

Hittestress op de werkvloer – een toenemend probleem dat schreeuwt om aandacht

Het klimaat verandert. Sinds 1901 wordt er in Nederland een nauwkeurige temperatuurregistratie gedaan door het KNMI. Hieruit blijkt dat de tien warmste jaren sinds 1901 plaatsvonden in de laatste twee decennia (KNMI - Warmste jaren, z.d.). Daarnaast vond vijftig procent van de in totaal dertig hittegolven die we in Nederland gehad hebben sinds 1901 plaats in eenentwintigste eeuw (KNMI - Hittegolven, z.d.). Het omgaan met de gevolgen van de klimaatverandering, waaronder de stijging van de dagelijkse gemiddelde temperatuur en een toename in frequentie, intensiteit en duur van hittegolven, is een enorme uitdaging voor de huidige samenleving. De toename in hittestress veroorzaakt namelijk een stijging van de warmtelast voor ons lichaam en daarmee gepaard gaande hitte-gerelateerde morbiditeit en mortaliteit (Ebi et al., 2021). Aanpassingen op individueel en samenlevingsniveau zijn dan ook cruciaal.

Ook op de werkvloer is klimaatverandering en de daaropvolgende toenemende hitteblootstelling een grote uitdaging. Werknemers die betrokken zijn bij matige tot zeer intensieve werkzaamheden in warme omstandigheden of zij die worden blootgesteld aan extra warmtebronnen op de werkplek (zoals in de voedselindustrie, (wegen)bouw, staalindustrie), zijn bijzonder vatbaar voor hitte-gerelateerde gezondheidsproblemen. Hittestress kan zorgen voor directe gezondheidsproblemen ten gevolge van een hoge lichaamstemperatuur, maar kan ook zorgen voor indirecte gezondheidsproblemen doordat de cognitieve functie (zoals concentratie, coördinatie en reactiesnelheid) van werknemers afneemt, resulterend in een groter risico op werk-gerelateerde incidenten. Naast gezondheidsproblemen kan hittestress op de werkvloer ook resulteren in een verminderde werkcapaciteit en productiviteit. Daarmee heeft het een enorme impact voor zowel de werknemer als de werkgever en is het in een ieders belang dat er passende maatregelen worden getroffen om de werknemer te beschermen.

In dit dossier wordt in een drietal artikelen ingegaan op dit onderwerp. In het eerste artikel worden de thermofysiologische uitdagingen en de wet- en regelgeving omtrent hittestress op de werkvloer nader toegelicht. Tevens zullen we ingaan op de incidentie van hitteproblematiek op de werkvloer. In het tweede artikel worden vervolgens een aantal modellen besproken die gebruikt kunnen worden om de mate van hittestress op de werkvloer vast te stellen. Het

derde en laatste artikel in dit dossier gaat over omgaan met hittestress in de praktijk, met een aantal voorbeelden uit de beroepspraktijk waarin duidelijk wordt welke uitdagingen er zijn en welke interventies er mogelijk zijn om (de gevolgen van) hittestress te beperken.

Met dit dossier hopen we dat er meer aandacht komt voor de gevolgen van blootstelling aan hitte op de werkvloer op de gezondheid en werkcapaciteit van werknemers. Door de huidige snelheid van klimaatverandering is het nu vijf voor twaalf. En dus tijd voor actie! Ik wens u veel leesplezier!

Referenties

- KNMI - Warmste jaren (z.d.). <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/warmste-jaren>.
KNMI - Hittegolven (z.d.). <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/lijsten/hitegolven>.
Ebi, K.L., Capon, A., Berry, P., Broderick, C., De Dear, R., Havenith, G., Honda, Y., Kovats, R.S., Ma, W., Malik, A., Morris, N., Nybo, L., Seneviratne, S.I., Vanos, J.K., & Jay, O. (2021). Hot weather and heat extremes: health risks. *The Lancet*, 398(10301), 698-708. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(21\)01208-3](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(21)01208-3).

Over de gastredacteur



Dr. Coen Bongers
Thermofysioloog
Afdeling Fysiologie van het
Radboudumc en Expertiseteam Health
Promotion & Performance van HAN
Sport en Bewegen
coen.bongers@han.nl



Thermofysiologie en werk

Zwaar fysiek werk in beschermende kleding in de hitte is thermisch gezien de grootste belasting die denkbaar is. Immers, tijdens fysiek werk wordt er veel warmte geproduceerd door de spieren en daarnaast wordt de warmteafgifte beperkt door kleding en de warme omgeving. Er rest slechts één uitweg: opslaan van warmte in het lichaam. Binnen een half uur kunnen er temperaturen in de kern van het lichaam bereikt worden die boven de 40°C liggen, waardoor het werk moet worden beëindigd en er gezondheidsrisico's optreden.

Hein Daanen

Bij veel industriële processen komt warmte vrij, zoals in bakkerijen, de metaalverwerkende industrie en de wegenbouw. Mensen die werken in deze omstandigheden kunnen daarbij warmtelast ervaren. Deze warmtelast wordt groter naarmate de inspanning zwaarder is. In rust produceert een mens slechts 100 W aan warmtevermogen; bij zware inspanning kan dit oplopen tot ruim 1000 W. Als dit warmtevermogen niet kan worden afgegeven aan de omgeving door bijvoorbeeld verdamping van zweet, stijgt de lichaamstemperatuur en krijgen we last van warmtestress. Sterk bepalend voor de warmtestress is ook de kleding die wordt gedragen. In veel takken van industrie is het noodzakelijk dat de kleding beschermt tegen klimaat (straling, koude, neerslag) en/of stoffen, zoals olie. Als de kleding sterk isolerend is, wordt het lastiger de lichaamswarmte af te geven. Moet de kleding waterdicht zijn, dan wordt het verdampen van zweet sterk bemoeilijkt en bij zware inspanning wordt de kans op warmtestress dan nog groter.

Het risico dat het fout gaat met werken in de hitte neemt toe, omdat door klimaatveranderingen meer warmtepieken voorkomen, omdat stedelijke hitte zorgt voor extra belasting, omdat bij ontwikkeling van werkkleding bescherming vóór comfort gaat en omdat werknemers steeds minder bewegen buiten werktijd en daarmee hun belastbaarheid minder wordt. Ten slotte is het mogelijk dat in deze tijd van dure energie de airco zo minimaal mogelijk wordt gebruikt in de zomer, hetgeen tot warmtelast kan leiden van kantoorpersoneel.

In dit artikel wordt eerst de incidentie besproken van hitte-gerelateerde klachten op de werkplek. Daarna wordt kort ingegaan op de manieren die de mens heeft om de lichaamstemperatuur te reguleren en daarmee problemen te voorkomen. Het is niet alleen de omgevingstemperatuur die de belasting bepaalt, maar ook de zonnestraling, luchtvochtigheid en lucht-

verplaatsing. Deze worden samengenomen in de Wet Bulb Globe Temperature (WBGT), een maat die kan aangeven wanneer werk toelaatbaar is en wanneer niet. Na de bespreking van de WBGT worden de manieren om de warmtelast te reduceren in kaart gebracht, met bijzondere aandacht voor acclimatisatie. Het artikel wordt afgesloten met het wettelijk kader.

Incidentie van hitte-gerelateerde klachten op de werkplek

Het is niet verwonderlijk dat in veel takken van industrie geklaagd wordt over warmteproblemen tijdens werk. FNV bondgenoten heeft op 18 juli 2013 een klachtenlijn geopend over werken in hitte en op 2 augustus 2013 waren er al 600 klachten gemeld. Een grote meerderheid (92%) van de arbeiders had last van fysieke klachten door het werken in de hitte. Die klachten bestonden voornamelijk uit concentratieverlies (75%) en jeuk en/of irritatie van de huid (33%). In nog eens 18% van de gevallen kregen mensen kramp in de spieren (hittekrampe). Achtenveertig mensen meldden dat ze waren flauwgevallen en 15 mensen gaven aan dat ze een hitteberoerte hadden gekregen en/of een combinatie van klachten, waardoor ziekenhuisopname nodig was. Overige klachten betroffen met name hoofdpijn en migraine, duizeligheid, benauwdheid en overmatig transpireren, omdat 'gedwongen werd te werken in polyester kleding'.

Uit een recente meta-analyse waarin tienduizenden werknemers zijn meegenomen, bleek dat 35% van de werknemers in de warmte last had van hittestress en 30% minder productief was dan onder normale omstandigheden (Flouris et al., 2018). Ongeveer 15% van de werknemers gaf aan nierziekten of nierschade te hebben opgelopen. Door overmatig zweten en te weinig drinken kan uitdroging optreden waardoor de nieren onvoldoende worden doorbloed en dit kan tot schade leiden (Bogerd & Daanen, 2011).

In een onderzoek van Broersen e.a. (1991) had gemiddeld over alle onderzochte beroepsgroepen 19% van de mannen en 15% van de vrouwen klachten over warmte. Een hoog risico op problemen in de hitte wordt gevonden bij bouwvakkers. In de VS is 6% van de beroepsbevolking werkzaam in de bouw, maar toch wordt in de bouwsector 36% van de hitte-gerelateerde sterfgevallen geregistreerd (Dong et al., 2019).

Thermoregulatie

Om in de hitte de lichaamstemperatuur niet te ver op te laten lopen, zal de mens in eerste instantie de warmteafgifte vergroten. Dit gebeurt door verminderde activatie van het sympathisch systeem waardoor de bloedvaten in de huid meer open gaan staan. Het warme bloed in de huid voert dan de lichaamswarmte naar de buitenwereld af. Als dit onvoldoende is, wordt zweet geproduceerd. De verdamping van zweet onttrekt warmte aan het lichaam. Let wel: afdruipen is niet effectief, verdampen wel! Daarnaast gaat de mens de warmteproductie terugbrengen door minder hard te werken.

De warmtebelasting wordt niet alleen bepaald door de omgevingstemperatuur. Als er een hoge luchtvochtigheid is, kan het zweet moeilijk verdampen en wordt de belasting hoger. Zonnestraling wordt in de huid omgezet naar warmte en vergroot de belasting. Wind, ten slotte, zorgt voor verkoeling als de temperatuur van de lucht lager is dan de huidtemperatuur van de mens. Echter, als de omgevingstemperatuur warmer is dan de huidtemperatuur, kan deze de warmtebelasting voor mensen die weinig zweten juist verhogen.

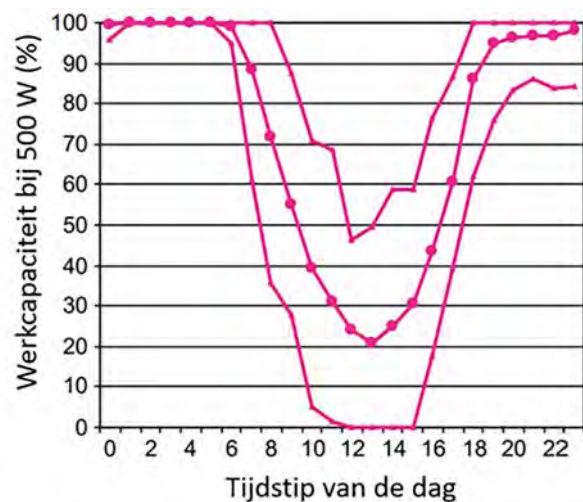
Wet Bulb Globe Temperature

Om met één maat de thermische belasting van de mens aan te geven, zijn verschillende indices ontwikkeld. Een van de meest gebruikte, die bovendien goed in norm NEN-ISO 7243 is vastgelegd, is de Wet Bulb Globe Temperature (WBGT). Het bijbehorende meetinstrument bestaat uit drie thermometers: een gewone, eentje in een zwarte bol en eentje in een nat katoenen kousje (natte bol). Door 0,7 keer de natte bol te nemen plus 0,2 keer de zwarte bol plus 0,1 keer de normale, krijg je de WBGT. Overigens kan de WBGT ook uit temperatuur-, wind-, straling- en vochtigheidsdata van het KNMI berekend worden.

In tabel 1 staan de limieten genoemd voor werknemers in de hitte voor verschillende werkbelastingen en voor de situatie of men al dan niet aan hitte is aangepast. Deze grenswaarden komen ook uit norm NEN-ISO 7243.

Als de limietwaarde is overschreden, kan men meer de diepte ingaan door gebruik te maken van thermische modellen. Zie hiervoor het artikel van Boris Kingma in dit dossier.

Bij werk in de hitte stijgt het metabolisme bij een vaste taak. De stijging van het metabolisme ten opzichte van een koude omgeving is respectievelijk 5, 7 en 16% bij omgevingen van 35°C temperatuur/50% vochtigheid; 40°C/50% en 40°C/70% (Smallcombe et al., 2022). Het daarmee gepaard gaande productiviteitsverlies is ongeveer 2,6% voor elke graad warmer dan 24°C WBGT (Flouris et al., 2018). In sommige delen van de wereld, zoals in India, kan de WBGT op het warmst van de dag buiten tot boven de 30°C stijgen. Dan wordt het vrijwel onmogelijk om zwaar werk te verrichten. In figuur 1 staat de werkcapaciteit uitgezet tegen het uur van de dag voor de situatie in New Delhi (Kjellstrom et al., 2009). Het kan in New Delhi dan ook niet anders dan dat het werk wordt verplaatst naar koelere momenten van de dag.



Figuur 1. Werkcapaciteit bij zeer zwaar werk (metabolisme 500 W) uitgezet tegen het tijdstip voor de dag voor New Delhi. Op het heetst van de dag is de WBGT net boven de 30°C. De bovenste en onderste lijn geven het 95e en 5e percentiel aan (Kjellstrom et al., 2009).

Tabel 1. Wet-Bulb Globe Temperature-limieten in °C voor werk in de hitte.

Werkintensiteit	Metabolisme (W)	WBGT-limiet geacclimatiseerd (°C)	WBGT-limiet niet-geacclimatiseerd (°C)
Rust	115	33	32
Laag	180	30	29
Gemiddeld	300	28	26
Hoog	415	26	23
Erg hoog	520	25	20

Dossier: Hittestress op de werkvloer

Voor Nederland zijn de gegevens en voorspellingen van WBGT online te zien (<https://www.climatechip.org/>). Figuur 2 geeft de situatie weer voor de regio Eindhoven geschat met een model van de meteodienst in het Verenigd Koninkrijk.

De WBGT-limiet zal naar schatting in 2050 ook in Nederland worden overschreden bij werk met hoge intensiteit, ook bij mensen die aan hitte zijn geacclimatiseerd.

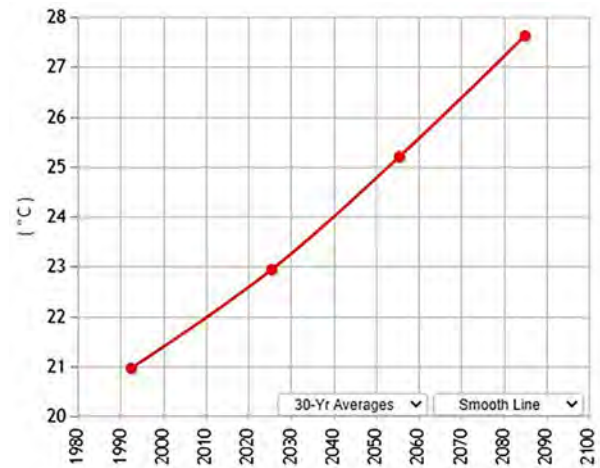
Reductie hittebelasting

De eerste maatregel die genomen kan worden om de hittebelasting te verminderen is de bron af te schermen (Daanen & Van de Steeg, 2023). Bij hoge luchttemperaturen moet geprobeerd worden de bron van de warmte af te schermen of te isoleren. Ga na of relatieve koude lucht kan worden ingeblazen. Wanneer er een hoge luchtvochtigheid is, kan de bron van het vocht wellicht afgeschermd worden door bijvoorbeeld een machine naar een andere ruimte te verplaatsen, het vocht af te zuigen, luchtverversing mogelijk te maken of een verhoging van de luchtbeweging tot stand te brengen. Hoge stralingsintensiteit kan worden verminderd door de bron wederom af te schermen of te isoleren. Speciale reflecterende kleding alsmede doorkijkschermen (wanneer het product wel zichtbaar moet zijn) helpen eveneens de stralingsbelasting te verminderen.

Het *inspanningsniveau* bepaalt de warmtebelasting van werknemers in sterke mate. Het is de kunst de werkbelasting zo te kiezen dat de medewerkers in thermisch evenwicht blijven. Dit kan door het verlagen van het werktempo, van de snelheid van de bewegingen en door houdingsaanpassingen, maar ook door het toepassen van werk-rustschema's, waarbij tussen blootstellingen telkens voldoende rust (liefst in een koele omgeving) genomen wordt. Werknemers de mogelijkheid geven om zelf het werktempo te bepalen is de kern van hittemitigatie (Ioannou et al., 2021). Daarnaast zijn op maat gemaakte strategieën voor drinken, koelende kleding, arbeid-rust-tijden en mechanisatie van belang om de warmtebelasting te reduceren.

Zorg ook voor goede *instructie* aan de medewerkers over de mogelijke risico's van warmtebelasting, de symptomen, de eerste hulp en de maatregelen ter voorkoming van warmteziekten.

Kleding kan het lichaam beschermen tegen weersomstandigheden, maar kan ook zorgen voor extra belasting. In het geval van warmte is het verstandig soepele kleding te dragen met weinig isolatie en goede ventilatie (dit geldt niet in het geval van extreem hoge temperaturen zoals bij branden) en een goed waterdamptransport (zweet). Kleding met een reflecterende buitenlaag is aan te raden in omgevingen met extreme stralingsniveaus. Steeds



Figuur 2. Maximale WBGT-waarden in augustus voor de regio Eindhoven geschat met het UK Met Office model UKesm1-0-LL uitgezet tegen kalenderjaar.

meer wordt koelende kleding op de werkplek toegepast, bijvoorbeeld in grote bakkerijen. Er zijn systemen beschikbaar met waterkoeling, ventilatie van (gekoelde of gedroogde) lucht door een kledingspouw, ijsvesten en vesten die koelen op basis van perslucht. Welk systeem het meest geschikt is, hangt af van de werkplek, omstandigheden en persoon.

Aanpassen aan hitte

Een fitte en aan hitte geacclimatiseerde werknemer is beter in staat om in de hitte te werken dan een werknemer die niet fit is en niet regelmatig aan hitte blootgesteld wordt. Dagelijkse blootstelling aan hitte zorgt ervoor dat het lichaam zich aan gaat passen aan de hitte. Een belangrijke aanpassing is een toename in vochtvolume in het lichaam (Periard et al., 2021). Daardoor wordt het hart minder belast en kan meer worden gezweet. Daarnaast wordt de doorbloeding naar de huid verbeterd, zodat warmte gemakkelijker van de lichaamskern naar de huid kan worden geleid. Ten slotte wordt elke dag de temperatuur in de kern van het lichaam een beetje lager in de ochtend, zodat je relatief koeler aan de inspanning begint. Een effectieve acclimatisatie wordt verkregen als je ten minste één uur per dag met een lichaamstemperatuur van rond de 38,5°C werkt (Periard et al., 2021).

Wettelijk kader

De Arbwet is in 1980 tot stand gekomen, werd vanaf 1983 in verschillende stappen ingevoerd in Nederland en is sindsdien regelmatig aangepast. Deze wet is opgebouwd uit een aantal niveaus. Op het hoogste niveau staat de Arbeidsomstandighedenwet. Dit is een raamwet waarin weinig harde bepalingen zijn opgenomen. In de Arbwet gaat het voornamelijk over de rechten en plichten van de verschillende groeperingen die we op Arboterrein aantreffen: werkgevers, werknemers, arbodiensten, bedrijfs-hulpverleners en overheid (Arbeidsinspectie). Het

niveau daaronder is het Arbobesluit. Dit geldt ook als wetgeving. Het bevat meer gedetailleerde voorschriften over concrete arbo-onderwerpen, zoals gevaarlijke stoffen, beeldschermwerk, daglicht, lawaai, enzovoort. Voor hitte is er één artikel:

Artikel 6.1 Temperatuur

1. *Rekening houdend met de aard van de werkzaamheden die door de werknemers worden verricht en de fysieke belasting die daar het gevolg van is, veroorzaakt de temperatuur op de arbeidsplaats geen schade aan de gezondheid van de werknemers.*
2. *Indien door de temperatuur op de arbeidsplaats of door ongunstige weersomstandigheden toch schade aan de gezondheid van de werknemers kan ontstaan, worden persoonlijke beschermingsmiddelen ter beschikking gesteld. Indien de ter beschikking gestelde persoonlijke beschermingsmiddelen schade aan de gezondheid niet kunnen voorkomen, wordt de duur van de arbeid in een zodanige mate beperkt of wordt de arbeid met een zodanige frequentie afgewisseld door een tijdelijk verblijf op een plaats waar een temperatuur heerst als bedoeld in het eerste lid, dat geen schade aan de gezondheid ontstaat.*

De Arbowet verwees oorspronkelijk naar twee hoofdnormen omtrent hitte: een norm over de maximale hitte die men kan verdragen (WBGT-norm, NEN-ISO 7243) en een norm gebaseerd op het maximaal zweetvermogen van de mens (IREQ, NEN-ISO 7933). Echter, na de eeuwwisseling sneuvelden deze verwijzingen naar normen onder maatschappelijke druk om de Arbowet te vereenvoudigen. Om in de leemte te voorzien, heeft de Gezondheidsraad een advies uitgebracht getiteld 'Hittestress op de werkplek' dat op 24 november 2008 aan de minister van SZW is aangeboden (<https://www.gezondheidsraad.nl/documenten/adviezen/2008/11/24/hittestress-op-de-werkplek>). In dit advies wordt aanbevolen aandacht te besteden aan nadelige kortetermijneffecten van hittestress op mentaal functioneren en de fysieke en mentale nadelige langetermijneffecten van hittestress. De aanbevelingen zijn voor zover bekend niet door de overheid overgenomen en uitgevoerd.

Samenvattend is er dus op dit moment nauwelijks wet- en regelgeving over hitte, en zijn de adviezen van de Gezondheidsraad om lacunes in kennis en wetgeving weg te werken niet overgenomen. De overheid verwijst vaak naar de zogenoemde Arbo-catalogi. Deze afspraken op sectorniveau zijn echter van wisselende kwaliteit en bevatten meestal geen onderdeel over hitte.

Conclusie

Concluderend blijkt uit onderzoek dat hittebelasting op veel werkplekken voorkomt, tot klachten leidt en zelfs tot nierschade. Met de WBGT-norm kan een

indruk worden verkregen over de mate van hittebelasting en of grenswaarden worden overschreden. De mogelijkheden om de hittebelasting te reduceren zijn beperkt; het werktempo terugbrengen lijkt het belangrijkste. Een goede conditie en acclimatisatie aan hitte helpen. De overheid hanteert nauwelijks regels over werken in de hitte, hier zou meer aandacht voor moeten komen, zeker nu thermische extremen in Nederland toenemen.

Referenties

- Broersen, J.P.J., Weel, A.N.H., van Dijk, F.J.H. (1991). Atlas Gezondheid en Werkbeleving naar Beroep. Nederlands Instituut voor Arbeidsomstandigheden. Amsterdam.
- Bogerd, C.P., & Daanen, H.A.M. (2011). Physiological effects after exposure to heat: a brief literature review. *Annals of Kinesiology*, 2, 14-23.
- Daanen, H.A.M., & Van de Steeg, M. (2023). Warmte- en koudebelasting. In M. Geertshuis (Ed.), *Praktijkboek Arbeidsveiligheid 2023*. Uitgeverij Vakmedianet.
- Dong, X.S., West, G.H., Holloway-Beth, A., Wang, X., & Sokas, R.K. (2019). Heat-related deaths among construction workers in the United States. *Am J Ind Med*, 62(12), 1047-1057. <https://doi.org/10.1002/ajim.23024>.
- Flouris, A.D., Dinas, P.C., Ioannou, L.G., Nybo, L., Havenith, G., Kenny, G.P., & Kjellstrom, T. (2018). Workers' health and productivity under occupational heat strain: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Planet Health*, 2(12), e521-e531. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(18\)30237-7](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(18)30237-7).
- Ioannou, L.G., Mantzios, K., Tsoutsoubi, L., Nintou, E., Vliora, M., Gkiata, P., Dallas, C.N., Gkikas, G., Agaliotis, G., Sfakianakis, K., Kapnia, A.K., Testa, D.J., Amorim, T., Dinas, P.C., Mayor, T.S., Gao, C., Nybo, L., & Flouris, A.D. (2021). Occupational Heat Stress: Multi-Country Observations and Interventions. *Int J Environ Res Public Health*, 18(12). <https://doi.org/10.3390/ijerph18126303>.
- Kjellstrom, T., Holmer, I., & Lemke, B. (2009). Workplace heat stress, health and productivity—an increasing challenge for low and middle-income countries during climate change [Article]. *Global Health Action*, 2(1), Article 2047. <https://doi.org/10.3402/gha.v2i0.2047>.
- Periard, J.D., Eijssvogels, T.M.H., & Daanen, H.A.M. (2021). Exercise under heat stress: thermoregulation, hydration, performance implications, and mitigation strategies. *Physiol Rev*, 101(4), 1873-1979. <https://doi.org/10.1152/physrev.00038.2020>.
- Smallcombe, J.W., Foster, J., Hodder, S.G., Jay, O., Flouris, A.D., & Havenith, G. (2022). Quantifying the impact of heat on human physical work capacity; part IV: interactions between work duration and heat stress severity. *Int J Biometeorol*, 66(12), 2463-2476. <https://doi.org/10.1007/s00484-022-02370-7>.

Over de auteur



Prof. dr. H.A.M. Daanen
Professor (environmental) exercise
physiology
Afdeling Bewegingswetenschappen
Vrije Universiteit Amsterdam



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.

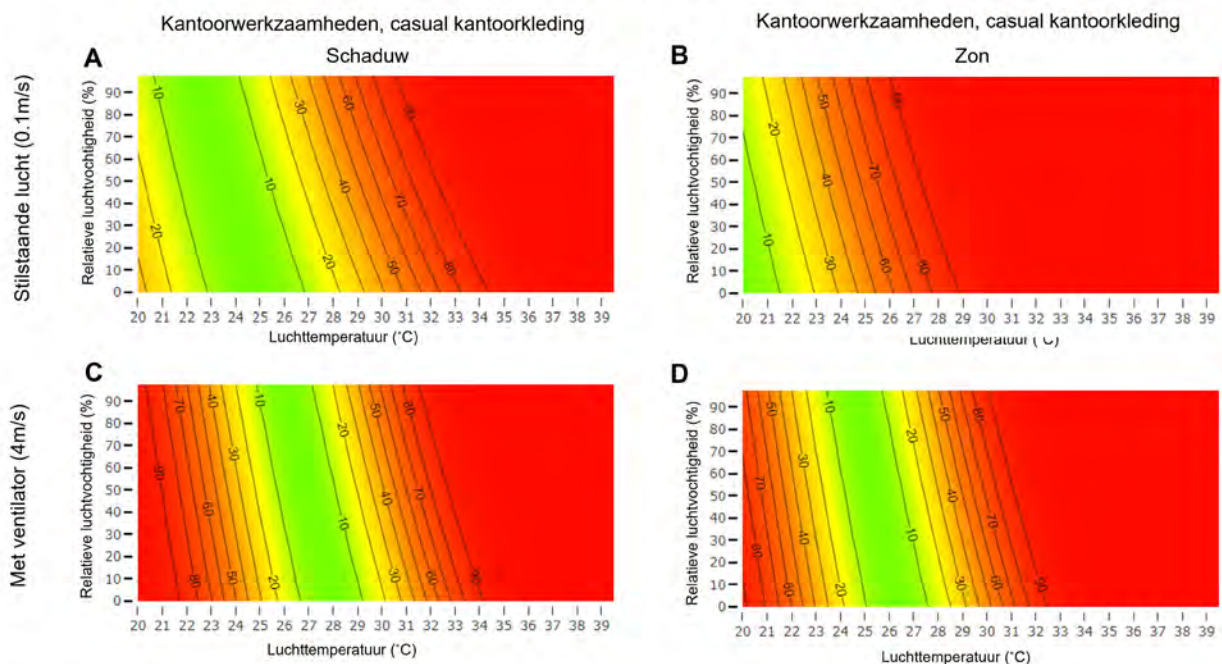
Veiligheid van een warme werkomgeving

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

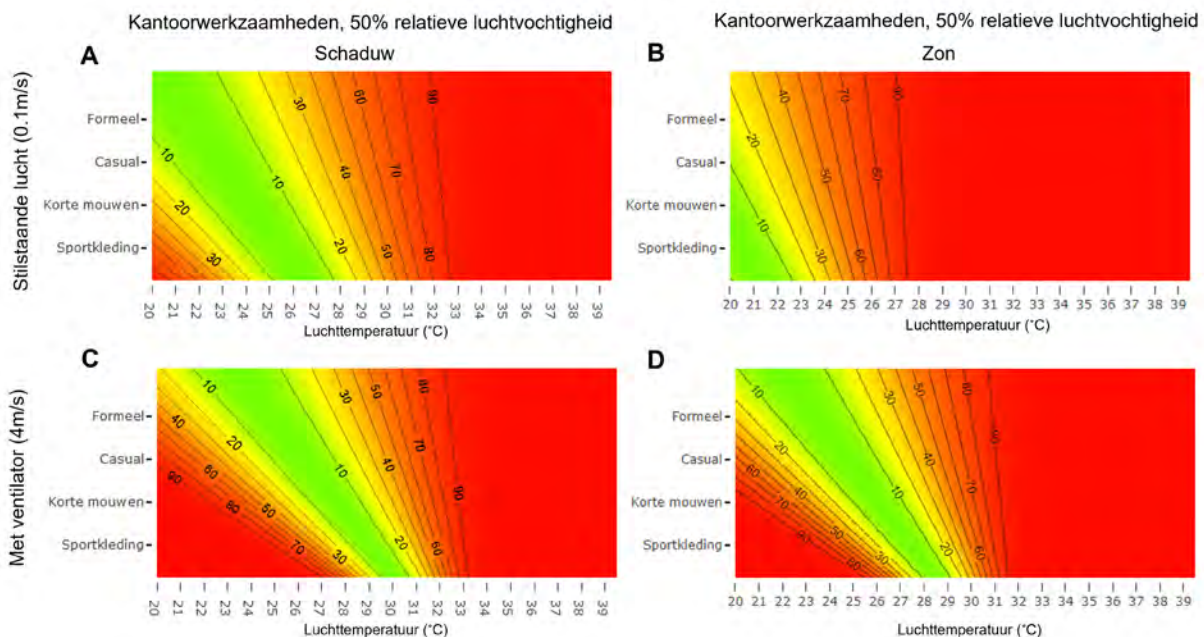
en de acclimatisatiestatus aan hitte. Figuur 3 toont hoe de DLE rectaal temperatuur afhangt van thermische omstandigheden bij iemand (80kg lichaamsgewicht, 1,80m lichaamslengte, niet geacclimatiseerd aan hitte) die 5km/u loopt in lichte werkkleding met een normaal ademend vermogen (dat wil zeggen normale 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 gezwet 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 gezwet wordt, zal dit als steeds meer belastend ervaren

worden. Daarnaast, als er niet genoeg gezwet 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.

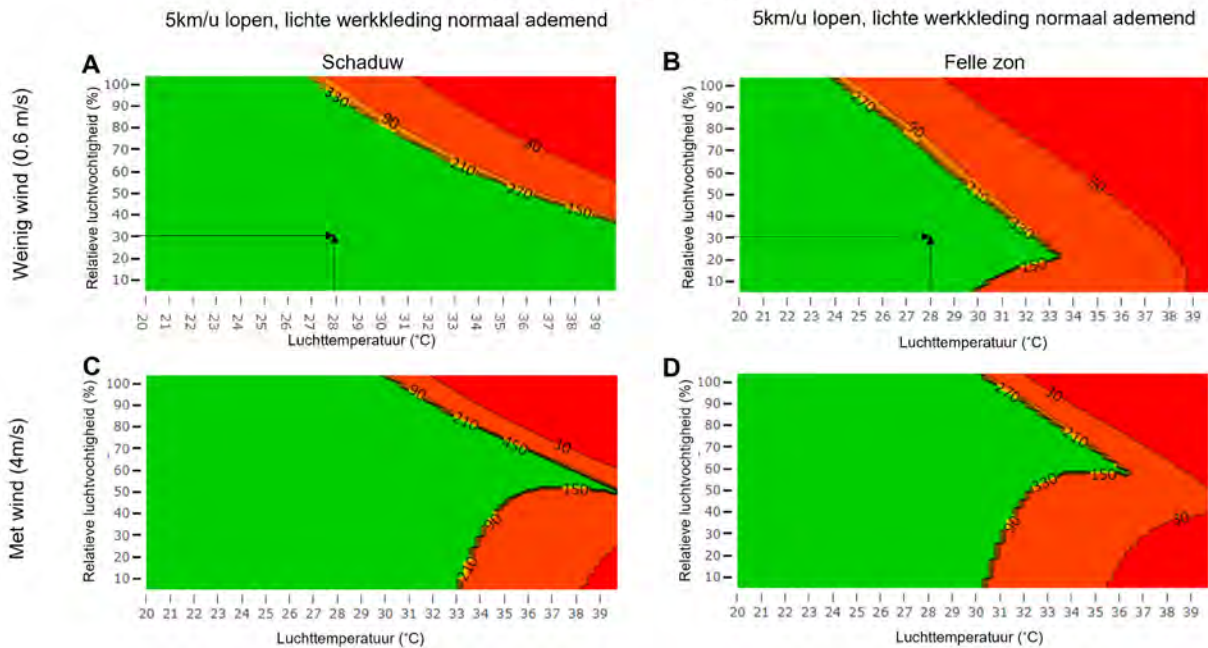
Er is een aanzienlijk verschil in het patroon van de DLE bij schaduw versus zon en bij weinig versus veel wind. Warmtestraling van de zon zorgt ervoor dat het lichaam minder goed de warmte aan de lucht kwijt kan. Daardoor schuift de groene zone naar koudere luchttemperaturen (3B versus 3A). Daarnaast kan er bij lage luchtvochtigheid en hoge luchttemperatuur ook niet genoeg gezwet 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** 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.

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.

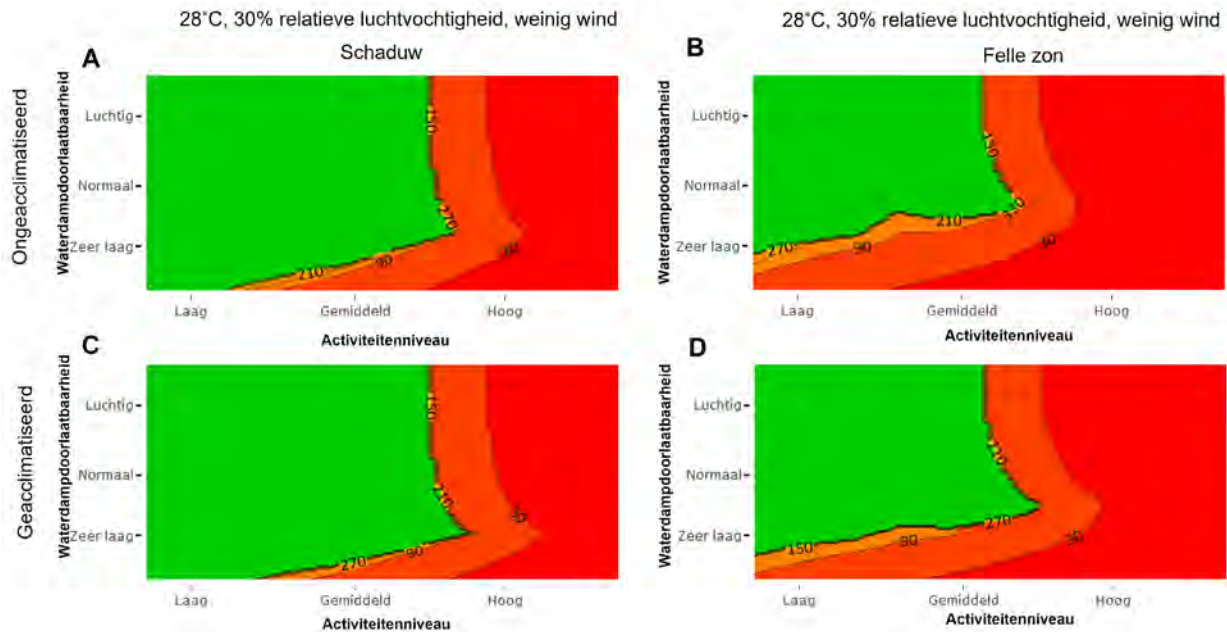
Toepassing en ontwikkeling van de huidige richtlijnen

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 scheidsrechtelijke rol 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

In het heetst van de strijd: hitteziekte bij defensie

Voorkómen, herkennen en behandelen

Langdurig hoge inspanningsintensiteit, beschermende kleding en een warme omgeving zijn kenmerken van militair werk die, in combinatie, kunnen leiden tot hitteziekte. Om nadelige gevolgen hiervan te voorkomen, moet zo veel mogelijk worden geprobeerd om een gedegen risico inschatting uit te voeren. Omdat er ook dan nog restrisico's bestaan, moeten alle militairen in staat zijn om verschijnselen van hitteziekte te herkennen. De hittemonitor is een instrument dat vroegtijdig kan waarschuwen als de lichaamskerntemperatuur te hoog wordt. Ernstige hitteziekte gaat gepaard met bewustzijnsvermindering en behoeft effectieve koeling. In de militaire context is koelen met een relatief beperkte hoeveelheid water mogelijk als gebruik wordt gemaakt van de TACO-methode.

Mark van Rijswick, Yannick de Korte en Lisa Klous

Niet zelden spelen omgevingsfactoren mee in het bepalen van de uitkomst van een gewapend conflict. In de eerste eeuw voor Christus is het Romeinse leger gedecimeerd door hitteziekte in toenmalig Arabië. Later zijn kruistochtridders bezweken in de hitte tijdens hun strijd in het Midden-Oosten en ook Napoleon heeft ernstige hitte-gerelateerde verliezen geleden bij zijn expeditie in Egypte in 1789 (Steinman, 1987).

Inmiddels is er veel bekend is over de pathofysiologische processen die tot hitteziekte leiden. Echter, de aard van het militaire werk blijft predisponerend. De hoge snelheid van het moderne oorlogstheater, de zware last van beschermende uitrusting, moderne wapensystemen en de ouder wordende militair zijn uitdagingen in het beheersen van hittestress (Sawka et al., 2013). Daarnaast heeft de militair niet altijd de mogelijkheid om zelf zijn tenue of rustmomenten te kiezen. Vooral in militaire opleidingen wordt de rekrut tijdens sommige oefeningen of 'vormingsmomenten' aangespoord om langdurig door te zetten. In de zomer van 2016 is de militair in opleiding Kelvin Bosman tragisch overleden aan de gevolgen van hitteziekte. Zijn dood was mogelijk te voorkomen geweest, als zijn symptomen eerder waren herkend en behandeld. Dit heeft geleid tot een verbeterplan om hitteziekte zo veel mogelijk te voorkomen, vroegtijdig te herkennen en effectief te behandelen.

De militair is een mens als ieder ander. De warmtebalans is ook op hem of haar van toepassing: metabole warmteproductie door lichamelijke arbeid moet in evenwicht zijn met warmteafgifte aan de omgeving. Een hoge

warmteproductie en slechte warmteafgifte door bedekkende kleding en persoonlijke beschermingsmiddelen leiden tot een positieve warmtebalans. Hierdoor stijgt de lichaamskerntemperatuur. Als dit tot symptomen leidt, spreken we van hitteziekte. Bij ernstige hitteziekte is de lichaamskerntemperatuur dan veelal 40-40.5 °C (Demartini et al., 2015; Hadad et al., 2004). In de praktijk is hitteziekte een dynamisch proces met symptomen als misselijkheid, hoofdpijn, diarree, zwalken en soms verandering in bewustzijn al voordat de lichaamskerntemperatuur deze waarde bereikt. Het is bekend dat hoe langer een individu een lichaamskerntemperatuur boven 40 °C heeft, hoe lager de kans op overleven is (McDermott et al., 2009).

Het militaire werk is uniek in de duur waarop de positieve warmtebalans soms moet worden voortgezet en is daarom berucht voor het optreden van hitteziekte. Voor militairen is er veelal sprake van (groeps)druk om een opleiding af te ronden en moet worden gedaan wat er wordt opgedragen. Tijdens inzet (veelal in het buitenland) kan stoppen van de activiteit of verwijderen van beschermende uitrusting tot onveilige situaties leiden (afbeelding 1). Het is daarom belangrijk dat er een betrouwbare manier is om te beoordelen of een geplande activiteit tot gevaarlijke hittestress leidt.

Voorkómen van hitteziekte

Om gevaarlijke hittestress te vermijden, moet een risicoanalyse uitgevoerd worden. Deze risicoanalyse bevat de belangrijke parameters die van invloed zijn op de warmtebalans.



Afbeelding 1. Defensie traint periodiek in de tropische omstandigheden van Suriname. Tijdens een daadwerkelijke gevechtshandeling kan de intensiteit van inspanning niet worden verminderd. Het verwijderen van beschermende kleding is evenmin een optie.

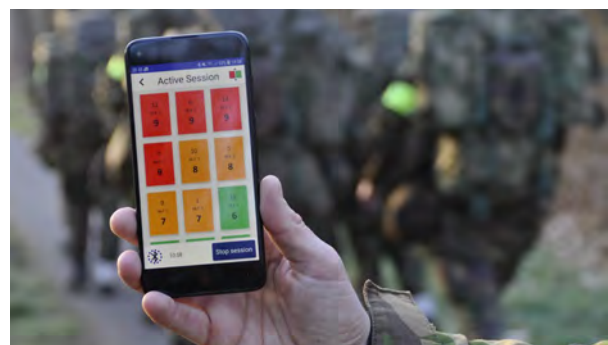
- **WBGT-index.** De warmtebelasting uit de omgeving wordt vaak gekwantificeerd met behulp van de Wet Bulb Globe Temperature Index (WBGT)(MINARD, 1961). Deze index geeft een gecombineerde temperatuur van een reguliere droge thermometer, een natte thermometer en een zwarte bol. Zo wordt een eventueel verkoelend effect van evaporatie en een verwarmend effect van radiatie meegenomen in het kwantificeren van de warmtebelasting van de omgeving. In 2020 heeft Defensie mobiele WBGT-meters opgenomen in het arsenaal om deze ook tijdens activiteiten bij veranderende omstandigheden te kunnen meten. Daarnaast heeft de meteorologische dienst van Defensie (Joint Meteo Group) een website gelanceerd die de WBGT-index vijf dagen vooruit kan voorspellen en door commandanten in de planning van activiteiten gebruikt kan worden.
- **Inspanningsintensiteit.** De metabole warmteproductie kan worden ingeschat vanuit de intensiteit van activiteit. Statisch bewaken is een lichte activiteit en speedmarsen (snel verplaatsen te voet, veelal met rugzak) is een zware activiteit.
- **Tenuë.** In hoeverre men in staat is om de geproduceerde warmte weer af te staan, is naast de klimatologische omstandigheden ook sterk afhankelijk van het gekozen tenue. Een bedekkend tenue kan hetzelfde effect hebben als een warme omgeving.

Om tot een goede risicoschatting van de te verwachte hittestress te komen met behulp van deze drie parameters heeft de Science and Technology Organization van de NATO in 2013 een artikel opgesteld dat enkele tabellen presenteert om hierin te ondersteunen. Zij geven veilige werk- en rusttijden aan bij een gestelde WBGT-index en inspanningsintensiteit. De keuze van het tenue en de acclimatisatiestatus geven een correctiefactor die bij de WBGT-index opgeteld moet worden om tot een goede risicoschatting te komen.

In 2020 heeft het Ministerie van Defensie van Nederland deze tabellen als uitgangspunt gebruikt en verwerkt in een applicatie op beveiligde defensietelefoons. De gebruiker wordt gevraagd een WBGT-meting te verrichten, een tenue te kiezen uit drie mogelijkheden en een acclimatisatiestatus in te vullen. De applicatie presenteert dan veilig veronderstelde werk- en rusttijden op vijf verschillende intensiteiten van inspanning. Bij iedere intensiteit staan praktische voorbeelden van militaire werkzaamheden, van statisch bewaken (intensiteit 1) tot het verplaatsen te voet met een rugzak over heuvelachtig terrein (intensiteit 5).

Herkennen van hitteziekte

Een risicoschatting houdt (vooralsnog) geen rekening met persoonsgebonden variabelen. Het is daarom zeer goed mogelijk dat er binnen een groep een variatie bestaat in de belastbaarheid in de warmte. Optreden van hitteziekte kan dus nog niet uitgesloten worden aan de hand van zo'n risicoschatting. Het is daarom belangrijk symptomen van hitteziekte zo vroeg mogelijk te kunnen herkennen. Hoewel alle militairen in hun basisopleiding getraind worden om verschijnselen van hitteziekte bij zichzelf te herkennen, worden deze verschijnselen niet zelden bewust of onbewust genegeerd. Een jonge militair die net in dienst is getreden en nog in opleiding zit, kan zich bijvoorbeeld bezwaard voelen om aan te geven dat hij of zij fysieke klachten ervaart (O'Connor et al., 2020). Om hitteziekte in deze groep toch vroegtijdig te herkennen, bestaat de behoefte de lichaamskerntemperatuur inzichtelijk te maken. Er zijn meerdere betrouwbare manieren om de lichaamskerntemperatuur te bepalen. De meeste zijn echter niet toepasbaar tijdens ambulante militaire activiteiten. De thermometers die praktisch zijn (oorthermometer of temperatuurcapsule) zijn niet bruikbaar door respectievelijk onbetrouwbaarheid of vanuit kostenoverwegingen. Vanuit deze beperkingen is de 'hittemonitor' ontwikkeld. Deze hittemonitor (afbeelding 2) maakt een schatting van de lichaamskerntemperatuur op basis van opvolgende hartslagen en kan hiermee helpen het onderscheid te maken tussen hitteziekte en andere redenen voor



Afbeelding 2. Een leidinggevende is in staat om de warmtebelasting vanaf afstand te beoordelen met behulp van de 'Hittemonitor'. De warmtebelasting wordt snel inzichtelijk gemaakt met behulp van 'stoplicht'-kleuren.

onwelwording, zoals uitputting. Het algoritme achter deze methode is in 2013 ontwikkeld door een onderzoeksinstituut van het Amerikaanse leger (USARIEM) (Buller et al., 2013). De Nederlandse krijgsmacht heeft dit algoritme gebruikt om met een civiele partner (EVALAN) een device te ontwikkelen dat in staat is om met acceptabele betrouwbaarheid de lichaamskerntemperatuur van militairen van afstand door te geven aan leidinggevendenden. De leidinggevende kan dan bij afwezigheid van uiterlijk zichtbare symptomen van hitteziekte toch besluiten om maatregelen te nemen om de warmtebelasting te verminderen.

Behandelen van hitteziekte

Ondanks dat er maatregelen bestaan om hitteziekte te voorkomen kan het helaas nog steeds optreden. Echter, als symptomen snel worden herkend en er adequaat wordt gehandeld, kunnen fysieke problemen wel worden beperkt in zowel de ernst als de duur ervan.

De enige juiste behandeling van hitteziekte is het zo efficiënt mogelijk afkoelen van het slachtoffer. Onderdompeling in koud water is de beste behandelingsmethode bij hitteziekte (Casa et al., 2007; Demartini et al., 2015; Hadad et al., 2004). Dit komt enerzijds omdat een groot lichaamsoppervlak gekoeld wordt. Anderzijds kent water een relatief grote koelcapaciteit, vergeleken met lucht (Butts et al., 2016; Butts et al., 2017; Tipton & Wooler, 2016). Om die reden wordt de laatste jaren op grote sportevenementen gezorgd voor mogelijkheden tot onderdompeling in koud water. Op verschillende punten langs het parcours van bijvoorbeeld een marathon worden baden neergezet die door de organisatie met koud water worden gevuld (Bongers et al., 2021). Het koelen moet gestopt worden bij een lichaamskerntemperatuur van 38,6 °C om een eventuele onderkoeling te voorkomen (Gagnon et al., 2010). Ook bij defensie zijn richtlijnen veranderd om koelen op te nemen in de standaardbehandeling voor hitteziekte. Iedere militair krijgt inmiddels les in de behandeling van hitteziekte (Handboek Hitteziekte, 2020). Als de lichaamskerntemperatuur niet is bepaald of er geen hittemonitor is gebruikt, wordt er bij grote warmtebelasting ook bij twijfel toch gehandeld alsof er hitteziekte is.

Er wordt dan wel onderscheid gemaakt tussen 'milde' en 'ernstige' hitteziekte. Milde hitteziekte is uiterlijk eigenlijk niet goed te onderscheiden van extreme vermoeidheid of uitputting. In ieder geval mag er dan geen sprake van bewustzijnsverandering zijn. Omdat in deze situatie hitteziekte nog niet is bewezen, wordt een soort 'time-out' geadviseerd, waarbij het slachtoffer deels ontkleed in de schaduw en wind moet rusten en de rest van de groep ook een extra pauze krijgt. Op dat moment moet worden beoordeeld of het slachtoffer weer snel opknapt door de rust, of dat hij wellicht verslechtert. Als er geen verbetering plaatsvindt, moet het slachtoffer afgevoerd worden via de medische keten en worden beoordeeld door een



Afbeelding 3. Defensie heeft samen met de Vrije Universiteit onderzocht welke koelmethode effectief en haalbaar zijn om in een militaire situatie in te zetten. Tien militairen hebben ingespannen in een klimaatkamer totdat hun rectale temperatuur 39,5°C was. Hierna zijn ze onder andere gekoeld door onderdompeling in een bad gevuld met 80 liter relatief warm water (TACO). Deze methode lijkt haalbaar en voldoende effectief om hitteziekte te behandelen in een militaire context.

arts. In het onverhoopte geval van verslechtering escaleert de behandeling. We veronderstellen dan dat het slachtoffer een 'ernstige' hitteziekte heeft.

Bij veronderstelde 'ernstige' hitteziekte is er sprake van bewustzijnsverandering. Dit kan bewusteloosheid zijn, maar ook afwijkend gedrag of verwardheid. In dat geval moet direct gestart te worden met zo effectief mogelijk koelen. Bij voorkeur door middel van onderdompeling in veel koud water. In alle gevallen gaat effectief koelen vóór het transporteren van het slachtoffer.

Helaas is het bij veel militaire activiteiten niet haalbaar om baden neer te zetten en in lang niet alle gevallen zijn grote hoeveelheden gekoeld water op korte afstand beschikbaar. In een recente studie uitgevoerd door Defensie in samenwerking met de Vrije Universiteit Amsterdam is daarom gekeken naar de effectiviteit van koelmethode die wellicht wel haalbaar zijn in een militaire context (afbeelding 3). Drie methoden die variëren in de hoeveelheid water die benodigd is, zijn met elkaar vergeleken (Klous et al., 2022):

- *Ventilatie over het hele lichaam.* Dit kan te velde bereikt worden door te wapperen met een handdoek of een kledingstuk. Hierbij wordt het individu eerst ontkleed tot op de onderbroek.
- *Ventilatie met een nat T-shirt.* Opnieuw eerst ontkleden tot de onderbroek. Vervolgens wordt dezelfde ventilatie toegepast maar dan terwijl het gedragen T-shirt volledig verzadigd is met water uit een veldfles (250 ml op 27°C).

- *Tarp Assisted Cooling using Oscillations (TACO)*. Hierbij wordt het individu uitgekleeft tot op de onderbroek en in een zeil gelegd (~2x1 m). In het zeil met het individu wordt 80 liter water van 27°C gegoten. Het hoofd van het individu is te allen tijde boven water. Vervolgens wordt door vier andere individuen het zeil heen en weer geschommeld (5 minuten op – 1 minuut af). De beweging van het water zorgt naast conductie ook voor warmteafgifte via convectie. De TACO-methode is al eerder geëvalueerd en effectief bevonden, hierbij werd echter gebruik gemaakt van grote hoeveelheden (136-151 liter) koud water (2-9°C) wat erg onrealistisch is te veldde (Hosokawa et al., 2017; Luhning et al., 2016). In dit onderzoek is daarom gekeken naar TACO met relatief warm water, dat veelal wel beschikbaar is in grotere hoeveelheden. Het zeil zou wel moeten worden toegevoegd aan de standaarduitrusting van één militair per eenheid.

De effectiviteit van de drie koelmethodes werd uitgedrukt in snelheid van daling in lichaamstemperatuur. Uit dit onderzoek bleek dat ventilatie en ventilatie met een nat T-shirt beiden als onacceptabel beschouwd konden worden. De lichaamstemperatuur daalde onvoldoende snel. Daarentegen werd gevonden dat de TACO met relatief warm water een acceptabele koelmethode zou zijn (Klous et al., 2022).

Referenties

Bongers, C., Peters, V., Fonville, J., & Hopman, M. (2021). Treatment of Exertional Heatstroke Using Ice Baths During Dutch Running Events. In (Vol. 4, pp. 19-26). *Endurance and Sports Medicine*.
Bongers, C.C., Hopman, M.T., & Eijsvogels, T.M. (2017). Cooling interventions for athletes: An overview of effectiveness, physiological mechanisms, and practical considerations. *Temperature (Austin)*, 4(1), 60-78. <https://doi.org/10.1080/23328940.2016.1277003>.
Bongers, C.C. W.G., de Korte, J.Q., Zwartkruis, M., Levels, K., Kingma, B.R.M., & Eijsvogels, T.M.H. (2022). Heat Strain and Use of Heat Mitigation Strategies among COVID-19 Healthcare Workers Wearing Personal Protective Equipment-A Retrospective Study. *Int J Environ Res Public Health*, 19(3). <https://doi.org/10.3390/ijerph19031905>.
Buller, M.J., Tharion, W.J., Chevront, S. N., Montain, S.J., Kenefick, R.W., Castellani, J., Hoyt, R.W. (2013). Estimation of human core temperature from sequential heart rate observations. *Physiol Meas*, 34(7), 781-798. <https://doi.org/10.1088/0967-3334/34/7/781>.
Butts, C.L., McDermott, B.P., Buening, B.J., Bonacci, J.A., Ganio, M.S., Adams, J.D., Kavouras, S.A. (2016). Physiologic and Perceptual Responses to Cold-Shower Cooling After Exercise-Induced Hyperthermia. *J Athl Train*, 51(3), 252-257. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-51.4.01>.
Butts, C.L., Spisla, D.L., Adams, J.D., Smith, C.R., Paulsen, K.M., Caldwell, A.R., McDermott, B.P. (2017). Effectiveness of Ice-Sheet Cooling Following Exertional Hyperthermia. *Mil Med*, 182(9), e1951-e1957. <https://doi.org/10.7205/MILMED-D-17-00057>.
Casa, D.J., McDermott, B.P., Lee, E.C., Yeargin, S.W., Armstrong, L.E., & Maresh, C.M. (2007). Cold water immersion: the gold standard for exertional heatstroke treatment. *Exerc Sport Sci Rev*, 35(3), 141-149. <https://doi.org/10.1097/jes.0b013e3180a02bec>.
de Korte, J.Q., Bongers, C.C.W.G., Catoire, M., Kingma, B.R.M., & Eijsvogels, T.M.H. (2022). Cooling vests alleviate perceptual heat strain perceived by COVID-19 nurses. *Temperature (Austin)*, 9(1), 103-113. <https://doi.org/10.1080/23328940.2020.1868386>.
Demartini, J.K., Casa, D.J., Stearns, R., Belval, L., Crago, A., Davis, R., & Jardine, J. (2015). Effectiveness of cold water immersion in the

treatment of exertional heat stroke at the Falmouth Road Race. *Med Sci Sports Exerc*, 47(2), 240-245. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000409>.

Gagnon, D., Lemire, B.B., Casa, D.J., & Kenny, G.P. (2010). Cold-water immersion and the treatment of hyperthermia: using 38.6°C as a safe rectal temperature cooling limit. *J Athl Train*, 45(5), 439-444. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-45.5.439>.

Hadad, E., Moran, D.S., & Epstein, Y. (2004). Cooling heat stroke patients by available field measures. *Intensive Care Med*, 30(2), 338. <https://doi.org/10.1007/s00134-003-2084-5>.

Handboek Hittenziekte (2020). In *Doctrinpublicatie MHC*.

Hosokawa, Y., Adams, W.M., Belval, L.N., Vandermark, L.W., & Casa, D.J. (2017). Tarp-Assisted Cooling as a Method of Whole-Body Cooling in Hyperthermic Individuals. *Ann Emerg Med*, 69(3), 347-352. <https://doi.org/10.1016/j.annemergmed.2016.08.428>.

Klous, L., van Diemen, F., Ruijs, S., Gerrett, N., Daanen, H., de Weerd, M., Levels, K. (2022). Efficiency of three cooling methods for hyperthermic military personnel linked to water availability. *Appl Ergon*, 102, 103700. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2022.103700>.

Luhning, K.E., Butts, C.L., Smith, C.R., Bonacci, J.A., Ylanan, R.C., Ganio, M.S., & McDermott, B.P. (2016). Cooling Effectiveness of a Modified Cold-Water Immersion Method After Exercise-Induced Hyperthermia. *J Athl Train*, 51(11), 946-951. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-51.12.07>.

McDermott, B.P., Casa, D.J., Ganio, M.S., Lopez, R.M., Yeargin, S.W., Armstrong, L.E., & Maresh, C.M. (2009). Acute whole-body cooling for exercise-induced hyperthermia: a systematic review. *J Athl Train*, 44(1), 84-93. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-44.1.84>.

MINARD, D. (1961). Prevention of heat casualties in Marine Corps recruits. Period of 1955-60, with comparative incidence rates and climatic heat stresses in other training categories. *Mil Med*, 126, 261-272.

O'Connor, F.G., Grunberg, N.E., Harp, J.B., & Duster, P.A. (2020). Exertion-Related Illness: The Critical Roles of Leadership and Followership. *Curr Sports Med Rep*, 19(1), 35-39. <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000673>.

Sawka, M., Carton, C., Oopik, V., Rintamaki, H., Bourdon, L., Glitz, K.J., O'Brien, K. (2013). Management of Heat and Cold stress.

Steinman, A.M. (1987). Adverse effects of heat and cold on military operations: history and current solutions. *Mil Med*, 152(8), 389-392.

Tipton, M., & Wooller, A. (2016). The science of beach lifeguarding. In: CRC Press.

Over de auteurs



M.H. van Rijswijk, Lkol
Sportarts
TGTF
mh.v.rijswijk.01@mindef.nl



J.Q. de Korte, MS
Onderzoeker bij Radboudumc
Specialist bij Kenniscentrum Sport & Beweging
yannick.dekorte@kenniscentrumsportenbewegen.nl



Dr. L. Klous
Onderzoeker
TNO Soesterberg
lisa.klous@tno.nl

Hittestress in de recente praktijk

Hittestress in COVID-19-zorg

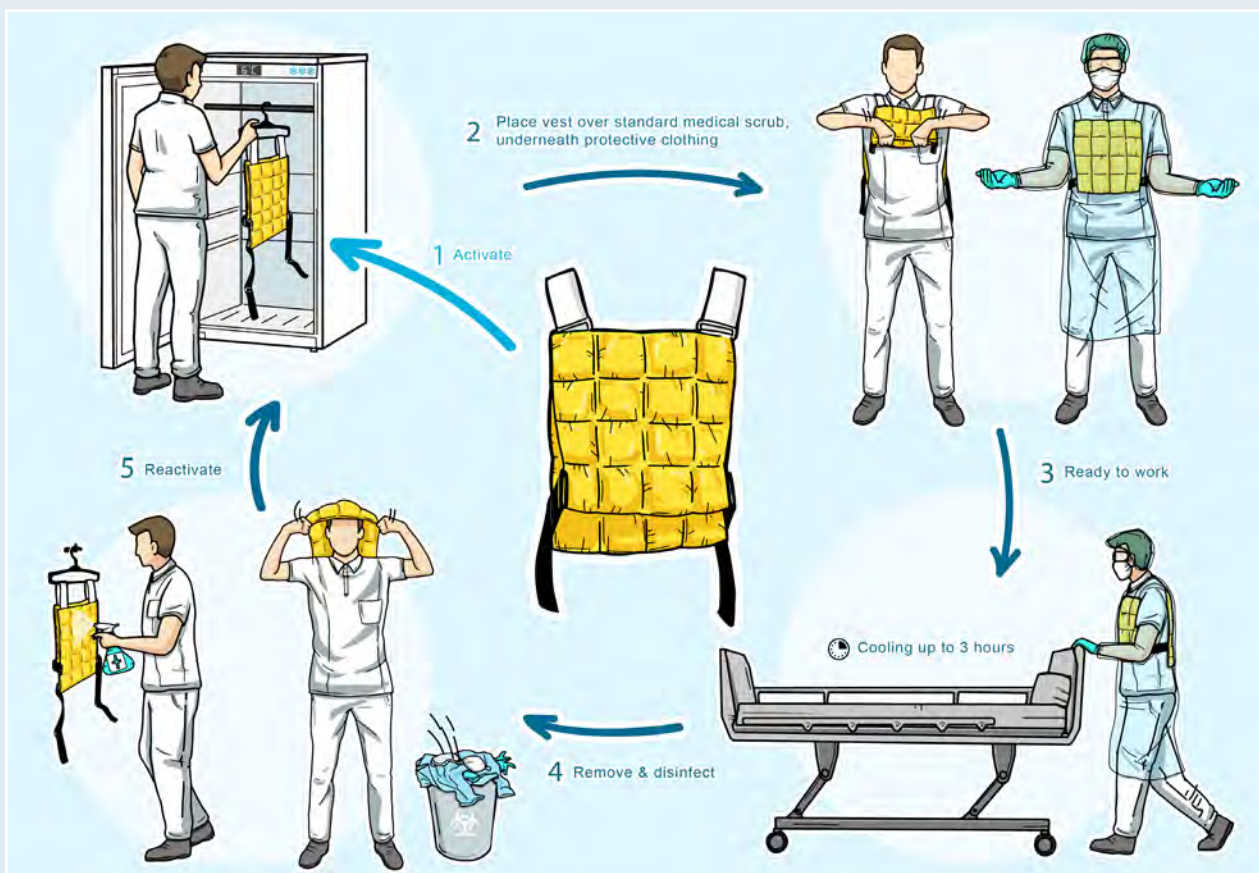
Hittestress op de werkvloer beperkt zich niet tot militairen die onder hoge druk in veelal uitdagende klimatologische omstandigheden fysieke inspanning moeten leveren. Ten tijde van de uitbraak van het zeer besmettelijke SARS-CoV-2-virus, dat de ziekte COVID-19 veroorzaakt, moesten van de een op andere dag grote aantallen zorgmedewerkers persoonlijke beschermingsmiddelen gaan gebruiken om hun medische taken veilig uit te kunnen voeren. Al snel bleek dat het werken in deze beschermende kleding, die niet of nauwelijks ventileert, resulteert in een aanzienlijke verhoging van de thermische belasting (Bongers et al., 2022). Zo bleek dat de omgevingstemperatuur onder de beschermende kleding bij COVID-19-zorgpersoneel hoog oploopt, gemiddeld tot zo'n 32 graden (de Korte et al., 2022) en dat zorgpersoneel dat moet werken in beschermende kleding 25 keer vaker dorst, thermisch ongemak, overmatig zweten, vermoeidheid, hoofdpijn en kortademigheid ervaart (Bongers et al., 2022).

In veel situaties (zoals bijvoorbeeld in de sport) zijn koelvesten geschikt om hittestress te verminderen doordat ze effectief en relatief gemakkelijk toepasbaar zijn (Bongers et al., 2017). In het COOLVID-project, uitgevoerd door het Radboudumc, is daarom onderzocht of met de inzet van een koelvest, dat onder de beschermende kleding wordt gedragen, hittestress bij COVID-19-zorgpersoneel kan worden verminderd. Uit de wetenschappelijke evaluatie bleek dat zorgpersoneel met een koelvest inderdaad minder hittestress ervaart tijdens hun werkzaamheden en medewerkers daardoor prettiger en comfortabeler hun

werkzaamheden kunnen uitvoeren. Zonder koelvest ervaart bijna 90% van de verpleegkundigen thermisch ongemak en warmte; met koelvest daalt dit percentage naar 20-30%. De verbeterde perceptuele belasting heeft daarnaast mogelijk nog extra voordelen, zoals verbeterde besluitvorming, productiviteit en werktolerantietijden. Om inzichtelijk te maken hoe een koelvest geïmplementeerd en gebruikt kan worden door zorgpersoneel tijdens uitbraken van infectieziekten, is een infographic opgesteld (afbeelding 4). De uitkomsten en praktische adviezen voortkomend uit het COOLVID-project hebben ertoe geleid dat koelvesten inmiddels inzetbaar zijn op verschillende COVID-afdelingen in Nederland.

Vertaling naar andere beroepen

Het COOLVID-project is een goed voorbeeld van toegepast onderzoek waarin concepten en oplossingen uit de ene setting (dat wil zeggen sport setting) worden vertaald en effectief worden geïmplementeerd in een andere setting (dat wil zeggen de medische COVID-19 setting). Een soortgelijke vertaling is ook goed mogelijk naar andere beroepen waar hittestress de gezondheid, veiligheid en productiviteit van werknemers negatief beïnvloedt. Voor de effectieve implementatie van een koelstrategie is het daarbij belangrijk om te kijken naar (1) (kosten)effectiviteit, (2) haalbaarheid (bijvoorbeeld gebruiksvriendelijkheid en schaalbaarheid), (3) duurzaamheid, en (4) input van eindgebruikers (bijvoorbeeld praktische overwegingen en specifieke behoeften).



Schematisch overzicht met praktische aanbevelingen voor het implementeren, activeren en gebruiken van een koelvest door zorgpersoneel tijdens uitbraken van infectieziekten zoals de COVID-19-pandemie.