2024
Twente	01-01-1991 – 31-12-2024
Valkenburg_Zh	01-01-1991 – 02-05-2016
Vlissingen	01-01-1991 – 31-12-2024
Volkel	30-10-1992 – 31-12-2024
Voorschoten	15-07-2014 – 31-12-2024
Westdorpe	22-06-1993 – 31-12-2024
Wilhelminadorp	01-01-1991 – 31-12-2024

Tabel A2: Hittekracht en bijbehorende distributies van dagelijkse maximumtemperatuur (Tmax) en uurlijkse frequenties in De Bilt (1991-2024)

Hittekracht	WBGT-klasse (°C)	Dagen (n)	Dagen (%)	Uren (n)	Uren (%)	Tmax range (°C)	P25-P75 Tmax (°C)
0	<14	6140	49,4	203 021	71,1	-18,8–19,9	4,4–11,2
1	14–16	1087	8,75	26 049	9,12	5,8–22,6	15,0–16,5
2	16–18	1217	9,8	21 458	7,51	8,5–24,6	16,8–18,5
3	18–20	1274	10,3	15 638	5,48	10,1–27,9	18,6–20,6
4	20–22	1150	9,26	9 705	3,4	13,7–29,4	20,6–22,8
5	22–24	752	6,06	5 497	1,92	15,5–32,2	22,7–25,2
6	24–26	458	3,69	2 830	0,99	17,8–34,8	25,0–27,9
7	26–28	235	1,89	1 128	0,39	20,0–36,0	27,2–30,2
8	28–30	94	0,76	260	0,09	21,3–37,2	29,1–32,4
9	30–32	9	0,07	13	~0,00	22,6–36,1	26,4–32,4
10	≥32	3	0,02	4	~0,00	27,9–36,4	28,2–31,3

Tabel A3: Luchttemperatuurstatistieken per hittekrachtklasse op uurbasis (alle stations zie tabel A1, 1991-2024), inclusief minimum, P25, mediaan, P75, maximum en aantal observaties

Hittekracht	Min (°C)	P25 (°C)	Mediaan (°C)	P75 (°C)	Max (°C)	Aantal uren
0	-22,0	4,3	7,8	11,2	21,3	6 067 140
1	1,9	14,9	15,7	16,4	24,0	795 700
2	4,8	16,8	17,5	18,3	26,0	650 715
3	6,6	18,6	19,4	20,4	28,9	455 240
4	8,4	20,4	21,5	22,7	31,9	274 439
5	9,2	22,5	23,7	25,1	34,5	150 571
6	12,8	24,8	26,2	27,8	37,4	77 786
7	16,6	27,1	28,7	30,4	38,9	31 061
8	16,8	29,1	30,8	32,4	40,1	6 920
9	19,6	30,4	32,3	34,8	40,3	720
10	23,5	27,7	29,7	31,9	38,4	105

Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut

Postbus 201 | 3730 AE De Bilt
T 030 220 69 11 | www.knmi.nl