



# Richtlijnen voor hitte bij werk

‘Is het te warm?’ is typisch een vraag waarbij menig een zich een ervaringsexpert kan voelen en waarop de antwoorden ver uit elkaar kunnen liggen. Wat als te warm wordt ervaren door de één kan nog behaaglijk zijn voor een ander, en dat kan het knap lastig maken op de werkvloer. Want wie heeft er nu gelijk, en wanneer komen behaaglijkheid en veiligheid in het gedrang? Dit artikel geeft een beknopt overzicht van de gangbare richtlijnen van hittestress en toont middels simulatie hoe comfort en veiligheid in een warme omgeving variëren door de context waarin een activiteit plaatsvindt.

**Boris Kingma en Coen Bongers**

De richtlijnen over hittestress zijn op de volgende vier aspecten gebaseerd: de thermische omgeving, persoonskarakteristieken, kleding en activiteit. Daarmee kunnen de richtlijnen een objectieve scheidsrechter zijn over wanneer het ‘te warm’ is en maken ze inzichtelijk waarom er ook variatie in beleefde en feitelijke hittestress kan zijn. Dit artikel geeft een beknopt overzicht van wanneer hittestress optreedt volgens de richtlijnen omtrent behaaglijkheid en fysieke veiligheid. De richtlijnen bevatten beschrijvingen van modellen, en deze modellen zijn gebruikt om verschillende simulaties uit te voeren. Nota bene, de getoonde simulaties geven een algemeen beeld dat niet altijd door experimenten is gevalideerd. Dit betekent dat specifieke werksituaties flink kunnen afwijken van de in dit artikel getoonde resultaten.

## Behaaglijkheid van een warme werkomgeving

Om een inschatting te maken of de thermische behaaglijkheid in gedrang is voor werkzaamheden die typisch in een kantooromgeving plaatsvinden, kan de richtlijn ISO 7730 gebruikt worden (ISO, 2005). Deze beschrijft hoe middels een simpele warmtebalansberekening de Predicted Mean Vote (PMV) en het daaraan gekoppelde Percentage People Dissatisfied (PPD) kan worden bepaald. De PMV geeft aan hoe koud, neutraal of warm een omgeving gemiddeld door een groep mensen ervaren zal worden, en de PPD geeft aan welk percentage van een groep de omgeving als onbehaaglijk zal ervaren. De PPD is altijd minimaal 5%, wat aangeeft dat er nimmer een behaaglijke omgeving voor iedereen kan zijn indien activiteit en kledingniveau gelijk zijn. In de praktijk wordt de stelregel gebruikt dat de PPD-analyse als uitkomst mag hebben dat het binnenklimaat door 10%-20% als onbehaaglijk ervaren zal worden; er wordt dan impliciet aangenomen dat individuen in die groep de kleding en/of activiteit zo kunnen aanpassen dat het voor hen ook comfortabel is.

Gegeven een standaard kantooraactiviteit en casual kleding is de temperatuur die de meeste mensen als behaaglijk ervaren afhankelijk van de aanwezigheid van warmtestraling door de zon, windsnelheid en luchtvochtigheid. In figuur 1 is thermisch onbehagen weergegeven bij verschillende niveaus van luchtvochtigheid. De groene band geeft aan wat een wenselijke temperatuurzone is voor deze activiteit en kleding. De groene band loopt schuin en laat zien dat bij hogere luchtvochtigheid een lagere luchttemperatuur wenselijk is. Dit komt omdat er bij een hogere luchtvochtigheid minder warmte door verdamping afgegeven kan worden aan de omgeving. Ook de aanwezigheid van warmte door de zon (stralingswarmte) is gepresenteerd in figuur 1 (Pagina 10). De aanwezigheid van stralingswarmte zorgt ervoor dat het moeilijker is voor het lichaam om warmte af te geven aan de lucht, terwijl er wel meer warmte moet worden afgegeven. Daarom verschuift de groene band naar koelere temperaturen bij blootstelling aan de zon. Ten slotte zorgt de aanwezigheid van wind ervoor dat het makkelijker is om warmte af te geven aan de lucht. Hierdoor verschuift de groene band naar warmere temperaturen. Tevens maakt de wind de groene band smaller, wat betekent dat de precieze luchttemperatuur belangrijker wordt bij aanwezigheid van wind.

In figuur 2 is thermisch onbehagen weergegeven bij verschillende kledingniveaus. Dit figuur toont dat hoe groter de isolatie door kleding, des te lager de luchttemperatuur van de groene zone. Het dragen van een formeel pak is de standaard in het bedrijfsleven; en het belemmert de afgifte van warmte fors. In figuur 2 is te zien dat door aanpassing van kleding naar lichtere vormen als casual of korte mouwen, in combinatie met ventilatie, zelfs luchttemperaturen van 26°C tot 28°C door de meesten als behaaglijk kunnen worden ervaren. Dit is relevant in context van energiebesparing door bijvoorbeeld minder gebruik te maken van airco's tijdens warme dagen.

Met ISO 7730 is het niet mogelijk om direct individuele karakteristieken in te vullen in de modellen. Daardoor kan niet direct de invloed van leeftijd, gewicht, geslacht, of seizoensgebonden hitteacclimatisatie op de thermische behaaglijkheid worden bepaald. Variatie in warmteproductie van het lichaam kan wel worden meegenomen, zoals tussen jongeren versus ouderen en mannen versus vrouwen. In het algemeen geldt dat mensen met een hogere warmteproductie een lagere omgevingstemperatuur nodig hebben om thermoneutraal in warmtebalans te zijn en daarmee de omgeving als behaaglijk ervaren. In de praktijk kan het effect van deze variatie in warmteproductie veelal opgeheven worden door verschillen in isolatie door gedragen kleding. Een casestudy bij bezoekers van museum De Hermitage te Amsterdam toont dat de thermische behaaglijkheid van groepen mensen inderdaad beter voorspeld kan worden door rekening te houden met de leeftijds- en geslachtssamenstelling alsook de gedragen kleding van de bezoekers (Kramer et al., 2017).

Naast thermisch onbehagen kan ook hittestress objectief in kaart worden gebracht. Dat is met name relevant om te beoordelen of er sprake is van een mogelijk risico op hitteziekte.

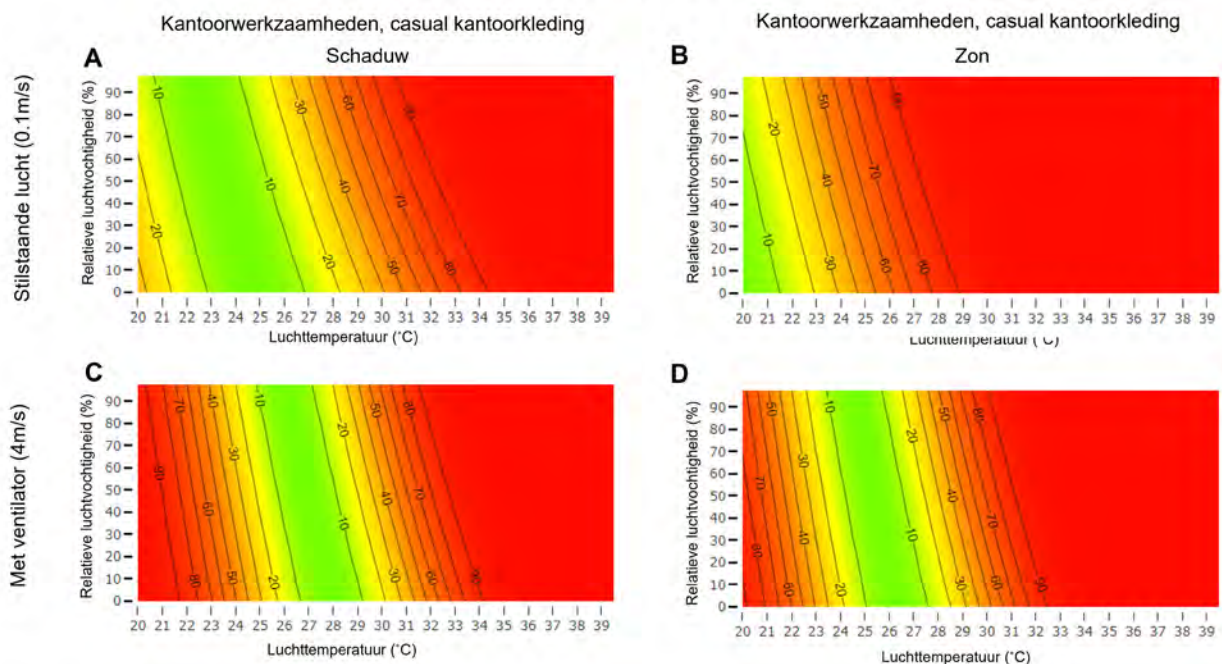
### Veiligheid van een warme werkomgeving

De veiligheid van een warme werkplek kan worden bepaald door twee richtlijnen. Allereerst is er de screening van een omgeving met een simpele thermische index die gemeten kan worden: namelijk de Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) (ISO 7243:2017, n.d.). ISO 7243

beschrijft hoe er een screening kan plaatsvinden om te bepalen of er sprake is van hittestress op basis van de gemeten of berekende WBGT, het activiteitsniveau, de gedragen kleding, en de acclimatisatiestatus van de personen. ISO 7243 maakt geen onderscheid in persoonskarakteristieken als leeftijd, gewicht, lengte of geslacht. Indien er sprake is van hittestress dan is het zaak om óf direct de bron van de hittestress te mitigeren óf een gedetailleerde warmtebalansanalyse te doen om te bepalen in hoeverre er sprake kan zijn van verhoging van de lichaamstemperatuur of uitdroging (ISO, 2004). Deze stijging van de lichaamstemperatuur of uitdroging wordt ook wel de warmtelast (Engels: heat strain) genoemd, die het gevolg is van hittestress.

De warmtebalansanalyse is beschreven in de tweede richtlijn ISO 7933 (predicted heat strain, PHS), waarmee berekend wordt hoe lang het duurt voordat de rectale temperatuur van het lichaam 38°C bereikt, of wanneer er uitdroging door zweten kan optreden. Deze tijd wordt de maximaal toegestane blootstellingsduur, of duration limit of exposure (DLE), genoemd. Er wordt onderscheid gemaakt tussen de 'DLE rectaal temperatuur' voor de lichaamstemperatuur en de 'DLE water' voor uitdroging. ISO 7933 stelt dat er direct speciale maatregelen moeten worden getroffen zoals fysiologische monitoring van de individuen, als de DLE korter is dan 30 minuten, of als er niet genoeg zweet kan verdampen en er condensatie op de huid plaatsvindt. Net als de behaaglijkheid, hangt ook veiligheid van een activiteit af van diverse factoren. In ISO 7933 kunnen de volgende persoonskarakteristieken worden meegenomen als input: het lichaamsgewicht, de lichaamslengte

Percentage mensen die thermisch onbehagen ervaren volgens ISO 7730



Figuur 1. Percentage mensen dat de omgeving als onbehaaglijk ervaart als functie van luchtvochtigheid en luchttemperatuur voor verschillende condities. A Linksboven: een schaduwconditie met weinig wind. B Rechtsboven: een zonnige conditie met weinig wind. C Linksonder: een schaduwconditie met forse wind door een ventilator. D Rechtsonder: een zonnige conditie met een forse wind door een ventilator. De isolijnen geven het percentage personen dat het binnenklimaat als onbehaaglijk zal ervaren weer.

# Dossier: Hittestress op de werkvloer

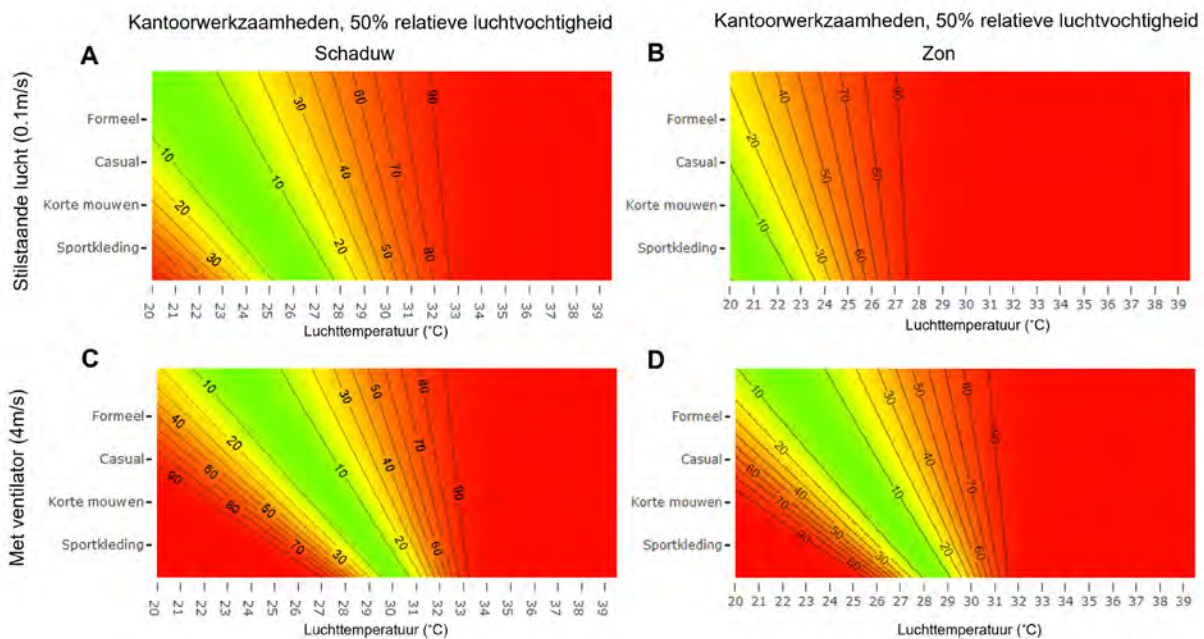
en de acclimatisatiestatus aan hitte. Figuur 3 toont hoe de DLE rectaal temperatuur afhangt van thermische omstandigheden bij iemand (80kg lichaamsgewicht, 1,80m lichaamslengte, niet geacclimatiseerd aan hitte) die 5km/u loopt in lichte werkkleding met een normaal ademend vermogen (dat wil zeggen normale waterdampdoorlaatbaarheid). In deze analyse is niet de DLE voor uitdroging meegenomen en het kan zijn dat de DLE voor uitdroging korter is dan het bereiken van een hoge rectale temperatuur.

De isolijnen in figuur 3 tonen het aantal minuten totdat de rectale temperatuur naar verwachting 38°C bereikt. Het groene vlak geeft aan dat een activiteit in principe uitgevoerd kan worden met in achtname van pauzemomenten (bijvoorbeeld ieder uur) waar onder andere gedronken kan worden. Naarmate de omgeving warmer of vochtiger wordt, wordt het steeds lastiger voor het lichaam om warmte aan de omgeving af te staan. Allereerst zullen de bloedvaten zich verwijden zodat er meer warmte naar de huid getransporteerd wordt en het daar aan de omgeving kan worden afgestaan. Daarnaast zal er steeds harder gezweet worden. Zolang er genoeg zweet kan worden geproduceerd (maximaal tussen de 1 á 2 liter per uur), en dat zweet ook kan verdampen, kan het lichaam de omstandigheden compenseren. Dat heet dan compenseerbare hittestress, en dat zorgt ervoor dat de lichaamstemperatuur gecontroleerd blijft; het kan wel zeer zwaar en uitputtend zijn voor het lichaam. Naarmate het hart namelijk harder moet pompen om het bloed naar de huid te transporteren, de lichaamstemperatuur warmer wordt, en er tevens veel gezweet wordt, zal dit als steeds meer belastend ervaren

worden. Daarnaast, als er niet genoeg gezweet kan worden, of er niet genoeg zweet kan verdampen (dit heet oncompenseerbare hittestress) zal de lichaamstemperatuur blijven stijgen tot er een nieuw fysisch evenwicht ontstaat. Het is belangrijk om maar korte tijd in oncompenseerbare situaties te verblijven. De isolijnen tussen 330 minuten en 90 minuten liggen allemaal dicht bij elkaar, wat aangeeft dat bij een minimaal verschil in omgevingsomstandigheden zeer grote verschillen in 'DLE rectaal' verwacht kunnen worden. Het lukt in die omstandigheden dus niet meer goed om de lichaamstemperatuur te controleren door meer te zweeten, en de situatie verandert snel van compenseerbaar naar oncompenseerbaar. Zoals eerder aangegeven tonen de figuren de grens van het vermogen van het lichaam om de lichaamstemperatuur te controleren, maar niet wanneer er sprake is van uitdroging door zweet.

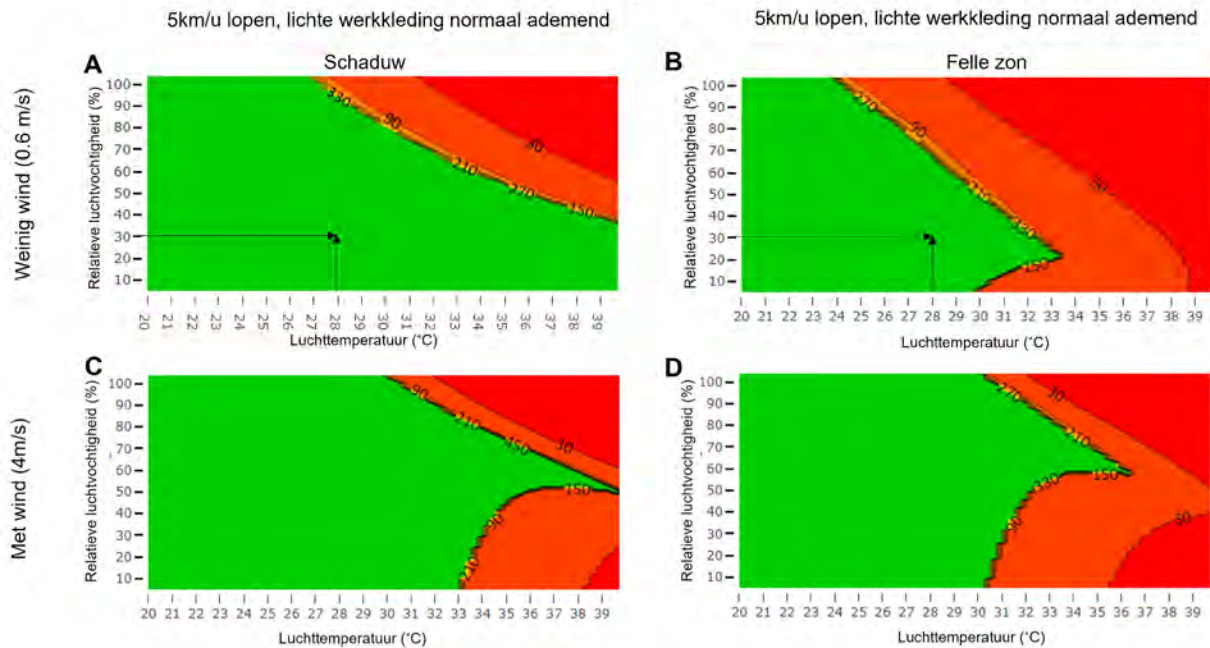
Er is een aanzienlijk verschil in het patroon van de DLE bij schaduw versus zon en bij weinig versus veel wind. Warmtestraling van de zon zorgt ervoor dat het lichaam minder goed de warmte aan de lucht kwijt kan. Daardoor schuift de groene zone naar koudere luchttemperaturen (3B versus 3A). Daarnaast kan er bij lage luchtvochtigheid en hoge luchttemperatuur ook niet genoeg gezweet worden. De huid droogt dan op en het lichaam wordt sneller warm. Tijdens het lopen met veel wind ontstaat er ook eenzelfde zone bij lage luchtvochtigheid en hoge luchttemperatuur (3C en 3D). Indien de huid nat gehouden zou worden, bijvoorbeeld door een plantenspuit of een nat shirt, dan zou er wel genoeg kunnen verdampen. De gesimuleerde loopactiviteit kan in principe uitgevoerd worden bij 28°C en 30% luchtvochtigheid in lichte kleding

Percentage mensen die thermisch onbehagen ervaren volgens ISO 7730



Figuur 2. Percentage mensen dat de omgeving als onbehaaglijk ervaart als functie van kledingniveau en luchttemperatuur voor verschillende condities. **A** Linksonder: een schaduwconditie met weinig wind. **B** Rechtsboven: een zonnige conditie met weinig wind. **C** Linksonder: een schaduwconditie met forse wind door een ventilator. **D** Rechtsonder: een zonnige conditie met een forse wind door een ventilator. De isolijnen geven het percentage personen dat het binnenklimaat als onbehaaglijk zal ervaren weer.

Aantal minuten tot rectale temperatuur > 38°C



Figuur 3. Isolijnen tonen het aantal minuten tot de rectale temperatuur 38°C bereikt als functie van luchtvochtigheid en luchttemperatuur voor verschillende condities. Er is een gemiddeld activiteitsniveau gesimuleerd alsof iemand 5km/u loopt in lichte werkkleding met een normaal ademend vermogen. Linksboven: een schaduwconditie met weinig wind. Rechtsboven: een zonnige conditie met weinig wind. Linksonder: een schaduwconditie met aanzienlijke wind. Rechtsonder: een zonnige conditie met een aanzienlijke wind. De pijlen tonen de temperatuur- en luchtvochtigheidsconditie die als constanten/standaarden zijn gehanteerd bij de simulatie in figuur 4.

met een normaal ademend vermogen (zie de pijlen in figuur 3A en 3B). In figuur 4 is deze omgevingsconditie gebruikt om te variëren met het ademend vermogen van de kleding en het activiteitsniveau. Figuur 4 toont wederom het aantal minuten totdat de kerntemperatuur 38°C bereikt. De figuur toont vooral het belang van het ademend vermogen van de kleding. Volgens de analyse kan kleding met een laag ademend vermogen zelfs al bij lage inspanning tot beperkte inzetbaarheid leiden. Acclimatisatie aan hitte zorgt er in algemene zin voor dat mensen beter tegen de warmte kunnen en een hogere belasting aankunnen. De contourlijnen in figuur 3 zijn ongeveer 1.5°C naar rechts verschoven indien de simulatie is uitgevoerd voor een geacclimiseerd persoon (paneel linksboven), wat betekent dat een geacclimiseerd persoon eenzelfde activiteit kan uitvoeren bij een hogere luchttemperatuur. Echter, in het huidige voorbeeld (figuur 4 vergelijk boven met onder) is er enkel sprake van een toegenomen tijd waarin gewerkt kan worden bij kleding met een lage waterdampdoorlaatbaarheid.

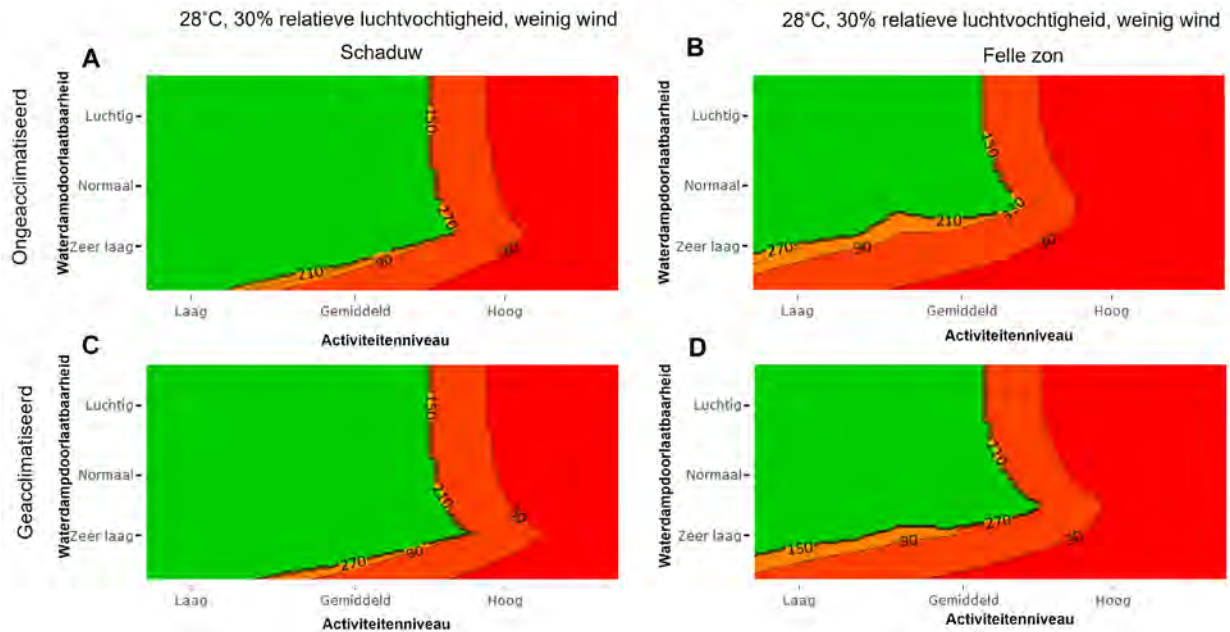
**Toepassing en ontwikkeling van de huidige richtlijnen**

De toepassingen van de richtlijnen zijn divers. Zo kunnen werkgevers de richtlijnen toepassen om risico's in te schatten. Aansluitend kan er een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd worden om te onderzoeken welke oplossingen kunnen werken in de praktijk (bijvoorbeeld extra ventilatie, schaduw, of een aangepast schema met meer pauze en roulatie van werknemers) (Morris et al., 2020). Daarnaast kunnen de richtlijnen een scheidsrechtersrol spelen voor bedrijven die werk uitbesteden aan derden

en er mogelijk concurrentie op veiligheid kan plaatsvinden (dat wil zeggen werk aanbieden in een situatie die eigenlijk onveilig is). Tot slot kunnen de richtlijnen ook door de kledingindustrie gebruikt worden om de kwaliteit van hun producten uit te drukken in verwervingstrajecten. Het lastige van de richtlijnen is dat ze veelal niet in toegankelijke vorm beschikbaar zijn. In Europees verband is hiervoor onder andere de ClimApp-app ontwikkeld om mogelijke risico's van hitte en koude inzichtelijk te maken (Kingma et al., 2021). In Nederland is tevens de FNV werkklimaat-app beschikbaar. De richtlijnen en onderliggende modellen zijn in principe geldig voor gezonde mensen die fit zijn voor het werk wat ze moeten doen. De ISO-richtlijnen bevatten niet de meest geavanceerde thermofysiologie- en kledingmodellen (Havenith & Fiala, 2016), en zijn niet altijd even accuraat (bijvoorbeeld voor lage waterdampdoorlaatbaarheid), maar toch bieden ze wel een praktische balans tussen detail en bruikbaarheid.

Er zijn nog diverse kennislacunes omtrent de warmtehuishouding van de mens en de warmtebalans tussen lichaam, kleding en omgeving die relevant zijn. Voor specifieke doelgroepen zijn de richtlijnen wellicht minder goed geschikt, zoals mensen die minder goed met hitte om kunnen gaan, bijvoorbeeld door leeftijd, fitheid of onderliggende gezondheidsproblemen (diabetes of hart- en vaatziekten). Op dit moment lopen er meerdere onderzoeksprojecten en programma's in Nederland en buitenland, waarin onderzocht wordt hoe specifieke doelgroepen beter meegenomen kunnen worden in de huidige richtlij-

## Aantal minuten tot rectale temperatuur > 38°C



Figuur 4. Isolijnen tonen het aantal minuten tot de rectale temperatuur 38°C bereikt als functie van waterdampdoorlaatbaarheid en activiteitsniveau voor verschillende condities. De thermische omstandigheden zijn gelijk gehouden op 28°C, 30% relatieve luchtvochtigheid en weinig wind (0.6m/s). Linksboven: een schaduwconditie met weinig wind. Rechtsboven: een zonnige conditie met weinig wind. Linksonder: een schaduwconditie met aanzienlijke wind. Rechtsonder: een zonnige conditie met een aanzienlijke wind.

nen. Zo is er het ZonMW-project 'Warm Aanbevolen' waarin onder andere onderzocht wordt hoe ouderen anders omgaan met de warmte en hoe de richtlijnen daarop zouden kunnen worden aangepast. Enerzijds op basis van grenswaarden waarop acties moeten worden ondernomen, anderzijds over wat passende handelingsperspectieven zijn. Verder is onlangs in opdracht van het Ministerie van Defensie het onderzoeksprogramma 'Veilig en Gezond Optreden in Extreme Omstandigheden' gestart waarin TNO onder begeleiding van de Defensie-afdeling TGTF en in samenwerking met de VU Amsterdam en TU Eindhoven kennis opbouwt om de richtlijnen passender te maken voor het individu. Het onderzoek draagt bij aan het doel om prestatieverlies en gezondheidsproblemen te voorkomen door op tijd de juiste keuzes te kunnen maken en mogelijk het gedrag aan te passen.

### Referenties

Havenith, G., & Fiala, D. (2016). Thermal indices and thermophysiological modeling for heat stress. *Comprehensive Physiology*. <https://doi.org/10.1002/cphy.c140051>.  
 ISO. (2004). 7933: Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of heat stress using calculation of the predicted heat strain. In *ISO/Fdis 7933*. [https://doi.org/ISO 7726:1998 \(E\)](https://doi.org/ISO 7726:1998 (E)).  
 ISO. (2005). ISO 7730: Ergonomics of the thermal environment Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. *Management*, 3, 605–615. <https://www.iso.org/standard/39155.html>.  
 ISO 7243:2017. (n.d.). ISO 7243:2017 - Ergonomics of the thermal environment — Assessment of heat stress using the WBGT (wet bulb globe temperature) index. Retrieved April 21, 2021, from <https://www.iso.org/standard/67188.html>.

Kingma, B.R.M., Steenhoff, H., Toftum, J., Daanen, H.A.M., Folkerts, M.A., Gerrett, N., Gao, C., Kuklane, K., Petersson, J., Halder, A., Zuurbier, M., Garland, S.W., & Nybo, L. (2021). Climapp - integrating personal factors with weather forecasts for individualised warning and guidance on thermal stress. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(21), 1-26. <https://doi.org/10.3390/IJERPH182111317>.  
 Kramer, R., Schellen, L., Schellen, H., & Kingma, B. (2017). Improving rational thermal comfort prediction by using subpopulation characteristics: A case study at Hermitage Amsterdam. *Temperature: Multidisciplinary Biomedical Journal*, 4(2), 187-197. <https://doi.org/10.1080/23328940.2017.1301851>.  
 Morris, N.B., Jay, O., Flouris, A.D., Casanueva, A., Gao, C., Foster, J., Havenith, G., & Nybo, L. (2020). Sustainable solutions to mitigate occupational heat strain - An umbrella review of physiological effects and global health perspectives. In *Environmental Health: A Global Access Science Source* (Vol. 19, Issue 1). BioMed Central Ltd. <https://doi.org/10.1186/s12940-020-00641-7>.

### Over de auteurs



Dr. B.R.M. Kingma  
Senior scientist human performance  
TNO Soesterberg en TU Eindhoven



Dr. C. Bongers  
Thermofysioloog  
Afdeling Fysiologie van het  
Radboudumc en Expertiseteam Health  
Promotion & Performance van HAN  
Sport en Bewegen  
[coen.bongers@han.nl](mailto:coen.bongers@han.nl)