Nederlands
Instituut
Publieke
Veiligheid

# Hittegerelateerde aandoeningen bij de brandweer



Nederlandse Academie voor
Crisisbeheersing en Brandweerzorg
Postbus 7010
6801 HA  Arnhem
Kemperbergerweg 783, Arnhem
www.nipv.nl
info@nipv.nl
026 355 24 00

## Colofon

Ondanks de aan de samenstelling van de tekst bestede zorg kan de samensteller geen aansprakelijkheid aanvaarden voor schade ontstaan door eventuele fouten c.q. onvolkomenheden in dit kennisdocument.

Om deze publicatie te kunnen blijven ontwikkelen en verbeteren, ontvangen wij graag commentaar en suggesties ter verbetering. Vragen of opmerkingen kunt u sturen naar info@nipv.nl, onder vermelding van Kennisdocument Hittegerelateerde aandoeningen bij de brandweer.

© Nederlands Instituut Publieke Veiligheid (NIPV), 2026

| | |
|---|---|
| Auteur(s) | Lyda Kistemaker, Mark van Rijswick (TGTF) |
| Contactpersoon | Lyda Kistemaker |
| Datum | 25 november 2026 |
| Status | Definitief |
| Versie | 2.0 |
| Foto cover | Shutterstock |

Wij hechten veel belang aan kennisdeling. Delen uit deze publicatie mogen dan ook worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding.

Het Nederlands Instituut Publieke Veiligheid is bij wet vastgelegd onder de naam Instituut Fysieke Veiligheid.

# Inhoud


| | | |
|---|---|---|
| | **Voorwoord** | **4** |
| | **Inleiding** | **5** |
| **1** | **Repressief brandweerpersoneel** | **8** |
| 1.1 | Inleiding | 8 |
| 1.2 | Wat is een hittegerelateerde aandoening? | 8 |
| 1.3 | Risicofactoren | 10 |
| 1.4 | Drinkbeleid ter preventie van een hittegerelateerde aandoening | 15 |
| 1.5 | Symptomen van een hittegerelateerde aandoening | 17 |
| 1.6 | Behandeling van een hittegerelateerde aandoening | 20 |
| **2** | **Leidinggevenden** | **23** |
| 2.1 | Inleiding | 23 |
| 2.2 | Risicoanalyse | 23 |
| 2.3 | Acclimatisatie | 25 |
| 2.4 | ARMOR-hittemonitor | 28 |
| 2.5 | Weer aan het werk | 30 |
| **3** | **Medisch personeel** | **31** |
| 3.1 | Inleiding | 31 |
| 3.2 | Algemene concepten van thermoregulatie | 31 |
| 3.3 | Pathofysiologie | 32 |
| 3.4 | Risicofactoren | 34 |
| 3.5 | Classificatie van hittegerelateerde aandoeningen en differentiaaldiagnoses | 36 |
| 3.6 | Symptomen van een hittegerelateerde aandoening | 38 |
| 3.7 | Behandeling van een hittegerelateerde aandoening | 39 |
| 3.8 | Weer aan het werk | 43 |
| | **Bijlage 1 WBGT-index voor werk/rustverhouding** | **46** |
| | **Bijlage 2 Britse richtlijn WBGT** | **49** |
| | **Bijlage 3 NATO maximale werktijden** | **50** |
| | **Bijlage 4 Behandelschema algemeen personeel** | **51** |
| | **Bijlage 5 Risicoanalysetool** | **52** |
| | **Bijlage 6 Voorbeeld acclimatisatieprogramma** | **53** |
| | **Bijlage 7 Behandelschema medisch personeel** | **54** |
| | **Bijlage 8 Behandeling in een ziekenhuis** | **55** |
| | **Literatuurlijst** | **56** |

# Voorwoord

Brandweermensen hebben tijdens hun werkzaamheden regelmatig te maken met omstandigheden die hittestress kunnen veroorzaken, zowel tijdens een repressieve inzet als tijdens oefening en training. Deze omstandigheden zijn niet alleen van invloed op het prestatievermogen van brandweermensen, maar ook op hun gezondheid.

Kennis en vaardigheden in het voorkomen, herkennen en behandelen van hittegerelateerde aandoeningen met het gebruik van de juiste middelen is daarom van groot belang. Het vergroten van het veiligheidsbewustzijn ten aanzien van factoren die van invloed zijn op hittegerelateerde aandoeningen en het beperken van de risico's is daarbij een belangrijk onderdeel. Het voorliggende kennisdocument bevat informatie voor de leidinggevenden, repressief brandweerpersoneel en medisch personeel. Het document kan geraadpleegd worden bij de planning en uitvoering van activiteiten die gepaard gaan met fysieke belasting, beschermende kleding en uitrusting en/of warme omstandigheden.

Het NIPV richt zich op het verbeteren van de fysieke en mentale inzetbaarheid van brandweerpersoneel, waarbij de arbeidsomstandigheden een belangrijk thema zijn. Het NIPV geeft adviezen aan de brandweer op het gebied van de medische en fysiologische aspecten van inspanningsgebonden hitteaandoeningen. Dit kennisdocument is een actualisatie van een bestaande versie en is net als de eerdere versie tot stand gekomen op basis van het *Handboek hitteziekte* van Defensie en geeft achtergronden bij de handreiking *Omgaan met warmte en hitte*.

Ricardo Weewer
Lector Brandweerkunde

# Inleiding

## Aanleiding

Het optreden van de brandweer is vaak een combinatie van zware fysieke arbeid onder min of meer extreme omgevingsomstandigheden waarbij persoonlijke beschermingsmiddelen en beschermende kleding worden gedragen. Deze combinatie van factoren zorgt ervoor dat zowel externe hittebronnen als de geproduceerde metabole warmte een risico vormen op hittegerelateerde aandoeningen bij brandweerpersoneel. Hittegerelateerde aandoeningen komen voor bij de brandweer, maar het exacte aantal gevallen per jaar is onbekend.

In studies naar hittegerelateerde aandoeningen onder brandweerpersoneel in Zuid-Korea bleek dat ongeveer 75 % van de brandweermensen te maken heeft gehad met hitte-gerelateerde aandoeningen (Kim et al., 2019).

Hoewel er kennis over hittegerelateerde aandoeningen bij de brandweer in Nederland aanwezig is, is deze informatie niet altijd goed beschikbaar voor het brandweerveld. Het Nederland Instituut voor Publieke Veiligheid (NIPV) wil deze kennis verspreiden onder het brandweerpersoneel en doet dat door middel van lezingen en handreikingen, en met dit voorliggende kennisdocument. Voor deze herziene versie is gebruikgemaakt van het *Handboek Hitteziekten* van Defensie (Trainingsgeneeskunde en Trainingsfysiologie (TGTF), 2024) dat brandweerspecifiek is gemaakt.

## Doel en doelgroep van het kennisdocument

Hittegerelateerde aandoeningen zijn potentieel een arbeidsrisico voor onze brandweermensen. Daarom bestaat er al sinds 2019 een landelijke handreiking *Omgaan met warmte en hitte* (Brandweer Nederland, 2019). Ter ondersteuning aan de handreiking wordt er in dit kennisdocument beter toegelicht wat blootstelling aan warmte en hitte betekent. Het document bundelt daarmee de huidige stand van zaken op het gebied van blootstelling aan warmte en hitte binnen de brandweer. Het is globaal opgesplitst in drie delen, waarvoor bij elk een specifieke doelstelling is te onderscheiden.

1. *Repressief brandweerpersoneel*. Het document beoogt hen te informeren over de algemene kenmerken van hittegerelateerde aandoening, hoe ze te voorkomen en wat te doen als ze optreden.
2. *Leidinggevend brandweerpersoneel*. Het document beoogt hen een handreiking te bieden teneinde hun rol in het verzekeren van de veiligheid van het personeel adequaat te kunnen invullen.
3. *Medisch personeel*. Het document beoogt onafhankelijk opererend medisch personeel dat met hittegerelateerde aandoeningen bij de brandweer kan worden geconfronteerd, gespecialiseerde informatie te verschaffen, zodat zij hun rol goed kunnen invullen.

## Uitgangspunten van het kennisdocument

Het document is opgezet als achtergronddocument voor de eerdergenoemde doelgroepen. Het is een inhoudelijke verdieping van de handreiking *Omgaan met warmte en hitte*. Het gaat in op de fysiologische aspecten van optreden onder warme omstandigheden. Er is zoveel mogelijk geprobeerd om besluitvormingsprocessen te ondersteunen bij zowel planbare als niet-planbare activiteiten. De adviezen in dit kennisdocument zijn zowel bij opleidings- en trainingsactiviteiten als bij operationele activiteiten van toepassing.

De hoofdstukken 1, 2 en 3 richten zich op de drie doelgroepen: repressief brandweer-personeel, leidinggevend brandweerpersoneel en medisch personeel. Daarbij is hoofdstuk 2 (leidinggevend brandweerpersoneel) bedoeld als aanvulling op hoofdstuk 1 (repressief brandweerpersoneel) en kan niet als los hoofdstuk worden gelezen.

Hoewel geprobeerd is om zo praktisch mogelijk te zijn en toepasbaar te zijn in zo veel mogelijk specifieke brandweerscenario's, zijn er situaties denkbaar die niet (voldoende) aan bod komen. Inhoudelijke vragen en opmerkingen kunnen gericht worden aan NIPV (voor contactgegevens, zie het colofon), zodat deze meegenomen kunnen worden in toekomstige revisies.

## Wijzigingen ten opzichte van versie 1

De volgende wijzigingen zijn doorgevoerd ten opzichte van de eerste versie van dit kennisdocument:

> Hoofdstuk 1
> Paragraaf 1.2: 'Wat is een hitte gerelateerde aandoening?' is uitgebreid.
> Paragraaf 1.3.1: 'Hittekracht' is toegevoegd.
> Paragraaf 1.4.6: 'Oral Rehydration Salts (ORS)' is ingekort.
> Paragraaf 1.5.3: 'Behandeling' is geactualiseerd.

> Hoofdstuk 2
> Paragraaf 2.3: 'Acclimatisatie' is geactualiseerd.
> Paragraaf 2.4: '(ARMOR) hittemonitor' is toegevoegd.

> Hoofdstuk 3
> Paragraaf 3.7: 'Behandeling van een hittegerelateerde aandoening' is geactualiseerd.

> Bijlagen
> Bijlage 4: 'Behandelschema algemeen personeel' is geactualiseerd.

> Meerdere tekstuele wijzigingen ten behoeve van consistentie en leesbaarheid.

## Leeswijzer

Hoofdstuk 1 is geschreven voor repressief brandweerpersoneel. Het geeft handvatten voor het herkennen en voorkomen van hittegerelateerde aandoeningen. Tevens wordt ingegaan op de eerste hulp bij hittegerelateerde aandoeningen.

Hoofdstuk 2 is geschreven voor leidinggevend brandweerpersoneel. Het is aanvullend op hoofdstuk 1 en geeft vooral handvatten voor preventie en management van hittegerelateerde aandoeningen. Er wordt ook ingegaan op de verantwoordelijkheden van de leidinggevenden. Tevens wordt aandacht geschonken aan het onderwerp acclimatisatie.

Hoofdstuk 3 richt zich op medisch geschoold personeel. Het geeft een beknopt overzicht van de etiologie en (patho)fysiologie van hittegerelateerde aandoeningen en geeft een overzicht over de stand van zaken van behandeling en revalidatie.

De bijlagen bevatten tabellen en stroomschema's, die voor behandeling en herstel snel toegankelijk zijn.

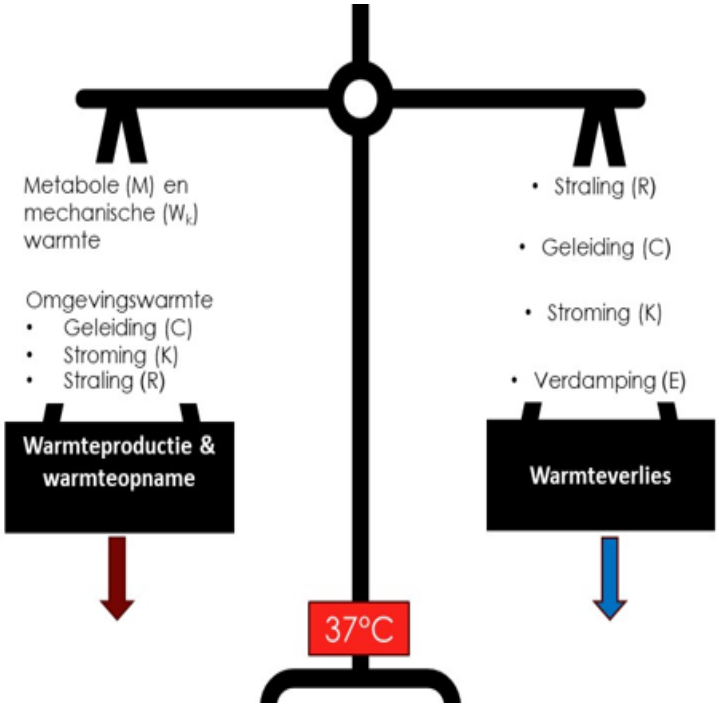
# 1 Repressief brandweerpersoneel

## 1.1 Inleiding

Als de omstandigheden op een ongunstige manier samenvallen, kan iedereen een vorm van een hittegerelateerde aandoening krijgen. Het is daarom belangrijk dat men kennis heeft van het ziektebeeld. Dit hoofdstuk zal ingaan op de achtergrond van hittegerelateerde aandoeningen en op preventieve maatregelen en behandelopties zoals deze van toepassing zijn voor al het repressief brandweerpersoneel.

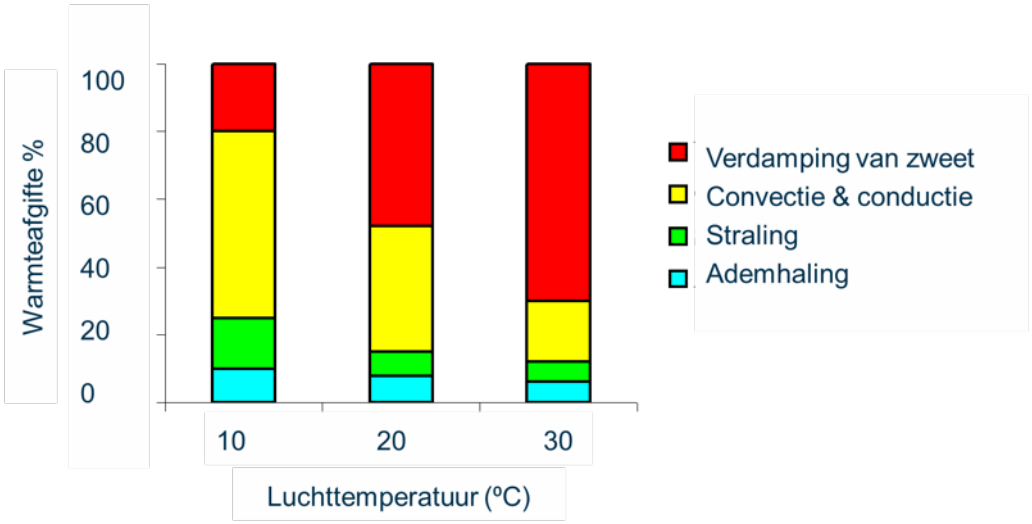
## 1.2 Wat is een hittegerelateerde aandoening?

Tijdens fysieke inspanning wordt warmte geproduceerd. Het lichaam beweegt relatief inefficiënt. Onder gunstige omstandigheden wordt slechts 20 % van alle energie in beweging omgezet. De overige 80 % komt vrij als warmte (Sawka et al., 1994). Het lichaam zal proberen warmte af te voeren en zodoende een evenwicht te bewaren in de 'warmtebalans' (Figuur 1.1). De warmtebalans wordt gedefinieerd als de warmteproductie en -opname vermindert met de warmteafgifte. Een positieve warmtebalans betekent dat het lichaam opwarmt. Het lichaam zal dit proberen tegen te gaan door te koelen.




**Figuur 1.1 Warmtebalans**

Er zijn meerdere mechanismen om warmte af te geven (Figuur 1.2), maar vooral bij hogere omgevingstemperaturen is verdamping (van zweet) het belangrijkste mechanisme om te koelen.




**Figuur 1.2 Warmteafgiftemechanismen bij verschillende luchttemperaturen**

Een persoon kan tot wel 1-3 l/uur zweten (Sawka et al., 2007). Iedere liter zweet die kan verdampen, onttrekt 2430 kJ energie aan het lichaam. In een ideale situatie kan iemand zo ongeveer 700 tot 2100 Watt koelen door transpiratie alleen. Tevens kan het lichaam koelen door straling (afgifte van warmtegolven), convectie (afgifte van warmte aan een gas of vloeistof) en conductie (directe warmteafgifte aan een aangelegen, koeler object). Het verdampen van zweet zorgt in ideale omstandigheden in een omgeving van 20 ºC voor 55 % van het koelvermogen van het lichaam. Convectie en conductie dragen 35 % bij. De overige 10 % van het koelend vermogen komt door straling en ademhaling (Gisolfi & Wenger, 1984). Wanneer het lichaam voldoende warmte kan afvoeren, zal de kerntemperatuur niet te ver stijgen. Een lichte stijging van de lichaamstemperatuur en het bereiken van een nieuw evenwicht is normaal en waarschijnlijk gunstig voor het prestatievermogen van het lichaam (denk hierbij aan een warming-up voorafgaand aan een fysieke (sport)inspanning). Men spreekt dan van compenseerbare warmtebelasting (Cramer et al., 2022; Cramer & Jay, 2016).

Door verschillende redenen kan het lichaam in een situatie komen waarbij de warmteafgifte ontoereikend is. Bij een luchtvochtigheid boven de 75 % kan zweet niet goed meer verdampen en bij een te hoge omgevingstemperatuur of gebrek aan wind werken de overige koelmechanismen ook onvoldoende. In combinatie met zware inspanning en het dragen van beschermende kleding en uitrusting, kan een situatie van oncompenseerbare warmte-belasting ontstaan, waarbij de kerntemperatuur van het lichaam gevaarlijk kan stijgen. Op dat moment ligt een hittegerelateerde aandoening op de loer (Cramer et al., 2022; Cramer & Jay, 2016).

Een hittegerelateerde aandoening bestaat uit een spectrum van symptomen. In dit document wordt een hittegerelateerde aandoening algemeen gedefinieerd als: ‘verminderd inzetbaar raken ten gevolge van een stijging van de kerntemperatuur’. In de brandweeromgeving ontstaan hittegerelateerde aandoeningen onder andere door een combinatie van extreme omstandigheden, (zware) inspanning en het gebruik van beschermende kleding en uitrusting

(Holmér, 2006; McLellan & Selkirk, 2006; Sandsund et al., 2024). Deze aandoeningen kunnen mild zijn (bijvoorbeeld duizeligheid, misselijkheid en braken), maar ook levensbedreigend (coma, orgaanschade). In de praktijk is het complex om in de acute situatie onderscheid te maken tussen uitdroging, zoutgebrek, gewone vermoeidheid of een potentieel levensgevaarlijke hittegerelateerde aandoening. De symptomen kunnen overlappen en tegelijk optreden (Bennett et al., 2020; Hemingway et al., 2025). Dit document geeft handvatten die helpen bij het maken van de juiste beslissing op het juiste moment.

Hoewel een hittegerelateerde aandoening meestal in een warme, vochtige omgeving optreedt, is dit niet zonder meer een voorwaarde voor het ontstaan (O'Connor et al., 2010). Een hittegerelateerde aandoening ontstaat namelijk relatief vaak in een gematigd klimaat (Ministry of Defence, 2019), waar individuen zware lichamelijke inspanning leveren en veel persoonlijke beschermingsmiddelen gebruiken.

De hoeveelheid warmte die het lichaam produceert, is afhankelijk van de inspannings-intensiteit. Het risico op een hittegerelateerde aandoening is in het algemeen het grootst tijdens activiteiten waarbij uitrusting of zware lasten worden gedragen, zoals het slepen met slangen in combinatie met het gebruik van adembeschermingsmiddelen (McLellan & Selkirk, 2006). Inspanning zonder extra last, zoals bijvoorbeeld intensief sporten, geeft ook een hoge warmtebelasting. Dit soort activiteiten duurt meestal minder lang en wordt in sporttenue uitgevoerd, waardoor de warmtebelasting vaak compenseerbaar blijft.

Als langdurig intensieve inspanning is gepland, moeten gepaste werk-rustverhoudingen worden gekozen om het lichaam voldoende kans te geven weer af te koelen. Rust moet bij voorkeur plaats vinden in een goed geventileerde omgeving, in de schaduw, waarbij men zich kan ontdoen van uitrusting (NFPA, 2022).

**Kernpunten**

> Het lichaam gaat oververhitting tegen door te koelen; 55 % van het koelvermogen bestaat uit verdamping van zweet. De overige 45 % bestaat uit convectie, conductie en straling en de ademhaling. Bij onvermogen om voldoende te koelen kan een hittegerelateerde aandoening optreden.

> De symptomen van een hittegerelateerde aandoening kunnen zowel mild zijn (bijvoorbeeld misselijkheid, spierzwakte) als levensbedreigend (bijvoorbeeld coma, orgaanschade).

## 1.3 Risicofactoren

Risicofactoren kunnen onderscheiden worden in drie groepen: *omgevingsgebonden*, *persoonsgebonden* en *groepsgebonden*. De omgevingsgebonden risicofactoren zijn vooral de klimatologische omstandigheden. De persoonsgebonden factoren zijn individueel bepaald en hebben te maken met persoonlijke aspecten die de hittetolerantie bepalen. De groepsgebonden factoren zijn risicofactoren die voor de hele groep gelden, zoals taken die men gezamenlijk moet uitvoeren. Het is lastig de omgevings- en groepsgebonden factoren uit elkaar te houden; vaak gaat het om een combinatie van beide. Hierbij spelen vooral de keuze van de persoonlijke bescherming en de intensiteit en duur van de inspanning een grote rol. Groepsdynamiek is hierbij essentieel, want de leden van een team willen zich onder elkaar niet laten kennen. Als het halen van een gezamenlijk doel van groot belang is, zal de intensiteit van inspanning wellicht onbedoeld ook hoger worden.

**Kernpunt**
Risicofactoren kunnen onderscheiden worden in omgevingsgebonden, persoonsgebonden en groepsgebonden risicofactoren.

### 1.3.1 Omgevingsgebonden risicofactoren en de WBGT-index

Omgevingsfactoren beïnvloeden de effectiviteit van het koelend vermogen van het lichaam. Zoals hierboven genoemd, koelt het lichaam voornamelijk door verdamping van zweet. De efficiëntie van dit systeem is afhankelijk van de temperatuur, luchtvochtigheid en windsnelheid. Bij een luchtvochtigheid van 75 % of hoger zal zweet niet meer goed kunnen verdampen (Ministry of Defence, 2019). De overige manieren waarop het lichaam kan afkoelen, zoals het direct afgeven van warmtestraling, worden ineffectief wanneer de omgevingstemperatuur boven die van het lichaam uitstijgt.

Omgevingsomstandigheden hebben een aandeel in de warmtebelasting en beïnvloeden de warmtebalans. Naast de omgevingstemperatuur beïnvloeden luchtvochtigheid, warmtestraling en wind het koelend vermogen van het lichaam. Al deze omgevingsfactoren zijn van belang om de externe warmtebelasting in te schatten. Om een completer beeld te krijgen van het risico dat de omgevingsfactoren met zich meebrengen, is de WBGT-index (Wet Bulb Globe Temperature-index) ontwikkeld (NEN-EN-ISO 7243, 2017).

De WBGT-index (ook wel WBGT-temperatuur genoemd) is een maat voor externe warmtebelasting die rekening houdt met de temperatuur, luchtvochtigheid, windsnelheid en stralingswarmte. Deze index wordt weliswaar uitgedrukt in ºC, maar staat dus niet gelijk aan de omgevings*temperatuur*. De WBGT-index kan helpen bij het aanpassen van de fysieke arbeid aan de omstandigheden (NEN-EN-ISO 7243, 2017; Sawka et al., 2013).

Vooralsnog moet de WBGT-index lokaal worden gemeten. De benodigde meetapparatuur is binnen de brandweer echter (nog) niet overal beschikbaar. Ook kan een verwachting voor de WBGT-index worden opgevraagd bij de verschillende nabijgelegen weerstations. Verder zijn er apps beschikbaar die in realtime de WBGT-waarden geven op basis van het dichtst bijgelegen weerstation.

De KNMI heeft de WBGT-index vertaalt naar een 0-10 hittekrachtschaal (Marghidan et al., 2026) en geeft in de KNMI-app de actuele hittekracht weer voor de geselecteerde locatie (Tabel 1.1).

De WBGT-index moet altijd met gezond verstand worden beschouwd: hij kan immers snel variëren, afhankelijk van lokale factoren. Een WBGT die bepaald is onder een schaduw gevend bladerdek, is niet representatief voor de omstandigheden in de volle zon slechts enkele meters verder.

**Tabel 1.1 De hittekracht schaalverdeling (Marghidan et al., 2026)**

| Hittekracht | WBGT (ºC) |
|---|---|
| 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 |

**Kernpunt**
De WBGT-index is een omgevingsgebonden factor en drukt de warmtebelasting van de omgeving uit in ºC. Deze index is samengesteld uit omgevingstemperatuur, luchtvochtigheid, windsnelheid en zonnestraling.

### 1.3.2 Persoonsgebonden risicofactoren

Iedereen heeft een andere hittetolerantie. Deze tolerantie kan binnen dezelfde persoon ook variëren. De variatie tussen en binnen personen kan worden veroorzaakt door een breed scala aan factoren, die meestal in een combinatie aanwezig kunnen zijn (Westwood et al., 2020). Veel van deze factoren zijn bekend, maar niet allemaal zijn ze beïnvloedbaar. Evengoed blijkt uit studies dat 50 % van de hittegerelateerde aandoeningen tijdens de initiële opleiding van militairen zonder deze risicofactoren optreedt (Gardner et al., 1996; Roberts, 2006). De fysieke inspanning zélf blijft de grootste risicofactor voor het optreden van een hittegerelateerde aandoening. In Tabel 1.2 staan de persoonsgebonden risicofactoren vermeld die de kans op hittegerelateerde aandoeningen doen toenemen (Epstein, 1990; Epstein & Yanovich, 2019; O'Connor et al., 2010).

### Tabel 1.2 Persoonsgebonden risicofactoren

| Leefstijl | Gezondheid | Omstandigheden |
|---|---|---|
| Persoonskenmerken (zoals sterke vastberadenheid of een slechte conditie) | Eerdere hittegerelateerde aandoening | Onervarenheid |
| Hoog vetpercentage | Recente of huidige ziekte | Vliegreis in de afgelopen 24 uur |
| Hoog lichaamsgewicht | Vaccinatie in de afgelopen 48 uur | Tekort aan voeding (zoals gemiste maaltijden in afgelopen 24 uur) |
| Roken | Aangeboren dan wel verworven afwijkingen of ziekte (van de zweetproductie) | Slaapgebrek |
| Alcoholconsumptie in afgelopen 48 uur | Medicatiegebruik | Gebrek aan acclimatisatie |
| Drugsgebruik | | Huidige zonverbranding |
| Gebruik van (voedings-) supplementen | | Uitdroging of dehydratie |

**Leefstijl**

> Mensen met een slechte conditie, rokers (Druyan et al., 2017) en mensen met een hoog vetpercentage (Bedno et al., 2010) lopen meer risico op het oplopen van een hittegerelateerde aandoening.

> Persoonlijkheidskenmerken, met name een sterke vastberadenheid om de opdracht voort te zetten (overgemotiveerdheid), leiden ook tot een verhoogd risico op het oplopen van een hittegerelateerde aandoening (Ministry of Defence, 2019). ‘Motivatie’ en ‘vastberadenheid’ zijn in een opleidingsscenario daarom persoonskenmerken die niet onderschat mogen worden (Alele et al., 2020). Meestal is het succesvol volbrengen van een inspanning een voorwaarde voor het afronden van de opleiding, training, oefening of keuring (PPMO). Dit geeft een extra prikkel om door te zetten, ondanks dat er wellicht al (merkbare) verschijnselen van een hittegerelateerde aandoening aanwezig zijn. Niet alleen zijn leerlingen of cursisten vaak terughoudend in het aangeven van hun grenzen (Périard et al., 2022), ook zijn leidinggevenden, instructeurs en testleiders meestal aanmoedigend in hun benadering. Deze combinatie is ongunstig voor de incidentie van een hittegerelateerde aandoening.

> Zware fysieke activiteit moet niet voorafgegaan worden door alcoholconsumptie (48 uur voor de lichamelijke inspanning) (Ministry of Defence, 2019). Alcohol zorgt voor uitdroging, wat de reserves en het koelvermogen van het lichaam doet afnemen.

> Drugs- en/of supplementgebruik beïnvloedt verschillende lichaamsprocessen. Zo kan het gebruik van dergelijke middelen het zweetvermogen verminderen, het hart- en vaatstelsel beïnvloeden en vermoeidheid dempen, waardoor iemand mogelijk niet op tijd de activiteit staakt (CDC, 2025).

**Gezondheid**

> Het eerder doorgemaakt hebben van een hittegerelateerde aandoening kan voorspellend zijn voor het opnieuw doormaken ervan (Alele et al., 2020; Kazman et al., 2025; Stearns et al., 2020). Het is echter aannemelijk dat niet de hittegerelateerde aandoening zelf hiervoor verantwoordelijk is, maar de risicofactoren voor het ontstaan van het initiële letsel (Roberts et al., 2023).
> Ziekte, koorts en recente vaccinatie verlagen de hittetolerantie van het lichaam door activatie van het afweersysteem (Bouchama & Knochel, 2002; Ministry of Defence, 2019).
> Een genetische aanleg voor sikkelcelziekte (sickle cell trait) verhoogt de kans op een hittegerelateerde aandoening (Anzalone et al., 2010; Bouchama & Knochel, 2002; Eichner, 2011).
> Hoewel er fysiologisch gezien verschillen bestaan tussen mannen en vrouwen (Watkins et al., 2019) is er geen consensus over de vraag of mannen dan wel vrouwen een groter risico lopen op het krijgen van een hittegerelateerde aandoening (Kazman et al., 2015). De rol van etniciteit staat ook ter discussie (Army Technical Bulletin Medical, 2022).
> Personen die niet voldoende kunnen zweten door aangeboren, dan wel verworven afwijkingen van de zweetproductie (anhidrose), kunnen het lichaam minder afkoelen. Dan zal het risico op een hittegerelateerde aandoening stijgen. Enkele zeldzame ziektes geven deze afwijking, maar ook personen met grote littekens van brandwonden kunnen minder goed zweten (> 40 % van lichaamsoppervlakte) (Epstein & Yanovich, 2019). Daarnaast kunnen ook (grote) tatoeages de zweetproductie beperken (Luetkemeier et al., 2017).
> Een aantal medicijnen heeft invloed op de hittetolerantie (Bouchama & Knochel, 2002; Kalisch Ellett et al., 2016; Winkenwerder & Sawka, 2012). Voor een precieze lijst met medicatie wordt verwezen naar paragraaf 3.4. Ook kan contact opgenomen worden met de bedrijfsarts.

**Omstandigheden**

> Slaaptekort, voedingsgebrek en uitdroging verlagen de hittetolerantie (Westwood et al., 2020). Uitdroging heeft een belangrijke rol in het ontstaan van een hittegerelateerde aandoening en wordt nader toegelicht in paragraaf 1.4.
> Een lange vliegreis door meerdere tijdzones geeft een combinatie van jetlag en hiervoor genoemde factoren.

### 1.3.3 Groepsgebonden risicofactoren

Strikt genomen zijn groepsgebonden risicofactoren veelal een combinatie van omgevings- en persoonsgebonden factoren. Hier worden er echter vooral de keuze van het tenue en de intensiteit van de inspanning bedoeld, als deze opgelegd is aan de groep. De groepsdynamiek is hierbij essentieel. Als het halen van een gezamenlijk doel van groot belang is, zal de intensiteit van inspanning wellicht onbedoeld hoger worden. In opleidingssituaties is groepsdruk een niet te onderschatten risicofactor (Alele et al., 2020).

**Kleding en uitrusting**

Vrijheid in keuze van de (persoonlijk) beschermende kleding en uitrusting is er meestal niet, want de hele groep krijgt dezelfde middelen tot haar beschikking. Geschikte kleding en uitrusting kan helpen het lichaam koel te houden. Het dragen van veel lagen of dikke kleding verhoogt het risico op een hittegerelateerde aandoening. Het lichaam koelt zoals eerder vermeld voornamelijk af door zweet te verdampen. Het bedekken van het lichaam met

kleding kan dit proces gedeeltelijk of grotendeels blokkeren, waardoor er oncompenseerbare hittestress ontstaat en het lichaam verder opwarmt (Holmér, 2006; McLellan & Selkirk, 2006). Hetzelfde principe geldt bij het dragen van helmen, ademluchttoestellen en chemiepakken. De WBGT-tabel probeert hierin te voorzien door een correctie bij de WBGT-temperatuur op te tellen (Bijlage 1, 2 en 3). Overigens moet hierbij opgemerkt worden, dat er omstandigheden denkbaar zijn waarin het beschermende effect van kleding tegen opwarming door straling belangrijker is dan het dempende effect van kleding op verdamping.

**Intensiteit en duur van de inspanning**
Bij het uitvoeren van groepstaken moeten minder fitte groepsleden vaak het tempo van de fittere groepsleden volgen (Périard et al., 2022). De minder fitte leden zullen dan relatief veel cardiovasculaire capaciteit in moeten zetten voor dezelfde absolute inspanning en hebben dan minder circulatie over om warmte van de kern naar de schil (huid) te transporteren. In Bijlage 2 wordt aangegeven welke intensiteit gedurende 60 minuten kan worden volgehouden bij een bepaalde WBGT-index, als hierna 30 minuten rust kan worden gehouden. Als de groep samen taken verricht, is de relatieve intensiteit voor iedereen verschillend. Het verdient dan de aanbeveling om de relatieve intensiteit op de minst fitte van een team af te stemmen (Alele et al., 2020; Périard et al., 2022). Als dit niet mogelijk is, moet geanalyseerd worden hoe de intensiteit of duur voor de minder fitte persoon kan worden aangepast. In een opleidings-, trainings- of oefensituatie is het niet vanzelfsprekend dat een minder fit groepslid uit zichzelf zal aangeven dat hij of zij al tegen de grenzen van zijn of haar prestatievermogen aanloopt (Verdonk et al., 2025). De leidinggevende is verantwoordelijk voor het zorgdragen van een sociaal veilig klimaat waarin het vanzelfsprekend is dat eventuele beginnende fysieke klachten geuit mogen worden. Een buddysysteem kan hierin ondersteunen.

**Kernpunten**
> Hittetolerantie varieert zowel tussen als binnen personen. Niet alle risicofactoren zijn bekend of te beïnvloeden.
> De fysieke inspanning in combinatie met beschermende kleding en uitrusting blijft de grootste risicofactor voor het optreden van een hittegerelateerde aandoening.

## 1.4 Drinkbeleid ter preventie van een hittegerelateerde aandoening

### 1.4.1 Inleiding
Zoals reeds gemeld, is verdamping van zweet de belangrijkste manier om warmte kwijt te raken. De zweetproductie kan oplopen tot 2 of 3 liter per uur (Sawka et al., 2007). Uitdroging (dehydratie) kan dan binnen enkele uren optreden. Als dit vochttekort onvoldoende wordt aangevuld, is het lichaam minder goed in staat om warmte af te voeren van de kern (organen) naar de schil (ledematen en huid) en vervolgens af te geven aan de omgeving. Dehydratie is daarmee een grote risicofactor voor een hittegerelateerde aandoening en zal tevens het prestatievermogen doen afnemen (Sawka et al., 2007).

### 1.4.2 Drinkbeleid
Drinken voor, tijdens en na een inzet of oefening is een van de meest belangrijke preventieve maatregelen die men kan nemen en waar een leidinggevende oog voor zou moeten hebben. Personeel moet namelijk ook zonder dorstgevoel consequent blijven

drinken. Dorstgevoel treedt pas op bij 2-5 % afname van het lichaamsgewicht (Carter et al., 2005) met 10 tot 20 % prestatieverlies tot gevolg. Dorst is dus een slechte indicator, omdat het dorstgevoel achterblijft bij de vochtbehoefte. De drinkbehoefte kan stijgen van twee tot vier liter per dag, naar wel acht liter in extreme omstandigheden, afhankelijk van de fysieke inspanning.

Aan de hand van de WBGT-index en de verwachte lichamelijke arbeidsintensiteit kan de hoeveelheid in te nemen vocht worden afgeleid (Bijlage 1). Let erop dat deze adviezen algemeen zijn en er een forse variatie tussen personen en zelfs tussen momenten bestaat. Algemene adviezen zijn:

> Drink minimaal 500 ml water, twee uur voor aanvang van een activiteit met risico op het ontstaan van een hittegerelateerde aandoening.
> Drink een extra 300 ml water, vijftien minuten voor aanvang van de activiteit (eventueel in de tankautospuit op weg naar een incident).
> De aanbevolen vochtinname tijdens inspanning is af te leiden uit Bijlage 1.
> Drink een liter water in de één à twee uur na de activiteit.
> Streef naar een lichtgele kleur van de urine.

Cafeïnehoudende dranken tijdens inspanning worden niet aanbevolen. Deze dranken kunnen een niet optimaal hydraterend effect hebben (Maughan & Griffin, 2003).

### 1.4.3 Gevaren van overhydratatie (te veel drinken)

Hydratatie is een belangrijke preventieve maatregel, maar overhydratatie verlaagt het risico op een hittegerelateerde aandoening niet verder, en kan bovendien leiden tot potentieel ernstige gezondheidsklachten. Bij het drinken van te veel water wordt de zoutconcentratie in het lichaam namelijk verlaagd (hyponatriëmie). Dit kan klachten geven, die soms moeilijk te onderscheiden zijn van een hittegerelateerde aandoening (misselijkheid, overgeven, hoofdpijn of bewustzijnsverandering). Laat iemand daarom niet tegen zijn of haar zin in drinken.

### 1.4.4 Zoutinname

Voldoende vocht- en zoutinname zijn van belang om gedurende langere tijdsperiodes inspanning te kunnen blijven leveren. Bij een tekort aan vocht zal het lichaam problemen krijgen met het aanleveren van zuurstof naar de spieren. Ook kan het lichaam minder goed afkoelen. Als door zoutverlies bij inspanning de zoutconcentratie in het bloed te ver daalt, kunnen symptomen ontstaan die overlappen met die van een hittegerelateerde aandoening. Daarom is het handhaven van een adequate zout- en waterinname voor, tijdens en na inspanning van cruciaal belang.

De reguliere zoutbehoefte is minder dan 1 gram per dag. Tijdens acclimatisatie of fysieke inspanning verandert dit. Bij inspanning zal een geacclimatiseerd persoon gemiddeld 0,6 gram (niet-geacclimatiseerd tot wel 1,6 gram) zout per liter zweet verliezen (Ministry of Defence, 2019; Sawka et al., 2015). Voldoende geacclimatiseerd personeel haalt in principe voldoende zout uit de reguliere voeding (Ministry of Defence, 2019). Het nuttigen van elke hoofdmaaltijd is daarom van groot belang. Een zouttekort uit zich onder andere in een behoefte aan zouter eten (Ministry of Defence, 2019). Het aanbieden van zout bij de voeding stelt personeel in staat om de voeding naar smaak te zouten.

### 1.4.5 Elektrolythoudende (sport)dranken

Het wordt aanbevolen water te vervangen door elektrolyt- (=zout) houdende drank ter compensatie van zoutverlies bij periodes van langdurige fysieke inspanning (langer dan vier uur aaneengesloten), als hierbij geen mogelijkheid tot eten bestaat. Als deze dranken niet beschikbaar zijn, kan zout worden toegevoegd aan water. Een gram zout per liter water is voldoende (Ministry of Defence, 2019). Bijkomend voordeel van het nuttigen van sport-dranken is dat de koolhydraatvoorraad van het lichaam wordt aangevuld. Hierdoor kan meer energie beschikbaar worden gemaakt voor de te leveren inspanning.

### 1.4.6 Oral Rehydration Salts (ORS)

Oral Rehydration Salts (ORS) is de naam voor een gebalanceerde mix van suikers en zouten, voor het eerst gebruikt in 1969 en goedgekeurd door de World Health Organization (WHO) voor behandeling van uitdroging bij diarree of overgeven. Het bestaat uit zout, suiker en citraat in een concentratie die helpt om zo effectief mogelijk een zo groot mogelijk volume aan vocht op te nemen (World Health Organisation, 2006). ORS heeft hierdoor wel eens de naam dat het vocht kan vasthouden en daarmee de zweetproductie zou kunnen remmen. Dit is echter nooit vastgesteld. ORS mag daarom gewoon gegeven worden bij uitdroging en hittegerelateerde aandoeningen. In deze gevallen lijkt het wel verstandiger om sportdrank te gebruiken in plaats van ORS. Sportdrank leidt niet tot misselijkheid en wordt daarom beter verdragen. Daarnaast heeft sportdrank een iets hogere suikerconcentratie, wat zinvol is als brandstof tijdens inspanning.

**Kernpunten**

> Hydratatie is een belangrijke preventieve maatregel, maar overhydratatie vermindert het risico op een hittegerelateerde aandoening niet verder.
> De vochtbalans kan worden ingeschat door de kleur van de urine te beoordelen.
> Sportdrank is een goed alternatief voor water en heeft als voordeel dat het minder risico geeft op inspanningsgebonden zoutgebrek.
> ORS speelt geen directe rol in de preventie of behandeling van een hittegerelateerde aandoening. Het is primair ontwikkeld als behandeling voor uitdroging door maagdarminfecties.

## 1.5 Symptomen van een hittegerelateerde aandoening

### 1.5.1 Inleiding

Een hittegerelateerde aandoening kan zeer ernstig en zelfs levensbedreigend zijn. In dat laatste geval wordt gesproken van een ‘hitteberoerte’. Andere ernstige, maar minder levensbedreigende varianten van hittegerelateerde aandoeningen zijn hittekramp of warmte-uitputting. Daarnaast kunnen ook hinderlijke klachten optreden, die deels met acclimatisatie voorbijgaan, zoals dikke handen en voeten, vermoeidheid, jeukende warmtebultjes of ‘smetten’ (huidontsteking als gevolg van door transpireren vochtig geworden lichaams-plooien, bijvoorbeeld de liezen of oksels). Ook kan flauwvallen sneller optreden in of door de warmte, bijvoorbeeld bij langdurig staan, te snel overeind komen, te abrupt stoppen na een inspanning of te weinig eten (Army Technical Bulletin Medical, 2022).

Personen met een hittegerelateerde aandoening herkennen de symptomen vaak niet bij zichzelf. Dit geldt met name voor onervaren personeel (lees: personeel in opleiding of in het begin van een dienstverband). Het is daarom van belang dat men op elkaar let tijdens fysieke inspanning. Een ‘buddy systeem’ (letten op je maatje) kan hierbij ondersteunen. Ook is er een belangrijke rol weggelegd voor de direct leidinggevenden. Zij zouden ervoor

moeten zorgen dat personeel zichzelf niet onnodig blootstelt aan de risico's van een hittegerelateerde aandoening, daar waar de 'can do-mentaliteit' het risico kan verhogen.

Het kan lastig zijn om het optreden van een hittegerelateerde aandoening goed vast te stellen, te herkennen en in te delen. Daarom moet een hittegerelateerde aandoening vooral als een spectrum van mild tot ernstig gezien worden. Het stellen van een exacte diagnose is in eerste instantie ondergeschikt aan een adequate behandeling.

### 1.5.2 Begrippen en definities

**Hitteberoerte:** Inspanningsgebonden hitteberoerte is de ernstigste hittegerelateerde aandoening en wordt gekenmerkt door afwijkingen van het centraal zenuwstelsel (desoriëntatie, hoofdpijn, irrationeel gedrag, agitatie of agressie, emotionele instabiliteit, verwarring, verminderd bewustzijn, insulten of coma) in combinatie met een lichaamstemperatuur van boven de 40 ºC (Bouchama & Knochel, 2002; O'Connor et al., 2010; Winkenwerder & Sawka, 2012). Het is een potentieel dodelijke aandoening, waarbij snel handelen vereist is. Een veel voorkomende misvatting is dat het lichaam niet meer zweet bij een hitteberoerte, met een droge en rode huid als gevolg. Dit is in de brandweersetting vaak niet het geval. Iemand die onwel wordt tijdens het uitvoeren van een inspannende taak heeft juist vaak een natte huid. Daarbij is er meestal juist sprake van bleekheid als teken van circulatoire shock. Bij het vermoeden van een hitteberoerte moet altijd met spoed gehandeld worden. Start direct met (agressief) koelen en alarmeer de hulpdiensten.

**Warmte-uitputting:** Warmte-uitputting wordt gekenmerkt door het onvermogen van het lichaam om het bloed snel genoeg rond te pompen door de combinatie van fysieke inspanning en warmtebelasting (Armstrong, 2003; Winkenwerder & Sawka, 2012). Uitdroging kan dit proces verergeren, maar is niet vereist voor de diagnose. Hierbij kan het slachtoffer symptomen vertonen zoals dorst, snelle pols, lage bloeddruk, algehele zwakte, uitdroging, coördinatieproblemen of zwalken, duizeligheid, hoofdpijn, krampen, misselijkheid, overgeven en diarree. De lichaamstemperatuur kan stijgen tot 40 ºC. Lichte gevallen van warmte-uitputting zullen bij een juiste behandeling snel weer opknappen, maar ernstiger gevallen moeten onder behandeling van een arts gesteld worden.
**Hittekramp:** Spierkrampen worden in het algemeen geassocieerd met inspanning in de warmte; de exacte ontstaanswijze is echter onduidelijk. De term hittekramp is daarom misschien misleidend, aangezien warmte op zichzelf niet direct hittekramp uitlokt. De lichaamskerntemperatuur hoeft namelijk niet veel te zijn verhoogd. Een aantal factoren draagt waarschijnlijk bij aan het ontstaan van hittekramp: uitdroging, zoutverlies (door zweten), extreme omgevingsfactoren en spiervermoeidheid (Bergeron, 2007; Schwellnus, 2009). Ondersteunende maatregelen als stoppen van de activiteit, drinken van sportdrank en voorzichtig rekken en/of masseren, kunnen verlichtend werken. Meestal is het niet mogelijk om op korte termijn de activiteit te hervatten.

**Zouttekort:** Indien brandweermensen langdurige inspanning leveren (> 4 uur, inclusief rust) en daarbij te veel drinken en/of zout verliezen door zweten, kunnen klachten ontstaan die lijken op die van een hittegerelateerde aandoening. Hierbij is de kerntemperatuur meestal slechts beperkt verhoogd. Een inspanningsgebonden zouttekort (hyponatriëmie) is pas vast te stellen na controle van de zoutconcentratie van het bloed. Omdat dit tijdens het brandweeroptreden niet van een hittegerelateerde aandoening te onderscheiden is, moet toch gehandeld worden alsof het een hittegerelateerde aandoening is. Pas als de diagnose

‘inspanningsgebonden zouttekort’ is gesteld na bloedafname, zal de behandeling hierop worden gericht.

**Rhabdomyolyse:** Overmatige afbraak van spierweefsel ten gevolge van zware inspanning in de hitte. De wand van spiercellen wordt beschadigd, waardoor de spier niet meer kan worden gebruikt. Stoffen die hierbij vrijkomen, zoals creatinekinase (CK), kunnen via de bloedbaan in de nieren voor (ernstig) nierfalen zorgen. Slachtoffers vertonen pijn, zwelling, aanrakingspijn of -gevoeligheid van het getroffen gebied, bewusteloosheid, verwardheid en uitdroging. Urine is donker (‘colakleurig’) of er is helemaal geen urineproductie.

### 1.5.3 Symptomen

De meeste hittegerelateerde aandoeningen in een brandweercontext zijn inspannings-gebonden van aard. De symptomen kunnen zeer gevarieerd zijn. In een acute situatie is het moeilijk om duidelijk onderscheid te maken tussen een hittegerelateerde aandoening of andere inspanningsgerelateerde aandoeningen (zoals ‘gewone’ vermoeidheid en uitdroging). Een exact onderscheid tussen een warmte-uitputting of hitteberoerte is van ondergeschikt belang.

Symptomen passend bij een hittegerelateerde aandoening kunnen in elke combinatie en in elke willekeurige volgorde voorkomen, aangezien verschillende processen tegelijk in het lichaam (kunnen) spelen. Alle vormen van bewustzijnsvermindering en trekkingen zijn alarmsymptomen. Deze zijn in Tabel 1.3 dikgedrukt. In het behandelplan worden slachtoffers van een hittegerelateerde aandoening met bewustzijnsvermindering ook agressiever behandeld (Bijlage 4).

**Tabel 1.3 Symptomen van hittegerelateerde aandoeningen; dikgedrukte symptomen passen bij een stoornis van het centrale zenuwstelsel en moeten als alarmsymptoom worden gezien**

| **Symptomen** | | |
|---|---|---|
| **Hoofdpijn** | **Uitputting** | **Diarree** |
| Zwalken | **Verwardheid** | **Verminderd beoordelingsvermogen** |
| Duizeligheid | Misselijkheid / braken | Overgeven |
| **Bewustzijnsdaling /-verlies** | **Waanbeelden** | **Humeurig / rusteloos** |
| **Trekkingen / stuipen** | Wazig zien | Krampen |

Veronderstel, totdat het tegendeel bewezen is, dat elk brandweermens die:

1. symptomen vertoont die kunnen passen bij een hittegerelateerde aandoening (Tabel 1.3) en
2. lichamelijke inspanning aan het leveren is en/of zich bevindt in een warme (vochtige) omgeving en/of beschermende kleding en uitrusting draagt, daadwerkelijk een inspanningsgebonden hittegerelateerde aandoening heeft.

Door adequaat te handelen kan potentieel ernstig letsel voorkomen worden.

**Kernpunten**

> Een hittegerelateerde aandoening moet vooral als een spectrum van mild tot ernstig gezien worden. Symptomen kunnen in elke combinatie of volgorde voorkomen.

> Bij het vermoeden van een hittegerelateerde aandoening, behandel dan als zodanig. Het stellen van een exacte diagnose is in de initiële situatie ondergeschikt aan een adequate behandeling.

## 1.6 Behandeling van een hittegerelateerde aandoening

Voor aanvullend geschoold medisch personeel, zie Hoofdstuk 3 ‘Medisch personeel’.

### 1.6.1 Algemene principes bij de behandeling van een hittegerelateerde aandoening

> Bij het vermoeden van een hittegerelateerde aandoening, behandel als zodanig. Vertraging in behandeling verhoogt de kans op blijvende schade of overlijden aanzienlijk.

> Bij verdenking van een hittegerelateerde aandoening, overweeg de activiteit voor de hele groep te staken. Als er een verdenking van een hittegerelateerde aandoening bij een tweede groepslid voorkomt, staak dan de activiteit voor de hele groep direct. Maak een risicoanalyse (inventariseer en evalueer). Als iemand een (vermoedelijke) hittegerelateerde aandoening heeft, lopen meer groepsleden hier direct risico op.

> Adequaat afkoelen van het slachtoffer gaat vóór transport naar een EHBO-post of SEH-afdeling.

### 1.6.2 Stappenplan van de behandeling

1. Staak de activiteit voor de gehele groep. Leg het slachtoffer in de schaduw (en de wind).
2. Ontkleed het slachtoffer op zijn minst tot op de broek en het ondershirt.
3. Beoordeel of er aanwijzingen zijn van betrokkenheid van het centrale zenuwstelstel. Let dus vooral op eventuele bewustzijnsdaling (verbaal, pijn, niet reageren) of stuipen, trekkingen, verwardheid en waanbeelden.
   – Bij afwijkingen van het centrale zenuwstelsel moet er een melding gemaakt worden bij de leidinggevende, moet het slachtoffer zo intensief mogelijk gekoeld worden en moet met spoed voor afvoer worden gezorgd. Let er dan ook op dat de ademweg openblijft. Als er trekkingen bestaan, moeten deze zo snel mogelijk medicamenteus behandeld worden. Vermeld dit daarom in de melding naar de leidinggevende.
4. Als er geen tekenen zijn van betrokkenheid van het centraal zenuwstelsel, moet de leidinggevende ook worden ingelicht en moet het slachtoffer gedurende 20 minuten rustig worden afgekoeld, waarbij hij/zij wordt aangemoedigd om zouthoudende drank of sportdrank te drinken. Koelen mag door in de schaduw en ontkleed te zitten of liggen, waarbij de benen bij voorkeur hoog worden neergelegd.
   – Als het slachtoffer niet verbetert binnen 20 minuten passief koelen in de schaduw, moet het intensiever worden gekoeld, moet de leidinggevende worden ingelicht en moet het slachtoffer worden afgevoerd via de medische keten.
   – Als het slachtoffer verslechtert binnen 20 minuten passief koelen, moet direct gestart worden met agressief koelen. Daarna moet het slachtoffer afgevoerd worden via de medische keten. In de basis gaat koelen vóór transporteren.
5. Als de situatie van het slachtoffer sterk verbetert binnen 20 minuten, kan overwogen worden de activiteit te hervatten. Blijf echter rekening houden met de kans op terugkeren

van klachten bij inspanning. Op dat moment moet het behandelprotocol opnieuw worden doorlopen. Na een tweede episode mag de betrokkene niet meer aan warmte of inspanning worden blootgesteld gedurende 24 uur.

Zie ook Bijlage 4 voor een schematische weergave.

### 1.6.3 Koelmethoden

**Hittegerelateerde aandoeningen met alarmsymptomen (bewustzijnsvermindering en trekkingen)**

Een slachtoffer met bewustzijnsverandering moet agressief gekoeld worden. Dit koelen is de belangrijkste therapie en bepaalt de overlevingskans. Als de kerntemperatuur binnen 30 minuten tijd onder de 39,0 °C gebracht kan worden, is de overlevingskans 100 %. Als het slachtoffer effectief gekoeld kan worden, is het belangrijk dat dit wordt gedaan voordat hij of zij naar een EHBO-post of SEH-afdeling wordt gebracht. Let erop dat als het bewustzijns-verlies gecombineerd voorkomt met trekkingen als signaal van een epileptisch insult, dit insult zo snel mogelijk medicamenteus wordt behandeld.

In de basis geldt: hoe groter het oppervlak blootgesteld aan koude vloeistof, gecombineerd met een zo laag mogelijke temperatuur van het koelmiddel, des te effectiever het lichaam kan afkoelen. Er zijn drie bewezen effectieve koelmethodes die ook toepasbaar kunnen zijn in een brandweerscenario. Dit zijn: bad met ijswater (Cold Water Immersion), TACO (Tarp Assisted Cooling with Oscillations) en het gebruiken van koude natte doeken en kleding.

> Bad met ijswater (Cold Water Immersion): Bij volledige onderdompeling in een bad met ijswater, kan het slachtoffer elke drie minuten 1 °C afkoelen. Bij acute hittegerelateerde aandoeningen is de thermoregulatie zodanig verstoord, dat er niet gevreesd hoeft te worden voor het optreden van een shockeffect.
> TACO (Tarp Assisted Cooling with Oscillations): Met behulp van een waterdicht (grond)zeil wordt een bad gecreëerd. Hier wordt zo veel mogelijk en zo koud mogelijk water in gegoten. Het is belangrijk om het zeil met meerdere personen te bewegen, zodat het water over het slachtoffer heen klotst. Dit bepaalt ook hoe snel het slachtoffer kan afkoelen. Onderzoek van de Vrije Universiteit met Trainingsgeneeskunde en Trainingsfysiologie (TGTF) van Defensie wijst uit dat 80 liter relatief warm water (27 °C) al acceptabel koelt (Klous et al., 2022).
> Koude natte doeken en kleding: Omwikkel het slachtoffer in koude, natte doeken. Het continu wisselen van opgewarmde (hand)doeken met vers koud gemaakte (hand)-doeken is een goede methode hiervoor. Als er geen (hand)doeken beschikbaar zijn, maak dan het shirt van het slachtoffer nat en houd dit nat. Wapper ook met doeken, kleding of andere materialen om een luchtstroom over het slachtoffer te creëren.

Als geen van de drie aangeraden koelmethodes beschikbaar is, gebruik dan alle opties die op dat moment wél beschikbaar zijn (denk aan oppervlaktewater, wapperen met doeken of coldpacks).

Koelen moet gecontinueerd worden gedurende 11-12 minuten bij een lage watertemperatuur (minder dan 9 °C) en 18-19 minuten als de watertemperatuur hoger is (10 tot 26 °C). Voor verreweg de meeste slachtoffers van hitteberoerte geldt dat hun lichaamstemperatuur dan weer onder de 38,6 °C zal zijn gedaald (Flouris et al., 2024). Stop in ieder geval als het slachtoffer begint te rillen. Het slachtoffer moet vervolgens worden afgedroogd om verdere

afkoeling te beperken. Of er sprake is van orgaanschade zal later moeten worden bepaald. Het slachtoffer moet onder medische begeleiding afgevoerd worden.

**Hittegerelateerde aandoeningen zonder bewustzijnsverandering**
Een slachtoffer zonder bewustzijnsverandering mag rustiger gekoeld worden. Bij twijfel is het echter niet onjuist om te kiezen voor een van bovengenoemde koelmethoden. Meestal is het bij mildere klachten echter voldoende om het slachtoffer deels ontkleed in de schaduw en op een koele ondergrond bij wind 20 minuten te laten rusten en wat te laten drinken. In dat geval kan het circulerende bloed dat eerst ingezet werd voor inspanning, ingezet worden om te koelen. In deze 20 minuten is het belangrijk dat iemand geobserveerd wordt en er continu ingeschat wordt of de situatie verbetert of juist verslechtert.

Als er verslechtering optreedt, moet alsnog geëscaleerd worden naar een van de agressieve koelmethoden, moet de ambulancedienst (1-1-2) worden gebeld en de leidinggevende worden ingelicht. Als daarentegen na deze 20 minuten rust het slachtoffer hersteld lijkt te zijn en aangeeft weer verder te kunnen, is hiertegen geen bezwaar. Houd er wel rekening mee dat klachten toch weer terug kunnen komen bij het hervatten van een activiteit. In dat geval moet de betrokkene alsnog de activiteit staken en gedurende ten minste 24 uur niet deelnemen aan fysieke inspanning of blootgesteld worden aan de warmte. Als er klachten zijn in rust, moet de betrokkene zich melden bij de bedrijfsarts of eventueel een andere medische instantie.

**Kernpunten**
> Bij het vermoeden van een hittegerelateerde aandoening, behandel als zodanig. Vertraging in behandeling verhoogt de kans op blijvende schade of overlijden aanzienlijk.
> Stop de activiteit. Als een persoon een (vermoedelijke) hittegerelateerde aandoening heeft, lopen meer groepsleden hier direct risico op.
> In de basis gaat adequaat afkoelen van het slachtoffer vóór transport naar een EHBO-post of SEH afdeling.
> Er zijn drie bewezen effectieve agressieve koelmethodes die ook toepasbaar kunnen zijn in een brandweerscenario. Dit zijn: bad met ijswater (Cold Water Immersion), TACO (Tarp Assisted Cooling) en het gebruiken van koude natte doeken of kleding.

# 2 Leidinggevenden

## 2.1 Inleiding

Leidinggevenden, zoals bevelvoerders, OvD's, CvD's, maar ook sportinstructeurs en PPMO-testleiders bij de brandweer hebben een extra verantwoordelijkheid in de preventie van hittegerelateerde aandoeningen. Het is daarom wenselijk dat zij zich extra bewust zijn van planbare facetten van de risicoanalyse. Een belangrijk planbaar facet is de lichamelijke aanpassing aan hitte (acclimatisatie). Naast de algemene preventieve maatregelen wordt daarom nog extra informatie over acclimatisatie gegeven.

## 2.2 Risicoanalyse

Een leidinggevende moet altijd een gedegen risicoanalyse uitvoeren voorafgaand aan alle activiteiten met een risico op hittegerelateerde aandoeningen. Hiervoor kan de Branche RI&E Brandweer[1] worden gebruikt. Deze moet worden aangevuld met een Last Minute Risk Assessment (LMRA). Vervolgens is het de verantwoordelijkheid van de leidinggevende om restrisico's zoveel mogelijk weg te nemen en blijvend restrisico te melden aan het hogere niveau.

Bijlage 5 omvat een hulpmiddel om een risicoanalyse te maken voor hittegerelateerde aandoeningen. Dit is een aanvulling op, en geen vervanging van, de bestaande planningssystematiek. In een risicoanalyse moeten ten minste de factoren die van invloed zijn op hittegerelateerde aandoeningen geïnventariseerd en maatregelen ten aanzien van een hittegerelateerde aandoening opgenomen worden.

### 2.2.1 Inventariseren van factoren van invloed op hittegerelateerde aandoeningen

> Omgevingsgebonden risicofactoren: WBGT (Wet Bulb Globe Temperature)
> Persoonsgebonden risicofactoren (voor zover bekend; zie ook Tabel 1.2):
  – Leefstijl (conditie, roken, enzovoort)
  – Gezondheid (recente ziekte, medicatiegebruik, enzovoort)
  – Persoonlijke omstandigheden (hydratiestatus, slaapgebrek, enzovoort)
> Groepsgebonden risicofactoren:
  – Kleding en uitrusting
  – Inspanningsintensiteit en -duur
  – Groepsdruk en -motivatie (vooral in opleidings- en trainingssituaties).

Internationaal wordt de WBGT-index gebruikt om werk en rusttijden en drinkbeleid voor te schrijven bij verschillende intensiteiten van lichamelijke arbeid. In de huidige *Handreiking omgaan met hitte en warmte* (Brandweer Nederland, 2019) zoals opgenomen in de Arbocatalogus wordt aangegeven hoeveel minuten per uur rust genomen moet worden bij een gegeven WBGT-index (zie Bijlage 1). In de praktijk is het echter niet altijd mogelijk om

[1] https://www.brandweernederland.nl/onderwerpen/risicoinventarisatie/.

bij zware warmtebelasting te voldoen aan de normen die in deze tabel vermeld worden. Daarom wordt in dit document ook verwezen naar de Britse standaard. Hier is de werk/rust-verhouding constant gehouden (1 uur inspanning, gevolgd door 30 minuten rust) en varieert de toegestane inspanningsintensiteit met de WBGT-index (Bijlage 2). Als deze richtlijn gevolgd wordt, zal voor 95 % van gezond en fit personeel het risico op een hittegerelateerde aandoening geminimaliseerd worden. Als weloverwogen de richtlijn niet gevolgd wordt, zal het risico op hittegerelateerde aandoeningen stijgen. In dat geval moeten aanvullende maatregelen genomen worden.

Als de situatie erom vraagt, bestaat er nog een derde alternatief. Daar waar de *Arbocatalogus brandweer* uitgaat van Arbowetgeving en de Britse standaard vaste werk/rust-verhoudingen hanteert, heeft de NATO-richtlijn een andere aanpak. Daar wordt aangegeven hoeveel minuten werk maximaal bij een gegeven WBGT-index geleverd mag worden, waarna een langdurige pauze ingelast moet worden. De lengte van deze pauze is niet in minuten gespecifieerd. In het algemeen kan gesteld worden dat personeel 'voldoende lang' moet rusten, waarbij genoeg gedronken kan worden (Bijlage 3).

Elk van de drie bovengenoemde richtlijnen geeft correcte informatie, maar ze zijn niet altijd allemaal toepasbaar voor de geplande werkzaamheden. Immers, als de intentie bestaat een inspanning gedurende meerdere uren vol te houden (zoals bijvoorbeeld bij natuurbrand-bestrijding), zal een uitspraak over werk- en rusttijden en drinkbeleid uit de *Handreiking omgaan met hitte en warmte* (Brandweer Nederland, 2019) mogelijk zinvoller zijn dan de maximale volhoudduur zoals deze wordt aangegeven in de NATO-richtlijn (Bijlage 3). Het lijkt daarom praktisch om eerst een risico-inschatting te maken met behulp van de Britse richtlijn (Bijlage 2). Als blijkt dat de geplande activiteit in werk/rustverhouding niet overeenkomt met de beschrijving uit deze tabel (60 minuten werk, gevolgd door 30 minuten rust), kan een risico inschatting gemaakt worden met behulp van de andere twee tabellen. Als de operationele omstandigheden vereisen dat de activiteit afwijkt van deze richtlijnen, dan moet extra aandacht besteed worden aan de gehele risicoanalyse en overige aanwezige risicofactoren (zie Bijlage 5).

### 2.2.2 Maatregelen ten aanzien van een hittegerelateerde aandoening

**Risicoreductie.** De leidinggevende moet maatregelen nemen om het risico op een hittegerelateerde aandoening zo laag als redelijk mogelijk te houden, en beoordelen of de opdracht minder risicovol kan worden volbracht. Daarbij moet in gedachte worden gehouden dat omgevingsomstandigheden kunnen veranderen tijdens het uitvoeren van de opdracht.

**Consequence management.** De risicoanalyse moet aangevuld worden met geïdentificeerde risicofactoren. Als het risico niet kan worden verlaagd tot een acceptabel niveau, moeten ten minste een adequate behandelstrategie en medische afvoerketen gewaarborgd worden.

**Effectieve voorbereiding.** Het personeel moet voldoende geïnformeerd en voorbereid zijn. In de briefing moeten symptomen en beheersmaatregelen van hittegerelateerde aandoeningen aan bod komen. Personeel moet geïnstrueerd worden om de symptomen bij elkaar te herkennen (buddy systeem).

**Supervisie.** De leidinggevende zorgt voor adequate supervisie van al het personeel tijdens de activiteit, inclusief de implementatie van mitigerende maatregelen uit de risicoanalyse.

**Medisch plan.** Bij het opstellen van een medisch plan voor een activiteit, moet ervoor gezorgd worden dat er voldoende medische dekking aanwezig is. Elk individu moet in staat zijn primair zelf passende maatregelen te nemen om erger te voorkomen en ook collega's bij te staan die zijn bevangen door de hitte. Leden van het team moeten 10 minuten rust nemen na het gebruik van één ademluchtfles of na een half uur intensieve arbeid (NFPA, 2022). De leidinggevende moet in de gaten houden of iedereen zich aan de regels houdt, zodat preventief wordt gehandeld.

**Herbeoordeling.** Risicoanalyse is een dynamisch proces. Tijdens de activiteit moet deze bijgesteld worden als de omstandigheden veranderen. Hiervoor kan een LMRA opgesteld worden.

**Kernpunten**

> Leidinggevend brandweerpersoneel moet altijd een risicoanalyse (laten) maken, voorafgaand aan activiteiten met een risico op hittegerelateerde aandoeningen.

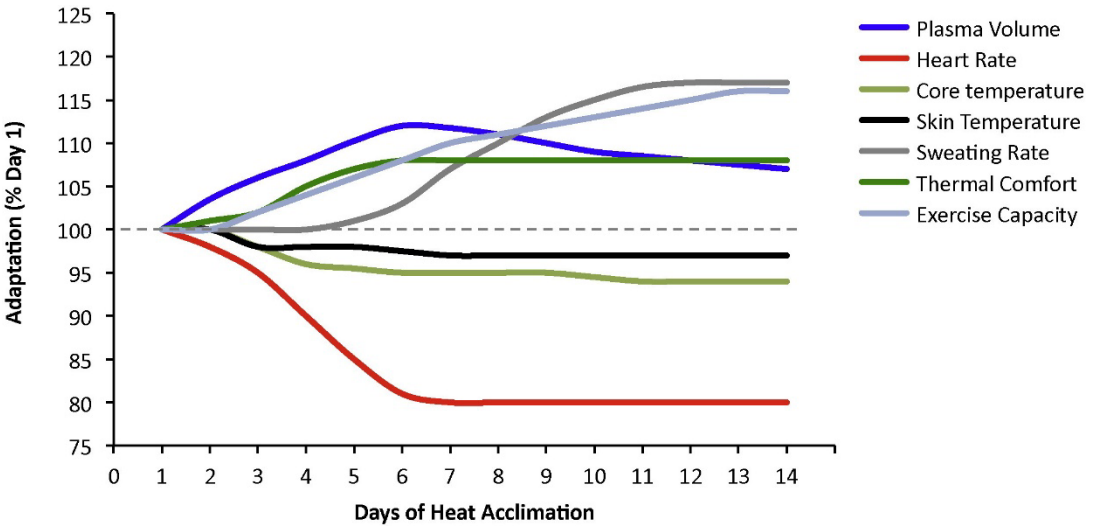
> Risicofactoren moeten zoveel mogelijk gereduceerd worden. Als het risico niet kan worden verlaagd tot een acceptabel niveau, dan moeten ten minste een adequate behandelstrategie en medische afvoerketen gewaarborgd worden.

## 2.3 Acclimatisatie

### 2.3.1 Algemeen

Hoewel het voor brandweerpersoneel lastig is te realiseren, kan het risico op hittegerelateerde aandoeningen in warme omgevingen worden gereduceerd door acclimatisatie. Herhaalde blootstelling aan inspanning in een warme omgeving zal resulteren in lichamelijke aanpassingen die het koelvermogen en de hittetolerantie doen toenemen. Daarom is een enkele warme dag ook risicovoller dan een warme periode, waarin geacclimatiseerd kan worden. Hittetrainingen zoals die bij de brandweer plaatsvinden, zijn niet te vergelijken met de hieronder beschreven aanpassingen die ontstaan als het lichaam gewend is om in de hitte te opereren. De brandweer traint incidenteel in de hitte, en dat leidt weliswaar tot herkenning van de signalen, maar niet tot gewenning met de daarmee gepaard gaande aanpassingen (Daanen et al., 2018). Mogelijk zijn instructeurs brandbestrijding wel enigszins aangepast aan de hitte, omdat zij door hun taken structureler aan hitte worden blootgesteld.

De lichamelijke aanpassingen als gevolg van acclimatisatie bestaan onder andere uit: een toegenomen bloedvolume, toegenomen doorbloeding van de huid, sneller en intensiever zweten, een afgenomen zoutconcentratie in het zweet en een lagere hartslagfrequentie en warmteproductie in rust en bij submaximale inspanning (Pandolf, 1998). Door deze aanpassingen kan het lichaam beter warmte afvoeren en wordt de temperatuurstijging bij inspanning beperkt vergeleken met een niet geacclimatiseerd persoon. Hoe deze processen zich in de tijd verhouden, staat in Figuur 2.1 (Périard et al., 2016).




**Figuur 2.1 Schematische weergave van fysiologische aanpassingen tijdens een hitte-acclimatisatie van 14 dagen (Périard et al., 2016)**

Hitte-acclimatisatie heeft niet alleen een gunstig effect op de belastbaarheid bij inspanning in de warmte, maar is in algemene zin gunstig voor het lichamelijke prestatievermogen. Het wordt daarom aanbevolen om te acclimatiseren in alle gevallen waar er sprake zal zijn van:

1. hoge omgevingstemperaturen al dan niet in combinatie met hoge luchtvochtigheid en
2. een redelijke kans dat er fysiek inspannende activiteiten worden verricht.

### 2.3.2 Uitvoering

In deze paragraaf worden duidelijke richtlijnen gegeven waaraan moet worden voldaan om zo optimaal mogelijk voorbereid te zijn op werken onder warme omstandigheden. Een volledige acclimatisatie duurt gemiddeld ongeveer 10 tot 14 dagen, waarbij iedere dag 60 tot 90 minuten een lichaamskerntemperatuur van 38,0 tot 38,5 ºC wordt bereikt (Daanen et al., 2018). Dit proces verloopt sneller naarmate iemand fitter is (Périard et al., 2016). Vooral een goed uithoudingsvermogen is hierbij een voordeel. Bijlage 6 laat concreet zien hoe een acclimatisatieprogramma eruit kan zien. Toch is het voor brandweerpersoneel bijna altijd ondoenlijk om zo'n schema te hanteren.

In hoofdlijnen moeten de volgende aspecten ter overweging worden meegenomen:

> Brandweermensen moeten een zo hoog mogelijke aerobe fitheid ($VO_2max$) hebben (Daanen et al., 2018). Aanbevolen wordt om continu aan de algemene fitheid te werken. Een brandweermens met een hoge $VO_2max$ heeft twee voordelen, namelijk:
  – Het eventuele acclimatisatieproces (denk aan de zomerperiode) wordt mogelijk versneld (Pandolf, 1979; Pandolf et al., 1977).
  – De brandweermens is al gedeeltelijk geacclimatiseerd, al is dit effect bescheiden in vergelijking met het effect van acclimatisatie in een warme omgeving (Pandolf, 1998; Périard et al., 2015).
> Niet-geacclimatiseerd personeel is slechts beperkt belastbaar in de warmte en moet daarom worden beperkt in zowel de duur van de inspanning als in de intensiteit. Er moet aan worden gedacht dat bij acclimatiseren ook herstelperioden in een koelere omgeving horen. Bijvoorbeeld door te slapen in een koele ruimte.
> Om effect te hebben, moet er elke dag een flinke stijging in de lichaamstemperatuur plaatsvinden. Deze verhoogde lichaamstemperatuur kan op een actieve manier bereikt worden door te sporten in een warme omgeving. Over het algemeen wordt 30 minuten

forse inspanning om op te warmen, gevolgd door 30 tot 60 minuten matige inspanning om de warmte vast te houden, als het minst oncomfortabel beschouwd.

> Als leidraad kan worden aangehouden dat de inspanning redelijk intensief moet zijn en van continue aard. Meestal is dit een intensiteit waarbij fors wordt gezweet. Hierbij is het raadzaam gebruik te maken van cardioapparatuur in de sportruimte of te hardlopen op een loopband. Activiteiten buiten (hardlopen, fietsen) zijn uiteraard ook mogelijk, maar de verdamping van zweet gaat buiten vaak makkelijker dan in de sportruimte, waardoor men minder snel opwarmt. Daarnaast is het dan niet altijd makkelijk om de inspannings-intensiteit in te schatten aan de hand van zweetproductie.
> Een vliegreis (met als gevolg jetlag, slaapdeprivatie en dehydratie) kan de hittetolerantie van de brandweermens verlagen. Het is van belang dat geen fysieke inspanning plaatsvindt in de eerste 24 uur na een intercontinentale vlucht. Personeel moet worden aangemoedigd goed te slapen, eten en veel te drinken.
> In de eerste week vinden de meeste fysiologische aanpassingen plaats. In de tweede week stijgt het inspanningsvermogen verder, zodat aan het einde van de tweede week sprake is van nagenoeg complete acclimatisatie. Een enkele dag gematigd weer tussendoor verstoort het acclimatisatieproces niet (herstelperiode). Niet-fitte brandweermensen of brandweermensen met andere persoonsgebonden risicofactoren hebben langer nodig tot volledige aanpassing aan de warmte. Erg fitte brandweer-mensen acclimatiseren juist sneller en kunnen soms binnen een week al 70 % van de fysiologische aanpassingen aan warmte hebben doorlopen. Eenmaal geacclimatiseerd, worden deze aanpassingen langere tijd vastgehouden. Zie ook paragraaf 2.3.3.
> Als tijdens het acclimatisatieproces alleen lichte inspanning is verricht, is ook alleen maar voor deze taak geacclimatiseerd en zal aanvullend moeten worden getraind en aangepast om zwaardere taken in de warmte te kunnen volbrengen.
> Hitte-acclimatisatie vereist een minimale warmte blootstelling van twee tot drie uur per dag (bij een WBGT van > 22 ºC), eventueel opgedeeld in twee periodes van een uur. Tijdens deze blootstelling moet er een training worden verricht die gericht is op cardiovasculaire uithouding, zoals hardlopen of intensief fietsen. Krachttraining heeft minder effect en verdient niet de voorkeur. De intensiteit moet iedere dag opgebouwd worden naar de intensiteit die verwacht kan worden bij een normale operationele inzet. Hiermee blijft de relatieve warmtebelasting gelijk. Blootstelling aan de warmte zonder fysieke inspanning geeft onvoldoende acclimatisatie.
> Er kan overwogen worden om tijdens het acclimatisatieprogramma een acclimatisatie-training in te wisselen voor een reguliere aerobe training. Hiermee wordt de fysieke fitheid tijdens het acclimatisatieproces gehandhaafd.
> Het is belangrijk ervoor te zorgen dat de fysieke fitheid van het brandweerpersoneel optimaal is voor inzet. Probeer de fitheid ook vast te houden tijdens inzet. Als de temperatuur hoger wordt dan waar men aan gewend is geraakt, kan het zinvol zijn om twee dagen lichte recreatieve inspanningen te gebruiken als trainingsprikkel, voordat wordt overgegaan op zwaardere inspanningen.
> Twee groepen brandweermensen hebben extra aandacht nodig bij het acclimatisatie-proces:
  – de niet-fitte brandweermens die langer nodig heeft om zich aan te passen aan de warmte en
  – de overgemotiveerde brandweermens die zichzelf (te) zwaar belast en slachtoffer van een hittegerelateerde aandoening kan worden tijdens het acclimatisatieproces.
> Buiten de acclimatisatiemomenten om heeft het lichaam rust nodig om te herstellen. Het wordt daarom geadviseerd om in deze periode geen andere fysieke arbeid te leveren.

Dit geldt voor zowel fysieke activiteiten die recreatief van aard zijn (sport en spel) als voor functionele werkzaamheden. Als deze werkzaamheden onontkoombaar zijn, moeten ze op een koel moment van de dag worden verricht of de intensiteit ervan zo mogelijk worden verlaagd.

> Regelmatige inspanning na de acclimatisatieperiode is belangrijk om geacclimatiseerd te blijven. Hiervoor zijn drie tot vier trainingsmomenten in de week voldoende. Als acclimatisatie bereikt is, kan inspanning elke tweede à derde dag onderbroken worden, zonder dat er verlies optreedt (Périard et al., 2015, 2016).
> Zorg voor voldoende water of sportdrank tijdens het acclimatisatieproces. Acclimatisatie vergroot de zweetproductie en daarmee ook de water- en zoutbehoefte. Uitdroging beperkt de effecten van het acclimatisatieproces en vermindert het prestatievermogen.

### 2.3.3 Verlies van acclimatisatie en heracclimatisatie

Acclimatisatie gaat langzaam verloren als men naar een koeler gebied gaat. Gemiddeld genomen raakt men ongeveer 2,5 % (Daanen et al., 2018) van de acclimatisatie kwijt per dag. Re-acclimatisatie gaat veel sneller dan de initiële acclimatisatie. Sommige processen die aan warmte-acclimatisatie gekoppeld zijn, verlopen zelfs tot wel acht keer sneller. Daarom kan gesteld worden dat personeel dat veertien dagen niet in de warmte is geweest als ongeacclimatiseerd moet worden beschouwd. Zij kunnen volstaan met een verkort acclimatisatieprogramma van vier dagen. Personeel dat langer dan vier weken in de koelte heeft verbleven, moet weer het volledige programma doorlopen.

**Kernpunten**

> Het risico op een hittegerelateerde aandoening kan worden gereduceerd door acclimatisatie. Het lichaam heeft ongeveer twee weken nodig om zich aan te passen. Deze fysiologische adaptaties laten zich niet versnellen.
> Acclimatisatie is alleen van toepassing op het klimaat waarin geacclimatiseerd is. Bij verplaatsing naar een warmere omgeving, moet opnieuw geacclimatiseerd worden.
> Acclimatisatie gaat langzaam verloren bij verplaatsing naar koeler gebied. Gemiddeld betreft dit 2,5 % per dag. Na vier weken is het effect van acclimatisatie verdwenen.

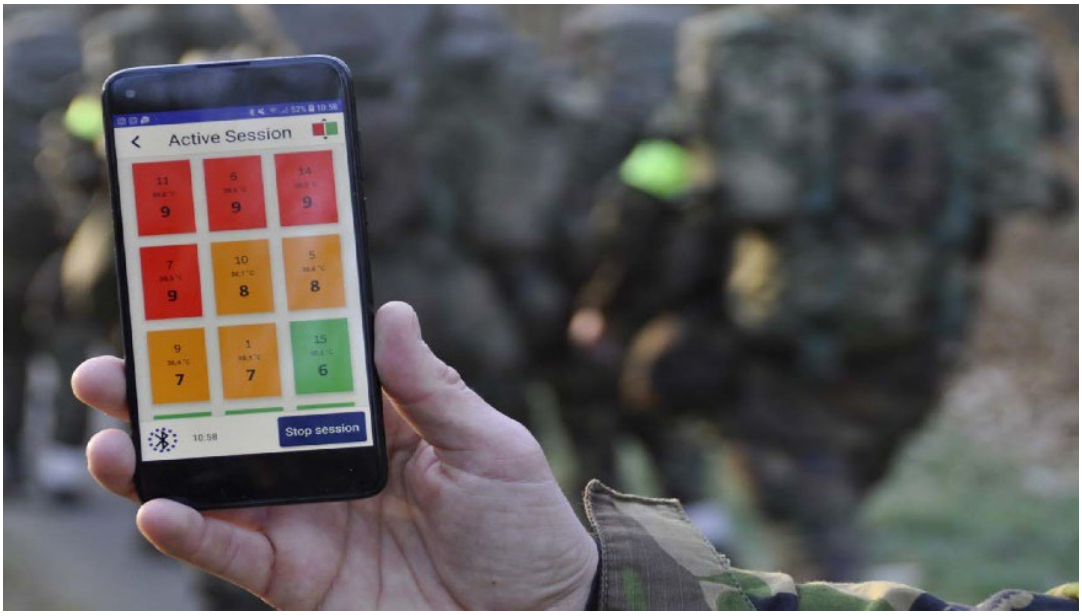
## 2.4 ARMOR-hittemonitor

Recente technologische ontwikkelingen hebben geleid tot een hulpmiddel dat gebruikt kan worden bij het herkennen van hittegerelateerde aandoeningen tijdens een activiteit. Deze ‘Ambulatory Registration of Military Operational Readiness (ARMOR-) hittemonitor’ is een instrument dat leidinggevenden kunnen gebruiken als bij de LMRA is vastgesteld dat er een verhoogd risico op hittegerelateerde aandoeningen bestaat. Het systeem is in staat om een schatting van de warmtebelasting van personen binnen een groep tegelijkertijd in beeld te brengen. Een ARMOR-systeem bestaat uit hartslagmeterbandjes (Polar Verity Sense), ontvang- en zendmodules (OZM) en een app (op een smartphone).

### 2.4.1 Werking

Elke brandweermens in het team draagt een hartslagband om de bovenarm en heeft een OZM bevestigd op het bovenlichaam. De gemeten hartslag wordt via de OZM doorgestuurd naar de smartphone van de instructeur, bevelvoerder of OvD. In de ARMOR-app wordt op basis van de hartslag een inschatting gemaakt van de kerntemperatuur van het lichaam. De geschatte waarde kan enkele tienden van een graad Celsius afwijken van de daadwerkelijke waarde, maar is meestal praktischer te verkrijgen dan via een oorthermometer (Buller et al.,

2021). Op deze manier heeft de instructeur, bevelvoerder of OvD continu informatie over de warmtestatus van de teamleden. Bij een te hoge kerntemperatuur geeft de app een waarschuwing, waarna de leidinggevende verdere maatregelen kan nemen (Figuur 2.2).




**Figuur 2.2 De hittemonitor geeft de warmtebelasting aan door middel van tegels met stoplichtkleuren**

### 2.4.2 Beschikbaarheid

Omdat onderkend is dat de incidentie van hittegerelateerde aandoeningen vaak voorkomt bij (hitte)trainingen, is het systeem vooral voor deze situatie ontwikkeld. De ARMOR-hittemonitor is in gebruik bij sommige trainingscentra, maar er wordt nog niet algemeen gebruikgemaakt van het ARMOR-systeem door de brandweer. Advies is daarom in eerste instantie personen te monitoren bij wie persoonsgebonden risicofactoren zijn onderkend, of teams die veel (groeps)druk ervaren, of teams die meer dan gemiddeld in een warme omgeving optreden.

### 2.4.3 Afwegingen voor gebruik

Het is uiteraard niet altijd nodig om de hittemonitor te gebruiken. Vaak kan ingeschat worden of een geplande activiteit een verhoogd risico op een hittegerelateerde aandoening met zich meebrengt. Inspanningen die korter duren dan dertig minuten en die geen deel uitmaken van opeenvolgende inspanningen behoren per definitie tot laagrisico-inspanningen waarbij de hittemonitor niet hoeft te worden gebruikt. Bij zware fysieke inspanningen die langer dan 30 minuten duren en waarbij beschermende bluskleding wordt gedragen, is het wel verstandig de hittemonitor te gebruiken.

Om te ondersteunen in die besluitvorming, kan gebruik worden gemaakt van de al verrichte LMRA met WBGT-meting, bepaling van de acclimatisatiestatus, bepaling van inspannings-intensiteit en de gebruikte persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM's). De app ondersteunt het uitvoeren van de LMRA. Bij twijfel is het advies altijd om de hittemonitor te gebruiken. Het is belangrijk om hierbij in de gaten te houden dat de hittemonitor slechts een hulpmiddel is bij het vroegtijdig herkennen van een hittegerelateerde aandoening. Het gebruik ervan zal altijd gecombineerd moeten worden met een inschatting van de toestand van de drager. De waarschuwing van de hittemonitor middels een rood of oranje tegeltje moet niet worden

geïnterpreteerd als een stoplicht, maar als een aanleiding om de betreffende drager goed in de gaten te houden.

De hittemonitor wordt continu verbeterd. In een toekomstige update zal de hittemonitor ook kunnen detecteren wanneer de drager ervan begint te zwalken of onvast ter been is. In dat geval zal de leidinggevende ook via de app gewaarschuwd worden.

## 2.5 Weer aan het werk

Personeel dat een hittegerelateerde aandoening doorgemaakt heeft, loopt het risico op herhaling. Iedereen die actief gekoeld is of twee keer vanwege de warmte de activiteit heeft moeten staken, moet zich melden bij de bedrijfsarts. Deze kan beoordelen of en wanneer de werknemer weer in staat is zijn of haar activiteiten te hervatten. Voor meer informatie wordt verwezen naar paragraaf 3.8 van dit kennisdocument.

# 3 Medisch personeel

## 3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden achtergronden gegeven voor medisch geschoold personeel voor die situaties waarin medisch handelen bij hittegerelateerde aandoeningen noodzakelijk is. Hittegerelateerde aandoeningen beslaan een spectrum van aandoeningen met onder andere de klassieke indelingen van warmte-uitputting en hitteberoerte. In de praktijk is het lastig onderscheid te maken tussen de aandoeningen en kunnen ze tegelijk voorkomen. Ook is er nog veel discussie over de exacte pathofysiologie. Daarom zijn veel experts het niet altijd met elkaar eens over de indeling en definities, en evenmin over de vraag welke temperatuur of symptomen bij welke diagnose passen (Eichner, 2011; Noakes, 2008; Winkenwerder & Sawka, 2012). Een hittegerelateerde aandoening is in dit document algemeen gedefinieerd als ‘verminderd inzetbaar raken ten gevolge van een oncompenseerbare warmtebelasting’. Verder is van belang te beseffen dat een hittegerelateerde aandoening vooral een spectrum van symptomen omvat, die in elke willekeurige volgorde kunnen voorkomen.

De International Classification of Diseases (ICD), gepubliceerd door de Wereldgezondheids-organisatie (WHO), biedt een redelijke methode om de verschillende vormen van hittegerelateerde aandoeningen in te delen (World Health Organisation, 2019). In verband met (internationale) standaardisering, zal dit document de termen van de ICD-10 (World Health Organisation, 2019) hanteren.

## 3.2 Algemene concepten van thermoregulatie

Het temperatuurbereik waarbinnen de celprocessen optimaal werken, ligt tussen de 36,0 en 37,5 ºC. Het lichaam zal, onder normale omstandigheden, deze temperatuur handhaven (Cramer & Jay, 2016; Sawka et al., 1994).
Als het op temperatuur aankomt, kan het lichaam in twee compartimenten ingedeeld worden:

1. De kern, waar alle belangrijke organen zich bevinden, zoals het hersen-, thoracale en abdominale gebied.
2. De schil, waar zich de extremiteiten en huid in bevinden.

De temperatuur wordt door het lichaam op verschillende plaatsen gemeten: ze wordt centraal gemeten in de pre-optische vezels van de hypothalamus, en perifeer gemeten in de thermosensoren van de huid (de schiltemperatuur). De centrale thermosensoren zijn het meest gevoelig voor temperatuurstijgingen, waar de thermosensoren van de huid dat vooral zijn voor temperatuurdalingen. De signalen van zowel de kern als de schil worden geïnte-greerd in het thermoregulatiecentrum van het lichaam, gelegen in de hypothalamus. Deze thermostaat vergelijkt continu de gemeten temperatuur met het hypothalamische setpoint.

Bij inspanning zal door stijging van het metabolisme meer warmte geproduceerd worden. Het lichaam zal proberen deze extra gegenereerde warmte af te voeren door perifere

vasodilatatie (wat de bloedstroom van de te warme kern naar de schil verhoogt) en een toegenomen doorbloeding van de huid. Hier vindt de warmte-uitwisseling met de omgeving plaats door (Cramer & Jay, 2016):

> Evaporatie (verdamping) van zweet: dit is meestal het primaire mechanisme van warmteafgifte in een warme omgeving, maar dit wordt minder effectief naarmate de luchtvochtigheid toeneemt.
> Radiatie: dit is de afgifte en opname van warmte door elektromagnetische golven (infrarood). Hier is geen direct contact of luchtstroming voor nodig.
> Convectie: dit is de afgifte aan of opname van warmte aan een gas (lucht) of vloeistof die langs het lichaam beweegt.
> Conductie: dit is directe warmteafgifte aan of opname van een aangelegen object.

Radiatie, convectie en conductie worden ineffectief als de omgevingstemperatuur boven de huidtemperatuur stijgt. In dat geval is alleen de verdamping van zweet nog effectief om te koelen. Door warmte-uitwisseling met de omgeving probeert het lichaam een evenwicht te creëren tussen warmteproductie en warmteafvoer. Als de warmteproductie de warmteafgifte overschrijdt, is er sprake van een positieve warmtebalans en slaat het lichaam warmte op. Dit is meetbaar als een stijging van de kerntemperatuur.

Hyperthermie is een verhoogde kerntemperatuur bij een gelijkblijvend hypothalamisch setpoint. Dit kan optreden bij inspanning wanneer de thermoregulatie tekortschiet en de kerntemperatuur te ver stijgt. Hyperthermie is dus niet synoniem aan koorts, wat een cytokine-gemedieerde respons is tijdens inflammatie en gereguleerd wordt door de hypothalamus. Hierbij wordt het hypothalamische setpoint wel verhoogd. Koorts wordt niet verder beschreven in dit document.

## 3.3 Pathofysiologie

Spieren werken relatief inefficiënt, waardoor maximaal ongeveer 20 % van de totale energieproductie naar kinetische energie gaat en de overige 80 % wordt omgezet in warmte (González-Alonso et al., 2000; Lim et al., 2008; Veltmeijer, 2016). Een lichte stijging van de lichaamskerntemperatuur tijdens inspanning lijkt een fysiologisch verschijnsel (McArdle et al., 2009). Hierbij leidt temperatuurstijging tot een verhoogde zuurstofconsumptie en vasodilatatie, resulterend in onder andere een verhoogde ventilatie en hartslagfrequentie (tachycardie). Dit kan als compenseerbare warmtebelasting gezien worden, als de warmteafgifte groter of gelijk is aan de warmteproductie (Epstein & Yanovich, 2019; McArdle et al., 2009). Een excessieve stijging kan echter schadelijke effecten hebben. Aangezien het thermoregulatoire setpoint van het lichaam gelijk blijft, zal een stijging van de kerntemperatuur afkoelingsmechanismen activeren.

Inspanningsgebonden hyperthermie kan op zichzelf bestaan, zonder merkbare symptomen. Bij een studie onder atleten bleek 15 % van de deelnemers aan een 15 km lange hardloopwedstrijd een kerntemperatuur van 40,0 ºC of hoger te hebben, zonder dat deze symptomen van een hittegerelateerde aandoening ontwikkelden (Veltmeijer, 2016). Waarschijnlijk zijn meerdere factoren van invloed. Niet enkel de verhoogde kerntemperatuur is verantwoordelijk voor het ontstaan van klachten. Waarschijnlijk is de duur van blootstelling een even belangrijke factor. De totale warmtebelasting voor het lichaam is dus een product van enerzijds de kerntemperatuur en anderzijds de duur van de blootstelling aan deze

verhoogde kerntemperatuur. Interpersoonlijke variabelen zijn vervolgens van invloed op het moment waarop iemand klachten ontwikkelt (Veltmeijer, 2016). Daarom zou wellicht beter gesproken kunnen worden van symptomatische, dan wel asymptomatische hyperthermie.

Tijdens inspanning in de warmte moet de beperkte hoeveelheid bloed meerdere functies vervullen. Niet alleen moet de circulatie aan de metabole behoeften van de spieren voldoen, maar ook warmte naar de huid transporteren ter verkoeling. Dehydratie vermindert het vermogen van het bloed om deze taken te vervullen, wat resulteert in een lager hartminuut-volume dan nodig is.

Tijdens intensieve inspanning in de warmte zal elk procent lichaamsmassa dat verloren gaat door dehydratie een extra stijging van de kerntemperatuur van 0,22 ºC geven bij gelijke inspanning. In andere woorden: als alle andere factoren gelijk zijn, zal een brandweermens die 6 % lichaamsmassa verliest door dehydratie, 1 ºC warmer zijn, dan een persoon die 1 % lichaamsmassa verliest (Casa et al., 2010).

Op het moment dat het lichaam bij inspanning onvoldoende hartminuutvolume kan leveren voor de actuele thermoregulatoire behoefte, ontstaat het risico op oncompenseerbare warmtebelasting (meer warmteproductie dan -afgifte). Hierbij ontstaan onder andere een daling van de centraal veneuze druk, een verminderde vullingsdruk van het hart en een verdere stijging van de kerntemperatuur. Een inspanningsgebonden hittegerelateerde aandoening verloopt in enkele fases, met eerst de hyperthermische neurologisch acute fase (piekend in 24 tot 48 uur na het incident) en een latere hepato-renale fase (als klinische symptomen 96 uur of langer persisteren).

Bewustzijnsdaling treedt gewoonlijk op bij een kerntemperatuur boven de 40,5 ºC. Het bewustzijn keert gewoonlijk terug naar normaal als de temperatuur weer onder deze kritieke temperatuur daalt. In ernstige gevallen kan hersenoedeem ontstaan. Hersenschade concentreert zich voornamelijk in het cerebellum, met onder andere gegeneraliseerde atrofie. Neurologische schade aan het autonome zenuwstelsel, waaronder ook het enterische, kan langdurig zijn. Schade aan het zenuwstelsel kan zich onder andere uiten in cerebellaire ataxie, dysartrie, cognitieve stoornissen en anterograde amnesie.

Boven 42,0 ºC raakt de oxidatieve fosforylering ontkoppeld en stoppen verscheidene enzymen met functioneren. Alle organen kunnen betrokken raken, maar hepatocyten, vasculair endotheel en zenuwweefsel zijn het gevoeligst voor een stijging van de kerntemperatuur. Bloed wordt van de splanchische circulatie geshunt naar de huid en spieren, resulterend in gastro-intestinale ischemie. De hyperthermie kan zelf ook al de darmwand beschadigen. Deze factoren verhogen de permeabiliteit van de intestinale mucosa, wat kan leiden tot endotoxines in de circulatie. Dit kan uiteindelijk een sepsis tot gevolg hebben (in het Engels: ‘leaky gut’).

Als de behandeling adequaat is, worden de klinische manifestaties milder in enkele dagen, waarbij de meeste patiënten zonder blijvend letsel kunnen genezen. Mogelijke complicaties bestaan uit hartritmestoornissen, Acute Respiratory Distress Syndrome (ARDS), leverfalen, nierfunctiestoornissen, encefalopathie en diffusie intravasale stolling (DIS) (Bouchama et al., 2007; Bouchama & Knochel, 2002; Epstein & Yanovich, 2019; Leon & Helwig, 2010). Rhabdomyolyse, alhoewel niet pathognomonisch, wordt vaak gezien bij een hittegerelateerde aandoening.

**Kernpunten**

> Het lichaam probeert bij inspanning een evenwicht te creëren tussen warmteproductie en warmteafvoer.
> Het effectiefste koelmechanisme van het lichaam is verdamping van zweet. Dit kan in gunstige omstandigheden 700 tot 2100 Watt koelen.
> Op het moment dat het lichaam bij inspanning onvoldoende hartminuutvolume kan leveren voor de actuele thermoregulatoire behoeftes, ontstaat het risico op oncompenseerbare warmtebelasting. Op dat moment kan bij voldoende lange blootstelling een hittegerelateerde aandoening optreden.
> Bij een kerntemperatuur boven de 40,5 ºC kan weefselschade ontstaan. Boven de 42,0 ºC raakt de oxidatieve fosforylering ontkoppeld en stoppen verscheidene enzymen met functioneren.
> Hepatocyten, vasculair endotheel en zenuwweefsel zijn het gevoeligst voor een stijging van de kerntemperatuur, maar alle organen kunnen betrokken raken.
> Bij adequate behandeling worden klinische manifestaties in enkele dagen minder en kunnen patiënten zonder blijvend letsel genezen.

## 3.4 Risicofactoren

Er is een aantal gemeenschappelijke risicofactoren voor alle typen hittegerelateerde aandoeningen geïdentificeerd. Deze zijn verder uitgewerkt in Hoofdstuk 2. Medisch specifieke risicofactoren staan hieronder vermeld, uitgesplitst in medicatie, supplementen en congenitale of verworven aandoeningen.

**Medicatie**

Medicatie waarvan bekend is dat zij het risico op een hittegerelateerde aandoening verhoogt, is onder andere (Bouchama & Knochel, 2002; Epstein & Yanovich, 2019; Kalisch Ellett et al., 2016; Winkenwerder & Sawka, 2012):

> ACE-remmers
> Amfetamines
> Angiotensine II receptor blokkers
> Anticholinergica
> Anti-epileptica
> Antihistaminica
> Bètablokkers
> Calciumantagonisten
> Decongestiva
> Diuretica
> Ergogene stimulantia (zoals ephedrine)
> Ethanol
> Fenothiazines
> Laxantia
> Lithium
> MAO-remmers
> Schildklieragonisten
> Sympathicomimetica
> TCA’s en SSRI’s.

**Supplementen**

> Creatine verhoogt het risico op hittegerelateerde aandoeningen niet (Lopez et al., 2009).

**Congenitaal of verworven** (Epstein, 1990; Luetkemeier et al., 2017; Sawka et al., 2013)

> Chronische idiopathische anhidrose
> Ectodermale dysplasie
> Groot lichaamsoppervlak met brandwonden
> Groot lichaamsoppervlak met tatoeages
> Maligne hyperthermie
> Sikkelcelziekte
> Dysfunctie van de zweetklieren
> Overige genetische afwijkingen (onder andere RYR1 en CACNA1S).

**Oral Rehydration Salts (ORS)**

In de publieke media is er enige discussie geweest over de vraag of ORS het risico op een hittegerelateerde aandoening zou vergroten. Hier zijn geen duidelijke aanwijzingen voor. Het antwoord op de vraag of ORS een plaats heeft in de preventie of de behandeling van een hittegerelateerde aandoening is echter minder eenvoudig te geven.

Oral Rehydration Salts (ORS) is de naam voor een gebalanceerde glucose-elektrolytmix, voor het eerst gebruikt in 1969 en goedgekeurd door de WHO voor behandeling van dehydratie (uitdroging). Op dit moment adviseert de WHO een totale osmolariteit van 245 mOsm/l. De samenstelling is onderworpen aan uitgebreide klinische evaluatie. De farmacokinetische eigenschappen van de ingrediënten betreffen de volgende (World Health Organisation, 2006):

> Glucose faciliteert de absorptie van natrium (en dus water) in een 1:1 molaire basis in de dunne darm.
> Natrium en kalium zijn nodig ter aanvulling van het verlies bij diarree en overgeven.
> Citraat corrigeert de acidose die ontstaat ten gevolge van diarree en dehydratie.

Voldoende rehydratie en zoutsuppletie zijn van belang om over langere tijdsperiodes inspanning te kunnen blijven leveren. Hypohydratie van 3 tot 4 % zorgt voor een reductie van het plasmavolume, en hiermee voor een extra belasting op het cardiovasculaire systeem. Dit resulteert in verminderd slagvolume en hartminuutvolume van zo'n 13 % bij hyperthermie (Schleh & Dumke, 2018). Zoutverlies tijdens inspanning kan resulteren in hyponatriëmie, wat symptomen kan geven die overlappen met die van hittegerelateerde aandoeningen. Daarom is het handhaven van een adequate zout- en waterinname tijdens en na inspanning van cruciaal belang.

De samenstelling van ORS is echter gebaseerd op de behandeling van vocht- en elektrolyt-verliezen bij diarree of overgeven in rust. Bij inspanning gaan voornamelijk vocht en elektrolyten verloren door intens zweten. Een gemiddelde mens zweet tussen de 0,6 en 1,6 gram zout per liter zweet (afhankelijk van onder andere de acclimatisatiestatus) (Sawka et al., 2013). In theorie zou de optimale samenstelling van ORS bij inspanning daarom anders zijn dan bij diarree en overgeven. Het bewijs voor het gebruik van ORS voor een verbeterde vloeistofopname uit de darmen tijdens inspanning ten opzichte van water is zeer beperkt en tegenstrijdig (Earhart et al., 2015; Mudambo & Reynolds, 2001; Schleh & Dumke, 2018; Shirreffs et al., 1996). Wel zorgt de toevoeging van zout voor een betere smaak van het water, wat de inname ten goede kan komen. Een concentratie van > 50 mmol/L Na+ keert dit effect echter om, en kan zelfs gastro-intestinale klachten geven (Schleh & Dumke, 2018). Daarom kan niet worden verondersteld dat ORS beter is voor vochtinname dan

sportdrank bij inspanning. Er is wel beperkt bewijs dat het gebruik van ORS een vermindering van subjectieve vermoeidheid geeft bij inspanning in de warmte, vergeleken met andere dranken (voornamelijk thee en koffie) (Ishikawa et al., 2010).

Daar waar het gebruik van ORS wellicht geen invloed heeft op vloeistofretentie, is er in de sportwereld wel algehele consensus dat ORS een bijdrage levert aan het handhaven van adequate serum-zoutconcentraties tijdens inspanning (Sawka et al., 2007). De overweging om ORS toe te voegen aan het water moet dus voornamelijk op deze overweging gestoeld zijn.

Alles in overweging nemend, is sportdrank een beter te verdragen en makkelijker toepasbare drank dan ORS om hydratie te garanderen bij uitdroging door zweten. ORS heeft uiteraard nog steeds een prominente plaats in de behandeling van gastro-intestinale oorzaken van uitdroging.

## 3.5 Classificatie van hittegerelateerde aandoeningen en differentiaaldiagnoses

In dit document worden, zoals eerder vermeld, de termen van de ICD-10 (World Health Organisation, 2019) gehanteerd. Hittegerelateerde aandoeningen worden daarin verdeeld in de onderstaande diagnoses (T67.0 t/m T67.7)). Een hittegerelateerde aandoening is een vertaling van de term ‘heat illness’, zoals die in de Engelstalige literatuur gebruikelijk is. Een deel van deze classificatie bevat vooral inspanningsgebonden hittegerelateerde aandoeningen (hittekramp, warmte-uitputting en hitteberoerte). De overige diagnoses (warmte-oedeem, syncope door warmte en inspanningsgeassocieerde-collaps) zijn niet inspanningsgebonden.

Het stellen van een exacte diagnose is bij een spoedeisende situatie ondergeschikt aan een adequate behandeling.

> *Hitteberoerte* (T67.0): Een hitteberoerte wordt gekenmerkt door afwijkingen van het centraal zenuwstelsel (desoriëntatie, hoofdpijn, irrationeel gedrag, agitatie, emotionele instabiliteit, verwardheid, veranderd bewustzijn, insulten of coma) en additionele orgaan- en weefselschade, in combinatie met een lichaamstemperatuur van meestal boven de 40,0 ºC (Bouchama & Knochel, 2002; O’Connor et al., 2010; Winkenwerder & Sawka, 2012). Op dat moment faalt de thermoregulatie. Dit is een potentieel dodelijke aandoening, waarbij snel handelen vereist is. De pathofysiologische processen die spelen bij warmte-uitputting (zie verder, T67.5), kunnen zich continueren in de hitteberoerte. Bij het ontstaan overlappen de diagnoses elkaar, en is het in de acute situatie niet altijd makkelijk om een onderscheid te maken tussen beide diagnoses.
> *Syncope door warmte* (T67.1): Bewustzijnsverlies door langdurig staan in een warme omgeving, niet gekoppeld aan inspanning. Dit is het resultaat van vasodilatatie en veneuze pooling in de benen. Ook wel ‘parade syncope’ genoemd (Army Technical Bulletin Medical, 2022).
> *Hittekramp* (T67.2): Hittekrampen worden in het algemeen geassocieerd met inspanning in de warmte. De exacte pathofysiologie is echter onduidelijk. De term hittekramp is daarom misleidend, aangezien warmte niet direct hittekramp uitlokt. Een aantal factoren dragen waarschijnlijk bij aan het ontstaan van hittekramp: dehydratie, zout- en/of kaliumverlies (door zweten), extreme omgevingsfactoren en neurogene spiervermoeid-

heid (Bergeron, 2007; Schwellnus, 2009). Hoewel hittekramp een inspanningsgebonden hittegerelateerde aandoening is, hoeft er geen sterk sprake te zijn van een verhoogde kerntemperatuur.

> *Warmte-uitputting* (T67.5): Warmte-uitputting wordt gekenmerkt door het onvermogen van het lichaam om een adequate cardiale output te leveren door de combinatie van fysieke inspanning en warmtebelasting (Armstrong, 2003; Winkenwerder & Sawka, 2012). Uitdroging kan dit proces verergeren, maar is niet vereist voor de diagnose. Hierbij kan het slachtoffer symptomen vertonen zoals dorst, tachycardie, hypotensie, algehele zwakte, dehydratie, ataxie en coördinatieproblemen, duizeligheid, hoofdpijn, krampen, misselijkheid, overgeven en diarree. De lichaamstemperatuur kan stijgen tot 40,0 ºC. Ernstige dysfunctie van centraal zenuwstelsel is afwezig.
> *Warmte-oedeem* (T67.7): Oedeem in de extremiteiten door veneuze en interstitiële pooling (Army Technical Bulletin Medical, 2022).
> *Inspanningsgeassocieerde collaps (EAC), vermoeidheid door warmte, voorbijgaand* (T67.6): Dit is een goedaardige syncope, die gebruikelijk optreedt vlak na het staken van een inspanning. Daardoor ontstaat een tijdelijk tekort van de veneuze return. Deze syncope wordt vaak voorafgegaan door het gevoel licht in het hoofd te worden. EAC kan in elke omgeving optreden, maar de kans stijgt bij inspanning in warme en vochtige omgeving. Inspanningsgeassocieerde collaps moet niet verward worden met andere potentieel gevaarlijke varianten van collaps, zoals beschreven in ICD-10.

Het is vaak pas laat in het ziekteproces mogelijk om een juiste ICD-10 diagnose te stellen. En dan nog is het zonder bepaling van de lichaamskerntemperatuur op het moment van de ‘onwelwording’ niet altijd duidelijk of er sprake was van een ernstiger hitteberoerte of een minder ernstige warmte-uitputting. Zolang er twijfel bestaat over de exacte diagnose, is het zinvol om alleen te spreken over ‘ernstige hittegerelateerde aandoening’ (hittegerelateerde aandoening met betrokkenheid van het centrale zenuwstelsel) en ‘milde hittegerelateerde aandoening’ (hittegerelateerde aandoening zonder betrokkenheid van het centraal zenuwstelsel of anders objectiveerbare orgaanschade).

Naast de ziektebeelden die binnen de ICD-10 zijn gerangschikt als hittegerelateerde aandoeningen, verdient inspanningsgebonden hyponatriëmie (IH) ook nog een vermelding. De symptomen van IH kunnen overlappen met die van een hittegerelateerde aandoening. Als de zoutarme vloeistofintake hoger is dan de maximale diurese, stijgt de kans op IH. Denk hierbij aan een brandweermens die te veel water drinkt voor en tijdens een inspanning. Ook stijgt de kans op IH door zweten bij langdurige inspanning zonder extra zoutinname (> 4 uur). Vrouwen of mensen met een klein postuur of juist obesitas lopen ook risico op IH (Hew-Butler, 2019). In de anamnese is het vragen naar vloeistofintake daarom een belangrijke differentiaal diagnostische vraag. Bij brandweermensen met een kerntemperatuur onder de 40,0 ºC in combinatie met bewustzijnsverandering, moet IH, naast een hittegerelateerde aandoening, hoog op de differentiaaldiagnose staan.

> Milde IH: Lichte verwarring, hoofdpijn, misselijkheid, duizeligheid en zwalken. APVU/EMV-score is Alert. Plasma Na-concentratie is tussen de 126 en 132 mmols/l.
> Ernstige IH: EMV-daling, aanvallen, coma. In sommige gevallen slechts overgeven en lichte verwarring.

**Kernpunten**

> Een hittegerelateerde aandoening is een vertaling van de term ‘heat illness’, zoals gebruikt in de Engelstalige literatuur.
> Een deel van de classificatie van hittegerelateerde aandoeningen houdt meestal inspannings-gebonden aandoeningen in (T67.2 hittekramp, T67.5 warmte-uitputting en T67.0 hitteberoerte).
> De overige diagnoses (warmte-oedeem (T67.7), syncope door warmte (T67.1) en inspanningsgeassocieerde-collaps (T67.6)) vallen niet in het aandachtsgebied van dit kennisdocument.
> In de acute setting is behandeling belangrijker dan het stellen van een adequate diagnose.
> Bij twijfel over de juiste diagnose volstaat het om onderscheid te maken tussen een ‘ernstige’ en ‘milde’ hittegerelateerde aandoening.
> Inspanningsgebonden hyponatriëmie komt voor in vergelijkbare omstandigheden als hittegerelateerde aandoeningen en moet differentiaal diagnostisch worden overwogen.

## 3.6 Symptomen van een hittegerelateerde aandoening

In de acute setting is het complex om onderscheid te maken tussen een hittegerelateerde aandoening of andere inspanningsgerelateerde aandoeningen. Veronderstel daarom, totdat het tegendeel bewezen is, dat elke brandweermens die symptomen vertoont die kunnen passen bij een (ernstige) hittegerelateerde aandoening (Tabel 3.1) en inspanning levert en/of zich in een warme/vochtige omgeving begeeft en/of bedekkende kleding draagt, ook daadwerkelijk een hittegerelateerde aandoening heeft.

**Tabel 3.1 Symptomen van hittegerelateerde aandoeningen; dikgedrukte symptomen passen bij een stoornis van het centrale zenuwstelsel en moeten als alarmsymptoom worden gezien**

| **Symptomen** | | |
|---|---|---|
| **Hoofdpijn** | **Uitputting** | **Diarree** |
| Zwalken | **Verwardheid** | **Verminderd beoordelingsvermogen** |
| Duizeligheid | Misselijkheid / braken | Overgeven |
| **Bewustzijnsdaling / -verlies** | **Waanbeelden** | **Humeurig /rusteloos** |
| **Trekkingen / stuipen** | Wazig zien | Krampen |

Overige symptomen zoals tachycardie, tachypnoe, dorst en hoofdpijn zijn minder specifiek en wijzen niet direct op het bestaan van een (ernstige) hittegerelateerde aandoening. Ze kunnen echter wel als vroege symptomen (prodromen) gezien worden.

Lichaamstemperatuur: de hoogte van de lichaamstemperatuur komt niet altijd overeen met de ernst van de hittegerelateerde aandoening. Personen met een initieel hoge rectale temperatuur (bijvoorbeeld 42,0 ºC) kunnen met goede behandeling volledig herstellen, waar iemand met een temperatuur van 40,0 ºC ernstige complicaties kan oplopen. Primair gaat het om de totale warmtebelasting die een persoon te verduren heeft gehad. Hiermee wordt de absoluut gemeten temperatuur in combinatie met de duur van de gestegen temperatuur

bedoeld. Interpersoonlijke variabelen beïnvloeden de capaciteit om deze belasting al dan niet te kunnen incasseren. Bij het vermoeden van een hittegerelateerde aandoening, moet de kerntemperatuur bij voorkeur continu of anders herhaaldelijk (ten minste iedere 10 minuten) gemeten worden.

Voor een zo betrouwbaar mogelijke meting van de kerntemperatuur moeten rectale thermometers worden gebruikt; tympane of oorthermometers zijn onbetrouwbaar voor het meten van de kerntemperatuur (Casa et al., 2007). Tympane thermometers meten namelijk niet direct de kerntemperatuur, maar een combinatie van onder andere het trommelvlies, de temperatuur van de lucht in het uitwendige gehoorkanaal en de warmtestraling vanuit het gehoorkanaal (Roossien et al., 2020). Deze temperatuur is lager dan de kerntemperatuur. Hiervoor is in deze apparaten een correctiefactor ingebouwd. Uit onderzoek blijkt dat bij inspanning de afwijking van tympane thermometers evengoed kan oplopen tot een onderschatting van wel 1,7 ºC. De afwijking neemt in het algemeen toe, naarmate de kerntemperatuur van het slachtoffer stijgt. Dit heeft waarschijnlijk te maken met veranderingen in de doorbloeding van de huid, koeling door luchtstroming of verdamping van vocht en zweet in het oor. Het toepassen van een simpele correctiefactor, om voor de onderschatting te corrigeren, wordt om deze redenen afgeraden.

**Kernpunten**

> Veronderstel, totdat het tegendeel bewezen is, dat elke brandweermens die symptomen vertoont die kunnen passen bij een (ernstige) hittegerelateerde aandoening (Tabel 3.1) en lichamelijke inspanning levert en/of in een warme/vochtige omgeving is en/of beschermende kleding draagt, een hittegerelateerde aandoening heeft.

> Rectale thermometers moeten worden gebruikt, omdat tympane thermometers onvoldoende betrouwbaar zijn bij inspanningsgebonden hyperthermie.

## 3.7 Behandeling van een hittegerelateerde aandoening

### 3.7.1 Algemeen

Bij slachtoffers met een hittegerelateerde aandoening waarbij de rectale temperatuur > 40,0 °C is en er sprake is van een afwijking van het centrale zenuwstelsel (verminderd bewustzijn, humeurigheid, rusteloosheid, verwardheid, convulsies, waanbeelden, verminderd beoordelingsvermogen), moet de lichaamstemperatuur zo snel mogelijk naar beneden gebracht worden. Ook slachtoffers met mildere symptomen bij wie de klachten niet verminderen tijdens 20 minuten rusten na ontkleden, moeten agressief gekoeld worden (zie Bijlage 7). Hoe sneller de kerntemperatuur naar beneden gaat, hoe groter de overlevingskans en hoe lager de kans op restletsel. Als de kerntemperatuur binnen 30 minuten onder de 39,0 ºC gebracht kan worden, is de overlevingskans 100 % (Demartini et al., 2015). Als het slachtoffer effectief gekoeld kan worden, moet dit gebeuren voordat hij of zij naar een EHBO-post of SEH-afdeling wordt gebracht.

### 3.7.2 Koelmethoden

In de basis geldt: hoe groter het oppervlak blootgesteld aan koude vloeistof, gecombineerd met een zo laag mogelijke temperatuur van het koelmiddel, des te effectiever het lichaam kan afkoelen. In een buitenscenario zijn er drie bewezen effectieve koelmethodes. Dit zijn: bad met ijswater (Cold Water Immersion, CWI), TACO (Tarp Assisted Cooling) en het gebruiken van koude natte doeken (Armstrong, 2003; Bouchama et al., 2007).

> Bad met ijswater (Cold Water Immersion): Bij volledige onderdompeling in een bad met ijswater, kan het slachtoffer elke drie minuten 1 °C afkoelen. Bij acute hittegerelateerde aandoeningen is de thermoregulatie zodanig verstoord, dat er niet gevreesd hoeft te worden voor het optreden van een ‘shockeffect’. Met een handdoek onder de oksels van het slachtoffer kan het hoofd boven water worden gehouden. Als de watertemperatuur onder de 10 °C is, is de kerntemperatuur meestal binnen 11 tot 12 minuten onderdompeling weer op een acceptabel niveau van 38,6 °C (Flouris et al., 2024).
> TACO (Tarp Assisted Cooling with Oscillations): In de basis wordt een bad gecreëerd met het gebruik van een waterdicht (grond)zeil. Hier wordt zo veel mogelijk en zo koud mogelijk water in gegoten. Dit bepaalt ook hoe snel het slachtoffer kan afkoelen. Als de watertemperatuur 10 tot 26 °C is, is 18 tot 19 minuten koeling meestal voldoende (Flouris et al., 2024). Zelfs relatief warm water van 27 °C kan een acceptabel koelend effect hebben (Klous et al., 2022).
> Koude natte doeken: Omwikkel het slachtoffer met in zo koud mogelijk water (of als het mogelijk is: in ijswater) gedrenkte (hand)doeken. Eventueel kunnen ook natgemaakte kledingstukken worden gebruikt. Verwijder deze doeken iedere 30 seconden en vervang ze met opnieuw in koud water gedrenkte doeken. Zo kunnen zes (hand)doeken roulerend worden gebruikt.

In een binnensituatie is er nog een vierde optie: ‘strip-soak-fan’. Het ontkleden van het slachtoffer, overgieten met zo koud mogelijk water en daarnaast met een ventilator wind toevoegen, is een effectieve methode om het slachtoffer toegankelijk te houden en tegelijkertijd af te koelen. Deze methode is alleen effectief in een klimaatgereguleerde ruimte, waar de lucht koel en relatief droog is. Daarom is deze methode meestal praktisch op een gezondheidscentrum of andere instelling met airconditioning.

Overige koelmethodes zijn een stuk minder effectief. Als geen van de genoemde koelmethodes aanwezig zijn, gebruik dan alle opties die op dat moment wél beschikbaar zijn.

Koelen moet gecontinueerd worden, totdat een temperatuur van 39,0 °C is bereikt. Stop in ieder geval als het slachtoffer begint te rillen. Het slachtoffer moet vervolgens worden afgedroogd om verdere afkoeling te beperken.

### 3.7.3 Behandeling ter plaatse

Dit betreft behandeling door personeel dat een uitgebreidere medische scholing gehad heeft dan alleen eerste hulp. In veel gevallen zal al gestart zijn met een vorm van eerste hulp, voordat medisch personeel ter plaatse is. Na aankomst bij het slachtoffer moet opnieuw de ABCDE-methodiek worden doorlopen (Nederlands Instituut Publieke Veiligheid, 2026). Bijlage 7 geeft een schematische weergave van de behandeling.

**Hitteziekte met afwijkingen van het centrale zenuwstelstel**

> Rectaal gemeten temperatuur > 40,0 ºC: Koel het slachtoffer agressief. NB: Bij gelijktijdige aanwezigheid van convulsies, moeten deze medicamenteus worden gecoupeerd. Bij voorkeur moet koelen gebeuren met de hierboven genoemde koelopties. Mochten deze niet beschikbaar zijn, dan moet elke andere beschikbare koelmethode gebruikt worden. In de basis geldt: des te groter het koeloppervlakte en des te kouder de koelvloeistof, des te effectiever het koelen. Als een hittegerelateerde aandoening met bewustzijnsverandering optreedt, moet zo snel mogelijk 1-1-2 gebeld worden. Als dit door (operationele) omstandigheden niet mogelijk is, moet aanwezig

(medisch) personeel zo adequaat mogelijk handelen. Als het slachtoffer ter plaatse voldoende effectief gekoeld kan worden, geniet het de voorkeur hem of haar pas te transporteren naar een EHBO-post of de SEH-afdeling van een ziekenhuis als de kerntemperatuur is gezakt onder de 39,0 ºC. Nog verder afkoelen zou kunnen leiden tot onderkoeling (Gagnon et al., 2010).

> Rectaal gemeten temperatuur < 40,0 ºC: differentiaal diagnostisch zijn er verschillende opties die overwogen moeten worden, maar na inspanningsgebonden hyperthermie, staat inspanningsgebonden hyponatriëmie bovenaan. Aangezien onder operationele omstandigheden niet kan worden geprikt en hyponatriëmie niet kan worden uitgesloten, mag niet meer dan 1 liter vocht toegediend worden (kristalloïde vloeistof zoals Ringer-lactaat). Bevoegd en bekwaam personeel mag hiervoor een intraveneuze toegang creëren. Een makkelijke geheugensteun voor differentiaal diagnostiek van bewustzijns-verandering na of tijdens inspanning zijn de 6 H's: Hyperthermie, Hyponatriëmie, Hypoglykemie, Heart (cardiale etiologie), Head (neurologische etiologie) en Hemoglobine (met name sikkelcelcrisis).

**Hitteziekte zonder afwijkingen van het centrale zenuwstelstel**

> Het slachtoffer zonder bewustzijnsverandering mag, ongeacht de kerntemperatuur, rustiger gekoeld worden. Bij twijfel is het verstandig om toch te kiezen voor een van bovengenoemde koelmethoden. Maar meestal is het bij mildere klachten voldoende om deels ontkleed in de schaduw bij wind op een koele ondergrond 20 minuten te rusten en weer wat te drinken. In dat geval kan het circulerende bloed dat eerst ingezet werd voor inspanning, ingezet worden om te koelen. In deze 20 minuten is het belangrijk dat iemand geobserveerd wordt en er continu ingeschat wordt of het slachtoffer herstelt, of wellicht verslechtert.

> Als er verslechtering in het bewustzijn optreedt, moet geëscaleerd worden naar een van de agressieve koelmethoden en 1-1-2 gebeld worden.

> Als na 20 minuten rust het slachtoffer hersteld lijkt te zijn en aangeeft weer verder te kunnen, is hiertegen geen bezwaar. Houd er rekening mee dat klachten toch weer terug kunnen komen bij het hervatten van een activiteit. In dat geval moet de betrokkene alsnog de activiteit staken en gedurende ten minste 24 uur niet deelnemen aan fysieke inspanning of blootgesteld worden aan de warmte. De betrokkene mag zijn of haar werkzaamheden pas hervatten, als hij of zij door een bedrijfsarts in de eerste lijn is beoordeeld.

### 3.7.4 Aanvullende medische behandeling

Voor het stroomschema 'Behandeling in een ziekenhuis', zie Bijlage 8.

Als ter plaatse effectief gekoeld is, zal het slachtoffer naar alle waarschijnlijkheid ABCDE-stabiel zijn. Het wordt sterk aanbevolen om bij een ernstige hittegerelateerde aandoening het slachtoffer naar een ziekenhuis te vervoeren, waarbij tegelijkertijd de rectale temperatuur met spoed beoordeeld wordt. Als deze nog gelijk of hoger is dan 40,0 ºC, moet opnieuw agressief gekoeld worden, waarbij CWI weer de voorkeur heeft. In een gekoelde omgeving kan ook gekozen worden voor de 'strip-soak-fan-methode'. Het ontkleden van het slachtoffer, overgieten met zo koud mogelijk water en daarnaast met een ventilator wind toevoegen, is een effectieve methode om het slachtoffer toegankelijk te houden en tegelijkertijd af te koelen. Deze methode is echter alleen effectief in een klimaatgereguleerde (airconditioning) ruimte, waar de lucht koel en relatief droog is.

Als de temperatuur onder de 39,0 ºC is gebracht, moet het slachtoffer worden afgedroogd om verdere daling van de temperatuur te voorkomen. Als de kerntemperatuur voldoende is gedaald, maar er nog steeds afwijkingen van het centraal zenuwstelsel (CZS) zijn, moet onder andere inspanningsgebonden hyponatriëmie meegenomen worden in de differentiaal-diagnose. Voor verdere evaluatie en behandeling is het belangrijk dat beschikt kan worden over 1) een klinisch-chemisch laboratorium 2) ECG-apparatuur en 3) voortgezet luchtweg-management.

**Observaties**
Meet rectaal de kerntemperatuur. Tympane (oor) thermometers zijn onvoldoende betrouwbaar gebleken (Casa et al., 2007). Meet hartfrequentie (HF), bloeddruk (BD), ademhalingsfrequentie (AF), saturatie en neurologische staat (AVPU/EMV).

**Interventies**
> Continueer het koelen van het slachtoffer, totdat de temperatuur is gedaald tot onder de 39,0 ºC. Dit moet vóór alle overige interventies gaan. In het verleden werd snelle afkoeling afgeraden, omdat de daaropvolgende reflexen (met name perifere vaso-constrictie) de afkoeling van de kern zouden kunnen tegengaan. De thermoregulatie bij hitteberoerte is echter verstoord, waardoor deze reflexen niet worden teruggevonden.
> Als het slachtoffer kan drinken en geen bewustzijnsverandering heeft, geef tot 1 liter vocht. Bij voorkeur is dit een dorstlesser (niet-cafeïnehoudende sportdrank); ORS kan ook worden gebruikt (mits in de juiste mengverhouding).
> Als er sprake is van bewustzijnsverandering met een temperatuur boven de 40,0 ºC, mag niet meer dan 1 liter 0,9 % NaCl intraveneus (IV) toegediend worden, voordat serum natrium bekend is. Geef het slachtoffer geen vocht als bij presentatie al meer dan 2 liter vocht oraal is toegediend.
> Als er sprake is van bewustzijnsverandering met een temperatuur onder de 40,0 ºC, mogen er geen vloeistoffen toegediend worden totdat serum natrium bekend is. Als serum natrium 125 of lager is, moet 100 ml 3 % NaCl (hypertoon) toegediend worden. Hyponatriëmie is de meest belangrijke differentiaal diagnostische overweging bij bewustzijnsverandering na inspanning, zonder (grote) stijging van de kerntemperatuur.
> Als het slachtoffer bewusteloos is, geef zuurstof en houd de luchtweg open.

Rhabdomyolyse kan in alle gevallen van een hittegerelateerde aandoening optreden. Spierafbraak kan resulteren in myoglobinurie en nierfunctiestoornissen.

**Aanvullend onderzoek**
Bij slachtoffers met (verdenking van) een ernstige hittegerelateerde aandoening moet het volgende lab geprikt worden: Hb, thrombocyten, leukocyten, leverfunctie (ASAT, ALAT, Gamma-GT), natrium, kalium, ureum, kreatinine, glucose, berekende serum osmolaliteit, creatine kinase (CK), eventueel aangevuld met bloedgas en stollingstijden op indicatie. Herhaal na 24 uur ureum / elektrolyten, CK, leverfunctie en stollingsfactoren. Als afwijkend, dagelijks herhalen tot normalisatie.

**Ziekenhuisopname**
Ziekenhuisopname is altijd geïndiceerd bij:
> Insulten
> Evident bewustzijnsverlies (Unresponsive)

> Persisterende hyperthermie ondanks actief koelen (rectale temperatuur > 40,0 ºC na 30 minuten koelen).

**Differentiaaldiagnostiek**
Een makkelijke geheugensteun bij differentiaal diagnostiek van bewustzijnsverandering na of tijdens inspanning zijn de 6 H's. hyperthermie, hyponatriëmie, hypoglykemie, heart (cardiale etiologie), head (neurologische etiologie) en hemoglobin (met name sikkelcelcrisis).

**Kernpunten**
> Bij slachtoffers met een hittegerelateerde aandoening waarbij de rectale temperatuur > 40,0 ºC is en er sprake is van een afwijking van het centrale zenuwstelsel, moet de lichaamstemperatuur zo snel mogelijk verlaagd worden.
> Ook bij mildere symptomen die niet verbeteren binnen 20 minuten rust en ontkleden, moet agressief gekoeld worden.
> Als de kerntemperatuur binnen 30 minuten onder de 39,0 ºC gebracht kan worden, is de overlevingskans 100 %.
> In de basis geldt: hoe groter het oppervlak blootgesteld aan koude vloeistof, en hoe lager de temperatuur van het koelmiddel, des te effectiever het lichaam kan afkoelen.
> Er zijn drie bewezen effectieve koelmethodes in een buitensituatie: bad met ijswater (Cold Water Immersion, CWI), TACO (Tarp Assisted Cooling with Oscillation) en het gebruiken van koude natte doeken. In een klimaatgereguleerde locatie kan ook gekoeld worden met de 'strip-soak-fan-methode'.

## 3.8 Weer aan het werk

Personeel dat een vorm van een hittegerelateerde aandoening doorgemaakt heeft, loopt het risico op herhaling. Geschikte revalidatie is daarom van groot van belang. Iedereen die actief gekoeld is (bij een al dan niet bewezen hittegerelateerde aandoening) of twee keer de activiteit heeft moeten stoppen in verband met een verdenking op een hittegerelateerde aandoening, moet zich melden bij de bedrijfsarts. Deze beoordeelt de inzetbaarheid.

Globaal is de revalidatie van een hittegerelateerde aandoening in twee categorieën in te delen:
> *Categorie A* – Milde hittegerelateerde aandoening (Ministry of Defence, 2019). Een hittegerelateerde aandoening waarvoor geen ziekenhuisopname vereist is, zonder evidente laboratoriumafwijkingen of cognitieve stoornissen.
  – Geen sport gedurende de eerste 7 dagen na het staken van de behandeling.
  – Als het mogelijk is, beschouw als ongeacclimatiseerd gedurende 14 dagen.
> *Categorie B* – Ernstige hittegerelateerde aandoening. Een hittegerelateerde aandoening waarvoor wél ziekenhuisopname vereist is en/of evidente laboratoriumafwijkingen of afwijkingen van het centrale zenuwstelsel zijn gevonden.
  – Geen sport gedurende de eerste 7 dagen na het staken van de behandeling.
  – Follow-up een week na de aandoening voor anamnese, lichamelijk onderzoek en eventueel laboratoriumtesten van de aangedane orgaansystemen.
    - Bij iedereen moeten subjectieve klachten worden uitgevraagd:
      (1) Cognitief functioneren: concentratie, geheugen
      (2) Spierpijn of -zwelling, zowel tijdens als na inspanning (Delayed Onset Muscle Soreness, DOMS)

(3) Flankpijn, pijn in de nierloge: verstopte niertubuli door myoglobulinurie gaat niet zelden gepaard met pijn in de nierloge

- Eventuele aanvullende diagnostiek:
  (1) Bij rhabdomyolyse moet serum CK worden bepaald (en vervolgd). Myoglobine is slechts in de eerste dagen na rhabdomyolyse verhoogd en zal bij controle naar alle waarschijnlijkheid alweer genormaliseerd zijn.
- Nier- en/of leverfunctiestoornissen: deze moeten worden vervolgd.

Bij aanhouden van klachten en/of labafwijkingen, moet opnieuw 7 dagen rust genomen worden, waarna dezelfde klinische follow-up volgt. Als bij tweede follow-up nog steeds klachten en/of labafwijkingen bestaan, moet nader onderzoek door een specialist in het ziekenhuis overwogen worden.

> Langzaam opbouwende belasting van zowel intensiteit als duur in een koele omgeving om acclimatisatie te initiëren en hittetolerantie te bepalen. Streef ernaar om na 4 weken een keuring (bijvoorbeeld PPMO) af te leggen. Als het na 4 weken opbouwen niet lukt om weer intensief te sporten, kan een hittetolerantietest (HTT) overwogen worden. Hiervoor is een verwijzing naar een bedrijfsarts van de Arbodienst nodig.

> Als de betrokkene 2 tot 4 weken klachtenvrij is en onbeperkt zelfstandig kan sporten, kan hij of zij vrijgegeven worden voor werkzaamheden. Maar als het letsel een recidief hittegerelateerde aandoening betrof, is een verwijzing naar een bedrijfsarts van de Arbodienst nodig.

### 3.8.1 Hittetolerantietest

Er bestaan methoden om de warmtebelastbaarheid van slachtoffers van een hittegerelateerde aandoening te objectiveren. Dit kan enerzijds een hulpmiddel zijn bij het monitoren van de revalidatie en anderzijds iets zeggen over de algehele belastbaarheid bij optreden in de warmte. Een hittetolerantietest (HTT) wordt bij het Israëlische leger (IDF) al meer dan 30 jaar ingezet (Kazman et al., 2013). Hitte-intolerantie (HI) wordt daarin beschreven als een verminderde thermoregulatoire efficiëntie en het onvermogen om adequaat te adapteren aan inspanning in een warme omgeving. De test wordt 6 tot 8 weken na het initiële incident ingezet. Bij een aangetoonde HI wordt de betrokkene nog een beperking voor intensieve activiteiten opgelegd gedurende 3 tot 6 maanden. Na deze periode wordt de HTT herhaald. Indien de test dan nog steeds positief is (en de betrokkene dus hitte-intolerant is), wordt de betrokkene niet meer geschikt geacht voor een operationele functie.

De validiteit van de HTT werd bij de rondetafeldiscussie van de American College of Sports Medicine (ACSM) ter discussie gesteld (O'Connor et al., 2010). Allereerst is de voorspellende waarde van de HTT over een nieuwe inspanningsgerelateerde hitte-aandoening onbekend. Daarnaast is het kwantitatief meten van thermoregulatoire beperkingen niet mogelijk en is de bruikbaarheid in het sturen van de revalidatie naar inzetbaarheid beperkt.

Het Institute of Naval Medicine (INM) van de Britse Marine heeft een eigen HTT ontwikkeld. Deze test verschilt in twee opzichten substantieel van de eerder beschreven IDF HTT. Enerzijds is de fysieke belasting van de test afgestemd op het persoonlijk prestatievermogen ($VO_2max$). Anderzijds is het onderscheidende criterium voor het al dan niet hittetolerant zijn, het bereiken van een stabiele kerntemperatuur tijdens intensieve inspanning in omstandigheden die als tolerabel moeten worden beschouwd. Het INM implementeert deze test bij

ieder slachtoffer van een ernstig hittegerelateerde aandoening (Categorie B), 8 tot 10 weken na het incident en indien nodig 3 maanden later nogmaals.

Een simpele screeningsmethode om hittetolerantie te bepalen die voor inspecteurs van de OPCW[2] wordt gebruikt kan ook worden gebruikt bij brandweerpersoneel. De methode gaat uit van het fitheidsniveau en de BMI[3] van iemand (Tabel 3.2). Deze methode is echter ongeschikt om te bepalen of iemand na een hittegerelateerde aandoening weer aan het werk kan.

**Tabel 3.2 Eenvoudige screeningstool om hittetolerantie te bepalen**

| BMI / Aerobe fitheid | 20-25 Goed | 25-30 Overgewicht | 30-40 Zwaarlijvig | > 40 Morbide overgewicht |
|---|---|---|---|---|
| **Uitstekend / goed** | Zeer goed | Goed | Slecht | Zeer slecht |
| **Meer dan gemiddeld** | Goed | Gemiddeld | Slecht | Zeer slecht |
| **Gemiddeld** | Gemiddeld | Gemiddeld | Slecht | Zeer slecht |
| **Minder dan gemiddeld** | Gemiddeld | Slecht | Zeer slecht | Zeer slecht |
| **Slecht** | Slecht | Zeer slecht | Zeer slecht | Zeer slecht |
| **Zeer slecht** | Zeer slecht | Zeer slecht | Zeer slecht | Zeer slecht |

In 2018 is de Heat Occupational Tolerance Test (HOTT) ontwikkeld (Watkins et al., 2018). Deze test voorspelt de hittestress beter voor personen die persoonlijke beschermende kleding dragen dan de eerdergenoemde HTT.

**Kernpunten**

> Iedereen die gekoeld is (bij een al dan niet bewezen hittegerelateerde aandoening) moet zich melden bij de bedrijfsarts. Deze maakt een schatting van de inzetbaarheid.

> De inhoud van het revalidatieschema hangt af van de ernst van een doorgemaakte hittegerelateerde aandoening.

[2] Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons (Organisatie voor het Verbod op Chemische Wapens).
[3] BMI = Body Mass Index; een index voor het gewicht in verhouding tot lichaamslengte. Het is het gewicht (kg) van een persoon gedeeld door de lengte (m) in het kwadraat.

# Bijlage 1 WBGT-index voor werk/rustverhouding

**Tabel B1.1 Werk/rustverhouding en vochtinname bij verschillende WBGT-indexen en inspanningsniveaus**

| Hittecate-gorie | WBGT-index (ºC) | Lichte inspanning | | Matige inspanning | | Zware inspanning | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Werk/Rust (min) | Vocht-inname (l/uur) | Werk/Rust (min) | Vocht-inname (l/uur) | Werk/Rust (min) | Vocht-inname (l/uur) |
| 1 | 25,6-27,7 | 60/0 | 0,5 | 60/0 | 0,75 | 40/20 | 0,75 |
| 2 (Laag) | 27,8-29,4 | 60/0 | 0,5 | 50/10 | 0,75 | 30/30 | 1 |
| 3 (Gemiddeld) | 29,5-31,1 | 60/0 | 0,75 | 40/20 | 0,75 | 30/30 | 1 |
| 4 (Hoog) | 31,2-32,2 | 60/0 | 0,75 | 30/30 | 0,75 | 20/40 | 1 |
| 5 (Extreem hoog) | ≥ 32,3 | 50/10 | 1 | 20/40 | 1 | 10/50 | 1 |

> De adviezen zijn richtlijnen. Per individu kunnen er verschillen zijn, ook in de vochtbehoefte. Drink niet meer dan 1 liter per uur en niet meer dan 6 liter per dag.
> Rust betekent zitten of staan in de schaduw.

### Tabel B1.2 Inspanningsniveaus met voorbeelden

| Inspanning | Metabolisme (W) | Voorbeelden |
|---|---|---|
| Rust | 100-125 | **Rustig zitten** |
| Licht | 125-235 | **Administratieve taken** (schrijven, typen, tekenen, boekhouden); **lichte onderhoudswerkzaamheden** (klein gereedschap, inspectie, montage of sortering van lichte materialen); **arm- en beenarbeid** (prio 2 of dienstritten); licht opruimwerk en verkeer regelen |
| Middelmatig | 235-360 | **Langdurig hand- en armarbeid** (reanimeren); **arm- en beenarbeid** (prio-1-ritten); **arm- en romparbeid** (afzettingen maken, voertuig-stabilisatie, werkveld inrichten en vrijhouden, verkenning in vuilwerkpak, hydraulisch gereedschap klaarmaken, water opbouwen) |
| Zwaar | 360-465 | **Intensieve arm- en romparbeid**; aanvalskrat verplaatsen, deur forceren, motorkettingzaag of slijpmachine hanteren, handmatig sloop- en breekwerk, vuilwerkpak grijpredding, buitenbrandbestrijding |
| Zeer zwaar | > 465 | **Zeer intense activiteit in snel tot maximaal tempo**; werken met hydraulisch gereedschap, binnenbrandbestrijding |

De adviezen zijn van toepassing op het dragen van het operationeel uniform of kazernekleding. Bij het dragen van andere kleding zijn er correcties (Clothing adjustment values, CAVs) nodig (NEN-EN-ISO 7243, 2017). De CAVs worden toegevoegd aan de gemeten WBGT om de effectieve WBGT te verkrijgen. Voor kleding met een hoge dampweerstand is er een afhankelijkheid van de relatieve luchtvochtigheid op de mogelijkheid om te kunnen koelen.

### Tabel B1.3 Correctiefactor WBGT-index voor verschillende kledingcombinaties

| Kledingcombinatie | Opmerking | Correctiefactor (CAV) (ºC WBGT) |
|---|---|---|
| Werkkleding | Werkkleding gemaakt van een geweven stof is de referentiekleding | 0 |
| Stoffen overall | Overall van geweven stof die katoen bevat | 0 |
| Niet-geweven wegwerp SMS-overall (polypropyleen) als een enkele laag | Een niet-gepatenteerd proces om van polypropyleen niet-geweven stoffen te maken | 0 |
| Niet-geweven polyethyleen overall als een enkele laag | Een gepatenteerde stof gemaakt van polyethyleen | 2 |
| Dampwerend schort met lange mouwen over stoffen overall | Een omhullende schortconfiguratie om de voorzijde en zijkant van het lichaam te beschermen tegen morsen met chemische middelen | 4 |
| Dubbele laag geweven kleding | Over het algemeen beschouwd als overall over werkkleding, maar bijvoorbeeld ook een uitrukpak | 3 |
| Enkellaags dampwerende overall, zonder capuchon | Het effect hangt af van de relatieve luchtvochtigheid | 10 |
| Enkellaags dampwerende overall, met capuchon | Het effect hangt af van de relatieve luchtvochtigheid | 11 |
| Dampwerende overkleding over overall, zonder capuchon | - | 12 |
| Capuchon (deze waarde wordt extra toegevoegd aan de CAV van de kledingcombinatie zonder capuchon of gelaatsmasker) | Het dragen van een capuchon van elke stof met elke kledingcombinatie | +1 |

# Bijlage 2 Britse richtlijn WBGT

**Tabel B2.1 Britse implementatie van toegestane inspanningsintensiteit bij WBGT-indexen**

| Intensiteit inspanning | WBGT-index bovenste limiet (ºC WBGT) | |
|---|---|---|
| | Ongeacclimatiseerd | Geacclimatiseerd |
| Extreem | 20 (max. 30 minuten inspanning) | 20 |
| Zeer intensief | 20 | 25 |
| Intensief | 24 | 27 |
| Gemiddeld | 26 | 30 |
| Laag | 31 | 34 |

Als de richtlijnen van de maximale WBGT-index gevolgd worden, zal voor 95 % van gezond en fit personeel het risico op een hittegerelateerde aandoening geminimaliseerd worden. Hier is de werk/rustverhouding constant gehouden (1 uur inspanning, gevolgd door 30 minuten rust) en varieert de toegestane inspanningsintensiteit met de WBGT-index. Toch kan een hittegerelateerde aandoening nog optreden. Blijf daarom altijd waakzaam!

Voor Nederland (koel klimaat), moet altijd de ongeacclimatiseerde WBGT gebruikt worden.

De WBGT-index SI-eenheid is °C WBGT. De metingen worden weergeven in °C, maar deze moeten niet verward worden met de directe omgevingstemperatuur.

Als de operationele omstandigheden vereisen dat de activiteit afwijkt van deze richtlijnen, dan moet overwogen worden de inspanningsduur korter dan 60 minuten te maken en de rustperiodes frequenter en langer te maken. Medisch advies wordt geadviseerd. Bij het plannen en uitvoeren van activiteiten langer dan 60 minuten en waarbij deze richtlijn niet gevolgd kan worden, moet er extra aandacht besteed worden aan de risicoanalyse en overige aanwezige risicofactoren (Bijlage 5).

Waarden in Tabel B2.1 zijn van toepassing op personeel met een enkele laag kleding (boven op een ondershirt), korte of opgerolde mouwen en zonder helm. Er is geen onderscheid tussen mannen en vrouwen, bij gelijke fysieke conditie.

Bij bluskleding:
> Gebruik de niet-geacclimatiseerde WBGT-index bovenste limiet.
> Reduceer de bovenste limietwaarde met 5 °C.
> Inspanning in de categorieën intensief, zeer intensief en extreem is onveilig. Aanvullend medisch advies wordt geadviseerd.

Veranderingen in WBGT-index moeten gedurende de dag worden meegenomen in de planning van de activiteit.

# Bijlage 3 NATO maximale werktijden

### Tabel B3.1 Maximale inspanningsduur bij verschillende WBGT-indexen

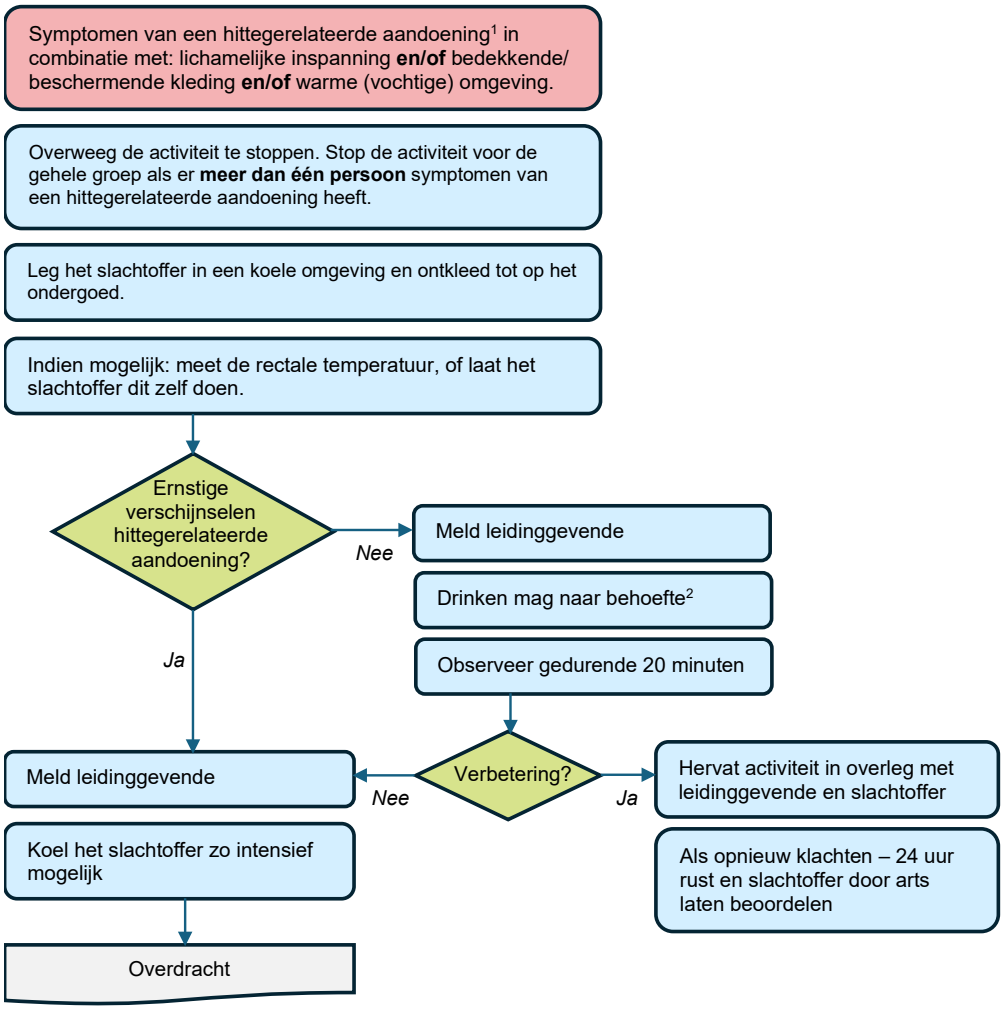
| | | Lichte inspanning | | Matige inspanning | | Zware inspanning | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Hitte Categorie** | **WBGT (°C)** | **Inspannings-duur (min)** | **Water inname (l/uur)** | **Inspannings-duur (min)** | **Water inname (l/uur)** | **Inspannings-duur (min)** | **Water inname (l/uur)** |
| 1 | 25,6-27,7 | Geen limiet | ½ | Geen limiet | ¾ | 70 | 1 |
| 2 | 27,7-29,4 | Geen limiet | ½ | 150 | 1 | 65 | 1 ¼ |
| 3 | 29,4-31,1 | Geen limiet | ¾ | 100 | 1 | 55 | 1 ¼ |
| 4 | 31,1-32,2 | Geen limiet | ¾ | 80 | 1 ¼ | 50 | 1 ¼ |
| 5 | > 32,2 | 180 | 1 | 70 | 1 ½ | 45 | 1 ½ |

> Deze tabel is van toepassing op geacclimatiseerd en geoefend personeel. Als de tabel gebruikt wordt voor ongeacclimatiseerd personeel, moet men dus voorzichtiger zijn.
> De adviezen zijn richtlijnen. Per individu kunnen er verschillen zijn, ook in vocht-behoefte. Drink niet meer dan 6 liter per dag.
> De tabel geeft richtlijnen voor inspanningsduur en waterinname. Hier kan weloverwogen van worden afgeweken. Als dit gebeurt, moeten de leidinggevenden extra aandacht besteden aan de gehele risicoanalyse en overige aanwezige risicofactoren.
> Rust betekent zitten of staan in de schaduw.
> ‘Geen Limiet’ houdt in dat het werk ten minste 4 uur volgehouden kan worden.
> Na de maximale inspanningsduur, moet voldoende rust ingebouwd worden om het lichaam te laten afkoelen.
> De tabel is van toepassing op het dragen van een operationeel uniform of kazerne-kleding. Als IBGS-kleding gedragen wordt, moet bij licht werk 6 ˚C en bij gemiddeld tot zwaar werk 11 ˚C bij de WBGT worden opgeteld.

### Tabel B3.2 Beschrijving van inspanningsniveaus

| **Intensiteit** | **Voorbeelden** | |
|---|---|---|
| Lichte inspanning | Lopen op onverharde grond met bepakking | Velddienst, wapenonderhoud |
| Matige inspanning | Lopen in zand 4 km/uur zonder uitrusting, lopen op harde ondergrond 5,6 km/uur met bepakking < 18 kg | Wachtdiensten |
| Zware inspanning | Lopen in zand 4 km/uur met uitrusting, lopen op harde ondergrond 5,6 km/uur met bepakking > 18 kg | Groepsaanval |

# Bijlage 4 Behandelschema algemeen personeel




**Let op**
Als één persoon symptomen heeft, kan het zijn dat deze persoon meer bevattelijk is voor een hittegerelateerde aandoening en daarom als eerste symptomen vertoont. Als meer dan één persoon symptomen van een hittegerelateerde aandoening heeft, ligt dit waarschijnlijk aan de omstandigheden. In dat geval is het stoppen van de activiteit voor de gehele groep uitermate belangrijk.

1. Symptomen van een hittegerelateerde aandoening: hoofdpijn, duizeligheid, verminderd beoordelingsvermogen, wazig zien, misselijkheid/overgeven, diarree, krampen, rusteloosheid, zwalken, uitputting en/of **ernstige verschijnselen**: rectale temperatuur.> 40,0 ˚C, veranderd bewustzijn, verwardheid, humeurig, waanbeelden, stuipen/trekkingen.

2. Bij voorkeur zout- en suikerhoudend (bijvoorbeeld sportdrank of ORS), maximaal 1 liter.

# Bijlage 5 Risicoanalysetool

| Risicofactor | Resultaat | Voorbeeld maatregelen | Haalbaar Ja | Haalbaar Nee | Gevolg |
|---|---|---|---|---|---|
| **Individuele risicofactoren**<br>Zijn deelnemers blootgesteld aan de risicofactoren in Tabel 1.2? | Ja<br>Nee | □ Kunnen er risicofactoren<br>□ worden beïnvloed, zodat risico's verminderen? | | | |
| **Individuele risicofactor Acclimatisatie**<br>Is het volledige acclimatisatie-proces doorlopen als men daarvoor heeft gekozen? | Ja (14 dagen)<br>Nee (< 5 dagen)<br>Partieel (< 14 dagen) | □ Bevindt de activiteit zich<br>□ onder de bovenste WBGT-<br>□ index limiet (Bijlage 2)? Zo nee, kan de werk/rust-verhouding worden bijgesteld? | | | |
| **Individueel risicofactor Drinkbeleid**<br>Is voldoende water beschikbaar, zoals beschreven in de WBGT-richtlijn? | Ja<br>Nee | □ Kan voldoende drinkwater<br>□ worden aangeleverd? | | | |
| **Groepsgebonden risicofactor Arbeidsintensiteit**<br>Wat is de maximale arbeids-intensiteit van de (geplande) activiteit (Bijlage 2)? | Laag<br>Gemiddeld<br>Intensief<br>Zeer intensief<br>Extreem | □ Als de arbeidsintensiteit de<br>□ bovenste WBGT-index<br>□ overschrijdt (Bijlage 2), kan<br>□ de activiteit worden<br>□ bijgesteld? | | | |
| **Groepsgebonden risicofactor Duur van de activiteit**<br>Wat is de geplande duur van de activiteit? | > 30 minuten (weinig risico)<br>30 minuten tot 4 uur (reëel risico)<br>> 4 uur (let op zoutgebrek) | □ Kan voeding naar smaak worden gezout en/of kan<br>□ water worden aangevuld/vervangen door<br>□ zouthoudende drank (dorstlesser/ORS in een sportdrank-mengverhouding)? | | | |
| **Groepsgebonden risicofactor Kleding en uitrusting**<br>Is de juiste correctiefactor voor de WBGT-index toegepast? | Chemie/gaspak<br>Bluspak<br>HV-kleding | □ Kan de kleding en/of<br>□ uitrusting worden<br>□ aangepast? | | | |
| **Externe risicofactoren WBGT index**<br>Is de WBGT-index hoger dan de bovenste limiet bij de geplande activiteit (Bijlage 2)? | Ja<br>Nee | □ Kan de activiteit worden<br>□ aangepast? | | | |
| **Medische keten**<br>Is binnen 15 minuten adequate medische behandeling en afvoer beschikbaar? | Ja<br>Nee | □ Zijn opties beschikbaar om<br>□ ter plaatse te koelen? (Bij voorkeur ijswater met doeken) | | | |
| **Opleiding en training personeel**<br>Is personeel voldoende en bewust geschoold rondom hittegerelateerde aandoe-ningen? | Ja<br>Nee | □ Kan personeel worden<br>□ voorgelicht voor aanvang van activiteiten? | | | |

Gebaseerd op: CLAS afdeling TGTF. Als een of meermalen nee is aangevinkt, zal het risico op een hittegerelateerde aandoening of de gevolgen ervan sterk toenemen.

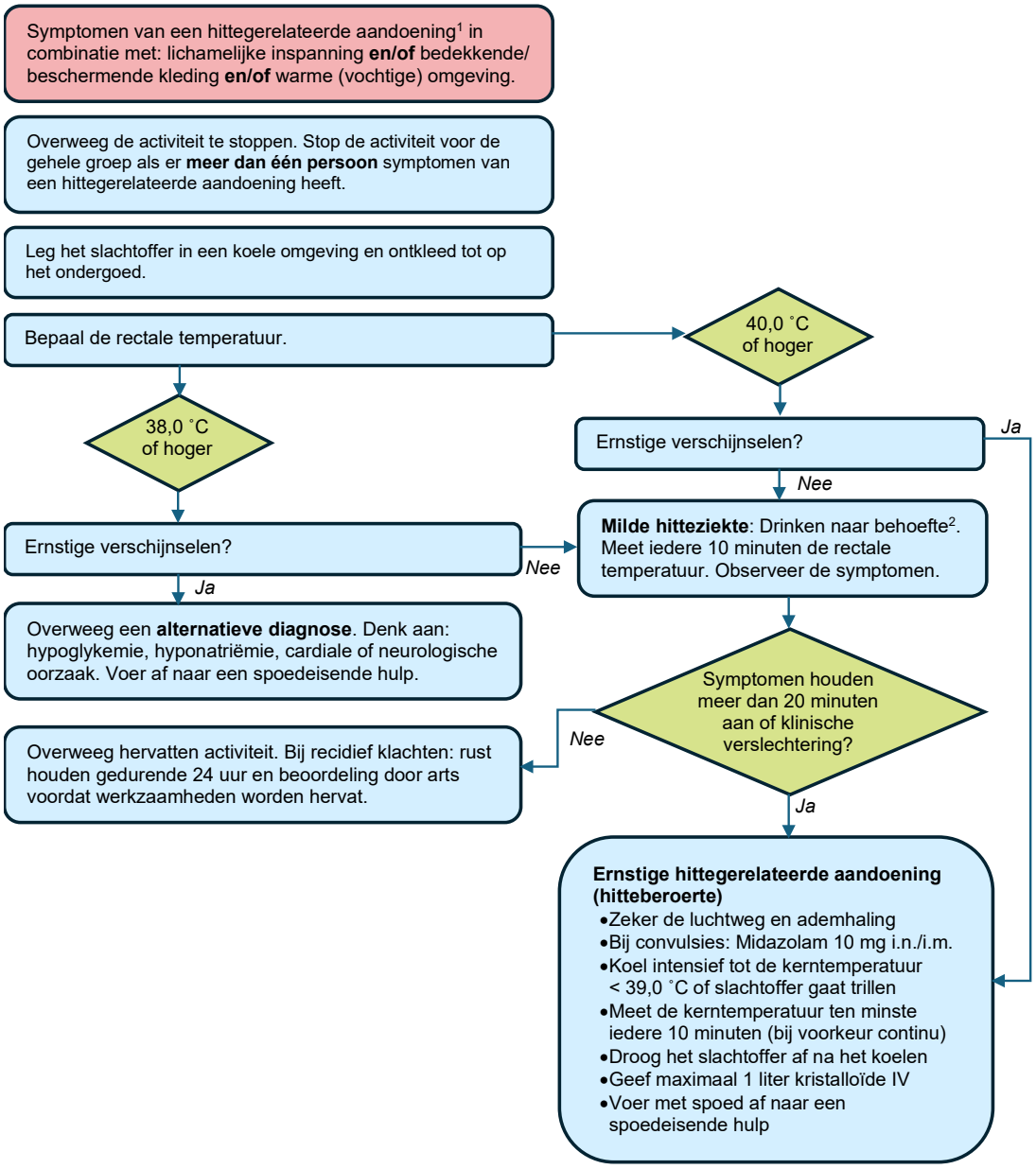
# Bijlage 6 Voorbeeld acclimatisatieprogramma

**Tabel B6.1 Voorbeeld van een acclimatisatieprogramma (Parsons et al., 2019)**

| Dag | Kleding | WBGT-index (˚C WBGT) | Duur (min) | Activiteit |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Geen activiteiten. Rusten, drinken, eten en voldoende slapen. | | | |
| 2 | Sportkleding (T-shirt en short) | > 22 | 1 x 50 | Stevig doorwandelen |
| 3 | Sportkleding (T-shirt en short) | > 22 | 2 x 50 | Stevig doorwandelen met steeds 10 minuten rust |
| 4 | Sportkleding (T-shirt en short) | > 22 | 100 | Stevig doorwandelen |
| 5 | Kazernekleding/Operationeel uniform | > 22 | 2 x 50 | Stevig doorwandelen, 2e keer in sportkleding |
| 6 | Kazernekleding/Operationeel uniform | > 22 | 100 | Stevig doorwandelen |
| 7 | Uitrukkleding | > 22 | 2 x 50 | Stevig doorwandelen en na 15 minuten rust weer doorwandelen |
| 8 | Uitrukkleding | > 22 | 100 | Stevig doorwandelen |

Er mag naar behoefte worden gedronken.

# Bijlage 7 Behandelschema medisch personeel

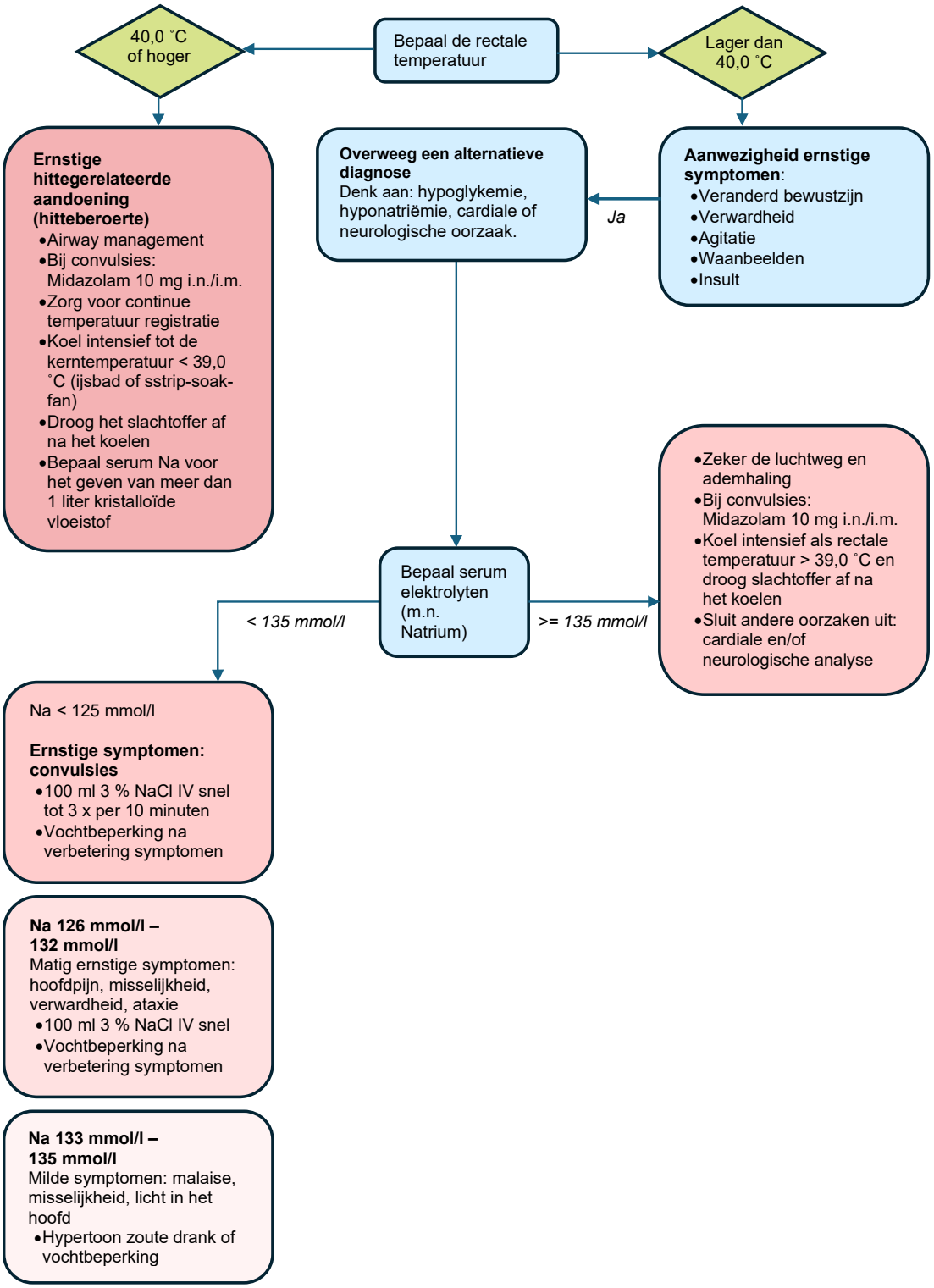



**Let op**
Als één persoon symptomen heeft, kan het zijn dat deze persoon meer bevattelijk is voor een hittegerelateerde aandoening en daarom als eerste symptomen vertoont. Als meer dan één persoon symptomen van een hittegerelateerde aandoening heeft, ligt dit waarschijnlijk aan de omstandigheden. In dat geval is het stoppen van de activiteit voor de gehele groep uitermate belangrijk.

1. Symptomen van een hittegerelateerde aandoening: hoofdpijn, duizeligheid, verminderd beoordelingsvermogen, wazig zien, misselijkheid/overgeven, diarree, krampen, rusteloosheid, zwalken, uitputting en/of **ernstige verschijnselen**: veranderd bewustzijn, verwardheid, humeurig, waanbeelden, stuipen/trekkingen.

2. Bij voorkeur zout- en suikerhoudend (bijvoorbeeld sportdrank of ORS), maximaal 1 liter.

# Bijlage 8 Behandeling in een ziekenhuis



# Literatuurlijst


Alele, F. O., Malau-aduli, B. S., Malau-aduli, A. E. O., & Crowe, M. J. (2020). Epidemiology of Exertional Heat Illness in the Military : A Systematic Review of Observational Studies. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(19), 1–27. https://doi.org/10.3390/ijerph17197037

Anzalone, M. L., Green, V. S., Buja, M., Sanchez, L. A., Harrykissoon, R. I., & Eichner, E. R. (2010). Sickle cell trait and fatal rhabdomyolysis in football training: a case study. *Medicine and science in sports and exercise*, *42*(1), 3–7. https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181ae0700

Armstrong, L. E. (2003). *Exertional Heat Illnesses*. Human Kinetics Publishers.

Army Technical Bulletin Medical. (2022). *Heat stress control and heat casualty management TB Med 507*. Army Technical Bulletin Medical.

Bedno, S. A., Li, Y., Han, W., Cowan, D. N., Scott, C. T., Cavicchia, M. A., & Niebuhr, D. W. (2010). Exertional heat illness among overweight U.S. Army recruits in basic training. *Aviation Space and Environmental Medicine*, *81*(2), 107–111. https://doi.org/10.3357/asem.2623.2010

Bennett, B. L., Hew-Butler, T., Rosner, M. H., Myers, T., & Lipman, G. S. (2020). Wilderness Medical Society Clinical Practice Guidelines for the Management of Exercise-Associated Hyponatremia: 2019 Update. *Wilderness and Environmental Medicine*, *31*(1), 50–62. https://doi.org/10.1016/j.wem.2019.11.003

Bergeron, M. F. (2007). Exertional heat cramps: recovery and return to play. *Journal of sport rehabilitation*, *16*(3), 190–196. https://doi.org/10.1123/jsr.16.3.190

Bouchama, A., Dehbi, M., & Chaves-Carballo, E. (2007). Cooling and hemodynamic management in heatstroke: Practical recommendations. *Critical Care*, *11*(3), 1–10. https://doi.org/10.1186/cc5910

Bouchama, A., & Knochel, J. P. (2002). Heat Stroke. *The New England Journal of Medicine*, *346*(25), 1978–1988. https://doi.org/10.1056/NEJMra011089

Brandweer Nederland. (2019). *Handreiking omgaan met warmte en hitte, brandweeractiviteiten in de hitte*. Brandweer Nederland.

Buller, M. J., Delves, S. K., Fogarty, A. L., & Veenstra, B. J. (2021). On the real-time prevention and monitoring of exertional heat illness in military personnel. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *24*(10), 975–981. https://doi.org/10.1016/j.jsams.2021.04.008

Carter, R., Cheuvront, S. N., Williams, J. O., Kolka, M. A., Stephenson, L. A., Sawka, M. N., & Amoroso, P. J. (2005). Epidemiology of Hospitalizations and Deaths from Heat Illness in Soldiers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *37*(8), 1338–1344. https://doi.org/10.1249/01.mss.0000174895.19639.ed

Casa, D. J., Becker, S. M., Ganio, M. S., Brown, C. M., Yeargin, S. W., Roti, M. W., Siegler, J., Blowers, J. A., Glaviano, N. R., Huggins, R. A., Armstrong, L. E., & Maresh, C. M. (2007). Validity of devices that assess body temperature during outdoor exercise in the heat. *Journal of Athletic Training*, *42*(3), 333–342. https://doi.org/10.1016/s0162-0908(08)79198-0

Casa, D. J., Stearns, R. L., Lopez, R. M., Ganio, M. S., McDermott, B. P., Walker Yeargin, S., Yamamoto, L. M., Mazerolle, S. M., Roti, M. W., Armstrong, L. E., & Maresh, C. M. (2010). Influence of hydration on physiological function and performance during trail running in the heat. *Journal of Athletic Training*, *45*(2), 147–156. https://doi.org/10.4085/1062-6050-45.2.147

CDC. (2025). *Heat and Medications - Guidance for Clinicians* (pp. 1–4). Centers for Disease Control and Prevention.

Cramer, M. N., Gagnon, D., Laitano, O., & Crandall, C. G. (2022). Human Temperature Regulation Under Heat Stress in Health, Disease, and Injury. *Physiological Reviews*, *102*(4), 1907–1989. https://doi.org/10.1152/PHYSREV.00047.2021

Cramer, M. N., & Jay, O. (2016). Biophysical aspects of human thermoregulation during heat stress. *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical*, *196*, 3–13. https://doi.org/10.1016/j.autneu.2016.03.001
Daanen, H. A. M., Racinais, S., & Périard, J. D. (2018). Heat Acclimation Decay and Re-Induction: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, *48*(2), 409–430. https://doi.org/10.1007/s40279-017-0808-x
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. *Medicine and science in sports and exercise*, *47*(2), 240–245. https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000409
Druyan, A., Atias, D., Ketko, I., Cohen-Sivan, Y., & Heled, Y. (2017). The effects of smoking and nicotine ingestion on exercise heat tolerance. *Journal of Basic and Clinical Physiology and Pharmacology*, *28*(2), 167–170. https://doi.org/10.1515/jbcpp-2016-0065
Earhart, E. L., Weiss, E. P., Rahman, R., & Kelly, P. V. (2015). Effects of oral sodium supplementation on indices of thermoregulation in trained, endurance athletes. *Journal of Sports Science and Medicine*, *14*(1), 172–178.
Eichner, E. R. (2011). Sickle Cell Considerations in Athletes. *Clinics in Sports Medicine*, *30*(3), 537–549. https://doi.org/10.1016/j.csm.2011.03.004
Epstein, Y. (1990). Heat intolerance: predisposing factor or residual injury? *Medicine and science in sports and exercise*, *22*(1), 29–35.
Epstein, Y., & Yanovich, R. (2019). Heatstroke. *The New England Journal of Medicine*, *380*(25), 2449–2459. https://doi.org/10.1056/NEJMra1810762
Flouris, A. D., Notley, S. R., Stearns, R. L., Casa, D. J., & Kenny, G. P. (2024). Recommended water immersion duration for the field treatment of exertional heat stroke when rectal temperature is unavailable. *European Journal of Applied Physiology*, *124*(2), 479–490. https://doi.org/10.1007/s00421-023-05290-5
Gagnon, D., Lemire, B. B., Casa, D. J., & Kenny, G. P. (2010). Cold-Water Immersion and the Treatment of Hyperthermia: Using 38.6 6 $^{0}$C as a Safe Rectal Temperature Cooling Limit. *Journal of athletic training*, *45*(5), 439–444.
Gardner, J. W., Kark, J. A., Karnei, K., Sanborn, J. S., Gastaldo, E., Burr, P., & Wenger, C. B. (1996). Risk factors predicting exertional heat illness in male Marine Corps recruits. *Medicine and science in sports and exercise*, *28*(8), 939–944. https://doi.org/10.1097/00005768-199608000-00001
Gisolfi, C. V., & Wenger, C. B. (1984). Temperature regulation during exercise; Old concepts, new ideas. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, *12*(1), 399–416. https://doi.org/10.1249/00003677-198401000-00013
González-Alonso, J., Quistorff, B., Krustrup, P., Bangsbo, J., & Saltin, B. (2000). Heat production in human skeletal muscle at the onset of intense dynamic exercise. *Journal of Physiology*, *524*(2), 603–615. https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.2000.00603.x
Hemingway, R., Stourton, F., Leckie, T., Fitzpatrick, D., Jones, G., Wood, F., Boalch, A., McNulty-Ackroyd, J., Thurgood, A., Boulter, M., Hartle, A., Walter, E., Pynn, H. J., Kipps, C., & Stacey, M. J. (2025). Faculty of Pre-Hospital Care: Consensus statement on the prehospital management of exertional heat illness. *Emergency Medicine Journal*, *42*(6), 390–395. https://doi.org/10.1136/emermed-2024-214795
Hew-Butler, T. (2019). Exercise-Associated Hyponatremia. *Frontiers of Hormone Research*, *52*, 178–189. https://doi.org/10.1159/000493247
Holmér, I. (2006). Protective clothing in hot environments. *Industrial Health*, *44*(3), 404–413. https://doi.org/10.2486/indhealth.44.404
Ishikawa, T., Tamura, H., Ishiguro, H., Yamaguchi, K., & Minami, K. (2010). Effect of oral rehydration solution on fatigue during outdoor work in a hot environment: A randomized crossover study. *Journal of Occupational Health*, *52*(4), 209–215. https://doi.org/10.1539/joh.L9156
Kalisch Ellett, L. M., Pratt, N. L., Blanc, V. T. Le, Westaway, K., & Roughead, E. E. (2016). Increased risk of hospital admission for dehydration or heat-related illness after initiation of medicines: a sequence symmetry analysis. *Journal of Clinical Pharmacy and Therapeutics*, *41*(5), 503–507. https://doi.org/10.1111/jcpt.12418
Kazman, J. B., Heled, Y., Lisman, P. J., Druyan, A., Deuster, P. A., & O'Connor, F. G.

(2013). Exertional heat illness: the role of heat tolerance testing. *Current sports medicine reports*, *12*(2), 101–105. https://doi.org/10.1249/JSR.0b013e3182874d27
Kazman, J. B., Nelson, D. A., Ahmed, A. E., Deuster, P. A., Cariello, F. P., O'Connor, F. G., Mancuso, J. D., & Lewandowski, S. A. (2025). Exertional Heat Illness Recovery and Recurrence. *Military Medicine*, *190*(11–12), e2295–e2302. https://doi.org/https://doi.org/10.1093/milmed/usaf429
Kazman, J. B., Purvis, D. L., Heled, Y., Lisman, P., Atias, D., Van Arsdale, S., & Deuster, P. A. (2015). Women and exertional heat illness: identification of gender specific risk factors. *U.S. Army Medical Department journal*, 58–66. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26101907
Kim, S., Kim, D. H., Lee, H. H., & Lee, J. Y. (2019). Frequency of firefighters' heat-related illness and its association with removing personal protective equipment and working hours. *Industrial Health*, *57*(3), 370–380. https://doi.org/doi:10.2486/indhealth.2018-0063
Klous, L., van Diemen, F., Ruijs, S., Gerrett, N., Daanen, H., de Weerd, M., Veenstra, B., & Levels, K. (2022). Efficiency of three cooling methods for hyperthermic military personnel linked to water availability. *Applied Ergonomics*, *102*, 1–7. https://doi.org/10.1016/j.apergo.2022.103700
Leon, L. R., & Helwig, B. G. (2010). Heat stroke: Role of the systemic inflammatory response. *Journal of Applied Physiology*, *109*(6), 1980–1988. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00301.2010
Lim, C. L., Byrne, C., & Lee, J. K. (2008). Human thermoregulation and measurement of body temperature in exercise and clinical settings. *Annals of the Academy of Medicine Singapore*, *37*(4), 347–353. https://doi.org/10.47102/annals-acadmedsg.v37n4p347
Lopez, R. M., Casa, D. J., McDermott, B. P., Ganio, M. S., Armstrong, L. E., & Maresh, C. M. (2009). Does creatine supplementation hinder exercise heat tolerance or hydration status? A systematic review with meta-analyses. *Journal of Athletic Training*, *44*(2), 215–223. https://doi.org/10.4085/1062-6050-44.2.215
Luetkemeier, M. J., Hanisko, J. M., & Aho, K. M. (2017). Skin Tattoos Alter Sweat Rate and Na+ Concentration. *Medicine and science in sports and exercise*, *49*(7), 1432–1436. https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001244
Marghidan, C. P., Van der Schrier, G., Vrolijk, M., Boonstra, R., Van Ekris, J., Nuijens, W., Mokkenstorm, L., Siegmund, P., Reiling, M., Groeneweg, F., Matters, I., Camps, J., Van Paassen, J., & Sluijter, R. (2026). *Van Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) naar hittekracht. Implementatie en operationalisering van een nieuwe hitteindicator. TR-26-04*. Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI).
Maughan, R. J., & Griffin, J. (2003). Caffeine ingestion and fluid balance: A review. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, *16*(6), 411–420. https://doi.org/10.1046/j.1365-277X.2003.00477.x
McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2009). *Exercise Physiology: Nutrition, energy, and human performance* (7th ed.). Lippincott Williams & Wilkins.
McLellan, T. M., & Selkirk, G. A. (2006). The management of heat stress for the firefighter: A review of work conducted on behalf of the Toronto Fire Service. *Industrial Health*, *44*(3), 414–426. https://doi.org/10.2486/indhealth.44.414
Ministry of Defence. (2019). *JSP 539 Heat Illness and cold injury: prevention and management Part 2: Guidance*. Ministry of Defence.
Mudambo, S. M., & Reynolds, N. (2001). Body fluid shifts in soldiers after a jogging/walking exercise in the heat: effects of water and electrolyte solution on rehydration. *The Central African Journal of Medicine*, *47*(9–10), 220–225. https://doi.org/10.4314/cajm.v47i9.8620
Nederlands Instituut Publieke Veiligheid. (2026). *Landelijk protocol levensreddend handelen door de brandweer (LPLHB 4.2)*. Nederlands Instituut Publieke Veilgheid.
NEN-EN-ISO 7243. (2017). *Ergonomie van thermische omstandigheden - Beoordeling van hitte-stress gebaseerd op de WBGT-index (wet bulb globe temperature)*.
NFPA. (2022). *NFPA 1584: Standard on the rehabilitation process for members during emergency operations and training exercises*. National Fire Protection Association (NFPA).
Noakes, T. D. (2008). A modern classification of the exercise-related heat illnesses. *Journal*

*of Science and Medicine in Sport*, *11*(1), 33–39. https://doi.org/10.1016/j.jsams.2007.02.009
O'Connor, F. G., Casa, D. J., Bergeron, M. F., Carter, R., Deuster, P., Heled, Y., Kark, J., Leon, L., MCDermott, B., O'Brien, K., Roberts, W. O., & Sawka, M. (2010). Roundtable on Exertional Heat Stroke - Return to Duty/Return to Play. *American College of Sports Medicine*, *9*(5), 314–321. https://doi.org/10.1249/JSR.0b013e3181f1d183
Pandolf, K. B. (1979). Effects of physical training and cardiorespiratory physical fitness on exercise-heat tolerance: recent observations. *Medicine and science in sports*, *11*(1), 60–65.
Pandolf, K. B. (1998). Time course of heat acclimation and its decay. *International Journal of Sports Medicine*, *Suppl 2*, 157–160. https://doi.org/10.1055/s-2007-971985
Pandolf, K. B., Burse, R. L., & Goldman, R. F. (1977). Role of physical fitness in heat acclimatisation, decay and reinduction. *Ergonomics*, *20*(4), 399–408. https://doi.org/10.1080/00140137708931642
Parsons, I. T., Stacey, M. J., & Woods, D. R. (2019). Heat Adaptation in Military Personnel: Mitigating Risk, Maximizing Performance. *Frontiers in Physiology*, *10*(1485). https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01485
Périard, J. D., DeGroot, D., & Jay, O. (2022). Exertional heat stroke in sport and the military: epidemiology and mitigation. *Experimental Physiology*, *107*(10), 1111–1121. https://doi.org/10.1113/EP090686
Périard, J. D., Racinais, S., & Sawka, M. N. (2015). Adaptations and mechanisms of human heat acclimation: Applications for competitive athletes and sports. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *Suppl 1*, 20–38. https://doi.org/doi: 10.1111/sms.12408
Périard, J. D., Travers, G. J. S., Racinais, S., & Sawka, M. N. (2016). Cardiovascular adaptations supporting human exercise-heat acclimation. *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical*, *196*, 52–62. https://doi.org/10.1016/j.autneu.2016.02.002
Roberts, W. O. (2006). Exertional heat stroke during a cool weather marathon: a case study. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *37*(7), 1197–1203. https://doi.org/10.1249/01.mss.0000227302.80783.0f
Roberts, W. O., Armstrong, L. E., Sawka, M. N., Yeargin, S. W., Heled, Y., & O'Connor, F. G. (2023). ACSM Expert Consensus Statement on Exertional Heat Illness: Recognition, Management, and Return to Activity. *Current Sports Medicine Reports*, *22*(4), 134–149. https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000001058
Roossien, C. C., Heus, R., Reneman, M. F., & Verkerke, G. J. (2020). Monitoring core temperature of firefighters to validate a wearable non-invasive core thermometer in different types of protective clothing: Concurrent in-vivo validation. *Applied Ergonomics*, *83*, 1–12. https://doi.org/10.1016/j.apergo.2019.103001
Sandsund, M., Aamodt, E., & Renberg, J. (2024). Heat strain in professional firefighters: physiological responses to a simulated smoke dive in extremely hot environments and the subsequent recovery phase. *Industrial Health*, *62*(5), 312–323. https://doi.org/doi:10.2486/indhealth.2023-0151
Sawka, M. N., Burke, L. M., Eichner, E. R., Maughan, R. J., Montain, S. J., & Stachenfeld, N. S. (2007). Exercise and fluid replacement. *American College of Sports Medicine*, *39*(2), 377–390. https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31802ca597
Sawka, M. N., Carton, C., Ööpik, V., Rintamäki, H., Bourdon, L., Glitz, K. J., Werner, A., Daanen, H., Mekjavic, I., Rogers–Mentor, A., Castellani, J., Freund, B., Heaney, J., & O'Brien, K. (2013). *Management of Heat and Cold Stress – Guidance to NATO Medical Personnel (RTO-TR-HFM-187)*. North Atlantic Treaty Organisation (NATO).
Sawka, M. N., Périard, J. D., & Racinais, S. (2015). Heat Acclimatization To Improve Athletic Performance in Warm-Hot Environments. *Sports Science Exchange*, *28*(153), 1–6.
Sawka, M. N., Wenger, C. B., & Pandolf, K. B. (1994). Physiological responses to acute exercise-heat stress. In *Human Performance Physiology* (pp. 97–151).
Schleh, M. W., & Dumke, C. L. (2018). Comparison of Sports Drink Versus Oral Rehydration Solution During Exercise in the Heat. *Wilderness and Environmental Medicine*, *29*(2), 185–193. https://doi.org/10.1016/j.wem.2018.01.005
Schwellnus, M. P. (2009). Cause of exercise associated muscle cramps (EAMC)—altered neuromuscular control, dehydration or electrolyte depletion? *British Journal of Sports*

*Medicine*, *43*(6), 401–408. https://doi.org/10.1136/bjsm.2008.050401
Shirreffs, S. M., Taylor, A. J., Leiper, J. B., & Maughan, R. J. (1996). Post-exercise rehydration in man: effects of volume consumed and drink sodium content. *Medicine and science in sports and exercise*, *28*(10), 1260–1271. https://doi.org/10.1097/00005768-199610000-00009
Stearns, R. L., Hosokawa, Y., Adams, W. M., Belval, L. N., Huggins, R. A., Jardine, J. F., Katch, R. K., Davis, R. J., & Casa, D. J. (2020). Incidence of recurrent exertional heat stroke in a warm-weather road race. *Medicina*, *56*(12), 1–13. https://doi.org/10.3390/medicina56120720
Trainingsgeneeskunde en Trainingsfysiologie (TGTF). (2024). *Handboek Hitteziekte Doctrinepublicatie LAND-MHC-TGTF-01*. Ministerie van Defensie.
Veltmeijer, M. T. W. (2016). *The Thermoregulatory Burden of Running: Prevalence and Predictability of Hyperthermia, Setpoint Alterations and Haemostatic Balance*. Ridderprint.
Verdonk, C., Mellier, C., Charlot, K., Jouvion, A., Trousselard, M., Sagui, E., Malgoyre, A., & Tardo-Dino, P. E. (2025). Feeling the heat: Investigating interoception and motivation as risk factors for exertional heatstroke. *Physiological Reports*, *13*(20), 1–12. https://doi.org/10.14814/phy2.70529
Watkins, E. R., Gibbons, J., Dellas, Y., Hayes, M., Watt, P., & Richardson, A. J. (2018). A new occupational heat tolerance test: A feasibility study. *Journal of Thermal Biology*, *78*, 42–50. https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.09.001
Watkins, E. R., Walker, A., Mol, E., Jahnke, S., & Richardson, A. J. (2019). Women Firefighters' Health and Well-Being: An International Survey. *Womens Health Issues*, *29*(5), 424–431. https://doi.org/10.1016/j.whi.2019.02.003
Westwood, C. S., Fallowfield, J. L., Delves, S. K., Nunns, M., Ogden, H. B., & Layden, J. D. (2020). Individual risk factors associated with exertional heat illness: A systematic review. *Experimental Physiology*, *106*(1), 1–9. https://doi.org/10.1113/EP088458
Winkenwerder, J. W., & Sawka, M. N. (2012). Disorders due to heat and cold. In L. Goldman & A. I. Schafer (Red.), *Goldman's Cecil Medicine* (Vol. 1, pp. 666–670). Saunders. https://doi.org/10.1016/C2009-0-42832-0
World Health Organisation. (2006). *Oral Rehydration Salts, Production of the new ORS, WHO/FCH/CAH/06.1*.
World Health Organisation. (2019). *ICD-10 International Classification of Diseases: Version 2019*. WHO.