

# Kennisdocument; hittegerelateerde aandoeningen bij de brandweer

Versie: 1.0, 14 oktober 2020



Instituut Fysieke Veiligheid  
Facilitair Dienstencentrum  
Postbus 7112  
2701 AC Zoetermeer  
Zilverstraat 91, Zoetermeer  
www.ifv.nl  
info@ifv.nl  
079 330 46 00

### **Colofon**

Opdrachtgever: Brandweer Nederland  
Contactpersoon: Drs. Ronald Heus (ronald.heus@ifv.nl)  
Titel: Kennisdocument; hittegerelateerde aandoeningen bij de brandweer  
Datum: 26 oktober 2020  
Status: definitief  
Versie: 1.0  
Auteurs: Drs. Ronald Heus (KCAV-IFV), Luitenant-Kolonel sportarts Mark van Rijswijk (CLAS-TGTF), Kapitein arts Christian Linschoten (CLAS-TGTF), & Drs. Eric Mol (DOSCO-DGO-CEAG)  
Redactie: Drs. Ronald Heus  
Projectleider: Drs. Ronald Heus  
Review: Dr. Ir. Ricardo Weewer  
Eindverantwoordelijk: Ing. Piet Verhage, MCDm

# Voorwoord

In juni 2019 kwam de geactualiseerde versie van de “*Handreiking omgaan met warmte en hitte*” uit. Daarin wordt kort en krachtig uitgelegd wat hittegerelateerde aandoeningen zijn en hoe we ze kunnen voorkomen. Dat is een heel belangrijk document als het gaat om de arbeidsveiligheid van brandweermensen tijdens het repressief optreden. Zowel bij brand als bij hulpverleningen en warm weer ligt een hittegerelateerde aandoening immers voortdurend op de loer. Aan die korte praktische handreiking ligt uiteraard een schat aan kennis ten grondslag die tot nu toe nog niet in een kennisdocument was vastgelegd. Daarom ben ik verheugd dat we nu ook die overige schat in kennis aan het papier hebben toevertrouwd voor diegenen die dieper in de materie willen duiken of dat nodig hebben voor hun werk.

Dit kennisdocument “Hittegerelateerde aandoeningen bij de brandweer” is opgesteld door het Kenniscentrum Arbeidsveiligheid van het IFV. Het kenniscentrum heeft daarvoor nauw samengewerkt met de afdeling TrainingsGeneeskunde en TrainingsFysiologie (TGTF) van het Commando Landstrijdkrachten (CLAS) van Defensie. Het kennisdocument is gebaseerd op een voor Defensie gepubliceerd ‘Handboek; Hitteziekten bij het militaire werk’, maar verrijkt met de uitgebreide kennis die beschikbaar is bij het Kenniscentrum Arbeidsveiligheid van het IFV, specifiek voor de situatie bij de brandweer in de verschillende Veiligheidsregio’s. Daarnaast is niet alleen voor de brandweer, maar ook voor de witte kolom een grote hoeveelheid informatie opgenomen als handelingsperspectief bij hittegerelateerde aandoeningen.

We bedanken TrainingsGeneeskunde en TrainingsFysiologie (TGTF) van het Commando Landstrijdkrachten (CLAS) van Defensie voor het explorerende werk op dit onderwerp en de fijne samenwerking.

Wat mooi dat defensie en het KCAV hun kennis en expertise hebben gebundeld om tot dit uitgebreide kennisdocument te komen en dat dit nu voor u allen beschikbaar is!

Ricardo Weewer  
Lector Brandweerkunde

# Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>5</b>
1.1	Aanleiding	5
1.2	Doel en doelgroep van het kennisdocument	5
1.3	Uitgangspunten van het kennisdocument	6
1.4	Leeswijzer	6
<b>2</b>	<b>Repressief brandweerpersoneel</b>	<b>9</b>
2.1	Inleiding	9
2.2	Wat is een hittegerelateerde aandoening?	9
2.3	Risicofactoren	11
2.4	Drinkbeleid ter preventie van een hittegerelateerde aandoening	15
2.5	Symptomen van een hittegerelateerde aandoening	18
<b>3</b>	<b>Leidinggevend brandweerpersoneel, instructeurs en testleiders</b>	<b>25</b>
3.1	Inleiding	25
3.2	Risicoanalyse	25
3.3	Acclimatisatie	26
3.4	Weer aan het werk	29
<b>4</b>	<b>Medisch personeel</b>	<b>31</b>
4.1	Inleiding	31
4.2	Algemene concepten van thermoregulatie	31
4.3	Pathofysiologie	32
4.4	Risicofactoren	35
4.5	Classificatie van een hittegerelateerde aandoening en differentiaal diagnoses	37
4.6	Symptomen van een hittegerelateerde aandoening	39
4.7	Behandeling van een hittegerelateerde aandoening	40
4.8	Weer aan het werk	44
<b>5</b>	<b>Bijlagen</b>	<b>49</b>
<b>6</b>	<b>Bibliografie</b>	<b>59</b>

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

Het optreden van de brandweer is vaak een combinatie van zware fysieke arbeid onder min of meer extreme klimatologische omstandigheden waarbij persoonlijke beschermingsmiddelen en beschermende kleding worden gedragen. Deze combinatie zorgt ervoor dat door dat zowel externe hittebronnen als de geproduceerde metabole warmte een risico vormen op hittegerelateerde aandoeningen. Hittegerelateerde aandoeningen komen voor bij de brandweer, maar het exacte aantal gevallen per jaar is onbekend, omdat vanwege onbekendheid niet alle hittegerelateerde aandoeningen als zodanig geregistreerd worden. Mogelijk is er daarom sprake van een onderrapportage als het gaat om hittegerelateerde aandoeningen bij de brandweer. In studies naar hittegerelateerde aandoeningen onder brandweerpersoneel in Zuid-Korea bleek dat ongeveer 75% van de brandweermensen te maken heeft gehad met hittegerelateerde aandoeningen [1]. In de Amerikaanse krijgsmacht is er een stijgende trend van dodelijke gevallen zichtbaar van 1,8 per 100.000 soldaten in 1980 naar 14,5 per 100.000 in 2001 [2]. In het Verenigd Koninkrijk zijn recentelijk 3 militairen overleden aan de gevolgen van hittegerelateerde aandoeningen op oefening in 2013. In de periode oktober 2015 tot september 2016, zijn er tevens 333 gevallen gemeld van hittegerelateerde aandoeningen. De meeste gevallen komen voor bij onervaren en jonge militairen (16-19 jaar)[3].

Hoewel er kennis over hittegerelateerde aandoeningen binnen de brandweer aanwezig is, is deze informatie niet altijd goed beschikbaar voor het brandweerveld. Het Kenniscentrum arbeidsveiligheid (KCAV) van het Instituut Fysieke Veiligheid (IFV) wil deze kennis verspreiden onder het brandweerpersoneel en doet dat door middel van lezingen, handreiking en met dit kennisdocument. Hiervoor is nauw samengewerkt met meerdere afdelingen<sup>1</sup> van Defensie, waaronder de afdeling Trainingsgeneeskunde en Trainingsfysiologie (TGTF) en is hun eerder verschenen Handboek als basis genomen, maar met kennis verrijkt en specifiek gemaakt voor brandweerpersoneel.

## 1.2 Doel en doelgroep van het kennisdocument

Hittegerelateerde aandoeningen zijn potentieel een serieus probleem voor onze brandweermensen. Hoewel er een landelijke richtlijn is ter voorkoming van hittestress was er tot voor kort nog geen eenduidig kennisdocument beschikbaar. Dit kennisdocument bundelt daarom de beschikbare kennis binnen de brandweer. Het document is globaal opgesplitst in drie secties, waarvoor bij elk een specifieke doelstelling is te onderscheiden.

---

<sup>1</sup> Het Eerstelijns Gezondheidszorg Bedrijf (EGB), Defensie Geneeskundig Opleiding en Training Centrum (DGOTC), Centraal Militair Hospitaal (CMH), Joint Kennis Centrum Militair Optreden in eXtreme omstandigheden (JKCMOX), Centrum voor Mens en Luchtvaart (CML), DuikMedisch Centrum (DMC), Joint Meteorologische Groep (JMG) en het Coördinatiecentrum Expertise Arbeid en Gezondheid (CEAG)

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

### 1.3 Uitgangspunten van het kennisdocument

Het kennisdocument is opgezet om als achtergronddocument te dienen voor de eerdergenoemde doelgroepen. Het dient als 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 2, 3 en 4 richten zich op de drie doelgroepen: repressief brandweerpersoneel, leidinggevend brandweerpersoneel en medisch personeel. Daarbij is hoofdstuk 3 (leidinggevend brandweerpersoneel) bedoeld als aanvulling op hoofdstuk 2 (repressief brandweerpersoneel) en kan niet als los hoofdstuk worden gelezen.

Ondanks dat 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 het KCAV (voor contact: zie "colofon"), zodat dit meegenomen kan worden in toekomstige revisies van het kennisdocument.

### 1.4 Leeswijzer

Hoofdstuk 1 vertelt de lezer over de aanleiding, het doel en de uitgangspunten van het kennisdocument en verschaft een leeswijzer. Hoofdstuk 2 is geschreven voor repressief brandweerpersoneel. Dit geeft handvatten voor het herkennen en voorkomen van hittegerelateerde aandoeningen. Tevens wordt ingegaan op de eerste hulp: Zelf Hulp en Collegiale Hulp (ZHCH) bij hittegerelateerde aandoeningen.

Hoofdstuk 3 is geschreven voor leidinggevend brandweerpersoneel. Het is aanvullend op hoofdstuk 2 en geeft vooral handvatten voor de preventie en management van hittegerelateerde aandoeningen. Hier wordt ook ingegaan op wat de verantwoordelijkheden zijn van de leidinggevendenden en wordt ook aandacht gegeven aan het onderwerp acclimatisatie.

Hoofdstuk 4 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 daarmee voor behandeling en herstel snel toegankelijk zijn.





# Repressief brandweerpersoneel



# 2 Repressief brandweerpersoneel

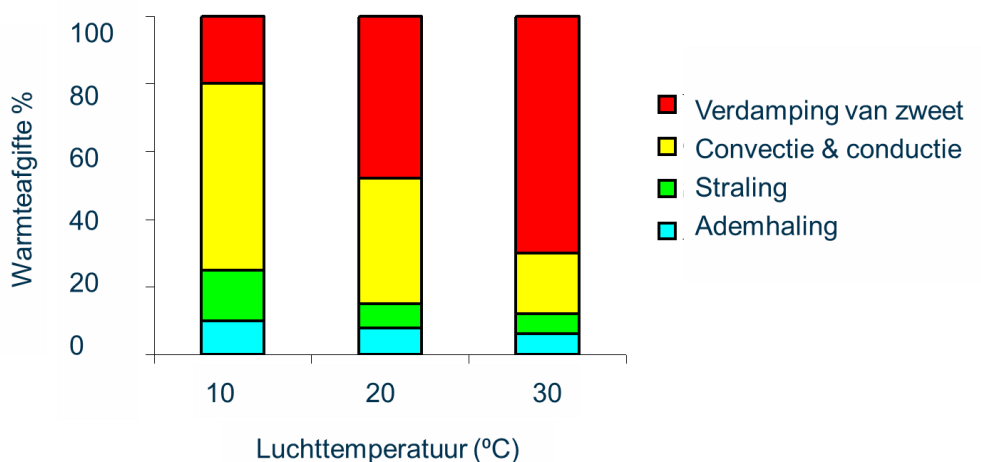
## 2.1 Inleiding

Als de omstandigheden op een ongunstige manier samenvallen, kan iedereen een vorm van een hittegerelateerde aandoening krijgen. Het is daarom belangrijk dat iedereen 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.

## 2.2 Wat is een hittegerelateerde aandoening?

Tijdens fysieke inspanning wordt onherroepelijk 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. Het lichaam zal proberen warmte af te voeren en zodoende een evenwicht te bewaren in de "warmtebalans". 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.

Er zijn meerdere mechanismen om warmte af te geven (Fig.1), maar het belangrijkste mechanisme om te koelen is verdamping (van zweet).



Figuur 1 Warmteafgifte mechanismen bij verschillende luchttemperaturen

Een persoon kan tot wel 1-3 l/u zweeten [3]. Iedere liter zweet die kan verdampen onttrekt 2430kJ aan 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°C voor 55% van het koelvermogen van het lichaam. Convectie en conductie draagt voor 35% bij. De overige 10% van het koelend vermogen wordt verzorgd door straling en de ademhaling [4]. Indien 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. Men spreekt dan van compenseerbare warmtebelasting.

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 warmtebelasting ontstaan, waarbij de kerntemperatuur van het lichaam gevaarlijk kan stijgen. Op dat moment ligt een hittegerelateerde aandoening op de loer.

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 de meeste gevallen van hittegerelateerde aandoeningen door een combinatie van extreme omstandigheden, (zware) inspanning en het gebruik van beschermende kleding en uitrusting. Deze aandoeningen kunnen mild zijn (bijv. 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. Dit document geeft handvatten die helpen bij het maken van de juiste beslissing op het juiste moment.

Hoewel een hittegerelateerde aandoening veelal in een warme, vochtige omgeving optreedt, is dit niet zonder meer een voorwaarde voor het ontstaan [5]. Een hittegerelateerde aandoening ontstaat relatief vaak in een gematigd klimaat, waar individuen zware lichamelijke inspanning leveren en veel persoonlijke beschermingsmiddelen gebruiken. De hoeveelheid warmte die het lichaam produceert, is afhankelijk van de inspanningsintensiteit. 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. Inspanning zonder extra last, zoals bijvoorbeeld intensief sporten, geeft ook een hoge warmtebelasting. Deze activiteiten duren meestal minder lang en worden in sporttenue uitgevoerd, waardoor de warmtebelasting vaak compenseerbaar blijft.

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

#### *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 (bijv. misselijkheid, spierzwakte) als levensbedreigend zijn (bijv. coma, orgaanschade).*

## 2.3 Risicofactoren

Risicofactoren kunnen onderscheiden worden in *omgevingsgebonden*, *persoonsgebonden* en *groepsgebonden*. De omgevingsgebonden risicofactoren zijn vooral de klimatologische omstandigheden. De persoonsgebonden factoren zijn individueel bepaald en gaan over de persoonlijke aspecten die de hittetolerantie bepalen. De groepsgebonden factoren zijn risicofactoren die voor de hele groep gelden, bv. taken die je gezamenlijk moet uitvoeren. Toch is het lastig de omgevings- en groepsgebonden factoren uit elkaar te houden en is het vaak een combinatie van beiden. Hierbij spelen vooral de keuze van de persoonlijke bescherming en de intensiteit en duur van de inspanning een grote rol. De groepsdynamiek is hierbij essentieel, want de leden van een team willen zich niet voor elkaar laten kennen. Als het halen van een gezamenlijk doel van groot belang is, zal de intensiteit van inspanning wellicht onbedoeld hoger worden.

#### *Kernpunt*

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

### 2.3.1 Omgevingsgebonden risicofactoren en 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 [6]. De overige manieren waarop het lichaam kan afkoelen, zoals het direct afgeven van warmtestraling, worden ineffectief indien de omgevingstemperatuur boven die van het lichaam uitstijgt.

Omgevingsomstandigheden hebben een aandeel in de warmtebelasting en beïnvloeden de warmtebalans. Luchtvochtigheid, warmtestraling, wind en omgevingstemperatuur beïnvloeden het koelend vermogen van het lichaam. De omgevingstemperatuur is dus niet de enige omgevingsfactor die van belang is om de externe warmtebelasting in te schatten. Om een completer beeld te krijgen van het risico die de omgevingsfactoren met zich meebrengen, is de WBGT-index ontwikkeld [7].

De WBGT-index (ook wel WBGT-temperatuur genoemd) is een maat voor externe warmtebelasting en houdt rekening met de temperatuur, luchtvochtigheid, windsnelheid en stralingswarmte. Deze index wordt weliswaar uitgedrukt in °C, maar staat dus niet gelijk aan de omgevingstemperatuur. De WBGT-index kan helpen bij het aanpassen van de fysieke arbeid aan de omstandigheden [7] [8].

Internationaal gezien 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' zoals opgenomen in de Arbocatalogus wordt aangegeven hoeveel minuten per uur rust genomen moet worden bij een gegeven WBGT-index (zie bijlage A). In de praktijk is het niet altijd mogelijk om bij zware warmtebelasting te voldoen aan de normen die in deze tabel vermeld worden. Er bestaan dan meerdere variaties op de WBGT-normen.

In dit document wordt bijvoorbeeld 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 B). Indien deze richtlijn gevolgd wordt, zal voor 95% van gezond en fit personeel het risico op een hittegerelateerde aandoening geminimaliseerd worden.

Daar waar de Arbocatalogus brandweer uitgaat van Arbowetgeving en de Britse standaard vaste werk/rust verhoudingen hanteert, heeft de NATO-richtlijn een andere aanpak. Hier wordt aangegeven hoeveel minuten werk maximaal bij een gegeven WBGT-index geleverd mag worden, waarna een langdurigere pauze ingelast dient te worden. De lengte van deze pauze is niet in minuten gespecificeerd. In het algemeen kan gesteld worden dat personeel "voldoende lang" moet rusten, waarbij genoeg gedronken kan worden. (Bijlage C). 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 natuurbrandbestrijding), zal een uitspraak over werk/rust tijden en drinkbeleid uit de 'Handreiking omgaan met hitte en warmte' mogelijk zinvoller zijn dan de maximale volhoudduur zoals deze wordt aangegeven in de NATO-richtlijn (bijlage C). Het lijkt daarom praktisch om eerst een risico-inschatting te maken met behulp van de Britse richtlijn (bijlage B). Indien blijkt dat de geplande activiteit in werk/rust verhouding 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. Vooralsnog dient de WBGT-index **lokaal** te worden gemeten. Dergelijke meetapparatuur is binnen de brandweer (nog) niet overal beschikbaar. Als overwogen wordt om een WBGT-meter aan te schaffen, kan gekozen worden voor een meter die afhankelijk is van de netspanning (voorbeeld: TSI Quest Questemp 32) of een die mobiel gebruikt kan worden en op een accu werkt (voorbeeld: Extech HT30 of Kestrel 5400). Tevens kan een verwachting voor de WBGT-index worden opgevraagd bij de verschillende nabijgelegen weerstations of bij de Joint Meteorologische Groep van Defensie. De laatste host een website ([img.mindef.nl](http://img.mindef.nl)) waarop de WBGT wereldwijd en voor 5 dagen vooruit kan worden geraadpleegd. Verder zijn er apps beschikbaar die in real-time de WBGT-waarden geven op basis van het dichtst bijgelegen weerstation<sup>2</sup>. De WBGT-index dient altijd met gezond verstand te worden beschouwd. De WBGT-index kan immers snel variëren afhankelijk van lokale factoren. Een WBGT die bepaald is onder schaduw gevend bladerdek, is niet representatief voor de omstandigheden in de volle zon slechts enkele meters verder.

#### *Kernpunt*

- *De WBGT-index is een omgevingsgebonden factor en drukt de warmtebelasting van de omgeving uit in °C.*

<sup>2</sup> <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.fnv.werkklimaat&gl=NL>  
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.climapp.app&hl=nl>

### 2.3.2 Persoonsgebonden risicofactoren

In onderstaande tabel staan de persoonsgebonden risicofactoren vermeld die de kans op hittegerelateerde aandoeningen doen toenemen [5] [9] [10]

Tabel 1 Persoonsgebonden risicofactoren

Leefstijl	Gezondheid	Omstandigheden
Persoonskenmerken	Eerdere hittegerelateerde aandoening	Onervaren personeel
Vetpercentage	Recente of huidige ziekte	Vliegreis afgelopen 24 uur
Roken	Vaccinatie (48u)	Voedingstekort
Alcoholconsumptie (48u)	Aangeboren/verworven afwijkingen zweetproductie	Slaapgebrek
Drugsgebruik	Medicijngebruik	Gebrek aan acclimatisatie
Gebruik voedingssupplementen		Acute zonverbranding
Conditie/Fitheid?		Dehydratie

#### **Leefstijl**

- Mensen met een slechte conditie, rokers [11] en mensen met een hoog vetpercentage [12], lopen meer risico op het oplopen van een hittegerelateerde aandoening.
- Persoonlijkheidskenmerken, met name een sterke vastberadenheid om de opdracht voort te zetten (overgemotiveerdheid), geeft ook een verhoogd risico op het oplopen van een hittegerelateerde aandoening [6]. “Motivatie” en “vastberadenheid” zijn in een opleidingsscenario daarom persoonskenmerken die niet onderschat mogen worden. Veelal is het succesvol volbrengen van een inspanning voorwaardelijk 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, ook leidinggevend, instructeurs en testleiders zijn veelal aanmoedigend in hun bejegening. Deze combinatie is ongunstig voor de incidentie van een hittegerelateerde aandoening.
- Zware fysieke activiteit dient niet voorafgegaan te worden door alcoholconsumptie (48h voor de lichamelijke inspanning) [6]. Alcohol zorgt voor uitdroging, wat de reserves en het koelvermogen van het lichaam doet afnemen.
- Drugs- en/of supplementgebruik beïnvloedt verscheidene lichaamsprocessen. Zo kan het gebruik van dergelijke middelen het zweetvermogen verminderen, het hart- en vaatstelsel beïnvloeden en vermoeidheid dempen, waardoor een brandweermens mogelijk niet tijdig de activiteit staakt.

#### **Gezondheid**

- Het eerder doorgemaakt hebben van een hittegerelateerde aandoening kan voorspellend zijn voor het opnieuw doormaken ervan. Het is aannemelijk dat niet de

hittegerelateerde aandoening zelf hiervoor verantwoordelijk is, maar de risicofactoren voor het ontstaan van het initiële letsel.

- Ziekte, koorts en recente vaccinatie verlagen de hittetolerantie van het lichaam door activatie van het afweersysteem [6] [13]. Tevens verhoogt het hebben van genetische aanleg voor sikkelcelziekte (*sickle cell trait*) de kans op een hittegerelateerde aandoening [13] [14] [15]. Hoewel er fysiologisch gezien verschillen bestaan tussen mannen en vrouwen [16] is er geen eenduidigheid of mannen dan wel vrouwen een groter risico lopen op het krijgen van een hittegerelateerde aandoening [17]. De rol van etniciteit staat ook ter discussie [18].
- Personen die niet voldoende kunnen zweten door aangeboren, dan wel verworven afwijkingen van de zweetproductie (anhidrose), kunnen het lichaam minder afkoelen en daarbij 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) [10]. (Grote) tatoeages kunnen de zweetproductie eveneens beperken [19].
- Een aantal medicijnen heeft invloed op de hittetolerantie [13] [20] [21]. Voor een precieze lijst met medicatie kan contact opgenomen worden met de bedrijfsarts.

#### **Omstandigheden**

- Slaapttekort, voedingsgebrek en uitdroging verlagen de hittetolerantie. Uitdroging heeft een belangrijke rol in het ontstaan van een hittegerelateerde aandoening en wordt nader toegelicht in sectie 4.
- Een lange vliegreis door meerdere tijdzones geeft een combinatie van jet lag en hiervoor genoemde factoren.

### **2.3.3 Groepsgebonden risicofactoren**

#### **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 zijn/haar beschikking. Geschikte kleding en uitrusting kan helpen met het koel houden van het lichaam. 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. 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 A, B en C).

#### **Intensiteit en duur van de inspanning**

Binnen de groepstaken moeten minder fitte groepsleden vaak het tempo van de fittere groepsleden volgen. 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 B 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. 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/zij al tegen de grenzen van zijn/haar prestatievermogen aanloopt. 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.*

## 2.4 Drinkbeleid ter preventie van een hittegerelateerde aandoening

### 2.4.1 Inleiding

Zoals reeds gemeld is verdamping van zweet een van de belangrijkste manieren om warmte kwijt te raken. De zweetproductie kan oplopen tot 2 of 3 liter per uur [3]. Uitdroging (dehydratie) kan dan binnen enkele uren optreden. Als dit vochttekort onvoldoende wordt aangevuld, is het lichaam verminderd 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 [3].

### 2.4.2 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 moet hebben. Personeel moet ook zonder dorstgevoel consequent blijven drinken. Dorstgevoel treedt pas op bij 2-5% afname van het lichaamsgewicht [22] met 10 tot 20% prestatieverlies tot gevolg. Dorst is dus een slechte indicator omdat het dorstgevoel achterblijft bij de vochtbehoefte. 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 A). Let op dat deze adviezen algemeen zijn en er een forse variatie tussen personen en zelfs tussen momenten bestaat.

Algemene adviezen zijn:

- Drink minimaal 500ml water, twee uur voor aanvang van een activiteit met risico op het ontstaan van een hittegerelateerde aandoening.
- Drink een extra 300ml 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 A.
- Drink een liter water in de één à twee uur na de activiteit.  
Streef naar een lichtgele kleur van de urine (Fig. 2).

	Het is <b>prima</b> . Je bent voldoende gehydrateerd. Drink normaal water.
	Er zijn <b>geen</b> problemen. Je kunt nu een beetje water drinken.
	Drink <b>binnen een uur</b> een kwart liter water, of als je buiten bent en flink zweet een halve liter.
	Drink <b>meteen</b> een kwart liter, of als je buiten bent en flink zweet meteen een halve liter.
	Drink <b>meteen</b> een liter water. Als je urine nog donkerder is, rood of bruin, raadpleeg meteen arts.

**Figuur 2 Kleur urine en vochtbehoefte**

Cafeïnehoudende dranken tijdens inspanning worden niet aanbevolen. Deze dranken kunnen een niet optimaal hydraterend effect hebben [23].

### 2.4.3 Gevaren van overhydratatie (te veel drinken):

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

### 2.4.4 Zoutinname

Voldoende vocht- en zoutinname zijn van belang om over 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. Tevens kan het lichaam minder goed afkoelen. Als door zoutverlies tijdens inspanning de zoutconcentratie in het bloed te ver daalt, kunnen symptomen ontstaan die overeenkomen 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 minimale zoutbehoefte is niet meer dan ongeveer 1 gram per dag. Tijdens acclimatisatie of fysieke inspanning verandert dit. Bij inspanning zal een geacclimatiseerd persoon gemiddeld 0,6 gram (ongeachtiseerd tot wel 1,6 gram) zout per liter zweet verliezen [6] [24]. Voldoende geacclimatiseerd personeel haalt in principe voldoende zout uit de reguliere voeding [6]. Het nuttigen van elke hoofdmaaltijd is daarom van groot belang. Een zouttekort uit zich onder andere in een wens voor zouter eten [6]. Het aanbieden van zout bij de voeding of Warm Ontbijt Lunch (WOL) pakketten, stelt personeel in staat om de voeding naar smaak te zouten.

### 2.4.5 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. Indien deze dranken niet beschikbaar zijn, kan zout worden toegevoegd aan water. Een gram zout per liter water is voldoende [6].

### 2.4.6 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. De samenstelling is zorgvuldig gekozen [25]:

- Suiker helpt bij de opname van zouten (en water) in de dunne darm.
- Zouten zijn benodigd ter aanvulling van het verlies bij diarree en overgeven.

Citraat corrigeert de verzuring van het bloed die ontstaat ten gevolge van diarree en uitdroging. De samenstelling van ORS is gebaseerd op vocht en zoutverliezen bij diarree of overgeven in rust [25]. Bij inspanning wordt voornamelijk vocht en zout verloren door intens zweeten. Een gemiddeld mens zweet tussen de 0,6 en 1,6 gram zout per liter zweet (afhankelijk van o.a. acclimatisatiestatus) [26]. In theorie zou de optimale samenstelling van ORS bij inspanning daarom anders zijn dan bij diarree/overgeven. In de praktijk is hier nog geen bewijs voor gevonden [27]. Er zijn wel aanwijzingen dat ORS-gebruik helpt bij het opnemen van vocht uit de darmen [28] en tevens een gevoelsmatige vermindering van vermoeidheid bij inspanning kan geven t.o.v. het drinken van normaal water.

Het suikergehalte in ORS heeft een concentratie van 2,7% en in sportdosering slechts 0,27%. Sportdrank daarentegen heeft een aanzienlijk hogere concentratie suiker. Voor het handhaven van de glucose-inname tijdens inspanning is een consumptie van 30 tot 60 gram suiker per uur nodig [29]. Dit komt overeen met een 3 tot 6% oplossing indien per uur een liter water gedronken wordt. ORS speelt bij het aanvullen van suikers dus geen significante rol in. De meerwaarde van suiker in ORS zit daarom alleen in de verbeterde opname van vocht en zout uit de darmen.

Concluderend kunnen mogelijke indicaties voor het gebruik van ORS rondom (zware) inspanning als volgt ingedeeld worden:

- Voor (zware) inspanning
  - Rehydratie: n.v.t.
  - Zoutaanvulling: uit reguliere voeding wordt in principe voldoende zout gehaald.
- Tijdens (zware) inspanning
  - Rehydratie: beperkte bewijsvoering beschikbaar, waarbij de resultaten een voordelig effect van ORS suggereren m.b.t. vochtopname tijdens inspanning. Ook stimuleert de smaak van ORS of sportdrank drinken [27].
  - Aanvulling suikers opgelost in water met 30 tot 60 gram per uur (3-6% in een liter water), zoals bijvoorbeeld in sportdranken.
  - Zoutsuppletie: bij langdurige inspanning (>4h) wordt zoutsuppletie aanbevolen. 1 gram zout per liter water is voldoende. Dit kan ook in de vorm van sportdrank/dorstlesser of 1 zakje ORS in een liter water op te lossen, aangezien de zoutconcentraties daarin vergelijkbaar zijn. Let op dat de aangegeven mengverhoudingen niet overschreden worden, aangezien dan het risico bestaat op het creëren van een hypertone vloeistof. Dit kan vocht onttrekken uit de darmen, in plaats van dat het vocht opgenomen wordt.
- Na (zware) inspanning
  - Rehydratie: Er is op dit moment geen bewijs dat ORS een meerwaarde is t.o.v. gewoon water. Maar er is ook geen bewijs dat ORS nadelige effecten heeft, mits in de juiste mengverhouding gebruikt.
  - Zoutsuppletie: uit reguliere voeding wordt in principe voldoende zout gehaald. Stel personeel in staat om de voeding naar behoefte te zouten, aangezien een zouttekort zich uit in een behoefte aan zouter eten [6].

- Behandeling van een hittegerelateerde aandoening: De primaire behandeling van een hittegerelateerde aandoening bestaat uit koelen. Als een slachtoffer nog kan/mag drinken, is er geen bewijs dat ORS nadelige effecten heeft (mits in de juiste mengverhouding toegediend).

#### *Kernpunten*

- *Hydratatie is een belangrijke preventieve maatregel, maar overhydratatie vermindert het risico op een hittegerelateerde aandoening niet verder.*
- *ORS. speelt geen directe rol in de preventie of behandeling van een hittegerelateerde aandoening. Het is primair ontwikkeld als behandeling voor uitdroging door maagdarminfecties.*
- *Sportdrink is een goed alternatief voor water (bevordert door de smaak het drinkgedrag) en heeft als voordeel dat het minder risico geeft op inspanningsgebonden zoutgebrek en mits in de juiste hoeveelheid de suikers aanvult.*

## 2.5 Symptomen van een hittegerelateerde aandoening

### 2.5.1 Inleiding

Een hittegerelateerde aandoening kan zeer indrukwekkend en zelfs levensbedreigend zijn. Denk dan aan hittekramp, warmte-uitputting, hitteberoerte of inspanningsgebonden hyponatriëmie. Daarnaast kunnen ook hinderlijke, deels met acclimatisatie voorbijgaande, klachten optreden, zoals dikke handen en voeten, vermoeidheid, jeukende warmtebultjes of "smetten" (huidontsteking t.g.v. door transpireren vochtig geworden lichaamsplekken, 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. Houd daar rekening mee [18].

Personen met een hittegerelateerde aandoening herkennen vaak de symptomen niet bij zichzelf. Dit geldt met name voor onervaren personeel (lees: personeel in opleiding of in het begin van hun dienstverband). Het is daarom van belang dat personeel op elkaar let tijdens fysieke inspanning. Tevens is er een belangrijke rol weggelegd voor de direct leidinggevenden. Zij dienen zorg te dragen 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 dient een hittegerelateerde aandoening vooral als een spectrum van mild tot ernstig gezien te worden. Het stellen van een exacte diagnose is in de initiële setting ondergeschikt aan adequate behandeling.

### 2.5.2 Begrippen en definities

**Hittekramp:** Spierkrampen worden in het algemeen geassocieerd met inspanning in de warmte. De exacte ontstaanswijze is onduidelijk. De term hittekramp is daarom misschien misleidend, aangezien warmte niet direct hittekramp uitlokt. Een aantal factoren draagt waarschijnlijk bij aan het ontstaan van hittekramp: uitdroging, zoutverlies (door zweten), extreme omgevingsfactoren en spiervermoeidheid [30] [31].

**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 [20] [29]. Uitdroging kan dit proces verergeren, maar is niet vereist voor de diagnose. Hierbij kan de patiënt symptomen vertonen zoals dorst, snelle pols, lage bloeddruk, algehele zwakte, uitdroging, coördinatieproblemen/zwalken, duizeligheid, hoofdpijn, krampen, misselijkheid, overgeven en diarree. De lichaamstemperatuur kan stijgen tot 40°C. Lichte gevallen van warmte-uitputting zullen bij een juiste behandeling snel weer opknappen, maar ernstiger gevallen moeten onder behandeling van een arts gesteld worden.

**Rhabdomyolyse:** Overmatige afbraak van spierweefsel t.g.v. 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 ('cola') kleurig of er is helemaal geen urineproductie.

**Hitteberoerte:** Inspanningsgebonden hitteberoerte is de ernstigste vorm van een hittegerelateerde aandoening en wordt gekenmerkt door afwijkingen van het centraal zenuwstelsel (desoriëntatie, hoofdpijn, irrationeel gedrag, agitatie/agressie, emotionele instabiliteit, verwarring, verminderd bewustzijn, insulten of coma) in combinatie met een lichaamstemperatuur van boven de 40°C [5] [13] [20]. Dit 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 bleekheid als teken van circulatoire shock. Bij het vermoeden van een hitteberoerte, dient altijd met spoed gehandeld te worden. Start direct met (agressief) koelen en alarmeer de hulpdiensten.

**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 deze aandoening tijdens brandweeroptreden nauwelijks van een hitteberoerte te onderscheiden is, pleiten we er nu voor een slachtoffer niet anders te behandelen dan bij een hitteberoerte. Pas als de diagnose "inspanningsgebonden zouttekort" is gesteld na bloedafname, zal de behandeling hierop worden gericht.

### Symptomen

De meeste hittegerelateerde aandoeningen in brandweersetting zijn inspanningsgebonden van aard. De symptomen van een hittegerelateerde aandoening kunnen zeer gevarieerd zijn. In de acute setting is het moeilijk om duidelijk onderscheid te maken tussen een hittegerelateerde aandoening of andere inspanningsgerelateerde aandoeningen (zoals "gewone" vermoeidheid en uitdroging). Exact onderscheid tussen een warmte-uitputting of hitteberoerte is tevens 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. Bewustzijnsvermindering is altijd (!) een alarmsymptoom. In het behandelplan worden slachtoffers van een hittegerelateerde aandoening met bewustzijnsvermindering ook agressiever behandeld (zie ook bijlage D).

Tabel 2 Symptomen van hitteziekte in het algemeen

Hoofdpijn	Uitputting	Diarree
Zwalken	Verwardheid	Verminderd beoordelingsvermogen
Duizeligheid	Misselijkheid	Overgeven
Bewustzijnsdaling/-verlies	Rusteloosheid	Agitatie
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 2) 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 (zie ook 2.5.3).

*Kernpunten*

- Een hittegerelateerde aandoening dient vooral als een spectrum van mild tot ernstig gezien te worden. Symptomen kunnen in elke combinatie of volgorde voorkomen.
- Het stellen van een exacte diagnose is in de initiële setting **ondergeschikt** aan adequate behandeling.

### 2.5.3 Behandeling van een hittegerelateerde aandoening

Voor aanvullend geschoold medisch personeel, zie hoofdstuk 4 “medisch personeel”.

**Algemene principes bij de behandeling van een hittegerelateerde aandoening zijn:**

- Bij het vermoeden van een hittegerelateerde aandoening, behandel als een hittegerelateerde aandoening. Vertraging in behandeling verhoogt de kans op blijvende schade of overlijden aanzienlijk.
- Stop de activiteit, maak een risicoanalyse (inventariseer/evalueer). Indien een persoon een (vermoedelijke) hittegerelateerde aandoening heeft, lopen meer groepsleden hier direct risico op.
- Adequaat koelen van het slachtoffer gaat vóór transport naar een medische installatie.

**Stappenplan van de behandeling (zie ook bijlage D):**

1. Staak indien mogelijk de activiteit voor de gehele groep. Leg het slachtoffer in de schaduw (met wind).
2. Ontkleed het slachtoffer op zijn minst tot op de (onder)broek en het ondershirt.
3. Als er tekenen zijn van bewustzijnsverandering (verbaal/pijn/niet reageren of verwardheid/agitatie) moet je zo snel mogelijk starten met agressief koelen. Als er bewusteloosheid is, hou er dan rekening mee dat de ademweg openblijft (stabiele zijligging). Alarmeer direct via 1-1-2.

4. ABC → Continueer ZHCH-protocol, met andere woorden hoe constateer je hitteproblemen en wat kun je zelf doen als je last hebt van de hitte en hoe kun je collega's helpen die zijn bevangen door de hitte.
5. DE → Als er geen bewustzijnsverlies is en het slachtoffer goed kan slikken, mag het slachtoffer drinken naar behoefte. Een dorstlesser/sportdrink heeft de voorkeur, maar ORS mag ook (mits in de juiste concentratie gemengd, zoals vermeld op de verpakking). Het stoppen van de activiteit (zodat er minder bloed naar de spieren gaat en meer bloed beschikbaar is om te koelen) en afkoelen is veel belangrijker dan het aanvullen van een mogelijk vochttekort.
6. Indien de patiënt niet verbetert binnen 20 minuten passief koelen in de schaduw, dient het slachtoffer afgevoerd te worden met een ambulance.
7. Indien de patiënt verslechtert binnen 20 minuten passief koelen, dient direct gestart te worden met agressief koelen. Nadien moet de patiënt afgevoerd worden via de medische keten. In de basis gaat koelen vóór transporteren.
8. Indien de situatie van de patiënt sterk verbetert binnen 20 minuten, kan overwogen worden de activiteit te hervatten als dat voor de inzet noodzakelijk is. Blijf altijd rekening houden met de kans op terugkeren van klachten bij inspanning. Op dat moment dient het behandelprotocol opnieuw te worden doorlopen. Na een tweede episode mag betrokkene hoe dan ook dan niet meer aan warmte of inspanning worden blootgesteld gedurende 24 uur.

### Koelmethoden

- Een hittegerelateerde aandoening *met bewustzijnsverandering*
  - Het slachtoffer met bewustzijnsverandering dient agressief gekoeld te worden. Het koelen van het slachtoffer 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 je het slachtoffer effectief kunt koelen, is het belangrijk dat je dit doet, voordat hij/zij naar een medische installatie wordt gebracht.
  - 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 agressieve koelmethodes die ook toepasbaar kunnen zijn in een brandweerscenario. Dit zijn: bad met ijswater (Cold Water Immersion, CWI), TACO (Tarp Assisted Cooling) en het gebruiken van koude natte doeken.
    - Bad met ijswater (CWI): Bij volledige onderdompeling in een bad met ijswater, kan het slachtoffer elke drie minuten één graad Celsius afkoelen. Bij acute hittegerelateerde aandoeningen is de thermoregulatie zodanig verstoord, dat er niet gevreesd hoeft te worden voor het optreden van een “shock”effect.
    - TACO (Tarp Assisted Cooling): In de basis creëer je een bad 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.

- Koude natte doeken: Omwikkel het slachtoffer in koude, natte doeken. Het roulerend wisselen van opgewarmde handdoeken met vers koud gemaakte (hand)doeken is een goede methode hiervoor.

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

- o Koelen dient gecontinueerd te worden, totdat het slachtoffer begint te rillen (of een rectale temperatuur van 39 graden is bereikt). Het slachtoffer dient vervolgens te worden afgedroogd om verdere afkoeling te beperken. Verdere analyse naar orgaanschade zal moeten volgen. Het slachtoffer dient onder medische begeleiding afgevoerd te worden.
- Een hittegerelateerde aandoening *zonder bewustzijnsverandering*
  - o Het slachtoffer zonder bewustzijnsverandering mag rustiger gekoeld worden. Bij twijfel is het goed om toch te kiezen voor een van bovengenoemde koelmethoden.

Meestal is het bij mildere klachten voldoende om deels ontkleed in de schaduw bij wind 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 een inschatting gemaakt wordt of de situatie herstelt, of wellicht verslechtert. Indien er verslechtering optreedt moet alsnog geëscaleerd worden naar één van de agressieve koelmethoden en moet de ambulancedienst (1-1-2) worden gebeld. Als na deze 20 minuten rust het slachtoffer hersteld lijkt te zijn en aangeeft weer verder te kunnen, is hiertegen geen bezwaar. Houdt er rekening mee dat klachten toch weer terug kunnen komen bij het hervatten van een activiteit. In dat geval dient betrokkene alsnog de activiteit te staken en gedurende ten minste 24 uur niet deel te nemen aan fysieke inspanning en/of blootgesteld te worden aan de warmte. Als er klachten zijn in rust, moet betrokkene zich melden bij de bedrijfsarts of eventueel andere medische instantie. In Tabel 3 zijn de symptomen en behandeling van hittegerelateerde aandoeningen nog eens samengevat.

**Tabel 3 Symptomen hittegerelateerde aandoeningen en behandeling**

	Hitte Beroerte	Hitte Uitputting	Rhabdomyolyse	Hitte Krampen	Hitte Uitslag
Symptomen	- Verwarring - Wartaal - Verlies bewustzijn - Rode, warme, droge huid of excessief zweten - Hemodynamisch instabiel met juist bleke, natte en koele huid - Hele hoge lichaams-temperatuur	- Koele, vochtige huid - Hevig zweten - Hoofdpijn - Misselijk of overgeven - Duizelig, licht in het hoofd - Zwakte - Dorst - Geïrriteerd - Verhoogde lichaams-temperatuur - Verminderde urine-output	- Spierkrampen - Abnormaal donkere (thee- of colakleurig) urine - Zwakte - Niet in staat inspanning te verrichten	- Spierkrampen, -pijn of – spasmes - Meestal in buikstreek, armen of benen	- Clusters van rode bultjes op de huid - Meestal in nek, bovenkant van de borst, onder de borsten en elleboog-plooien
Behandeling	- NOODGEVAL; bel 112 - Blijf bij collega - Verplaats naar koele plek - Ontdoe van buitenlaag kleding - Agressief koelen	- Laat nakijken door (para)-medicus - Verplaats naar koele plek - Laat collega drinken - Ontdoe van kleding, incl. schoenen/sokken - Actief koelen	- Stop met activiteiten - Verplaats naar koele plek - Laat flink drinken (water) - Laat medische expertise komen - Stuur op bloed-onderzoek (CK)	- Verplaats naar koele plek - Laat water drinken en om de 15 min sportdrink (elektrolyten) - Wacht enkele uren voor aan te vangen met fysieke inspanningen - Zo nodig medische assistentie	- Vervolg werk in koelere, droge omgeving - Houdt aangedaan huidgebied droog - Evt. talkpoeder t.b.v. comfort - Gebruik geen zalf of crème op aangedaan huidgebied

**Kernpunten**

- *Bij het vermoeden van een hittegerelateerde aandoening, behandel als een hittegerelateerde aandoening. Vertraging in behandeling verhoogt de kans op blijvende schade of overlijden aanzienlijk.*
- *Stop de activiteit, maak een risicoanalyse (inventariseer/evalueer). Indien een persoon een (vermoedelijke) hittegerelateerde aandoening heeft, lopen meer groepsleden hier direct risico op.*
- *In de basis gaat adequaat afkoelen van het slachtoffer voor transport naar een medische installatie.*
- *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.*



# Leidinggevend brandweerpersoneel, instructeurs en testleiders



# 3 Leidinggevend brandweerpersoneel, instructeurs en testleiders

## 3.1 Inleiding

Leidinggevend, zoals bevelvoerders, Ovd's, CvD's, maar ook sportinstructeurs en PPMO-testleiders bij de brandweer hebben een aanvullende verantwoordelijkheid in de preventie van een hittegerelateerde aandoening. Zij moeten zich daarom extra bewust zijn van planbare facetten van de risicoanalyse. Een zo'n belangrijk planbaar facet is de lichamelijke aanpassing aan hitte (acclimatisatie). Naast de algemene preventieve maatregelen wordt daarom nog extra informatie over acclimatisatie gegeven.

## 3.2 Risicoanalyse

De leidinggevende dient te allen tijde een gedegen risicoanalyse uit te voeren voorafgaand aan alle activiteiten met een risico op een hittegerelateerde aandoening. Hiervoor kan de Branche RIE brandweer worden gebruikt. Deze moet worden aangevuld met een 'Last Minute Risk Assessment' (LMRA). Vervolgens is het de verantwoordelijkheid van de leidinggevende om restrisico's te zoveel mogelijk weg te nemen en blijvend restrisico te melden aan het hogere niveau.

Bijlage E omvat een hulpmiddel om een risicoanalyse te maken voor een hittegerelateerde aandoening. Dit is een aanvulling op en geen vervanging van de bestaande planningsystematiek. De leidinggevende dient ten minste de volgende stappen te doorlopen in een risicoanalyse met betrekking tot een hittegerelateerde aandoening:

### 3.2.1 Inventariseren van factoren van invloed op een hittegerelateerde aandoening

- Omgevingsgebonden risicofactoren: WBGT (Wet Bulb Globe Temperature)
- Persoonsgebonden risicofactoren (voor zover bekend):
  - Leefstijl
  - Gezondheid en fitheid
  - Omstandigheden (hydratiestatus, medicatiegebruik, etc.; zie ook tabel 1)
- Groepsgebonden risicofactoren:
  - Kleding en uitrusting
  - Inspanningsintensiteit en -duur
  - Groepsdruk en -motivatie (vooral in opleidings- en trainingssituaties)

### 3.2.2 Maatregelen ten aanzien van een hittegerelateerde aandoening

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

**Consequence management.** De leidinggevende dient de risicoanalyse te noteren en te complementeren met geïdentificeerde risicofactoren. Als het risico niet kan worden verlaagd tot een acceptabel niveau, dient ten minste een adequate behandelstrategie en medische afvoerketen gewaarborgd te worden.

**Effectieve voorbereiding.** Zorg dat personeel voldoende geïnformeerd en voorbereid is. In de briefing dienen symptomen en beheersmaatregelen van een hittegerelateerde aandoening aan bod te komen. Personeel dient geïnstrueerd te worden om de symptomen bij elkaar te herkennen (buddy systeem).

**Supervisie.** De leidinggevende is verantwoordelijk 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, dient kader ervoor te zorgen dat er voldoende medische dekking aanwezig is. Elk individu dient in staat te zijn primair zelf passende maatregelen te nemen om erger te voorkomen en ook collega's bij te staan die zijn bevangen door de hitte. Dit noemen we ook wel de zogenaamde Zelfhulp collegiale hulp gevolgd door passende maatregelen om erger te voorkomen ook wel 'Self Rehab' [32]. Leden van het team zijn in staat om 10 minuten rust te nemen na het gebruik van één ademluchtfles of na en half uur intensieve arbeid. De leidinggevende bevelvoerder 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 dient deze bijgesteld te worden, indien de omstandigheden veranderen. Hiervoor kan een LMRA opgesteld worden.

#### *Kernpunten*

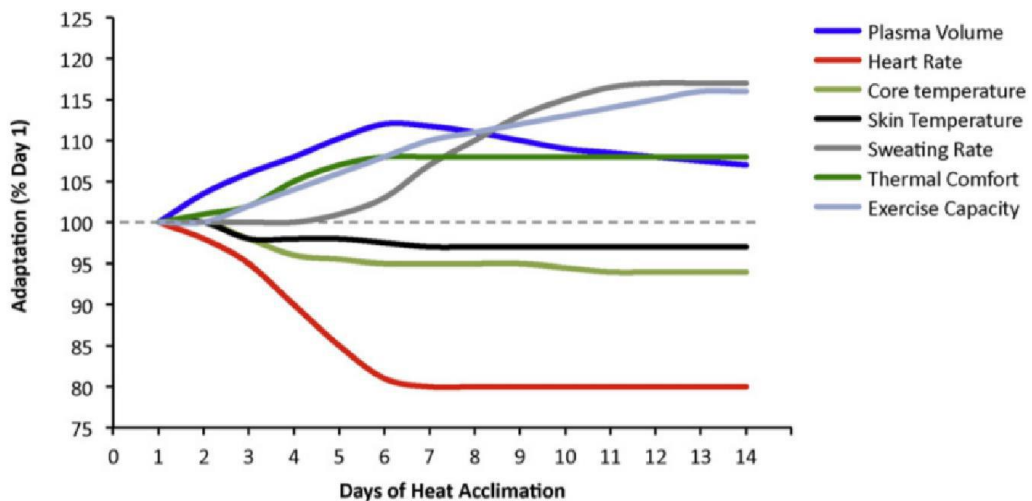
- *Leidinggevend brandweerpersoneel dient te allen tijde een risicoanalyse te (laten) maken, voorafgaand op activiteiten met een risico op een hittegerelateerde aandoening.*
- *Risicofactoren dienen zo veel mogelijk gereduceerd te worden. Als het risico niet kan worden verlaagd tot een acceptabel niveau, dan dient ten minste een adequate behandelstrategie en medische afvoerketen gewaarborgd te worden.*

## 3.3 Acclimatisatie

### 3.3.1 Algemeen

Hoewel het voor brandweerpersoneel lastig is te realiseren kan het risico op een hittegerelateerde aandoening 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 geacclimiseerd kan worden. Hittetrainingen zoals die bij de brandweer plaatsvinden zijn niet te vergelijken met de hierna 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

tot herkenning van de signalen, maar niet tot gewenning met de gepaard gaande aanpassingen. Mogelijk zijn instructeurs wel enigszins aangepast aan de hitte. De lichamelijke aanpassingen als gevolg van acclimatisatie bestaan o.a. uit: toegenomen bloedvolume, toegenomen doorbloeding van de huid, sneller en intensiever zweeten, een afgenomen zoutconcentratie in het zweet en een lagere hartslagfrequentie en warmteproductie in rust en bij submaximale inspanning [33]. 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 het figuur van Periard [34]:



**Figuur 3** Lichamelijke aanpassingen als gevolg van acclimatisatie in percentages van de uitgangswaarden

### 3.3.2 Uitvoering

Indien besloten wordt dat acclimatisatie van belang is worden in deze paragraaf duidelijke richtlijnen gegeven waaraan men moet voldoen om zo optimaal mogelijk voorbereid te zijn op werken onder warme omstandigheden. Bijlage F geeft concrete invulling hoe een acclimatisatieprogramma eruit kan zien. Toch is het voor brandweerpersoneel bijna altijd ondoenlijk om zo'n schema te hanteren. In die gevallen kan het KCAV aangepaste acclimatisatie-adviezen opstellen.

In hoofdlijnen moeten de volgende aspecten ter overweging worden meegenomen:

- Brandweermensen dienen een zo hoog mogelijke aerobe fitheid ( $VO_{2max}$ ) te hebben. Het verdient de aanbeveling om continu aan de algemene fitheid te werken. Een brandweermens met een hoge  $VO_{2max}$  heeft twee voordelen, nl:
  - Het eventuele acclimatisatieproces (denk aan de zomerperiode) wordt mogelijk versneld [35] [36].
  - De brandweermens is reeds gedeeltelijk geacclimatiseerd, al is dit effect bescheiden in vergelijking met het effect van acclimatisatie in een warme omgeving [26] [37].
- Ongeacclimatiseerd personeel is slechts beperkt belastbaar in de warmte. Ze moeten daarom worden beperkt in zowel de duur van de inspanning als in de intensiteit. Gemiddeld duurt het ongeveer 10 dagen tot 2 weken totdat (bijna) volledige

acclimatisatie is bereikt. Denk er aan dat acclimatiseren ook vraagt om herstelperioden in een koelere omgeving. Bijv. slapen bij voorkeur in een koele ruimte.

- 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 dient te 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 brandweermensen acclimatiseren juist sneller en kunnen soms binnen één week al 70% van de fysiologische aanpassingen aan warmte hebben doorlopen. Eenmaal geacclimatiseerd, hou je deze aanpassingen langere tijd vast. Zie ook “Verlies van en heracclimatisatie”.
- Als je tijdens het acclimatisatieproces alleen lichte inspanning hebt verricht, ben je ook alleen maar voor deze taak geacclimatiseerd en zal je aanvullend moeten trainen en aanpassen om zwaardere taken in de warmte te kunnen volbrengen.
- Hitte-acclimatisatie vereist een minimale warmte blootstelling van 2-3 uur per dag (bij een WBGT van >22°C), eventueel opgedeeld in 2 periodes van 1 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.
- Het is een overweging om tijdens het acclimatisatieprogramma een acclimatisatietraining in te wisselen voor een reguliere aerobe training. Hiermee wordt de fysieke fitheid tijdens het acclimatisatieproces gehandhaafd.
- Zorg ervoor 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 2 dagen lichte recreatieve inspanningen te gebruiken als trainingsprikkel voordat wordt overgegaan naar zwaardere inspanningen.
- Twee groepen brandweermensen verdienen extra aandacht in het acclimatisatieproces:
  - 1) de niet fitte brandweermens die langer nodig heeft om zich aan te passen aan de warmte en
  - 2) 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 niet geadviseerd om in deze periode toch fysieke arbeid te leveren. Dit geldt voor zowel fysieke activiteiten die recreatief van aard zijn (sport en spel) als voor functionele werkzaamheden. Indien deze werkzaamheden onontkoombaar zijn, dienen deze op een koel moment van de dag te worden verricht.
- Regelmatig inspanssen na de acclimatisatieperiode is belangrijk om geacclimatiseerd te blijven. Hierbij zijn 3-4 trainingsmomenten in de week voldoende om volledig geacclimatiseerd te blijven. Als acclimatisatie bereikt is, kan inspanning elke 2e á 3e dag onderbroken worden zonder dat er verlies optreedt [26] [34].
- Zorg voor voldoende water/sportdrink tijdens het acclimatisatieproces. Acclimatisatie vergroot de zweetproductie en hiermee ook de water- en zoutbehoefte. Uitdroging beperkt de effecten van het acclimatisatieproces en vermindert het prestatievermogen.

### 3.3.3 Verlies van en heracclimatisatie

Acclimatisatie gaat langzaam verloren als verplaatst wordt naar een koeler gebied. Gemiddeld genomen raak je ongeveer 2,5% [38] van je acclimatisatie kwijt per dag. Re-acclimatisatie gaat daarbij veel sneller dan de initiële acclimatisatie. Sommige processen die aan warmte-acclimatisatie gekoppeld zijn, verlopen zelfs tot wel 8x sneller. We stellen daarom dat personeel dat 14 dagen niet in de warmte is geweest als ongeacclimatiseerd dient te worden beschouwd. Zij kunnen volstaan met een verkort acclimatisatieprogramma van 4 dagen. Personeel dat langer dan 4 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, dient opnieuw geacclimatiseerd te worden.*
- *Acclimatisatie gaat langzaam verloren bij verplaatsing naar koeler gebied. Gemiddeld betreft dit 2,5% per dag.*

## 3.4 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 te melden bij de bedrijfsarts. Deze kan beoordelen of en wanneer een werknemer weer in staat is zijn activiteiten te hervatten. Voor meer informatie wordt verwezen naar paragraaf 4.8 van dit kennisdocument

# Medisch personeel

# 4 Medisch personeel

## 4.1 Inleiding

Zodra medisch handelen noodzakelijk is bij hittegerelateerde aandoeningen worden in dit hoofdstuk achtergronden gegeven voor medisch geschoold personeel. Een hittegerelateerde aandoening beslaat 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. Tevens is er nog veel discussie over de exacte pathofysiologie. Veel experts zijn het daarom ook niet altijd met elkaar eens over de indeling en definities, evenals welke temperatuur of symptomen bij welke diagnose passen [15] [20] [39]. Een hittegerelateerde aandoening is in dit document algemeen gedefinieerd als "verminderd inzetbaar raken ten gevolge van een stijging van de kerntemperatuur". 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 Wereldgezondheidsorganisatie (WHO), biedt een redelijke methode om de verschillende vormen van hittegerelateerde aandoeningen in te delen [40]. In verband met (internationale) standaardisering, zal dit document de termen van de ICD10 hanteren.

## 4.2 Algemene concepten van thermoregulatie

De temperatuur waarin de celprocessen optimaal werken, is tussen de 36,0 en 37,5°C. Het lichaam zal, onder normale omstandigheden, zich strikt aan deze temperatuur houden. Als het op temperatuur aankomt, kan het lichaam in twee compartimenten ingedeeld worden, nl.:

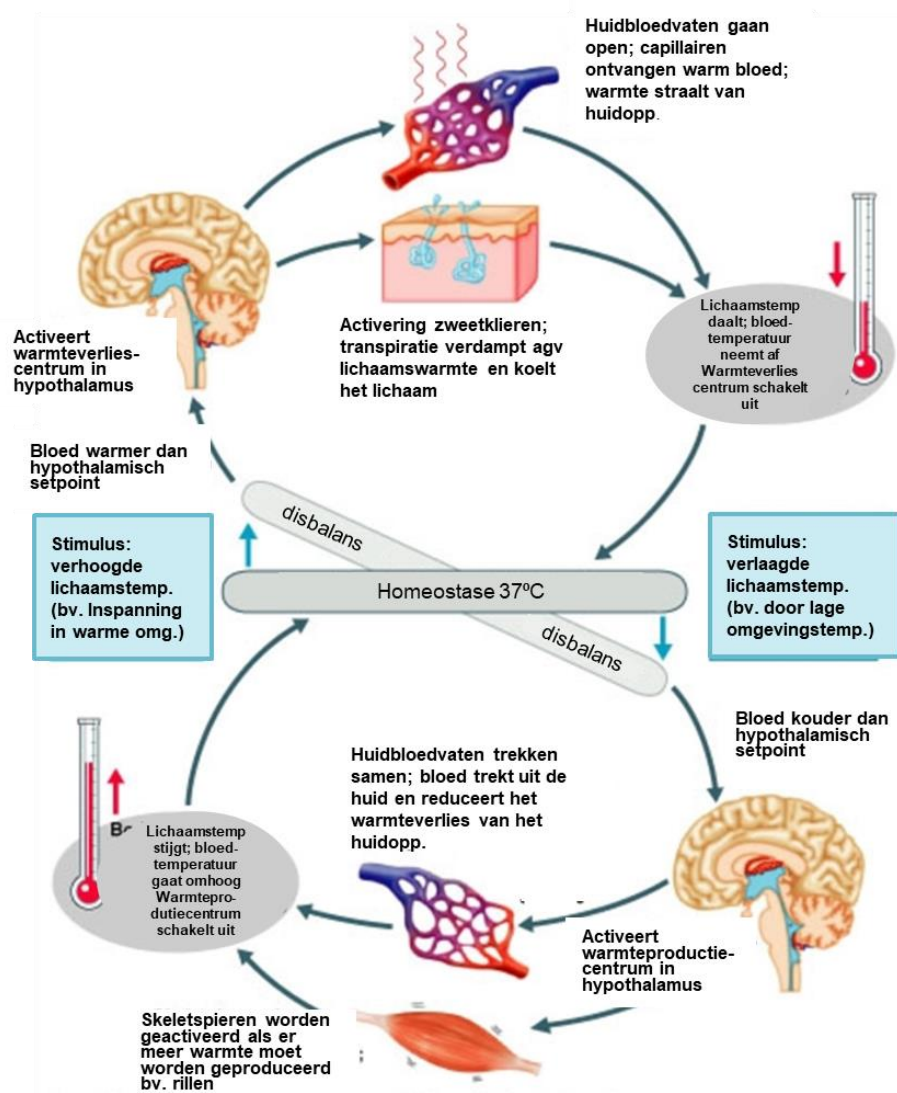
1. de kern, waar alle belangrijke organen zich bevinden, zoals het hersen-, thoracale- en abdominale gebied en
2. de schil, waar zich de extremiteiten en huid in bevinden.

De temperatuur wordt op verschillende plaatsen in het lichaam gemeten. De temperatuur wordt centraal 'gemeten' in de pre-optische vezels van de hypothalamus en de schiltemperatuur wordt perifeer 'gemeten' in de thermosensoren van de huid. 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 geïntegreerd 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 wordt de warmte afgestaan door conductie, convectie, radiatie, en evaporatie (zie ook "pathofysiologie"). Dit laatste behelst het

verdampen van zweet en is de meest effectieve manier van koelen. Het kan tot wel 243 kJ warmte per 100 ml verdampt zweet afgeven. Op deze manier probeert het lichaam 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. 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. Koorts wordt niet verder beschreven in dit document. Het omgekeerde noemen we hypothermie en dat is het geval wanneer het lichaam meer warmte afgeeft dan het kan produceren of opnemen uit de omgeving (Fig. 3)



Figuur 4 De warmteregulatie van het menselijk lichaam

### 4.3 Pathofysiologie

Spielen werken relatief inefficiënt, waardoor maximaal ongeveer 20% van de totale energieproductie naar kinetische energie gaat en de overige 80% wordt omgezet in warmte



[41] [42] [43]. Een lichte stijging van de lichaamstemperatuur tijdens inspanning lijkt een fysiologisch verschijnsel [44]. Hierbij geeft temperatuurstijging een verhoogde zuurstofconsumptie en metabolisme, resulterend in o.a. een verhoogde ventilatie en circulatie (tachycardie). Dit kan als compenseerbare warmtebelasting (meer warmteafgifte dan productie) gezien worden [10] [44]. Excessieve stijging kan schadelijke effecten hebben. Aangezien het thermoregulatorische setpoint van het lichaam gelijk blijft, zal een stijging van de kerntemperatuur afkoelingsmechanismen activeren.

Het lichaam heeft verschillende mechanismen om warmte af te voeren:

- **Evaporatie (verdamping) van zweet:** Dit is zoals hierboven al genoemd het primaire mechanisme van warmteafgifte in een warme omgeving, maar dit wordt ineffectief boven een luchtvochtigheid van 75%.
- **Radiatie:** Dit is de afgifte van elektromagnetische warmtegolven (infrarood). Hier is geen direct contact of luchtstroming voor nodig. Dit proces kan gehinderd worden door infraroodstraling van de zon op de huid.
- **Convectie:** Dit is de afgifte van warmte aan een gas of vloeistof die langs het lichaam beweegt.
- **Conductie:** Dit is directe warmteafgifte aan een aangelegen, koeler object.
- **Ademhaling:** Dit is de geringe warmteafgifte die door middel van ademen aan de omgeving wordt afgegeven.

Radiatie, convectie en conductie worden ineffectief als de omgevingstemperatuur boven de lichaamstemperatuur stijgt. In dat geval is alleen de verdamping van zweet nog maar effectief om te koelen.

Inspanningsgebonden hyperthermie kan op zichzelf bestaan, zonder merkbare symptomen. Bij een studie onder atleten bleek vijftien procent van de deelnemers aan een 15km lange hardloopwedstrijd een kerntemperatuur van 40,0°C of hoger te hebben, zonder dat deze symptomen van een hittegerelateerde aandoening ontwikkelden [41]. 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 hoe lang een persoon is blootgesteld aan deze verhoogde kerntemperatuur ('area-under-the-curve'). Interpersoonlijke variabelen zijn vervolgens van invloed op welk moment iemand klachten ontwikkelt [41]. Daarom kan gesuggereerd worden dat beter gesproken kan 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 in de warmte vermindert het vermogen van het bloed om deze taken te vervullen, wat resulteert in een lager hartminuutvolume.

Tijdens intensieve inspanning in de warmte, zal elk procent lichaamsmassa die verloren gaat door dehydratie, een extra stijging van de kerntemperatuur van 0,22°C geven bij gelijke inspanning. In andere woorden, als alle andere factoren gelijk zijn, zal een brandweermens die 6% lichaamsmassa verliest door dehydratie, 1°C warmer zijn, dan een persoon die 1% lichaamsmassa verliest [45].

Op het moment dat het lichaam bij inspanning onvoldoende hartminuutvolume kan leveren voor de actuele thermoregulatorische behoefte, ontstaat het risico op oncompenseerbare warmtebelasting (meer warmteproductie dan -afgifte). Hierbij ontstaat o.a. een daling van de centraal veneuze druk, verminderde vullingsdruk van het hart en een verdere stijging van de kerntemperatuur.

Inspanningsgebonden hittegerelateerde aandoening verloopt in enkele fases, met aanvankelijk de hyperthermische neurologisch acute fase (piekend in 24 tot 48 uur na het incident) en een latere hepato-renale fase (indien klinische symptomen 96 uur of langer persisteren).

Bewustzijnsdaling treedt gewoonlijk op bij een kerntemperatuur boven de 40,5°C. Het bewustzijn keert gewoonlijk weer terug naar normaal indien de temperatuur weer onder deze kritieke temperatuur daalt. In ernstige gevallen kan hersenoedeem ontstaan. Hersenschade concentreert zich voornamelijk in het cerebellum, met o.a. gegeneraliseerde atrofie. Neurologische schade aan het autonome, waaronder ook het enterische, zenuwstelsel kan langdurig zijn. Schade van het zenuwstelsel kan zich onder andere uiten in cerebellaire ataxie, dysartrie, cognitieve stoornissen en anterograde amnesie (geheugenverlies). Boven 42°C raakt de oxidatieve fosforylering ontkoppeld en stoppen verscheidene enzymen met functioneren. Hepatocyten, vasculair endotheel en zenuwweefsel zijn het meest gevoelig voor een stijging van de kerntemperatuur. Bloed wordt van de splanchnische circulatie geshunt naar de huid en spieren, resulterend in gastro-intestinale ischemie. De hyperthermie kan zelf ook al de darmwand beschadigen. Deze factoren geven een toegenomen permeabiliteit van de intestinale mucosa wat kan leiden tot endotoxines in de circulatie, wat uiteindelijk tot een sepsis leidt, waarbij alle organen betrokken kunnen raken. Als 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) [10] [13] [46] [47]. 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 primaire koelmechanisme van het lichaam is verdamping van zweet. Dit kan 243 kJ warmte per 100 ml zweet afgeven en beslaat 55% van de totale koelcapaciteit. De overige 45% aan koeling bestaat voornamelijk uit conductie, convectie en radiatie.*
- *Op het moment dat het lichaam bij inspanning onvoldoende hartminuutvolume kan leveren voor de actuele thermoregulatorische 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°C, kan weefselschade ontstaan. Boven de 42°C raakt de oxidatieve fosforylering ontkoppeld en stoppen verscheidene enzymen met functioneren.*
- *Hepatocyten, vasculair endotheel en zenuwweefsel zijn het meest gevoelig voor een stijging van de kerntemperatuur. Alle organen kunnen betrokken raken.*
- *Bij adequate behandeling, worden klinische manifestaties in enkele dagen minder en kunnen patiënten zonder blijvend letsel genezen.*

## 4.4 Risicofactoren

Er zijn een aantal gemeenschappelijke risicofactoren voor alle typen hittegerelateerde aandoening geïdentificeerd. Deze zijn verder uitgewerkt in 'Hoofdstuk 3, repressief brandweerpersoneel'. Medisch specifieke risicofactoren staan hieronder vermeld, uitgesplitst in: medicatie, supplementen en congenitale/verworven aandoeningen.

### **Medicatie**

Medicatie waarvan bekend is dat zij het risico op een hittegerelateerde aandoening verhogen zijn onder andere [10] [13] [20] [48]:

- Anticholinergica
- Anti-epileptica
- ACE remmers
- Angiotensine II receptor blokkers
- Antihistaminica
- Decongestiva
- Fenothiazines
- TCA's en SSRI's
- Amfetamines
- Ergogene stimulantia (zoals ephedrine)
- Lithium
- Diuretica
- Bèta blokkers
- Ethanol
- Calcium antagonisten
- Laxantia
- Sympathomimetica
- Schildklier agonisten
- MAO remmers

### **Supplementen:**

- Creatine verhoogt het risico op een hittegerelateerde aandoening niet [49].

### **Congenitaal/verworven [8] [9] [19]:**

- Sick cell trait
- Ectodermale dysplasie
- Chronische idiopathische anhidrose
- Maligne hyperthermie
- Groot lichaamsoppervlakte met brandwonden
- Groot lichaamsoppervlak met tatoeages
- Zweetklier dysfunctie
- Overige genetische afwijkingen (o.a. RYR1 en CACNA1S)

### **Oral Rehydration Salts (ORS)**

In de publieke media is er enige discussie geweest 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 minder eenvoudig te geven.

Oral Rehydration Salts (ORS) is de naam voor een gebalanceerde glucose-elektrolyt mix, 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 betreft het volgende [25]:

- Glucose faciliteert de absorptie van natrium (en dus water) in een 1:1 molaire basis in de dunne darm.
- Natrium en kalium zijn benodigd 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 een extra belasting op het cardiovasculaire systeem. Dit resulteert in verminderd slagvolume en hartminuutvolume van zo'n 13% bij hyperthermie [27]. Zoutverlies tijdens inspanning kan resulteren in hyponatriëmie, wat symptomen kan geven die overlappen met een hittegerelateerde aandoening. Daarom is het handhaven van een adequate zout- en waterintake tijdens en na inspanning van cruciaal belang.

De samenstelling van ORS is gebaseerd op de behandeling van vocht- en elektrolytverliezen bij diarree of overgeven in rust. Bij inspanning worden voornamelijk vocht en elektrolyten verloren door intens zweten. Een gemiddeld mens zweet tussen de 0,6 en 1,6 gram zout per liter zweet (afhankelijk van o.a. acclimatisatiestatus) [8]. In theorie zou de optimale samenstelling van ORS bij inspanning daarom anders zijn dan bij diarree/overgeven. Het WHO-advies van de samenstelling van ORS is geformuleerd in tabel 4. In tabel 5 wordt de samenstelling van ORS vergeleken met sportdrink, ORS in sportdosering, het advies van het Institute of Medicine [50] en de Britse richtlijn [6].

**Tabel 4 Samenstelling ORS zoals opgesteld door de WHO**

ORS	Samenstelling ORS			
	g/l	%	ORS	mmol/l
NaCl	2,6	12,683	Na	75
Glucose	13,5	65,864	Cl	65
KCl	1,5	7,317	Glucose	75
Natrium Citraat	2,9	14,146	K	20
			Natrium Citraat	10
<b>Totaal</b>	<b>20,5</b>	<b>100</b>		<b>245</b>

Tabel 5

Drank	Samenstelling verschillende dranken					
	ORS Norit (mmol/liter)	ORS Norit in sportverhouding (mmol/liter)	Britse richtlijn (mmol/liter)	ORS Schleh (mmol/liter)	Sportdrank Schleh (mmol/liter)	Institute of Medicine (US) (mmol/liter)
Na	75	15	17	58	15	20-30
Cl	65	13	17			
Glucose	75 (1,4%)	15 (0,27%)		183 (3,4%)	328 (5,9%)	Max 440 (8%)
K	20	4				
Citraat	10	2				
Totaal	245	49				

Het bewijs rondom het gebruik van ORS voor verbeterde vloeistof opname uit de darmen tijdens inspanning t.o.v. water is zeer beperkt en tegenstrijdig [27] [28] [51] [52]. Wel zorgt de toevoeging van zout voor een betere smaak van het water, wat de inname ten goede kan komen. Een concentratie >50mmol/l Na<sup>+</sup> keert dit effect om en kan zelfs gastro-intestinale klachten geven [27]. 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) [53].

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 [3]. De overweging om ORS toe te voegen aan het water dient dus voornamelijk op deze overweging gestoeld te zijn. Alles in overweging nemend, is sportdrank (of ORS in sportdosering) een beter te verdragen en makkelijker toepasbare drank om hydratatie te garanderen, dan ORS.

## 4.5 Classificatie van een hittegerelateerde aandoening en differentiaal diagnoses

We hanteren de definitie van de ICD10 [40]. Deze verdeelt hittegerelateerde aandoeningen 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 Amerikaanse literatuur gebruikelijk is. Een deel van deze classificatie behelst veelal inspanningsgebonden hittegerelateerde aandoeningen (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) zijn niet inspanningsgebonden. Het stellen van een exacte diagnose (ICD10) is bij een spoedeisende situatie ondergeschikt aan adequate behandeling.

- *Hittekramp (T67.2)*: Hittekrampen worden in het algemeen geassocieerd met inspanning in de warmte. De exacte pathofysiologie is hierbij 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 kalium verlies (door zweten), extreme omgevingsfactoren en neurogene spierversmoeding [54] [55]. Hoewel hittekramp een inspanningsgebonden hittegerelateerde aandoening is, hoeft er geen sterk verhoogde kerntemperatuur te bestaan.
- *Warmte-oedeem (T67.7)*: Oedeem in de extremiteiten door veneuze en interstitiële pooling [56].
- *Syncope door warmte (T67.1)*: Bewustzijnsverlies door langdurig staan in een warme omgeving, niet geassocieerd aan inspanning. Dit is het resultaat van vasodilatatie en veneuze pooling in de benen. Ook wel “parade syncope” genoemd [56].
- *Inspanningsgeassocieerde collaps (EAC) vermoeidheid door warmte, voorbijgaand (T67.6)*: Dit is een goedaardige syncope, die gebruikelijk optreedt vlak na het staken van een inspanning. Door het staken van de inspanning 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 [56]. Inspanningsgeassocieerde collaps dient niet verward te worden met andere potentieel gevaarlijke varianten van collaps, zoals beschreven in ICD10.
- *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 [20] [29]. Dehydratie 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°C. Ernstige dysfunctie van centraal zenuwstelsel is afwezig.
- *Hitteberoerte (T67.0)*: 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 veelal boven de 40°C [5] [13] [20]. Op dit moment faalt de thermoregulatie. Dit is een potentieel dodelijke aandoening, waarbij snel handelen vereist is. De pathofysiologische processen die spelen bij warmte-uitputting, 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.
- *Inspanningsgebonden hyponatriëmie (IH)*: De symptomen van inspanningsgebonden hyponatriëmie kunnen overlappen met die van een hittegerelateerde aandoening. Als de vloeistofintake hoger is dan de maximale diurese, stijgt de kans op IH. Denk hierbij aan een brandweermens die te veel drinkt voorafgaande aan en tijdens een inspanning. Ook stijgt de kans op IH door zweten bij langdurige inspanning zonder extra zoutintake (>4h). Vrouwen of mensen met een klein postuur of juist obesitas lopen ook risico op IH [57]. In

de anamnese is het vragen naar vloeistofintake daarom een belangrijke differentiaal diagnostische vraag. Bij brandweermensen met een kerntemperatuur onder de 40°C, i.c.m. bewustzijnsverandering dient IH, naast een hittegerelateerde aandoening, hoog op de differentiaaldiagnose te staan.

- Milde IH: Lichte verwarring, hoofdpijn, misselijkheid, duizeligheid en zwalken. APVU/EMV-score is Alert. Plasma Na concentratie is tussen de 126-132mmols/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 in de Engelstalige literatuur.
- Een deel van deze classificatie behelst veelal inspanningsgebonden hittegerelateerde aandoeningen (“exertional heat illness”, EHI) (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 echt aandachtsgebied van dit kennisdocument.
- Het stellen van een adequate diagnose is in de acute setting ondergeschikt aan behandeling.

## 4.6 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 6) en inspanning levert en/of zich in een warme/vochtige omgeving begeeft en/of bedekkende kleding draagt ook daadwerkelijk een hittegerelateerde aandoening heeft.

**Tabel 6 Symptomen van hitteziekte**

Hoofdpijn	Uitputting	Diarree
Zwalken	Verwardheid	Verminderd beoordelingsvermogen
Duizeligheid	Misselijkheid	Overgeven
Bewustzijnsdaling/-verlies	Rusteloosheid	Agitatie
Trekkingen/stuipen	Wazig zien	Krampen

Overige symptomen zoals krampen, tachycardie, tachypnoe, dorst, hoofdpijn zijn minder specifiek en wijzen nog niet op het bestaan van een (ernstige) hittegerelateerde aandoening. Deze kunnen 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 (bijv. 42°C) kunnen met goede behandeling volledig herstellen, waar iemand

met een temperatuur van 40°C ernstige complicaties kan oplopen. Primair gaat het wederom 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 een vermoedelijke presentatie van een hittegerelateerde aandoening, dient de kerntemperatuur bij voorkeur continu of anders herhaaldelijk (ten minste iedere 10 minuten) gemeten te worden.

Voor een zo betrouwbaar mogelijke meting van de kerntemperatuur dienen rectale thermometers te worden gebruikt; tympane of oorthermometers zijn onbetrouwbaar voor het meten van de kerntemperatuur [58]. Tympane thermometers meten niet direct de kerntemperatuur. De meting wordt beïnvloed door een combinatie van o.a. de ligging van het trommelvlies, de temperatuur van de lucht in het uitwendige gehoorkanaal en warmtestraling vanuit het gehoorkanaal [59]. 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°C. 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 5) en lichamelijke inspanning levert en/of in warme/vochtige omgeving is en/of beschermende kleding draagt, een hittegerelateerde aandoening heeft.*
- *Rectale thermometers dienen te worden gebruikt, aangezien tympane thermometers onvoldoende betrouwbaar zijn bij inspanningsgebonden hyperthermie.*

## 4.7 Behandeling van een hittegerelateerde aandoening

### 4.7.1 Algemeen

Bij slachtoffers met een hittegerelateerde aandoening waarbij de rectale temperatuur >40° C is en er sprake is van een afwijking van het centrale zenuwstelsel (verminderd bewustzijn, agitatie, verwardheid, convulsies, hallucinaties), dient de lichaamstemperatuur zo snel mogelijk naar beneden gebracht te worden. Ook slachtoffers met mildere symptomen bij wie de klachten niet verminderen tijdens 20 minuten rusten na ontkleden, dienen agressief gekoeld te worden (zie bijlage G). Hoe sneller de kerntemperatuur naar beneden gaat, hoe groter de overlevingskans en hoe lager de kans op restletsel. Als de kerntemperatuur binnen 30 minuten tijd onder de 39,0°C gebracht kan worden, is de overlevingskans 100% [60]. Als het slachtoffer effectief gekoeld kan worden, dient dit te gebeuren voordat hij/zij naar een EHBO-post of SEH afdeling wordt gebracht.

### 4.7.2 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 [29] [46].

- Bad met ijswater (CWI): Bij volledige onderdompeling in een bad met ijswater, kan de patiënt elke drie minuten een graad Celsius afkoelen. Bij een acute hittegerelateerde aandoening is de thermoregulatie zodanig verstoord, dat er niet gevreesd hoeft te worden voor het optreden van een “shock”effect. Middels een handdoek onder de oksels van het slachtoffer kan het hoofd boven water worden gehouden.
- TACO (Tarp Assisted Cooling): In de basis creëer je een bad 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 de patiënt kan afkoelen.
- Koude natte doeken: Omwikkel de patiënt met in zo koud mogelijk water gedrenkte (hand)doeken. Verwijder deze doeken iedere 30 seconden en vervang ze met opnieuw in koud water gedrenkte doeken. Zo kunnen 6 (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 veelal in een medische setting praktisch.

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

Koelen dient gecontinueerd te worden, totdat de patiënt begint te rillen (of een temperatuur van 39 graden is bereikt). De patiënt dient vervolgens te worden afgedroogd om verdere afkoeling te beperken.

### 4.7.3 Behandeling ter plaatse

Dit betreft behandeling door personeel dat meer uitgebreide medische scholing gehad heeft dan de inhoud van het reguliere ZHCH-protocol. In veel gevallen zal reeds gestart zijn met een vorm van ZHCH, voordat medisch personeel ter plaatse is. Na aankomst bij het slachtoffer dient opnieuw de ABCDE-methodiek te worden doorlopen. Bijlage G geeft een schematische weergave van de behandeling.

- Een hittegerelateerde aandoening met afwijkingen van het centrale zenuwstelsel.
  - Rectaal gemeten temperatuur  $>40^{\circ}\text{C}$ : Koel het slachtoffer agressief. Bij voorkeur dient dit te gebeuren met de hierboven genoemde koelopties. Mochten deze niet beschikbaar zijn, dient elke beschikbare koelmethode gebruikt te worden. In de basis geldt: des te groter het koeloppervlakte en des te kouder de koelvloeistof, des te effectiever het koelen. Indien een hittegerelateerde aandoening met bewustzijnsverandering optreedt, dient zo snel mogelijk 1-1-2 gebeld te worden. Als dit door (operationele) omstandigheden niet mogelijk is, dient aanwezig (medisch) personeel zo adequaat mogelijk te handelen. Als het slachtoffer ter plaatse voldoende effectief gekoeld kan worden, geniet het de voorkeur hem/haar pas te transporteren naar een EHBO-post of de SEH afdeling van een ziekenhuis indien de kerntemperatuur is gezakt onder de  $39^{\circ}\text{C}$ .
  - Rectaal gemeten temperatuur  $<40^{\circ}\text{C}$ : differentiaal diagnostisch zijn er verschillende opties die overwogen dienen te 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 Ringerlactaat). Bevoegd en bekwaam personeel mag hiervoor een intraveneuze toegang creëren. Een makkelijke geheugensteun voor differentiaal diagnostiek van bewustzijnsverandering na/tijdens inspanning zijn de 6H's: Hyperthermie, Hyponatriëmie, Hypoglykemie, Heart (cardiale etiologie), Head (neurologische etiologie) en Hemoglobine (met name sikkelcel-crisis).

- Een hittegerelateerde aandoening zonder afwijkingen van het centrale zenuwstelsel.
  - Het slachtoffer zonder bewustzijnsverandering mag, ongeacht de kerntemperatuur, rustiger gekoeld worden. Bij twijfel is het zeker niet onjuist om toch te kiezen voor een van bovengenoemde koelmethoden. Meestal volstaat het bij mildere klachten om deels ontkleed in de schaduw bij wind 20 minuten te rusten en weer wat te drinken. In dat geval kan het circulerende bloed wat eerst ingezet werd voor inspanning, ingezet worden om te koelen. In deze 20 minuten is het belangrijk dat iemand geobserveerd wordt en er continu een inschatting gemaakt wordt of de situatie herstelt, of wellicht verslechtert.
  - Indien er verslechtering in het bewustzijn optreedt, moet ook geëscaleerd worden naar één 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. Houdt er rekening mee dat klachten toch weer terug kunnen komen bij het hervatten van een activiteit. In dat geval dient betrokkene alsnog de activiteit te staken en gedurende ten minste 24 uur niet deel te nemen aan fysieke inspanning of blootgesteld te worden aan de warmte. Betrokkene mag zijn werkzaamheden pas hervatten, als hij door een bedrijfsarts in de eerste lijn is beoordeeld.

#### 4.7.4 Aanvullende medische behandeling

Indien te velde effectief gekoeld is, zal het slachtoffer naar alle waarschijnlijkheid ABCDE<sup>3</sup> 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. Indien deze nog gelijk of hoger is dan 40°C, dient opnieuw agressief gekoeld te worden, waarbij CWI wederom 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 dus alleen effectief in een ge-airconditioneerde ruimte, waar de lucht koel en relatief droog is.

Indien de temperatuur onder de 39,0°C is gebracht, dient het slachtoffer te worden afgedroogd om verdere daling van de temperatuur te voorkomen. Als de kerntemperatuur voldoende is gedaald, maar er nog steeds afwijkingen van het CZS zijn, dient o.a. inspanningsgebonden hyponatriëmie meegenomen te 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 luchtwegmanagement.

#### Observaties

---

<sup>3</sup> De ABCDE-methode is een werkwijze waarbij hulp wordt verleend volgens het principe "treat first what kills first". Met andere woorden: eerst de primaire (levensbedreigende) en vervolgens de secundaire c.q. tertiaire (niet-direct dan wel niet-levensbedreigende) letsels en stoornissen (A=Airway, B=Breathing, C=Circulation, D=Disabilities and E=Exposure/Environment)

Meet rectaal de kerntemperatuur. Tympane thermometers zijn onvoldoende betrouwbaar gebleken [58]. Meet hartfrequentie (HF), bloeddruk (BD), ademhalingsfrequentie (AF), saturatie en neurologische staat (AVPU/ EMV).

### **Interventies**

- Continueer het koelen van het slachtoffer, totdat temperatuur is gedaald tot onder de 39 graden. Dit dient voor alle overige interventies te gaan. In het verleden werd snelle afkoeling afgeraden, omdat de daaropvolgende reflexen (met name perifere vasoconstrictie) de afkoeling van de kern zouden kunnen tegengaan. De thermoregulatie bij hitteberoerte is verstoord, waardoor deze reflexen niet worden teruggevonden [61].
- Indien het slachtoffer kan drinken en geen bewustzijnsverandering heeft, geef tot 1 liter vocht. Bij voorkeur is dit een dorstlesser (niet cafeïnehoudende sportdrink), ORS kan ook worden gebruikt (mits in de juiste mengverhouding)
- Indien er sprake is van bewustzijnsverandering met een temperatuur boven de 40°C, mag niet meer dan 1 liter 0,9% NaCl intraveneus (IV) toegediend worden voordat serum natrium bekend is. Geef het slachtoffer geen vocht indien bij presentatie al meer dan 2 liter vocht oraal is toegediend.

Indien er sprake is van bewustzijnsverandering met een temperatuur onder de 40°C, mogen er geen vloeistoffen toegediend worden totdat serum natrium bekend is. Indien serum natrium 125 of lager is, dient 100ml 3% NaCl (hyperton) toegediend te 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 dient het volgende lab geprikt te worden: Volledig bloedbeeld, leverfunctie, nierfunctie, stollingsfactoren, CK, ureum en elektrolyten, glucose, bloedgas (indien geïndiceerd) en serum osmolaliteit. Herhaal na 24 uur ureum/elektrolyten, CK, leverfunctie en stollingsfactoren. Indien afwijkend, dagelijks herhalen tot normalisatie.

**Ziekenhuisopname** is altijd geïndiceerd bij:

- insulden
- evident bewustzijnsverlies (Unresponsive)
- persisterende hyperthermie ondanks actief koelen (rectale temperatuur >40°C na 30 minuten koelen).

### **Differentiaal diagnostiek**

Een makkelijke geheugensteun bij differentiaal diagnostiek van bewustzijnsverandering na/tijdens inspanning zijn de 6H's. Hyperthermie, hyponatriëmie, hypoglykemie, heart (cardiale etiologie), head (neurologische etiologie) en hemoglobine (met name sikkelcel crisis)

#### Kernpunten

- *Bij slachtoffers met een hittegerelateerde aandoening waarbij de rectale temperatuur >40°C 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, dient agressief gekoeld te worden.*
- *Als de kerntemperatuur binnen 30 minuten tijd onder de 39,0°C gebracht kan worden, is de overlevingskans 100%.*
- *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 in een buitensituatie. Dit zijn: bad met ijswater (Cold Water Immersion, CWI), TACO (Tarp Assisted Cooling) en het gebruiken van koude natte doeken. In een klimaatgereguleerde locatie kan ook gekoeld worden met de "strip-soak-fan" methode.*

## 4.8 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 belang. Iedereen die actief gekoeld is (bij een al dan niet bewezen hittegerelateerde aandoening) of twee keer de activiteit heeft moeten stoppen i.v.m. een verdenking op een hittegerelateerde aandoening, dient zich te melden bij de bedrijfsarts. Hier wordt een beoordeling gemaakt van de inzetbaarheid. Globaal is de revalidatie van een hittegerelateerde aandoening in twee categorieën in te delen:

*Categorie A* – Milde hittegerelateerde aandoening [6]. Een hittegerelateerde aandoening waarvoor geen ziekenhuisopname vereist is, zonder evidente laboratorium afwijkingen of cognitieve stoornissen.

- Geen sport gedurende de eerste 7 dagen na het staken van de behandeling.
- Indien mogelijk, beschouw als ongeacclimatiseerd gedurende 14 dagen.
- *Categorie B* – Ernstige hittegerelateerde aandoening. Een hittegerelateerde aandoening waarvoor wél ziekenhuisopname vereist is en/of evidente laboratorium afwijkingen of afwijkingen van het centrale zenuwstelsel.
- Geen sport gedurende de eerste 7 dagen na het staken van de behandeling
- Follow-up 1 week na een hittegerelateerde aandoening voor anamnese, lichamelijk onderzoek en eventueel laboratoriumtesten van de aangedane orgaansystemen.
  - Bij iedereen moeten subjectieve klachten worden uitgevraagd:
    - Cognitief functioneren: concentratie, geheugen
    - Spierpijn of -zwellen, zowel tijdens als na inspanning (Delayed Onset Muscle Soreness, DOMS)
    - Flankpijn, pijn in de nierloge: verstopte niertubuli door myoglobulinurie gaat niet zelden gepaard met pijn in de nierloge.
  - Eventuele aanvullende diagnostiek:
    - Bij nier- en/of leverfunctiestoornissen. Dagelijkse bepaling van de volledige bloedwaarden tot normalisatie is opgetreden.

- Bij rhabdomyolyse. Bepaling van serum CK. Myoglobine is slechts in de eerste dagen na rhabdomyolyse verhoogd en zal bij controle naar alle waarschijnlijkheid alweer genormaliseerd zijn.

Bij aanhouden van klachten en/of labafwijkingen, dient opnieuw 7 dagen rust genomen te worden, waarna dezelfde klinische follow-up volgt. Indien bij tweede follow-up nog steeds klachten en/of labafwijkingen bestaan, dient door een specialist in het ziekenhuis nader onderzoek overwogen te 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 (bv. PPMO) af te leggen. Indien met 4 weken opbouwen het niet lukt om weer intensief te sporten, kan een HitteTolerantieTest (HTT) overwogen worden. Hiervoor is een verwijzing naar een bedrijfsarts van de Arbodienst geïndiceerd.
- Indien de brandweermens 2-4 weken klachtenvrij is en onbeperkt zelfstandig kan sporten, kan vrijgegeven worden voor werkzaamheden. Maar indien het letsel een *recidief* hittegerelateerde aandoening betrof, is een verwijzing naar een bedrijfsarts van de Arbodienst voor een HTT aangewezen.

#### 4.8.1 Hittetolerantie-test

Er is een sterke behoefte aan het objectiveren van de warmtebelastbaarheid van slachtoffers van een hittegerelateerde aandoening. Dit kan enerzijds een hulpmiddel zijn in het monitoren van de revalidatie en anderzijds iets zeggen over de algehele belastbaarheid bij optreden in de warmte. Een hittetolerantie-test (HTT) wordt bij het Israëlijs leger (IDF) al meer dan 30 jaar ingezet [62]. Hitte-intolerantie (HI) wordt dan beschreven als een verminderde thermoregulatorische efficiëntie en het onvermogen om adequaat te adapteren aan inspanning in een warme omgeving. 6-8 weken na het initiële incident wordt de test ingezet. Het bovengenoemd HTT-protocol bestaat uit een 2 uur durende test op een lopende band (5km/u, 2% helling) in een klimaat gereguleerde kamer (40°C en 40%RH (relatieve luchtvochtigheid)). Hierbij wordt de hartslagfrequentie gemeten met een borstband en de kerntemperatuur gemeten middels rectale canule. Een positieve test (aangetoond HI) wordt gedefinieerd als de proefpersoon gedurende de test een hartslagfrequentie heeft van meer dan 150 bpm en/of een kerntemperatuur boven de 38,5°C. Daarnaast is de test positief als beide parameters (hartslagfrequentie en kerntemperatuur) niet een stabiele waarde bereiken en blijven stijgen gedurende de test. De hartslagfrequentie en kerntemperatuur zoals gemeten tijdens de HTT kunnen ook worden geïntegreerd in de Physiological Strain Index (PSI), welke een bereik heeft van 0-10 (en in een uitzonderlijk geval nog hoger). Deze waarde geeft dan een kwantificering van de warmtebelasting.

Bij aangetoonde HI wordt betrokkene nog een beperking voor intensieve activiteiten opgelegd gedurende 3-6 maanden. Na deze periode wordt de HTT test herhaald. Indien de test dan nog steeds positief is (en betrokkene dus hitte-intolerant is), wordt betrokkene niet meer geschikt geacht voor een operationele functie.

De validiteit van de HTT werd bij de 'roundtable' discussie van de American College of Sports Medicine (ACSM) wel ter discussie gesteld [5]. Allereerst is de voorspellende waarde van de HTT ten aanzien van een nieuwe inspanningsgerelateerde hitte-aandoening onbekend. Daarnaast is het kwantitatief meten van thermoregulatorische beperkingen niet mogelijk en de bruikbaarheid in het sturen van de revalidatie naar inzetbaarheid beperkt.

Bovenstaande overwegingen van de ACSM zijn in grote lijnen ook toepasbaar op de Nederlandse brandweer. 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. Zij implementeren deze test bij ieder slachtoffer van een ernstig hittegerelateerde aandoening (Categorie B), 8-10 weken na het incident en indien nodig 3 maanden later nogmaals.

Een simpele screeningsmethode die het mogelijk maakt om op hittetolerantie voor brandweerpersoneel te selecteren en die ook voor Inspecteurs van de OPCW<sup>4</sup> wordt gebruikt is uit te gaan van het fitheidsniveau en de BMI<sup>5</sup> van de brandweermensen (Tabel 7). Deze methode is ongeschikt om te bepalen of iemand na een hittegerelateerde aandoening weer aan het werk kan.

**Tabel 7 Eenvoudige screeningstool om hitte tolerantie te bepalen**

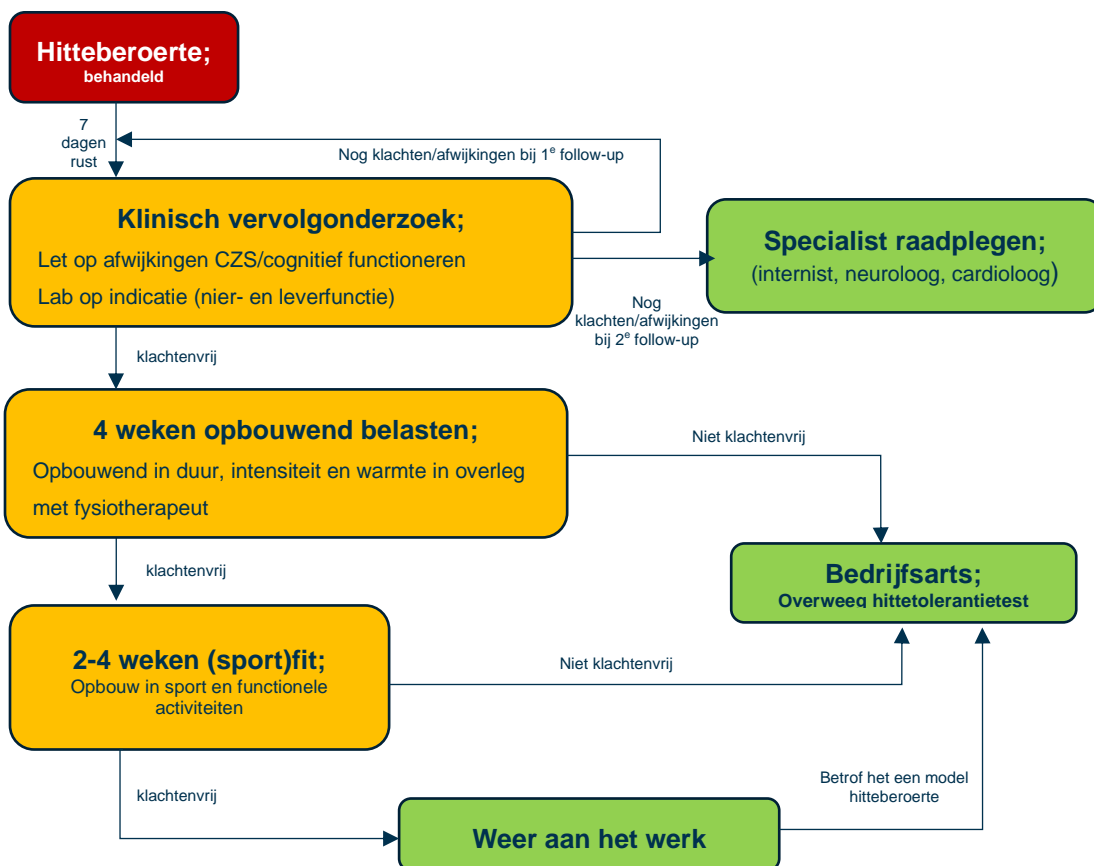
	BMI	20-25 Goed	25-30 Overgewicht	30-40 Zwaarlijvig	>40 Morbide overgewicht
Aerobe fitheid					
Uitstekend / goed		Zeer goed	Goed	Slecht	Zeer slecht
Meer dan gemiddeld		Goed	Gemiddeld	Slecht	Zeer slecht
Gemiddeld		Gemiddeld	Gemiddeld	Slecht	Zeer slecht
Minder dan gemiddeld		Gemiddeld	Slecht	Zeer slecht	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 [63], waaruit bleek dat deze test de hittestress beter voorspelt voor personen die persoonlijke beschermende kleding dragen dan de eerdergenoemde HTT. De komende jaren zal uit onderzoek moeten blijken of er meer geschikte hitte-(in)tolerantie testen beschikbaar zijn voor de brandweer.

In onderstaande figuur is het schematische voorgestelde revalidatiebeleid na een inspanningsgerelateerde hitte-aandoening (hitteberoerte) weergegeven voor brandweerpersoneel.

<sup>4</sup> Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons (Organisatie voor het Verbod op Chemische Wapens)

<sup>5</sup> 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.



Figuur 5 Revalidatiebeleid na een ernstige hittegerelateerde aandoening

#### Kernpunten

- Iedereen die gekoeld is (bij een al dan niet bewezen hittegerelateerde aandoening) dient zich te melden bij de bedrijfsarts. Hier wordt een schatting gemaakt van de inzetbaarheid.
- De inhoud van het revalidatieschema hangt af van de ernst van een doorgemaakte hittegerelateerde aandoening.
- In overleg met de bedrijfsarts kan screening plaatsvinden van de hitte-(in)tolerantie bij patiënten die na een doorgemaakte hittegerelateerde aandoening de sportbelasting niet kunnen opbouwen.
- Het Environmental Extremes Laboratory van de University van Brighton heeft een test ontwikkeld, die meer geschikt is voor personeel in beschermende kleding. Het KCAV zal gaan onderzoeken of deze test geschikt is voor brandweerpersoneel in Nederland



# Bijlagen



# 5 Bijlagen

## Bijlage A WBGT-index voor werk/rustverhouding

Hitte Categorie (RISICO OP HITTEZIEKTE)	WBGT Index, °C	Lichte arbeid		Matige arbeid		Zware arbeid	
		Werk/Rust (min)	Water inname(l/u)	Werk/Rust (min)	Water inname(l/u)	Werk/Rust (min)	Water inname(l/u)
1	<10 (25,6-27,7)	Geen beperking	0,5	Geen beperking	0,75	40/20	0,75
2 (LAAG)	10-18 (27,8-29,4)	Geen beperking	0,5	50/10	0,75	30/30	1
3 (GEMIDDELD)	18-22 (29,5-31,1)	Geen beperking	0,75	40/20	0,75	30/30	1
4 (HOOG)	22-28 (31,2-32,2)	Geen beperking	0,75	30/30	0,75	20/40	1
5 (EXTREEM HOOG)	>28 (≥32,3)	50/10	1	20/40	1	10/50	1

Niveau	Arbeid	Metabolisme (W)	Voorbeelden
0	Rust	100 – 125	Rustig zitten
1	Lichte	125 – 235	<b>Licht handwerk</b> (schrijven, typen, tekenen, naaien, boekhouden); <b>hand- en armarbeid</b> (klein bankgereedschap, inspectie, montage of sortering van lichte materialen); <b>arm- en beenarbeid</b> (voertuig besturen onder normale omstandigheden, bedienende voetschakelaar of pedaal). Staan boren (kleine onderdelen); freesmachine (kleine onderdelen); bewerking met licht elektrisch gereedschap; rustig wandelen op een vlakke ondergrond (snelheid tot 2,5 km/u).
2	Middelmatige	235 – 360	<b>Langdurig hand- en armarbeid</b> (timmeren, vijlen); arm- en beenarbeid (offroad-gebruik van vrachtwagens, tractoren of bouwmachines); <b>arm- en romparbeid</b> (werken met pneumatische hamer, montage van tractor, stucadoeren, intermitterend hanteren van matig zwaar materiaal, wieden, schoffelen, fruit of groenten plukken, duwen of trekken van lichtgewicht karren of kruiwagens, lopen met een snelheid van 2,5 tot 5, 5 km/u op vlakke ondergrond: smeden)
3	Zware	360 – 465	<b>Intensieve arm- en romparbeid</b> ; zwaar materiaal dragen; scheppen; werken met voorhamer; zagen; hardhout bewerken; met de hand maaien; graven; lopen met een snelheid van 5,5 tot 7 km / u op een vlakke ondergrond. Zwaar beladen handkarren of kruiwagens duwen of trekken; betonblokken leggen.
	Zeer zware	> 465	<b>Zeer intense activiteit in snel tot maximaal tempo</b> ; werken met een bijl; intensief scheppen of graven; traplopen, lopen op helling of ladder; snel lopen met kleine stapjes; rennen op een vlakke ondergrond; lopen op een vlakke ondergrond met een snelheid van meer dan 7 km / u.

- 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.
- De tabel is van toepassing op het dragen van kazernekleding. Er zijn correcties voor andere omstandigheden van toepassing:

Ensemble	Opmerking	Correctiefactor (CAV) (°C-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, <b>maar bijvoorbeeld ook een uitrukpak</b>	3
Enkellaags dampwerende overall, zonder capuchon	Het effect hangt af van de vochtigheidsgraad en in veel gevallen is het effect minder	10
Enkellaags dampwerende overall, met capuchon	Het effect hangt af van de vochtigheidsgraad en in veel gevallen is het effect minder	11
Dampwerende overkleding over overall, zonder capuchon	-	12
Capuchon <sup>a</sup>	Het dragen van een capuchon van elke stof met elk kledingensemble	+1

De CAVs worden toegevoegd aan de gemeten WBGT om de  $WBGT_{eff}$  te verkrijgen.

**OPMERKING** Voor kleding met een hoge dampweerstand is er een afhankelijkheid van relatieve vochtigheid. De CAV's vertegenwoordigen het waarschijnlijke hoge waarde.

<sup>a</sup> Deze waarde wordt extra toegevoegd aan de CAV van het ensemble zonder capuchon of gasmasker.

## Bijlage B Britse WBGT Implementatie Tabel

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

Indien 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. Evengoed kan een hittegerelateerde aandoening nog optreden. Blijf daarom altijd waakzaam!

Voor personeel in Nederland (koel klimaat), dient altijd de niet-geacclimatiseerde WBGT-limiet gebruikt te worden.

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

Als de operationele omstandigheden vereisen dat de activiteit afwijkt van deze richtlijnen, dan dient overwogen te worden de inspanningsduur korter dan 60 minuten te maken en de rustperiodes frequenter en langer te maken. Medisch advies is geadviseerd. Bij het plannen en uitvoeren van activiteiten langer dan 60 minuten en waarbij deze richtlijn niet gevolgd kan worden, dient het kader extra aandacht te besteden aan de gehele risicoanalyse en overige aanwezige risicofactoren (zie bijlage E).

Waarden in deze tabel zijn van toepassing op:

Personeel met een enkele laag kleding, korte mouwen en zonder helm.

Geen onderscheid tussen mannen en vrouwen, bij gelijke fysieke conditie.

### Bluskleding:

- **Gebruik de niet-geacclimatiseerde WBGT-index bovenste limiet**
- **Reduceer de bovenste limiet waarde met 5°C.**
- **Inspanning in de categorie intensief, zeer intensief en extreem is onveilig zonder aanvullend medisch advies.**

Leidinggevenden dienen veranderingen in WBGT-index gedurende de dag mee te nemen in de planning van de activiteit.

In de volgende tabel is de zwaarte van verschillende activiteiten weergegeven.

Niveau	Arbeid	Metabolisme (W)	Voorbeelden
0	Rust	100 – 125	<b>Rustig zitten</b>
1	Lichte	125 – 235	<b>Administratieve taken</b> (schrijven, typen, tekenen, boekhouden); <b>lichte onderhoudswerkzaamheden</b> (klein gereedschap, inspectie, montage of sortering van lichte materialen); <b>arm- en beenarbeid</b> (prio 2 of dienstritten). Licht opruimwerk en verkeer regelen
2	Middelmatige	235 – 360	<b>Langdurig hand- en armarbeid</b> (reanimeren); <b>arm- en beenarbeid</b> (prio-1 ritten); <b>arm- en romparbeid</b> (afzettingen maken, voertuigstabilisatie, werkveld inrichten en vrijhouden, vuilwerkpak verkenning; hydraulisch gereedschap klaarmaken, water opbouwen.)
3	Zware	360 – 465	<b>Intensieve arm- en romparbeid</b> ; Aanvalskrat verplaatsen, deur forceren, motorkettingzaag of -slijpmachine hanteren, handmatig sloop- en breekwerk, vuilwerkpak grijpredding, buitenbrandbestrijding
	Zeer zware	> 465	<b>Zeer intense activiteit in snel tot maximaal tempo</b> ; Werken met hydraulisch gereedschap, binnenbrandbestrijding.

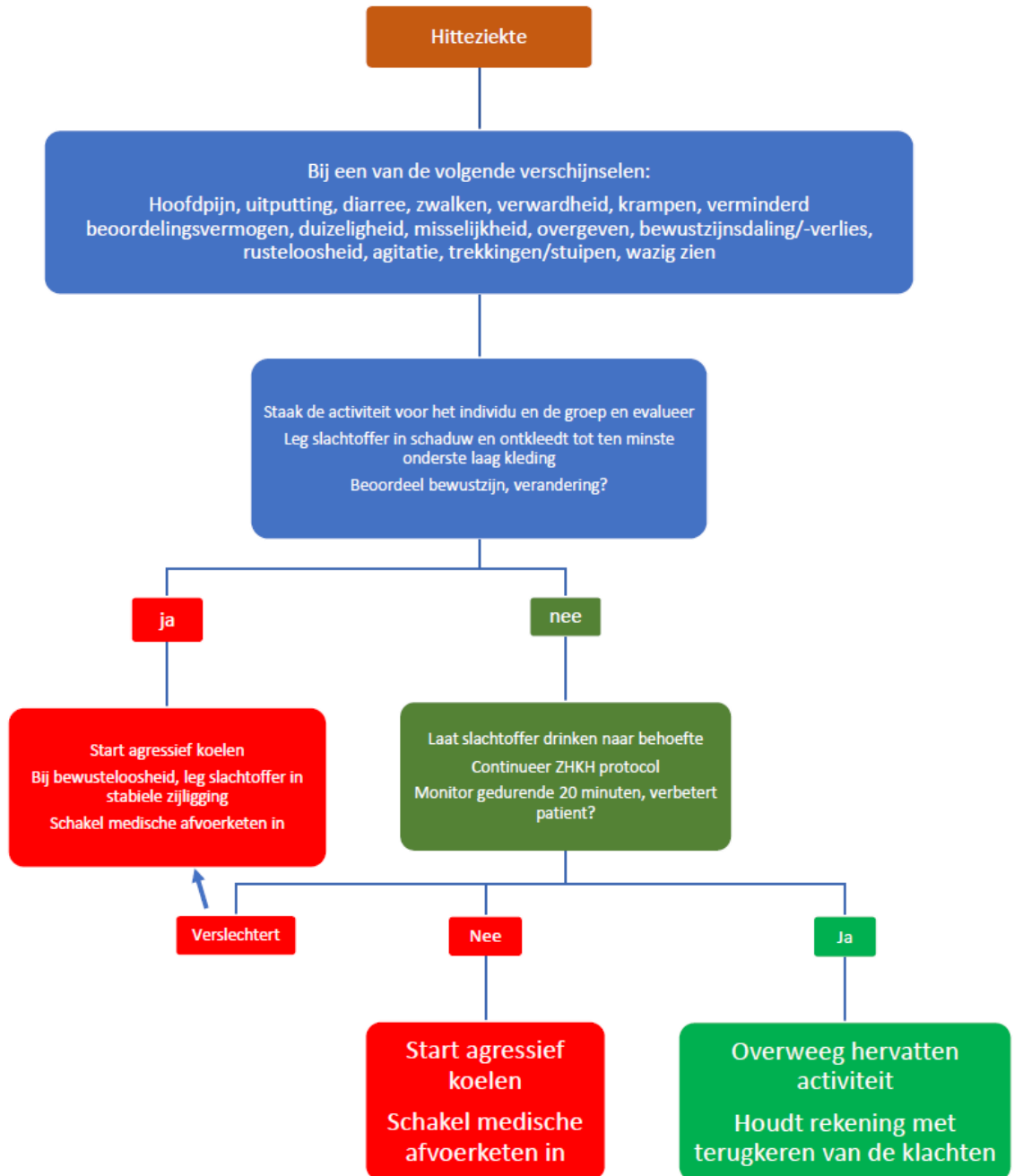
## Bijlage C NATO Maximale Werktijden

Hitte Categorie	WBGT °C	Lichte Inspanning	Water inname (l/uur)	Matige Inspanning	Water inname (l/uur)	Zware Inspanning	Water inname (l/uur)
		Inspannings- duur (min)		Inspannings- duur (min)		Inspannings- duur (min)	
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. Indien de tabel gebruikt wordt voor ongeacclimatiseerd personeel moet je dus nog voorzichtiger zijn.
- De adviezen zijn richtlijnen. Per individu kunnen er verschillen zijn, ook in de vochtbehoefte. Drink niet meer dan 6 liter per dag.
- 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, dient voldoende rust ingebouwd te worden, om het lichaam te laten afkoelen.
- De tabel is van toepassing op het dragen van een operationeel uniform of kazernekleding. Hierop zijn 2 correcties van toepassing:
- Bij licht werk tel 6°C en bij gemiddeld/zwaar werk 11°C bij de WBGT op, indien CBRN-kleding gedragen wordt.
- Het dragen van kogelwerende vesten verhoogt de WBGT-index met 3°C.

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/u met bepakking <18kg	Wachtdiensten
Zware inspanning	Lopen in zand 4 km/uur met uitrusting, lopen op harde ondergrond 5,6 km/u, >18kg bepakking	Groepsaanval

## Bijlage D Behandelschema een hittegerelateerde aandoening Algemeen Personeel



## Bijlage E Risico Analyse Tool

Risico-factor	Resultaat	Voorbeeld maatregelen	Haalbaar		Gevolg
			ja	nee	
Individuele risicofactoren. Zijn deelnemers blootgesteld aan de risicofactoren in Tabel 1?	Ja Nee	<input type="checkbox"/> Kunnen risicofactoren worden beïnvloed, zodat risico's verminderen?			
Individuele risicofactor Acclimatisatie. Is het volledige acclimatisatie proces doorlopen als men daarvoor heeft gekozen?	Ja (14 dgn) Nee (<5 dgn) Partieel (<14 dgn)	<input type="checkbox"/> Bevindt de activiteit zich onder de bovenste WBGT index limiet? Zo nee kan werk/rust verhouding worden bijgesteld?			
Individueel risicofactor Drinkbeleid. Voldoende water beschikbaar zoals beschreven in handreiking beschikbaar?	Ja Nee	<input type="checkbox"/> Kan voldoende drinkwater worden aangeleverd?			
Groepsgebonden risicofactor Arbeidsintensiteit. Wat is de maximale arbeidsintensiteit van de (geplande) activiteit? Zie bijlage B	Laag Gemiddeld Intensief Extreem Zeer extreem	<input type="checkbox"/> Indien de arbeidsintensiteit de bovenste WBGT index limiet overschrijdt kan de activiteit worden bijgesteld?			
Groepsgebonden risicofactor Duur van de activiteit. Wat is de geplande duur van de activiteit?	>30 min weinig risico 30 min - 4 u reëel risico > 4 u let op zoutgebrek	<input type="checkbox"/> Kan voeding naar smaak worden gezouten en óf water worden vervangen door zouthoudende ORS			
Groepsgebonden risicofactor Kleding en uitrusting. Heb je de juiste correctiefactor voor de WBGT-index toegepast?	Chemie/gaspak Bluspak HV-kleding	<input type="checkbox"/> Kan de kleding en/of uitrusting worden aangepast?			
Externe risicofactoren WBGT index. Is de WBGT index hoger dan de bovenste limiet bij de geplande activiteit? Bijlage B	Ja Nee	<input type="checkbox"/> Kan de activiteit worden aangepast?			
Medische keten. Binnen 15 minuten adequate medische behandeling en afvoer beschikbaar?	Ja Nee	<input type="checkbox"/> Opties beschikbaar om ter plaatse te koelen? Bij voorkeur ijswater met doeken			
Opleiding en training personeel Is personeel voldoende en bewust geschoold rondom hittegerelateerde aandoeningen?	Ja Nee	<input type="checkbox"/> Kan personeel worden voorgelicht voor aanvang activiteiten?			

Gebaseerd op bron: CLAS afdeling trainingsgeneeskunde en trainingfysiologie (TGTF).  
Indien een of meermalen nee is aangevinkt zal het risico op een hittegerelateerde aandoening of de gevolgen ervan sterk toenemen

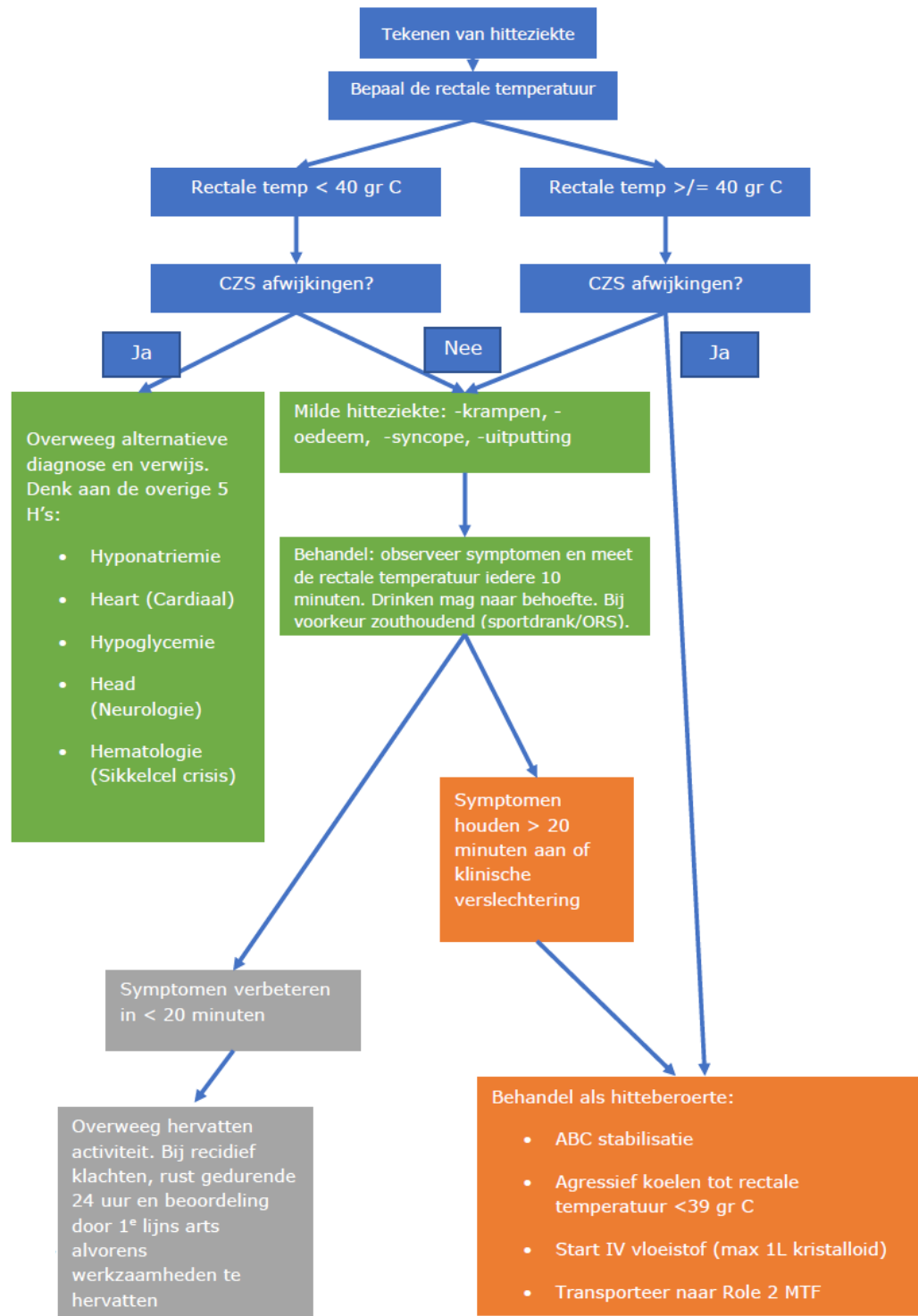
## Bijlage F Voorbeeld acclimatisatieprogramma [64]

Dag	kleding	WBGT Index (°C WBGT)	Duur	Activiteit
1	Geen activiteiten, rusten, drinken eten en voldoende slapen			
2	Sportkleding (t-shirt en short)	>22	1 * 50	Stevig doorwandelen
3	Sportkleding (t-shirt en short)	>22	2 * 50	Stevig doorwandelen met steeds 10 minuten rust
4	Sportkleding (t-shirt en short)	>22	100	Stevig door wandelen
5	Kazernekleding/Operationeel Uniform	>22	2 * 50	Stevig doorwandelen, 2 <sup>e</sup> keer in sportkleding
6	Kazernekleding/Operationeel Uniform	>22	100	Stevig doorwandelen
7	Uitrukkleding	>22	2 * 50	Stevig doorwandelen na 15 minuten rust weer doorwandelen
8	Uitrukkleding	>22	100	Stevig doorwandelen

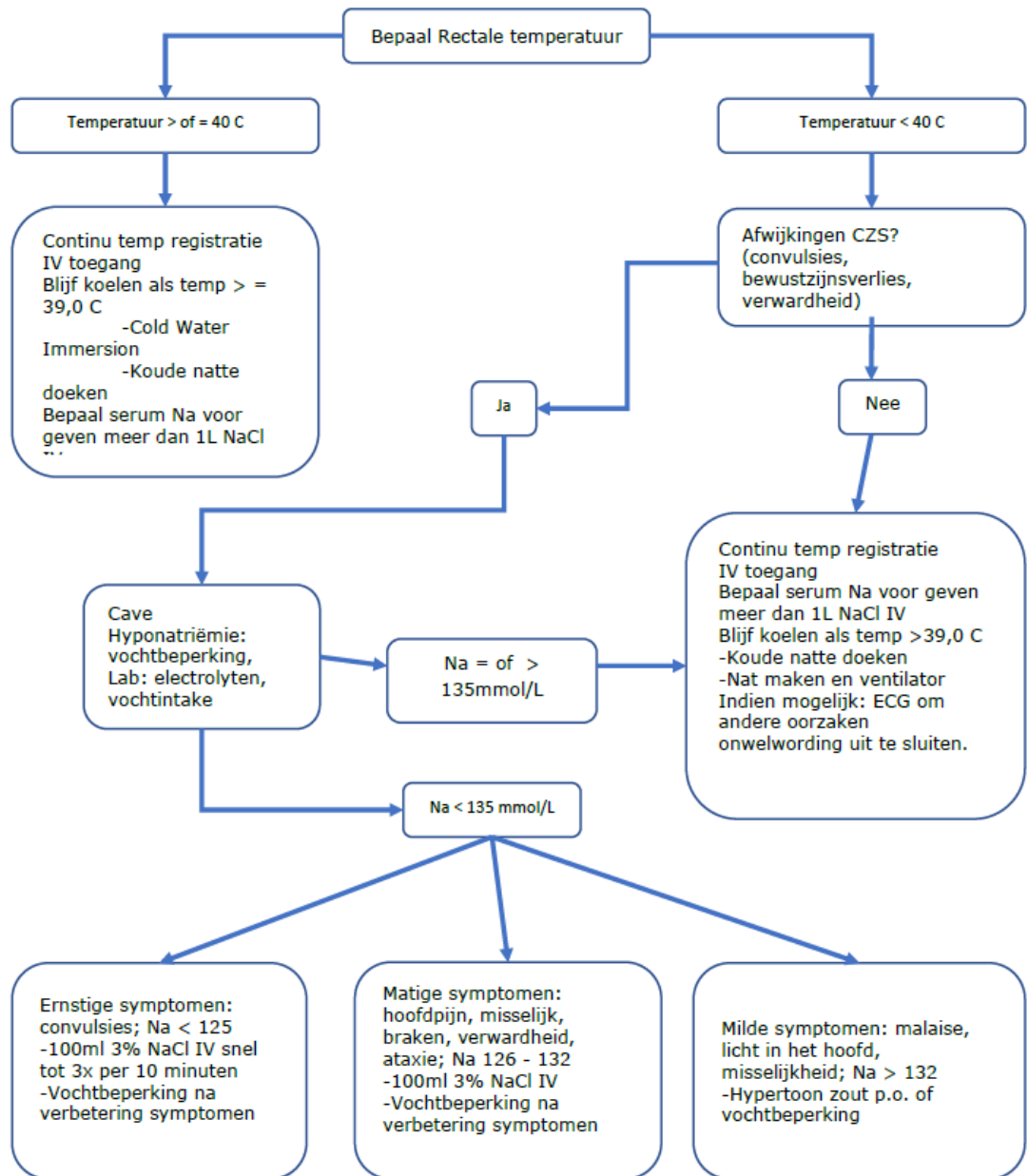
Naar believen mag worden gedronken



## Bijlage G Behandelschema een hittegerelateerde aandoening Medisch Personeel



## Bijlage G Behandeling in een ziekenhuis



## 6 Bibliografie

- [1] S. Kim, D.-H. Kim, H.-H. Lee en J.-Y. Lee, „Frequency of firefighters’ heat-related illness and its association with removing personal protective equipment and working hours,” *Industrial Health* 57, pp. 370-380, 2019.
- [2] R. Carter en anderen, „Epidemiology of hospitalizations and deaths from heat illness in soldiers,” *Med Sci Sports Exerc*, vol. 37, nr. 8, pp. 1338-1344, 2005.
- [3] ACSM, „Exercise and Fluid Replacement,” *Medicine & Science in Sports & Exercise*: 39(2), vol. 2007, nr. American College of Sports Medicine., pp. 377-390, 2007.
- [4] C. Gisolfi en C. Wenger, „Temperature regulation during exercise: old concepts, new ideas,” *Exerc Sport Sci Rev* 12, pp. 339-72, 1984.
- [5] F. O’Connor en anderen, „American College of Sports Medicine Roundtable on exertional heat stroke--return to duty/return to play: conference proceeding,” *Current sports medicine reports*,9(5), pp. 314-321, 2010.
- [6] J. 539, „Heat illness and cold injury: prevention and management, part 2 guidance,” Ministry of Defence, 2019.
- [7] NEN-EN-ISO7243, *Ergonomie van thermische omstandigheden - Beoordeling van hitte-stress gebaseerd op de WBGT-index (wet bulb globe temperature)*, 2017.
- [8] M. Sawka, „Management of Heat and Cold stress,” NATO RTO, Paris, 2013.
- [9] Y. Epstein, „Heat intolerance: predisposing factor or residual injury?,” *Med Sci Sports Exerc*, vol. 22, nr. 1, pp. 29-35, 1990.
- [10] Y. Epstein en R. Yanovich, „Heatstroke,” *The New England journal of medicine*, vol. 380, nr. 25, pp. 2449-2459,, 2019.
- [11] A. Druyan, D. Atias, I. Ketko, Y. Cohen-Sivan en Y. Heled, „The effects of smoking and nicotine ingestion on exercise heat tolerance,” *J Basic Clin Physiol Pharmacol* , vol. 28, nr. 2, pp. 167-170, 2017.
- [12] S. A. Bedno en anderen, „Exertional heat illness among overweight U.S. Army recruits in basic training,,” *Aviat Space Environ Med*, vol. 81, nr. 2, pp. 107-111, 2010.
- [13] A. Bouchama en J. P. Knochel, „Heat stroke,” *The New England journal of medicine*, vol. 346, nr. 25, pp. 1978-1988, 2002.
- [14] M. L. Anzalone, V. S. Green, M. Buja, L. A. Sanchez, R. I. Harrykisson en E. R. Eichner, „Sickle cell trait and fatal rhabdomyolysis in football training: a case study,” *Med Sci Sports Exerc*, vol. 42, nr. 1, pp. 3-7, 2010.
- [15] E. R. Eichner, „Sickle cell considerations in athletes,” *Clinics in sports medicine*, vol. 30, nr. 3, pp. 537-549, 2011.
- [16] E. Watkins, R., A. Walker, E. Mol, S. Jahnke en A. Richardson, „Women Firefighters’ Health and Well-Being: An International Survey,” *Women’s Health Issues* , vol. 29, nr. 5, pp. 424-431, 2019.
- [17] B. Kazman en anderen, „Women and exertional heat illness: identification of gender specific risk factors,” *US Army Med Dep J*, pp. 58-66, 2015.
- [18] TB MED 507:. Heat Stress Control and Heat Casualty Management, U. S. Army, 2013.

- [19] M. J. Luetkemeier, J. M. Hanisko en K. M. Aho, „Skin Tattoos Alter Sweat Rate and Na<sup>+</sup> Concentration,,” *Med Sci Sports Exerc*, vol. 49, nr. 7, pp. 1432-1436, 2017.
- [20] S. M. W. W, „Disorders due to heat and cold,,” *Cecil Medicine*, 2011.
- [21] L. M. K. Ellett, N. L. Pratt, V. T. L. Blanc, K. Westaway en E. E. Roughead, „Increased risk of hospital admission for dehydration or heat-related illness after initiation of medicines: a sequence symmetry analysis,,” *J Clin Pharm Ther*, vol. 41, nr. 5, pp. 503-507,, 2016.
- [22] R. Carter en anderen, „Epidemiology of hospitalizations and deaths from heat illness in soldiers,,” *Med Sci Sports Exerc*, vol. 37, nr. 8, pp. 1338-1344, 2005.
- [23] R. J. Maughan en J. Griffin, „Caffeine ingestion and fluid balance: a review,,” *J Hum Nutr Diet*, vol. 16, nr. 6, pp. 411-420, 2003.
- [24] R. S. Sawka M.N., „Heat acclimatization to improve athletic performance in warm-hot environments,,” *Sports Science Exchange*, vol. 28, nr. 153, pp. 1-6, 2015.
- [25] WHO, „Oral Rehydration Salts, Production of the new ORS,,” World Health Organization,, 2006.
- [26] J. D. Périard, S. Racinais en M. N. Sawka, „Adaptations and mechanisms of human heat acclimation: Applications for competitive athletes and sports,,” *Scand J Med Sci Sports*, vol. 25, nr. Suppl. 1, pp. 20-38, 2015.
- [27] M. W. Schleh en C. L. Dumke, „Comparison of Sports Drink Versus Oral Rehydration Solution During Exercise in the Heat,,” *Wilderness & environmental medicine*, vol. 29, nr. 2, pp. 105-193, 2018.
- [28] S. M. Mudambo en N. Reynolds, „Body fluid shifts in soldiers after a jogging/walking exercise in the heat: effects of water and electrolyte solution on rehydration,,” *Cent Afr J Med*, vol. 47, nr. 9-10, pp. 220-225, 2001.
- [29] L. E. Armstrong, „Exertional Heat Illness,,” in *Human Kinetics*, 2003.
- [30] M. F. Bergeron, „Exertional heat cramps: recovery and return to play,,” *Journal of sport rehabilitation*, vol. 16, nr. 3, pp. 190-196, 2007.
- [31] M. P. Schwellnus, „Cause of exercise associated muscle cramps (EAMC)--altered neuromuscular control, dehydration or electrolyte depletion?,,” *British journal of sports medicine*, vol. 43, nr. 6, pp. 401-408, 2009.
- [32] NFPA1584, *Standard on the Rehabilitation Process for Members During Emergency Operations and Training Exercises*, NFPA, 2015.
- [33] K. Pandolf, „Time course of heat acclimation and its decay,,” *International journal of sports medicine*, vol. 19, nr. Suppl 2, pp. 157-160, 1998.
- [34] .. D. Periard, G. J. S. Travers, S. Racinais en M. N. Sawka, „Cardiovascular adaptations supporting human exercise-heat acclimation,,” *Autonomic neuroscience : basic & clinical*, vol. 196, pp. 52-62, 2016.
- [35] K. B. Pandolf, R. L. Burse en R. F. Goldman, „Role of physical fitness in heat acclimatisation, decay and reinduction,,” *Ergonomics*, vol. 20, nr. 4, pp. 399-408, 1977.
- [36] K. B. Pandolf, „Effects of physical training and cardiorespiratory physical fitness on exercise-heat tolerance: recent observations,,” *Med Sci Sports*, vol. 11, nr. 1, pp. 60-65, 1979.
- [37] K. B. Pandolf, „Time course of heat acclimation and its decay,,” *International journal of sports medicine*, vol. 19, nr. Suppl 2, pp. S157-S160, 1998.

- [38] H. A. M. Daanen, S. Racinais en J. D. Périard, „Heat Acclimation Decay and Re-Induction: A Systematic Review and Meta-Analysis,” *Sports Med*, vol. 48, no. 2, pp. 409-430, 2018.
- [39] T. D. Noakes, „A modern classification of the exercise-related heat illnesses,” *J Sci Med Sport*, vol. 11, nr. 1, pp. 33-39, 2008.
- [40] WHO, International Classification of Diseases (ICD-10), World Health Organization, 2003.
- [41] M. Veldmeijer, „Prevalence and predictability of hyperthermia, setpoint alterations and haemostatic balance,” in *The thermoregulatory burden of running*, 2016.
- [42] C. L. Lim, C. Byrne en J. K. Lee, „Human thermoregulation and measurement of body temperature in exercise and clinical settings,” *Ann Acad Med Singapore*, vol. 37, nr. 4, pp. 347-353, 2008.
- [43] J. González-Alonso, B. Quistorff, P. Krstrup, J. Bangsbo en B. Saltin, „Heat production in human skeletal muscle at the onset of intense dynamic exercise,” *J Physiol*, vol. 524, nr. 2, pp. 603-615, 2000.
- [44] K. F. McArdle en K. V. W., Exercise Physiology: Nutrition, energy and human performance 7th edition, 2009, p. 1038.
- [45] D. J. Casa en anderen, „Influence of hydration on physiological function and performance during trail running in the heat,” *J Athl Train*, vol. 45, nr. 2, pp. 147-156, 2010.
- [46] M. D. Bouchama en E. Chaves-Carballo, „Cooling and hemodynamic management in heatstroke: practical recommendations,” *Crit Care*, vol. 11, nr. 3, p. R54, 2007.
- [47] R. Leon en B. G. Helwig, „Heat stroke: role of the systemic inflammatory response,” *J Appl Physiol*, vol. 109, nr. 6, pp. 1980-1988, 2010.
- [48] L. M. K. Ellett, N. L. Pratt, V. T. L. Blanc, K. Westaway en E. E. Roughead, „Increased risk of hospital admission for dehydration or heat-related illness after initiation of medicines: a sequence symmetry analysis,” *J Clin Pharm Ther*, vol. 41, nr. 5, pp. 503-507, 2016.
- [49] R. M. Lopez, D. J. Casa, B. P. McDermott, M. S. Ganio en L. E. A. C. M. Maresh, „Does creatine supplementation hinder exercise heat tolerance or hydration status? A systematic review with meta-analyses,” *Journal of athletic training*, vol. 44, nr. 2, pp. 215-223, 2009.
- [50] I. o. M. U. C. o. M. N. Research, „Fluid Replacement and Heat Stress,” 1994.
- [51] E. L. Earhart, E. P. Weiss, R. Rahman en P. V. Kelly, „Effects of oral sodium supplementation on indices of thermoregulation in trained, endurance athletes,” *J Sports Sci Med*, vol. 14, nr. 1, pp. 172-178, 2015.
- [52] .. M. Shirreffs, A. J. Taylor, J. B. Leiper en R. J. Maughan, „Post-exercise rehydration in man: effects of volume consumed and drink sodium content,” *Med Sci Sports Exerc*, vol. 28, nr. 10, pp. 1260-1271, 1996.
- [53] T. Ishikawa, H. Tamura, H. Ishiguro, K. Yamaguchi en K. Minami, „Effect of oral rehydration solution on fatigue during outdoor work in a hot environment: a randomized crossover study,” *J Occup Health*, vol. 52, nr. 4, pp. 209-215, 2010.
- [54] M. F. Bergeron, „Exertional heat cramps: recovery and return to play,” *Journal of sport rehabilitation*, vol. 16, nr. 3, pp. 190-196, 2007.

- [55] P. Schwellnus, „Cause of exercise associated muscle cramps (EAMC)--altered neuromuscular control, dehydration or electrolyte depletion?,” *British journal of sports medicine*, vol. 43, nr. 6, pp. 401-408, 2009.
- [56] DoA, „Memorandum - Exertional Heat Illness and Exercise Associated Hyponatremia - Guidelines for Clinical Management,” Deputy Commander of Clinical Services Policy, 2018.
- [57] T. Hew-Butler, „Exercise-Associated Hyponatremia,” *Front Horm Res*, vol. 52, pp. 178-189, 2019.
- [58] D. J. Casa en anderen, „Validity of devices that assess body temperature during outdoor exercise in the heat,” *J Athl Train*, vol. 42, nr. 3, pp. 333-342, 2007.
- [59] C. Roossien, R. Heus en V. G. Reneman. M.F., „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*, vol. 83, pp. 1-10, 2020.
- [60] K. Demartini en anderen, „Effectiveness of cold water immersion in the treatment of exertional heat stroke at the Falmouth Road Race,” *Med Sci Sports Exerc*, vol. 47, nr. 2, pp. 240-245, 2015.
- [61] M. H. v. Rijswijk, „Return To Duty Protocol,” 2018.
- [62] J. B. Kazman, Y. Heled, P. J. Lisman, A. Druyan, P. A. Deuster en F. G. O'Connor, „Exertional heat illness: the role of heat tolerance testing,” *Curr Sports Med Rep*, vol. 12, nr. 2, pp. 101-105, 2013.
- [63] E. R. Watkins, J. Gibbons, Y. Dellas, M. Hayes, P. Watt en A. Richardson, „A New Occupational Heat Tolerance Test: A Feasibility Study,” *Journal of Thermal Biology*, vol. 78, pp. 42-50, 2018.
- [64] I. T. Parsons, M. J. Stacey en D. R. Woods, „Heat Adaptation in Military Personnel: Mitigating Risk, Maximizing Performance,” *Front. Physiol.*, vol. 10, nr. 1485, pp. 1-16, 2019.