612.014.4:628.85
binnenklimaat

gratis

Vaststelling van een meetmethode voor het thermisch klimaat, waarmee de thermische belasting van werkende mensen kan worden afgeleid

Nederlands Instituut voor
Arbeidsomstandigheden NIA
bibliotheek-documentatie-informatie
De Boelelaan 30, Amsterdam-Buitenveldert

ISN-nr. 13609
plaats
datum Ser. 4 S 21

juni 1986

Wenken voor de lezer

De lezer die snel een indruk van de bevindingen wil krijgen kan behalve de samenvatting, de inleiding (hoofdstuk 1) en de conclusies (hoofdstuk 9) hoofdstuk 8 lezen. Dit hoofdstuk geeft de overwegingen weer die aan de conclusies ten grondslag liggen.
Wil men verder op de materie ingaan dan geeft lezing van de hoofdstukken 5, 6 en 7 naast de reeds genoemde stukken een goede indruk.
Hoofdstukken 3 en 4 behandelen respectievelijk de inventarisatie van klimaatbepalingen van verschillende landen en de inventarisatie van de ISO-documenten.

INHOUD Blz.

SAMENVATTING 7

1. INLEIDING 8

2. DOEL EN OPZET VAN HET ONDERZOEK 10

2.1 Doel van het onderzoek 10
2.2 Fasering van het onderzoek 10
2.3 Toelichting 10
2.4 Nadere beschouwing met betrekking tot de Arbo-wetgeving 12

3. INVENTARISATIE VAN WETTELIJKE KLIMAATBEPALINGEN IN EEN AANTAL WESTERSE LANDEN 13

3.1 Verzamelen van gegevens 13
3.2 Verwerkingsmethode 13
3.3 Uitwerking per land 14

3.3.1 België 15
3.3.1.1 Vastlegging en status van klimaatbepalingen 15
3.3.1.2 Overwegingen bij de klimaatbepalingen 15
3.3.1.3 Fysiologische criteria voor thermische belasting 15
3.3.1.4 Grenswaarden aan het klimaat 16
3.3.1.5 Meetmethoden 17
3.3.1.6 Voorgeschreven maatregelen 19
3.3.1.7 Ontwikkelingen 20

3.3.2 Bondsrepubliek Duitsland 21
3.3.2.1 Vastlegging en status van klimaatbepalingen 21
3.3.2.2 Overwegingen bij de klimaatbepalingen 21
3.3.2.3 Fysiologische criteria voor thermische belasting 21
3.3.2.4 Grenswaarden aan het klimaat 22
3.3.2.5 Meetmethoden 25
3.3.2.6 Voorgeschreven maatregelen 26
3.3.2.7 Ontwikkelingen 27

3.3.3 Groot-Brittanië 28
3.3.3.1 Vastlegging en status van klimaatbepalingen 28
3.3.3.2 Overwegingen bij de klimaatbepalingen 28
3.3.3.3 Fysiologische criteria voor thermische belasting 28
3.3.3.4 Grenswaarden aan het klimaat 29
3.3.3.5 Meetmethoden 29
3.3.3.6 Voorgeschreven maatregelen 32
3.3.3.7 Ontwikkelingen 32
3.3.4 Frankrijk 33
3.3.5 Zweden 34
3.3.5.1 Vastlegging en status van klimaatbepalingen 34
3.3.5.2 Overwegingen bij de klimaatbepalingen 34
3.3.5.3 Fysiologische criteria voor thermische belasting 34
3.3.5.4 Grenswaarden aan het klimaat 35
3.3.5.5 Meetmethoden 37
3.3.5.6 Voorgeschreven maatregelen 38
3.3.5.7 Ontwikkelingen 38
3.3.6 Verenigde Staten van Amerika 39
3.3.6.1 Vastlegging en status van klimaatbepalingen 39
3.3.6.2 Overwegingen bij de klimaatbepalingen 39
3.3.6.3 Fysiologische criteria voor thermische belasting 40
3.3.6.4 Grenswaarden aan het klimaat 40
3.3.6.5 Meetmethoden 43
3.3.6.6 Voorgeschreven maatregelen 47
3.3.6.7 Ontwikkelingen 49
3.3.7 Japan 50
3.3.7.1 Vastlegging en status van klimaatbepalingen 50
3.3.7.2 Overwegingen bij de klimaatbepalingen 50
3.3.7.3 Fysiologische criteria voor thermische belasting 51
3.3.7.4 Grenswaarden aan het klimaat 51
3.3.7.5 Meetmethoden 51
3.3.7.6 Voorgeschreven maatregelen 51
3.3.7.7 Ontwikkelingen 52

3.3.8 Nederland 53
3.3.8.1 Vastlegging en status van klimaatbepalingen 53
3.3.8.2 Overwegingen bij de klimaatbepalingen 53
3.3.8.3 Fysiologische criteria voor thermische belasting 54
3.3.8.4 Grenswaarden aan het klimaat 54
3.3.8.5 Meetmethoden 56
3.3.8.6 Voorgeschreven maatregelen 61
3.3.8.7 Ontwikkelingen 63
3.3.9 Overige landen 64
3.3.9.1 Canada 64
3.3.9.2 Denemarken 64
3.3.9.3 Finland 64
3.3.9.4 Noorwegen 65
3.3.9.5 Tsjechoslowakije 65
3.3.9.6 Zuid-Afrika 66
3.3.9.7 Wereld Gezondheids Organisatie 66

4. INVENTARISATIE VAN ISO-DOCUMENTEN OP KLIMAATGEBIED 68
4.1 Vastlegging en status van klimaatdocumenten 68
4.2 Overwegingen bij de klimaatgrenzen 72
4.3 Fysiologische criteria van thermische belasting 72
4.4 Grenswaarden aan het klimaat 74
4.5 Meetmethoden 77
4.6 Voorgeschreven maatregelen 89
4.7 Ontwikkelingen 90

5. ONDERLINGE VERGELIJKING VAN LANDELIJKE BEPALINGEN EN ISO-DOCUMENTEN 91
5.1 Algemeen 91
5.2 Vergelijking van de vastlegging en status van klimaatbepalingen 91
5.3 Vergelijking van de overwegingen bij de klimaatbepalingen 94
5.4 Vergelijking van de fysiologische criteria voor thermische belasting 94
5.5 Vergelijking van de grenswaarden die aan het klimaat worden gesteld 94
5.6 Vergelijking van de meetmethoden 96
5.7 Vergelijking van de voorgeschreven maatregelen 99
5.8 Vergelijking van de ontwikkelingen 99
5.9 Totale vergelijking van landelijke bepalingen en ISO-documenten 100

6. AANVULLENDE BESCHOUWING VAN ASPECTEN VAN KLIMAATMETING 101

6.1 Algemeen 101
6.2 Luchttemperatuur 101
6.3 Stralingstemperatuur 102
6.4 Luchtsnelheid 103
6.5 Luchtvochtigheid 104
6.6 Totaal-oordeel over de klimaatmetingen volgens ISO 104

7. AANVULLENDE BESCHOUWING MET BETREKKING TOT HET AFLEIDEN VAN DE THERMISCHE BELASTING VAN PERSONEN 106

7.1 Algemeen 106
7.2 Activiteit van personen 107
7.3 Individuele verschillen 110
7.4 Kleding 111
7.5 Verwerkingsmethoden 115

8. KEUZE VAN EEN MEETMETHODE 119

8.1 Algemeen 119
8.2 Overwegingen bij de keuze van een meetmethode 119
8.3 Aanbeveling voor een meetmethode 123

9. CONCLUSIES 125

10. GEBRUIKTE AFKORTINGEN EN INDICES 126

11. LITERATUUR 128

SAMENVATTING

In verband met veelvuldig gesignaleerde klimaatproblemen in de industrie wil het Directoraat Generaal van de Arbeid (DGA) de ernst, omvang en oplossingsmogelijkheden van klimaatproblemen laten inventariseren.
In dit kader past als voorfase van de inventarisatie de in dit rapport behandelde vaststelling van een meetmethode voor het thermisch klimaat, waarmee de thermische belasting van werkende mensen kan worden afgeleid.
Het onderzoek bestaat uit een inventarisatie van de in verschillende landen en door de Internationale Organisatie voor Normalisatie (ISO) gebruikte methoden, gevolgd door nadere beschouwingen. Hieruit blijkt dat de ISO-methoden het meest volledig en in alle situaties toepasbaar zijn. De methoden komen in het kort neer op een meting van de basisgrootheden van het klimaat, een schatting van factoren die het warmtegevoel beïnvloeden en een rekenkundige verwerking die een objectieve interpretatie van deze gegevens mogelijk maakt.De invoering van deze methoden in Nederland wordt aanbevolen.

1. INLEIDING

In 1975 is een studie [1] verricht in opdracht van de Commissie Opvoering Produktiviteit (inmiddels Commissie voor Ontwikkelingsproblematiek van bedrijven geheten) van de SER naar klachten en onvrede van werknemers. Bij deze studie werd, zonder verder in te gaan op de ernst van de klachten, vastgesteld dat 57% van de onvrede van industriële werknemers betrekking heeft op het thermisch klimaat. Dit klachtengebied kreeg daarmee de hoogste score.

Ook de industriebond FNV noemt in een nota, getiteld "Naar volwaardig werk in de industrie" [2], een slecht thermisch klimaat naar aanleiding van een eigen inventarisatie als één van de meest gesignaleerde problemen.

Voor een door het Directoraat Generaal van de Arbeid (DGA) te ontwikkelen beleid om bij industriële arbeid tot klimaatverbeteringen te komen dient over voldoende gegevens te worden beschikt. Deze gegevens kunnen worden verkregen door in bedrijven een inventarisatie uit te voeren waarbij vooral inzicht in de ernst, omvang en oplossingsmogelijkheden van klimaatproblemen wordt verkregen.

In de inventarisatie moet het thermisch klimaat worden gemeten en beoordeeld. Hiervoor dient een geschikte methode te worden vastgesteld die tevens door de Arbeidsinspectie moet kunnen worden gebruikt.

Voor de meting en beoordeling van het thermisch klimaat wordt in de Arbeidsomstandighedenwet (kortweg Arbo-wet) verwezen naar het "Veiligheidsbesluit voor Fabrieken en Werkplaatsen" (VBF) [3]. Van de hierin genoemde meetapparaten zijn er enkele in reeds in 1980 gestarte vooronderzoeken kritisch beschouwd. Met name de globethermometer bleek hierbij een aantal bezwaren te hebben.
Daarnaast blijkt de in het VBF als maat voor het thermisch klimaat gehanteerde temperatuurindex L voor de beoordeling van klachtensituaties vaak niet te voldoen. Dit komt doordat de L-index is ontworpen als vereenvoudigde maat voor thermische klimaten die een aanzienlijke fysieke belasting vormen. Slechts in een deel van de klachtensituaties zal van een aanzienlijke fysieke belasting sprake zijn. Verder zijn met de nagestreefde vereenvoudiging effecten van straling, luchtbeweging, kleding en fysieke inspanning op de klimaatbeleving niet of nauwelijks af te wegen.

Inmiddels zijn door de Internationale Organisatie voor Normalisatie (ISO) stappen ondernomen om te komen tot normalisatie van klimaatmeet- en verwerkingsmethoden. Omdat het DGA zoveel mogelijk aansluiting bij internationale ontwikkelingen nastreeft, wordt voor de vaststelling van geschikte meet- en verwerkingsmethoden voor de klimaatinventarisatie tevens aandacht besteed aan het werk van de ISO.
Daarnaast wordt aandacht besteed aan de wettelijke klimaatbepalingen van een aantal omringende landen. Verder worden aspecten belicht die betrekking hebben op de vaststelling van het thermisch klimaat en op de relatie tussen het klimaat en het optredende warmtegevoel bij mensen. Dit laatste onderdeel wordt in samenwerking met het Instituut voor Zintuigfysiologie (IZF-TNO) verricht.

2. DOEL EN OPZET VAN HET ONDERZOEK

2.1 DOEL VAN HET ONDERZOEK

Het doel van het onderzoek is het vaststellen van een methode voor het afleiden van de waarde van de fysische omgevingsfactoren die van invloed zijn op de thermische belasting van de werkende mens. Deze methode moet het mogelijk maken om de thermische belasting van de mens in klimaatsituaties af te leiden, waarbij de invloed van kleding en fysieke inspanning in aanmerking wordt genomen. Er moet worden gestreefd naar een internationaal erkende methode waarmee niet alleen een klimaatinventarisatie kan worden uitgevoerd, maar die eventueel kan worden ingepast in de wet- en regelgeving.

2.2 FASERING VAN HET ONDERZOEK

Het onderzoek is in vijf fasen onderverdeeld.
De eerste fase betreft een inventarisatie van wettelijke klimaatbepalingen in verschillende landen, met hun verschillen en beperkingen.
De tweede fase handelt over methoden om het thermisch klimaat vast te leggen (vaststellen van de dosis). Hierbij wordt bijzondere aandacht besteed aan ISO-methoden.
In de derde fase komt de relatie tussen thermische belasting van een mens en het klimaat waarin hij zich bevindt aan de orde (dosis-effect-relatie).
In de vierde fase zal een aanbeveling worden geformuleerd voor de geschiktste methode voor vaststelling van het thermisch klimaat (meetmethoden met beperkingen in relatie tot het voorspellen van het effect van thermisch klimaat op de gezondheid).
De vijfde fase omvat de rapportage.

2.3 TOELICHTING

Een mens neemt soms warmte op uit de omgeving maar staat meestal warmte af aan de omgeving door convectie aan de lucht, straling van/naar omgevende vlakken en diffusie of verdamping van vocht/zweet. Geleiding, bijvoorbeeld via de voeten naar de vloer, speelt veelal een ondergeschikte rol.

De invloed van de omgeving op het warmtetransport naar of van de mens is afhankelijk van:

- de luchttemperatuur met eventuele gradiënt;
- de luchtsnelheden ten opzichte van het lichaam;
- de luchtvochtigheid;
- de temperaturen van omgevende vlakken.

Fase 2 van het onderzoek behandelt het met voldoende nauwkeurigheid vastleggen van deze grootheden. Hierbij komen aspecten aan de orde als de meetnauwkeurigheid, de invloed van schommelingen (meetsnelheid), het al of niet expliciet meten van klimaatgrootheden, het meten van afgeleide grootheden, het meten van gemiddelden naar plaats en de invloed van de meetrichting.

Zelfs indien de grootheden die het omgevende klimaat bepalen voldoende nauwkeurig zijn vastgelegd, dan is het warmtetransport van/naar het lichaam nog niet vastgelegd (fase 3). Dit warmtetransport is pas af te leiden als de oppervlaktetemperaturen van de al of niet beklede lichaamsdelen en de vocht/zweetproduktie van het lichaam bekend zijn. Behalve de mate vnn kleding en het activiteitenniveau is hierbij het lichaamlijk functioneren van belang. Er worden in dit verband als belangrijkste variabelen genoemd het al of niet geacclimatiseerd zijn en de conditie waarin men verkeert. Verder zijn ook de duur van de blootstelling en de werkhouding belangrijke variabelen.
Een methode om de thermische belasting van de mens te kunnen voorspellen (= uiteindelijke doel) zal dus behalve op gegevens omtrent de fysische omgeving, aangevuld met thermische en hygrische gegevens van de kleding, moeten zijn gebaseerd op gegevens omtrent arbeidsintensiteit, -houding en -duur en gegevens omtrent lichamelijke conditie en acclimatisatie. Vereenvoudiging, generalisatie of middeling van gegevens mag in principe pas plaatsvinden, indien de invloed ervan op de voorspelling van de thermische belasting is vastgelegd en verwerkt in de nauwkeurigheid c.q. veiligheidsmarge van de methode.
Fase 3 van het onderzoek stelt deze aspecten aan de orde.

2.4 NADERE BESCHOUWING MET BETREKKING TOT DE ARBO-WETGEVING

Het doel van de Arbo-wet is bescherming van de gezondheid van de werknemer in de ruimste zin. Dit betekent dat ook het welbevinden van de werknemer hierin wordt betrokken. Een voorbeeld hiervan zien we in de DGA-opvatting met betrekking tot verontreinigingen.
Ter voorkoming van nadelige effecten wordt een MAC-waarde als grens gehanteerd. Het streven naar "opvullen" van verontreinigingsniveaus tot de MAC-waarde wordt echter ontoelaatbaar geacht als met eenvoudige middelen een betere situatie kan worden gecreëerd. Dit streven naar een optimum moet met de Arbo-wet eventueel worden afgedwongen. Ten aanzien van het thermisch klimaat is dit ook van toepassing. Situaties die niet fysiek belastend zijn kunnen toch de gezondheid en het welbevinden nadelig beïnvloeden.
Uitgangspunt hierbij is dat hinder nadelig voor de gezondheid is*). Voor de wetgever is wel voorwaarde dat het niet om louter subjectief ervaren hinder gaat, maar dat de hinder wordt uitgedrukt in klachten die objectiveerbaar zijn. Als door middel van bijv. klachtenscores (klachtentellingen, epidemiologisch onderzoek) blijkt dat in een populatie een grote groep mensen dezelfde soorten klachten hebben, die bovendien meetbaar zijn als functionele of biochemische veranderingen, dan is het onjuist om een verschil te maken tussen nadeel voor de gezondheid en hinder.
Hinder zal kunnen leiden tot ongewenste beïnvloeding van het psychisch welbevinden waardoor de gezondheidstoestand nadelig wordt beïnvloed.
Warme en koude klimaatsituaties kunnen dan ook oorzaak zijn van een gezondheidsprobleem.
Zoals in de inleiding reeds is genoemd blijken situaties die het welbevinden negatief beïnvloeden in grote getale voor te komen. Hiervan zal slechts een deel fysiek belastend zijn.
Bij de uitvoering van het onderzoek wordt er rekening mee gehouden dat het met de voorgestelde meetmethode mogelijk moet zijn niet alleen de fysiek belastende situaties maar ook de overige gevallen te beoordelen.

---

*) Door een commissie van de Gezondheidsraad is de volgende definitie geformuleerd voor gezondheid:

"Gezondheid is een in principe niet-statische toestand van het organisme, waarvan het functioneren naar eigen oordeel en volgens geneeskundigen niet te wensen overlaat, bezien in het licht van de gegeven lichamelijke en geestelijke vermogens, afgemeten aan leeftijd, geslacht, de toestand van de bevolking waartoe het individu behoort en getoetst aan inzichten zoals die bestaan afhankelijk van de stand van wetenschap en daarop stoelende doeleinden in de gezondheidszorg, tijd waarin men leeft, cultuurpatroon en maatschappelijke opvattingen."

Uit: Advies inzake Advieswaarden voor de kwaliteit van buitenlucht.

3. INVENTARISATIE VAN WETTELIJKE KLIMAATBEPALINGEN IN EEN AANTAL WESTERSE LANDEN

3.1 VERZAMELEN VAN GEGEVENS

Om een beeld te krijgen van in andere westerse landen gebruikte klimaatmeetmethoden zijn van een aantal landen gegevens verzameld. Het betreft gegevens over wettelijke klimaatbepalingen, eventuele normen, en zo mogelijk lopende of verrichte onderzoekingen op dit gebied.
Er zijn gegevens verzameld van landen waar Nederland in ruime mate economische betrekkingen mee heeft en/of waar de industriële ontwikkeling in een vergelijkbare fase is. De keuze is gevallen op de volgende landen:

- België
- Bondsrepubliek Duitsland
- Groot Brittannië
- Frankrijk
- Zweden
- Verenigde Staten
- Japan

Daarnaast zijn ook van Nederland zelf de genoemde gegevens verzameld.

In overleg met het DGA zijn door tussenkomst van de ambassades inlichtingen ingewonnen. Daarnaast is via bibliotheken literatuur op dit gebied verzameld.
Behalve landelijke gegevens zijn via onder andere het Normalisatie-instituut ISO-documenten verzameld, welke een internationale status hebben.

3.2 VERWERKINGSMETHODE

De veelheid van gegevens is in eerste instantie per land als volgt gerangschikt:

1° Gegevens omtrent de vastlegging en de status van gehanteerde bepalingen.

2° Overwegingen die ten grondslag liggen aan wettelijke of eventuele andere bepalingen.

3° De gehanteerde fysiologische criteria voor thermische belasting van de mens.

4° De hiermee overeenkomende grenswaarden aan het klimaat.

5° De aanbevolen meetmethoden voor vastlegging van het klimaat. Tevens wordt aangegeven welke voor de thermische belasting van mensen van belang zijnde invloedsfactoren wel of niet in de meetmethoden zijn verwerkt.
De voorgeschreven meetnauwkeurigheden en meetsnelheden worden zo mogelijk genoemd.
De geschiktheid om behalve de thermische belasting ook de thermische behaaglijkheid met de meetmethoden te kunnen beoordelen wordt beschouwd.

6° Voorgeschreven maatregelen bij overschrijding van grenswaarden.

7° Eventuele ontwikkelingen en lopende onderzoekingen voor zover deze van invloed kunnen zijn op de wettelijke bepalingen.

Na deze landelijke gegevens wordt in het volgende hoofdstuk op vergelijkbare wijze op de ISO-documenten nader ingegaan. De landelijke gegevens worden daarna onderling en met de ISO-documenten vergeleken.

3.3 UITWERKING PER LAND

Achtereenvolgens worden de verzamelde gegevens uitgewerkt van:

- België
- Bondsrepubliek Duitsland
- Groot Brittannië
- Frankrijk
- Zweden
- Verenigde Staten van Amerika
- Japan
- Nederland
- overige landen.

3.3.1 België

3.3.1.1 Vastlegging en status van klimaatbepalingen

In België vallen de wettelijke klimaatbepalingen onder de wet "betreffende de gezondheid en de veiligheid van de werknemers alsmede de salubriteit (= gezondheid) van het werk en de werkplaatsen". Een specificatie wordt gegeven in het "algemeen reglement voor de arbeidsbescherming". De laatste wijzigingen zijn vastgelegd in het Koninklijke Besluit van 21 april 1975.
Een en ander blijkt uit de brochure "Arbeidsklimaat" van het commissariaat-generaal voor de bevordering van de arbeid [4] die volgens een telefonische reactie van de ambassade te Brussel nog steeds actueel is.
Op de genoemde brochure is onder dezelfde titel een toelichting verschenen in de serie Technische Nota's [5].

3.3.1.2 Overwegingen bij de klimaatbepalingen

Voor zover kon worden achterhaald liggen de volgende overwegingen ten grondslag aan de wettelijke bepalingen:

"In al de werklokalen moet een behoorlijke lucht- en klimaatregeling in stand worden gehouden. Het arbeidsklimaat mag er niet worden verstoord door invloed van de volgende schadelijke factoren:

1. de aanwezigheid van bevuilde of bedorven lucht;
2. gevaarlijke tocht;
3. overmatige warmte of koude;
4. overmatige vochtigheid of droogte, alsook onaangename geuren,

in al de lokalen waar de aard van de verrichtingen het niet belet.

De wanden van deze lokalen dienen in de regel zo gemaakt dat iedere overdreven straling convectie of geleiding van warmte-energie vermeden wordt. Het is overigens verboden gewoonlijk voor het werk lokalen te gebruiken die ongezond zijn ingevolge de vochtigheid van de wanden voortvloeiende uit de constructie."

3.3.1.3 Fysiologische criteria voor thermische belasting

Een criterium voor thermische belasting van mensen wordt alleen voor warmte genoemd. Een rectaal gemeten lichaamstemperatuur van 38°C mag niet worden

overschreden. Deze waarde wordt een niveau geacht "waarboven het risico voor ongevallen (uitdroging, hitteslag, enz.) voor een deel van de werknemers aanzienlijk begint te vermeerderen".
De grenswaarde is ontleend aan het Amerikaanse TLV-document (zie § 3.3.6).

3.3.1.4 Grenswaarden aan het klimaat

Aan het klimaat worden grenswaarden gesteld die op meer zijn terug te leiden dan het voornoemde criterium voor warmtebelasting van personen. Met de grenswaarden wordt vollediger tegemoet gekomen aan de overwegingen die de grondslag vormen van de klimaatbepalingen.

Als grenswaarden worden genoemd:

- De relatieve vochtigheid moet tussen 40 en 70% liggen.
- De luchtsnelheid op de werkplek moet beperkt blijven tot 0,5 m/sec.
- Maximum temperaturen, in de wet vermeld als WBGT-waarden*), volgens tabel 1.
- Minimum temperaturen, gemeten met de droge thermometer, volgens tabel 1.

Tabel 1 Grenswaarden van de temperaturen en WBGT-waarden, voor warmte en koude afhankelijk van de arbeidsinspanning (= metabolisme in W)

	zeer lichte**) arbeid 105 W (90 kcal/h)	lichte arbeid 175 W (150 kcal/h)	half-zware arbeid 290 W (250 kcal/h)	zware arbeid 410 W (350 kcal/h)
maximum luchttemperatuur (W.B.G.T.)	30,0 °C	30,0 °C	26,7 °C	25,0 °C
minimum luchttemperatuur (droge temp.)	20 °C	18 °C	15 °C	12 °C

*) Voor gebruikte afkortingen, zie hoofdstuk 10.

**) Een indruk van gebruikte arbeidskwalificaties wordt gegeven in § 3.3.6.5. Verder wordt in [37] hierop ingegaan.

3.3.1.5 Meetmethoden

De wet schrijft voor dat:

> "De minimumtemperaturen worden gemeten met een droge thermometer. De maximumtemperaturen worden gemeten met een vochtige globethermometer of met enige andere methode die identieke conclusiemogelijkheden biedt."

Ten aanzien van de luchtsnelheid worden in de wet geen meetinstrumenten genoemd. Deze worden in [4] en [5] wel genoemd evenals een aantal andere instrumenten voor bepaling van enkele klimaatindices, zoals WBGT (Wet Bulb Globe Temperature), natte globetemperatuur (Botsball), effectieve temperatuur en equivalente temperatuur*).
Hoewel door het uitdrukken van de maximaal toegestane warmtebelasting in WBGT-waarden deze klimaatindex min of meer tot standaard is verheven, wordt voor een snelle indicatie ook de "Botsball" genoemd. De waarde wordt aangeduid met WGT (Wet Globe Temperature). WBGT en WGT zijn niet eenvoudig in elkaar om te rekenen. WBGT wordt (als er geen directe zonstraling is) berekend met de formule:

$$WBGT = 0{,}7\ t_n + 0{,}3\ t_g \qquad (1)$$

waarin t_n = natuurlijke natte-luchttemperatuur (= WB)

t_g = globetemperatuur (= GT).

Met een kwikthermometer, waarvan het reservoir is omhuld met een wit katoenen kousje dat in een waterbakje hangt, wordt de natuurlijke natte-luchttemperatuur gemeten. De globetemperatuur wordt gemeten met een thermometer in een matzwarte bol.
De WGT wordt direct gemeten met de Botsball; een thermometer geplaatst in een bevochtigde zwarte bol met een diameter van 60 mm. Voor het meten van "hoge" luchtsnelheden wordt de vleugelradanemometer genoemd. Voor "lage" luchtsnelheden noemt men de hittedraadanemometer.

---

*) De genoemde klimaatindices dienen alle om een samengestelde waarde van de afzonderlijke klimaatgrootheden (temperatuur, straling, snelheid en vochtigheid) te geven, die maatgevend is voor de invloed van het klimaat op de mens.

Voor de bepaling van de relatieve luchtvochtigheid worden de psychrometer en de haarhygrometer genoemd.

Resumerend kan worden gesteld dat de Belgische klimaateisen in zekere mate rekening houden met alle vier de basisgrootheden van het klimaat.
Om uitspraken te kunnen doen omtrent de thermische belasting van personen wordt een onderverdeling gemaakt in vier klassen van arbeidsintensiteit. Naar mate van kleding wordt niet gedifferentieerd.

De instrumenten die voor de bepaling van de WBGT en de WGT worden gebruikt zijn alle in wisselende mate gevoelig voor verschillende klimaatgrootheden. De globetemperatuur wordt bepaald door straling, luchttemperatuur en luchtsnelheid. De natuurlijke natte-luchttemperatuur wordt bepaald door deze drie plus de luchtvochtigheid. Dat is ook het geval met de natte-boltemperatuur.
De gevoeligheid van de betreffende meetinstrumenten voor de verschillende klimaatgrootheden komt slechts in beperkte en wisselende mate overeen met de gevoeligheid van de mens voor de klimaatgrootheden. Met name de invloed van de snelheid en van de vochtigheid blijkt te worden onderschat. De gevoeligheden van de instrumenten kunnen bovendien nog per uitvoering aanzienlijke verschillen vertonen. Het klimaat wordt dus met een zekere onnauwkeurigheid vastgelegd.
Door het niet respectievelijk in beperkte mate wegen van de invloed van kleding en arbeidsintensiteit op de thermische belasting en door individuele verschillen wordt de onnauwkeurigheid verder vergroot. In [5] wordt dan ook gesteld dat "de grenswaarden niet moeten worden gezien als nauwkeurige grenswaarden onder dewelke het risico voor ongevallen niet bestaat, maar wel als niveaus vanaf dewelke het risico voor ongevallen (hitteslag, uitdroging, verhoging van de temperatuur, enz..) aanzienlijk begint te vermeerderen voor een zeker percentage van de werknemers."

Als redenen voor de keuze van de WBGT als index worden genoemd de eenvoud en de goedkope uitrusting.

De duur van een klimaatmeting ter bepaling van de WBGT is groot. De belangrijkste oorzaken zijn de traagheden waarmee de zwarte bol en het waterreservoir van de natte thermometer evenwichtstoestanden bereiken. Er wordt een meetduur van een half uur per meetpunt genoemd.

De kortere duur van een meting met de kleinere Botsball is een belangrijk argument om dit instrument te noemen.

De in de wet genoemde grenswaarden voor zowel temperatuur of WBGT als snelheid en relatieve vochtigheid maken het mogelijk niet alleen thermisch belastende situaties te signaleren. Ook hindersituaties voor zover het de vochtigheid en snelheid betreft kunnen in zekere mate worden beoordeeld. Voor stralingshinder is geen afzonderlijk criterium aanwezig.

3.3.1.6 Voorgeschreven maatregelen

Allereerst worden voorwaarden en omstandigheden genoemd waaronder van de bepalingen mag worden afgeweken. Deze komen er op neer dat de mogelijke technische voorzieningen voor verbetering van het technisch klimaat in belangrijke mate zijn uitgeput. Daarna worden verschillende te treffen maatregelen genoemd.
Bij extreme warmte of koude betreft dit de invoering van arbeid/rust-verhoudingen. De rustperioden moeten worden doorgebracht in gekoelde of verwarmde ruimten. Bij extreme warmte zijn de arbeid/rust-verhoudingen nader gespecificeerd, afhankelijk van de WBGT (zie tabel 2).

Tabel 2 Toe te kenen arbeid- en rustperioden bij werk in warme klimaten

WBGT			Alternatie in het werk	
licht werk*) ± 170 W	halfzwaar werk ± 300 W	zwaar werk ± 400 W	tijdsduur van blootstelling aan de warmte	toe te stane rusttijden
30,1°C	26,8°C	25,1°C	110 min.	10 min.
30,4°C	27,5°C	25,5°C	100 min	20 min.
30,6°C	28 °C	25,9°C	45 min.	15 min.
30,9°C	28,5°C	26,6°C	40 min.	20 min.
31,2°C	29 °C	27,3°C	35 min.	25 min.
31,5°C	29,5°C	28 °C	30 min.	30 min.
31,8°C	29,8°C	28,7°C	25 min.	35 min.
32,1°C	31,1°C	29,4°C	20 min.	40 min.
32,4°C	31,4°C	30,1°C	15 min.	45 min.
32,7°C	31,7°C	30,8°C	10 min.	50 min.
33 °C	32 °C	31,5°C	5 min.	55 min.

*) Een indruk van gebruikte arbeidskwalificaties wordt gegeven in § 3.3.6.5. Verder wordt in [37] hierop ingegaan.

Behalve arbeidsonderbrekingen worden ook persoonlijke beschermingsmiddelen als maatregel genoemd.
Voor koude wordt beschermingskleding, eventueel voorzien van een ingebouwd verwarmingssysteem genoemd. Hierbij wordt tevens gewezen op beperking van de luchtsnelheid en waterdamp in de lucht.
Bij werken in open lucht bij lage temperaturen worden maatregelen genoemd. Deze komen neer op de aanwezigheid van verwarming om zich regelmatig te kunnen warmen en maatregelen ter bescherming tegen koude voeten en weer- en windinvloeden.
Er moeten mogelijkheden aanwezig zijn om zich tegen zonnestraling te beschermen.
In een meer algemeen gesteld artikel wordt de werkgever verplicht "de hinder van de werkplekken te verhelpen door, onder meer, te trachten stoffen en preparaten te gebuiken die het minst schadelijk zijn voor de gezondheid van de mens en meteen door alle maatregelen te nemen om de ongemakken te verminderen en het arbeidsklimaat te verbeteren".

Overigens worden in de regelgeving duidelijke bevoegdheden toegekend aan de bedrijfsarts om zonodig in te kunnen grijpen.

De genoemde maatregelen worden in [5] uitvoeriger behandeld. Behalve de achtergronden van maatregelen worden principes en uitvoeringsvormen van technische oplossingen genoemd.

3.3.1.7 Ontwikkelingen

België participeert zowel in ISO- als in EEG-verband in onderzoek naar de thermische belasting van werkende personen. Het Instituut voor Mijnhygiëne te Hasselt en de Katholieke Universiteit te Leuven zijn instellingen die bij deze onderzoeken zijn betrokken.
Gezien het internationale karakter van de onderzoekverbanden lijkt de ontwikkeling te leiden naar een betere internationale overeenstemming van klimaatbepalingen.

3.3.2 Bondsrepubliek Duitsland

3.3.2.1 Vastlegging en status van klimaatbepalingen

De wettelijke klimaatbepalingen zijn in Duitsland vastgelegd in paragraaf 6 van de "Verördnung über Arbeitsstätten" van 20 maart 1975 [6]. Op een aantal punten is de verordening bijgewerkt per 2 januari 1982.
Onder de titel "Arbeitsstätten" is een toelichting op de wettelijke bepalingen en daarnaast veel gebruikte richtlijnen, normen, e.d. verschenen [7].
In de Arbeitsstättenverordnung beperken de eisen zich vaak tot vrij algemeen gestelde eisen. Het blijkt dat een nadere specificatie veelal in aparte verordeningen per bondsstaat en per industrietak plaatsvindt. Thans wordt getracht hierin enige uniformiteit aan te brengen in de vorm van de nieuwe, deels nog in ontwerp zijnde norm DIN 33403 [8]. De inhoud van deze norm komt sterk overeen met de inhoud van de ISO-documenten (zie hoofdstuk 4).

3.3.2.2 Overwegingen bij de klimaatbepalingen

Ten grondslag aan de wettelijke klimaatbepalingen ligt een uit het oogpunt van gezondheid bevorderlijke, heilzame temperatuur ("gesundheitlich zuträgliche Raumtemperatur") met inachtname van de lichamelijke belasting van de werknemer bij de arbeid en met inachtname van de proceseisen.
Concessies zijn volgens de toelichting mogelijk onder invloed van het weer (hoge buitentemperaturen en zoninstraling), vanwege het proces of produkt (bijvoorbeeld lage temperaturen bij vleesopslag) of indien temperatuurhandhaving economisch onmogelijk is (nabij verbrandingsovens, grote fornuizen, hardingsbaden en dergelijke). In al deze gevallen moet een aanvaardbare situatie worden gecreëerd door aangepaste maatregelen (aparte kleding, arbeids/rust-regimes, enz.). In de toelichting is het kernwoord in dergelijke gevallen "bescherming van de gezondheid" ("Gesundheitsschutz").

3.3.2.3 Fysiologische criteria voor thermische belasting

Omdat de "Arbeitsstättenverordnung" slechts in zeer algemene bewoordingen thermisch belastende situaties begrenst kan hier geen duidelijk criterium voor thermische belasting worden gevonden. In dergelijke gevallen valt men terug op de per bondsstaat en per bedrijfstak gestelde grenswaarden die onderling kunnen verschillen. Door middel van de norm DIN 33403 wordt hierin eenheid aangebracht voor wat betreft warme klimaten. De norm noemt een

lichaamstemperatuur van 38,5°C als fysiologisch criterium.
Ook wordt een maximale zweetafgifte van 500 g/h genoemd als grens voor langdurige blootstelling. Bij kortdurende blootstelling (15 minuten) mag dit maximaal 800 g/h zijn.
Voor arbeid in koude klimaten wordt veelal het door het "Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften" opgestelde "Unfallverhütungsvorschrift Kälteanlagen" gehanteerd [9]. Ten grondslag hieraan ligt het voorkomen van ziekten door koude. Het is niet te achterhalen op welke fysiologische criteria (bijvoorbeeld minimum huidtemperatuur gedurende een bepaalde blootstellingstijd of minimum lichaamstemperatuur) de voorschriften precies zijn gebaseerd.

3.3.2.4 Grenswaarden aan het klimaat

De Arbeitsstättenverordnung [6] geeft zelf geen grenswaarden, uitgezonderd een minimum temperatuur van 21°C voor kantines, sanitaire ruimten en dergelijke.
Streefwaarden worden volgens de toelichting [7] genoemd in de "Arbeitsstättenrichtlinie". Deze streefwaarden zijn minimum temperaturen vanaf het aanvangstijdstip van het werk:

bij overwegend zittend werk	19°C
bij overwegend niet-zittend werk	17°C
bij zwaar lichamelijk werk	12°C
in kantoren	20°C
in verkoopsruimten	19°C
Maximum temperatuur:	26°C

Afhankelijk van de temperatuur moet bovendien de relatieve luchtvochtigheid (R.V.) worden beperkt:

temperatuur	maximum RV
20°C	80%
22°C	70%
24°C	62%
26°C	55%

Bij deze waarden blijkt de enthalpie (warmte-inhoud bij constante druk) gelijk te blijven.

In de toelichting wordt gezegd dat de gewenste temperatuur afhangt van de werkzaaheden, dat schommelingen beperkt moeten zijn, en dat bij de vaststelling van grenswaarden ook met de relatieve vochtigheid en de luchtsnelheid rekening moet worden gehouden.
Als voorbeeld van optimale condities in het koude jaargetijde worden genoemd:

zittend werk	20 - 23 °C	60 - 40 % RV	≦ 0,15 m/s
zwaar lichamelijk werk	14 - 16 °C	70 - 40 % RV	≦ 0,15 m/s

Ten aanzien van werkplekken waar arbeiders sterk aan warmte zijn blootgesteld wordt in de Arbeitsstättenverordnung geëist dat deze plaatsen tot een bevordelijke, heilzame temperatuur (zuträgliche Temperatur) worden gekoeld met als beperking dat dit technisch mogelijk en economisch aanvaardbaar moet zijn ("im Rahmen der betrieblich möglichen"). Blijkens de toelichting is hier gedacht aan niet gerichte inwerking van warmte, zoals door ovens, fornuizen in grote keukens, machines en hardingsbaden. Of van warme arbeidsplaatsen sprake is hangt niet alleen af van de luchttemperatuur maar ook van de vochtigheid. Is koeling door bovengenoemde beperking niet mogelijk, dan moet door andere maatregelen eventuele schade aan de gezondheid worden voorkomen, zoals door beschermende kleding, organisatorische maatregelen of eventueel verkorting van de werktijd.
De uitwerking van dit algemene voorschrift vindt per bondsstaat en per industrietak plaats. De voorschriften voor de mijnbouw zijn wat dit betreft het meest uitgewerkt, waarbij dient te worden vermeld dat men de voorschriften niet los kan zien van de medische eisen die men aan werknemers stelt.
Zo worden bijvoorbeeld in het voorschrift voor de mijnbouw van het Oberbergamt Clausthal-Zellerfeld aangepaste arbeid- en rustperioden geëist bij temperaturen vanaf 28 tot 55°C. Boven 55°C (of boven 28°C natteboltemperatuur) mag alleen met bijzondere toestemming worden gewerkt, die alleen wordt verstrekt als door klimaatcabines of geklimatiseerde kleding de situatie ter plaatse van de werkzaamheden wordt verbeterd tot deze weer aan de voornoemde voorschriften voldoet.
In het voorschrift van Nordrhein-Westfalen worden bij een luchttemperatuur hoger dan 28°C beperkingen van de arbeidsduur geëist. Bij een effectieve temperatuur*) van 29°C worden bijzondere eisen aan rustpauzes en technische maatregelen geëist. Boven een effectieve temperatuur van 32°C mag niet worden gewerkt.

---

*) De effectieve temperatuur is een empirisch bepaalde grootheid. Combinaties van luchttemperatuur, -snelheid en -vochtigheid die eenzelfde gevoel van warmte geven hebben een gelijke effectieve temperatuur. Voor de bepaling worden nomogrammen gebruikt.

Ook in andere Duitse bondsstaten gelden voor mijnarbeid soortgelijke bepalingen, waarbij meestal grenzen van de luchttemperatuur worden vermeld, soms ook van de natteboltemperatuur en een enkele maal van combinaties hiervan of van de effectieve temperatuur.
Met het oog op toekomstige ontwikkelingen lijkt voor warme werkplekken vooral de (ontwerp)norm DIN 33403 [8] van belang, in het bijzonder deel 3. Figuur 1 geeft een voorbeeld van de hierin genoemde grenzen van temperatuur en vochtigheid afhankelijk van de arbeidsinspanning. In aanvullende grafieken wordt in de norm de invloed van de luchtsnelheid, de kleding, de expositieduur en warmtestraling op de grenswaarden aangegeven.

Fig. 1 Grenzen voor temperatuur en vochtigheid volgens DIN 33403 bij langdurige blootstelling van geacclimatiseerde werknemers aan warmte.
De grenzen zijn afhankelijk van de arbeidsinspanning (100, 200 of 300 W) en gelden voor een luchtsnelheid van 0,5 m/s en kleding van 0,9 clo.

Werken in koude klimaten kan volgens de Arbeitsstättenverordnung worden toegestaan indien het produktieproces of de opslag van produkten dit vereist. In het "Unfallverhütungsvorschrift Kälteanlagen" [9] en de "Grundsätze für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen Kältearbeiten" [10] worden regels gegeven voor het werken in koude omgevingen, dat wil zeggen bij temperaturen lager dan +10°C. De regels komen neer op met afnemende temperatuur toenemen de beschermingsmaatregelen. Bij temperaturen lager dan -25°C is medische bewaking noodzakelijk, hetgeen in [10] nader wordt omschreven.

3.3.2.5 Meetmethoden

In de "Arbeitsstättenverordnung" wordt op meetmethoden niet ingegaan. In de "Arbeitsstättenrichtlinie" wordt voor de temperatuurmetingen een gewone kwikthermometer genoemd. De thermometer moet voor warmtestraling zijn afgeschermd en een nauwkeurigheid van 0,5°C bezitten.
De meethoogte moet 0,75 m boven de vloer bedragen. Overige meetinstrumenten of meetmethoden worden voor zover kon worden nagegaan niet genoemd.
Een uitgebreide beschrijving van meetmethoden wordt wel gegeven in het reeds definitieve deel 1 van DIN 33403 [8]. De norm gaat uit van een afzonderlijke bepaling van de toestandsvariabelen van het klimaat (temperatuur, vochtigheid, snelheid en straling) en niet van klimaatindices. Van de toestandsvariabelen wordt aangegeven binnen welk bereik zij moeten kunnen worden vastgesteld en met welke nauwkeurigheid. Daarna wordt weergegeven met welke instrumenten een en ander kan worden gemeten. Ook worden hulpgrafieken gegeven om variabelen van een eenheid naar een andere eenheid om te kunnen rekenen, bijvoorbeeld de droge en natte luchttemperatuur in een relatieve vochtigheid.
De meetwaarden kunnen worden getoetst aan de grenswaarden die in deel 3 van de norm (nog ontwerp) worden gegeven.

Resumerend kan worden gesteld dat de Duitse wettelijke bepalingen niet op meetmethoden ingaan. De thans nog in ontwerp zijnde norm DIN 33403 doet dit ten aanzien van hitte wel. Met het vastleggen van het klimaat in de afzonderlijke klimaatgrootheden wordt het klimaat vrij exact bepaald. Voor een verdere interpretatie met betrekking tot het effect op de mens worden, weliswaar beperkte, schattingsmogelijkheden gegeven voor kleding en activiteitenniveau. Ook wordt met verschillen in arbeidsduur rekening gehouden.

De in de norm genoemde instrumenten voor klimaatmeting hebben enkele beperkingen. Zo wordt straling als gemiddelde straling van alle zijden gemeten. Bij straling is veelal sprake van een warm vlak of voorwerp dat een ongelijkzijdige stralingsbelasting veroorzaakt met plaatselijke effecten op de huid. Dergelijke effecten kunnen minder exact uit een alzijdige stralingsmeting worden afgeleid.
De meetduur is bij gebruik van instrumenten als een haarhygrometer en een globe-thermometer lang (tot 30 minuten). Daarentegen wordt bij het meten van luchtsnelheden ook het meten van snelle schommelingen (turbulenties) gepropageerd.

De meetmethoden volgens de norm maken het goed mogelijk niet alleen een interpretatie te geven van warme klimaten, maar ook van koude klimaten (bij aangepast meetbereik van instrumenten) en van min of meer behaaglijke situaties. De grenswaarden hiervoor worden echter niet genoemd.

3.3.2.6 Voorgeschreven maatregelen

In de "Arbeitsstättenverordnung" worden geen gespecificeerde maatregelen gegeven. Hiervoor komen vooral de verschillende aanvullende verordeningen van de bondsstaten in aanmerking.
Als voorbeeld wordt genoemd de verordening van het Oberbergamt Clausthal-Zellerfeld (10 december 1975), dat eist:

- maximum werktijd 7,5 uur bij 28 tot 37°C en een verblijfstijd van meer dan 5 uur inclusief 30 minuten pauze;
- maximum werktijd 7,5 uur bij 30 tot 46°C en een verblijfstijd van meer dan 4,5 uur inclusief een pauze van 30 en één van 15 minuten;
- maximum werktijd 7 uur bij 47 tot 55°C en een verblijfstijd van meer dan 4 uur inclusief een pauze van 30 en één van 15 minuten;
- boven 55°C is bijzondere toestemming nodig. Men kan deze verkrijgen door gebruik van klimaatcabines of geklimatiseerde kleding.

In Nordrhein-Westfalen wordt een beperking geëist tot 6 uur werktijd bij meer dan 3 uur verblijf boven 28°C luchttemperatuur en tot 5 uur bij meer dan 2,5 uur verblijfstijd boven 29°C.

Boven een effectieve temperatuur van 29°C worden bijzondere eisen gesteld aan rustpauzes en technische maatregelen en boven een t_{eff} van 32°C mag niet worden gewerkt.
Ook in de andere Duitse bondsstaten gelden dergelijke bepalingen.
In DIN 33403 worden geen maatregelen genoemd. Het is echter wel mogelijk met behulp van de norm maximale blootstellingstijden aan warmte vast te stellen.

Verder is te vermelden de in 1981 verschenen "Berufsgenossenschaftliche Grundsätze für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen G30 Hitzearbeiten". Deze geven aan wanneer en hoe bedrijfsgeneeskundig onderzoek moet plaatsvinden om ziekten als gevolg van arbeid in warme omgevingen te voorkomen of vroegtijdig te herkennen.

Ten aanzien van koude klimaten bestaat het eerder genoemde voorschrift "Unfallverhütungsvorschrift Kälteanlagen" van het Hauptverband der Gewerblichen Berufsgenossenschaften.
Voor het werken in ruimten kouder dan -25°C wordt een medisch onderzoek geeist, dat zowel de geschiktheid als de controle betreft. Langer dan 2 uur mag niet ononderbroken worden gewerkt, waarbij onderbrekingen van minder dan 15 minuten niet als zodanig gelden, terwijl de werktijd tot 8 uur per dag wordt beperkt. Bij lagere temperaturen dan -45°C moeten door de met de medische arbeidsbescherming belaste overheid regels voor verblijfs- en opwarmtijden worden gegeven.
De door dezelfde instelling opgestelde Grundsatz G21, Kältearbeiten geven regels voor arbeidsmedisch onderzoek, ten einde ziekten als gevolg van het werken bij temperaturen beneden -25°C te voorkomen of tijdig te herkennen.

3.3.2.7 Ontwikkelingen

Duitsland participeert zowel in ISO- als in EEG-verband in onderzoek naar de thermische belasting van personen. De "Bergische Universität Gesamthochschule Wuppertal" afdeling "Arbeitssicherheitstechnik" is een instelling die bij dit onderzoek nauw is betrokken. De nieuwe norm DIN 33403 is onder andere het resultaat van hun inspanningen. Gezien de sterke overeenstemming van deze norm met de ISO-documenten lijkt Duitsland een voorloper voor wat betreft internationale overeenstemming.

3.3.3 Groot Brittanië

3.3.3.1 Vastlegging en status van klimaatbepalingen

De wettelijke klimaatbepalingen zijn in een aantal algemene richtlijnen vastgelegd in de "Factories Act 1961" [11] en de "Offices, Shops and Railway Premises Act 1963" [12]. Daarnaast zijn specifieke eisen vastgelegd in verschillende voorschriften per industrietak en deels ook in de "Factories Act". Een aantal algemene, niet specifiek het klimaat betreffende, eisen van de "Health and Safety at Work etc. Act 1974" [13] zijn ook toepasbaar.
Ook wetgeving buiten het gebied van gezondheid en veiligheid kan relevant zijn. Een voorschrift uit 1980 verbiedt bijvoorbeeld het gebruik van brandstof of elektriciteit voor de verwarming van niet tot bewoning bestemde gebouwen vanaf temperaturen hoger dan 19°C.

3.3.3.2 Overwegingen bij de klimaatbepalingen

Via de Nederlandse ambassade in Londen is een vertrouwelijk, intern rapport ontvangen van de Health and Safety Executive, Occupational Hygiene Section F19, getiteld: "Thermal Stress and its Assessment" [14]. De genoemde instantie zou men kunnen vergelijken met ons Directoraat-Generaal van de Arbeid. Het genoemde rapport toont duidelijk overeenkomsten met het in § 3.3.6 genoemde TLV-document [18]. Uit het rapport blijkt dat het voorkómen van gezondheidsrisico's binnen het meer algemene kader van de zorg om de gezondheid en veiligheid de belangrijkste overweging is bij de wettelijke klimaatbepalingen. Situaties van discomfort worden volgens deze toelichting, als niet-risico-dragend, uitgesloten.
Het is voorstelbaar dat deze opvatting aanvechtbaar is, daar waar in de algemene wettelijke bepalingen wordt gesproken van het beperken van de temperatuur binnen "redelijke grenzen". Dit is zeker het geval bij aanvullende voorschriften waarin wordt gesproken over het vermijden van tocht.

3.3.3.3 Fysiologische criteria voor thermische belasting

In de in algemene bewoordingen gestelde, wettelijke bepalingen worden voor zover onze informatie strekt geen criteria voor thermische belasting genoemd.
In het eerder genoemde rapport "Thermal Stress and its Assessment" [14] wordt voor hittebelasting als fysiologisch criterium een kerntemperatuur van het lichaam van 38°C genoemd. Voor koudebelasting wordt 35°C als grens genoemd.

3.3.3.4 Grenswaarden aan het klimaat

In de belangrijkste algemene bepalingen [11 en 12] wordt gesproken van het handhaven van een "redelijke temperatuur" (reasonable temperature). Andere klimaatvariabelen worden niet genoemd.
De invulling van het begrip "redelijke temperatuur" vindt plaats in een groot aantal wettelijke voorschriften per bedrijfstak. Deze specifieke eisen beperken zich tot:

- Eisen ten aanzien van een minimum luchttemperatuur, variërend van 10 tot 16°C. Eenmaal wordt voor lage buitentemperatuur tevens een waarde van 11 K boven de buitentemperatuur genoemd.
- In vochtige industrieën het voorschrijven van een maximum waarde voor natte-boltemperaturen van 27°C, met als aanvullende eis extra ventilatie bij natte-boltemperaturen vanaf 22,5 à 24°C.
- Het vermijden van blootstelling aan hoge (droge) luchttemperaturen in de keramische industrie, te weten een algemeen maximum van 24°C of 6 K boven de buitentemperatuur bij hoge buitentemperaturen en een maximum van 46°C in ovens tijdens het legen.

Andere eisen dan aangaande de temperatuur betreffen het isoleren van stoompijpen bij ruimtetemperaturen hoger dan 21°C, het tegengaan van de uitstoot van stoom in de ruimte, het vermijden van tocht en het "witten" van ramen bij overmatige zoninstraling.

3.3.3.5 Meetmethoden

De verschillende wettelijke voorschriften stellen uitsluitend kwantitatieve eisen aan de luchttemperatuur en de natuurlijke natte-luchttemperatuur (Wet Globe Temperature). Aan straling en snelheid worden geen kwantitatieve eisen gesteld. Ook over de invloed van kleding en het activiteitenniveau wordt niet gesproken.
De temperatuurmetingen vinden plaats met normale kwikthermometers. Voor meting van de natuurlijke natte-luchttemperatuur is het reservoir van de thermometer omgeven door een bevochtigd kousje, hangend in een waterreservoir.

Bij controle op de naleving van de wet zal men waarschijnlijk worden geconfronteerd met de Health and Safety Executive. Uit [14] blijkt dat deze instantie bij gematigde warmtebelasting één enkele index hanteert, en wel de in § 3.1.1 reeds genoemde Wet Bulb Globe Temperature (WBGT). Onder gematigde warmtebelasting wordt daarbij verstaan die thermische omstandigheden waaraan normaal gezonde individuen continu kunnen worden blootgesteld zonder schade voor de gezondheid. Voor de interpretatie van de WBGT-waarden hanteert men de door de "American Conference of Governmental Industrial Hygienists" (ACGIH) opgestelde criteria, de zogenaamde TLV's (zie verder § 3.3.6). Men maakt echter onderscheid tussen de eerder genoemde "gematigde warmtebelasting" en "extreme warmtebelasting". Van extreme warmtebelasting acht men sprake als nog slechts met onderbrekingen kan worden gewerkt. In dit geval bepleit men het gebruik van indices die nauwkeurige bepaling van de blootstellingstijd mogelijk maken. Als dergelijke indices worden de Physiological Heat Exposure Limit (PHEL) en de Heat Stress Index (HSI) vermeld. De eerste index wordt berekend uit de WBGT en het metabolisme per eenheid van lichaamsoppervlak (M) en geldt voor waarden van de WBGT tussen 31 en 50°C en van M tussen 85 en 150 W/m^2. Hij geeft de maximale blootstellingstijd aan die veilig wordt geacht voor 95% van de gezonde werknemers jonger dan vijfenveertig jaar.
Bij de Heat Stress Index berekent men de benodigde zweetverdamping uit alle klimaatvariabelen behalve de vochtigheid, uit de kleding en het metabolisme. Men vergelijkt dit met de maximaal mogelijke zweetverdamping, bepaald uit de luchttemperatuur, de luchtvochtigheid en de kleding.
De verhouding in % is de HSI. Voor waarden groter dan 100% moet de werktijd worden verkort. De toegestane werkduur wordt berekend uit de benodigde en de maximale zweetverdamping.
Aan de HSI wordt de voorkeur gegeven boven PHEL. De acclimatisatie wordt bij beide indices niet meegenomen.

Belastingen door koude werkomgevingen hebben niet zoveel aandacht gehad. In Groot-Brittannië betreft dit voornamelijk opslagkoelruimten, vriesdrogen en dergelijke. De kerntemperatuur moet hoger dan 35°C blijven om onderkoeling te voorkomen, aldus het rapport van de Health and Safety Executive.
Het rapport wijst op de grote invloed van de luchtsnelheid, naast die van de luchttemperatuur.

Voor een volledige klimaatmeting dient volgens de Health and Safety Executive het klimaat met de volgende apparatuur te worden gemeten:

- een voor straling afgeschermde kwikthermometer voor de droge luchttemperatuur;
- een natuurlijke natte-luchtthermometer ter bepaling van WBGT;
- een zwarte-bolthermometer ter bepaling van WBGT en de afzonderlijke stralingstemperatuur;
- een kata-thermometer met stopwatch ter bepaling van de luchtsnelheid;
- een slingerpsychrometer om met behulp van een vochtige-luchtdiagram de dampspanning af te kunnen leiden.

Resumerend kan worden gesteld dat de Groot-Brittannië de controlerende instantie meetmethoden en -instrumenten propageert waarmee beduidend meer kan dan strikte controle op wettelijke eisen. Het is te verwachten dat deze extra mogelijkheden in de praktijk ook worden benut. Dat betekent dat alle klimaatvariabelen worden gemeten. Voor het activiteitenniveau en de kleding doet men schattingen. Acclimatisatie wordt niet meegenomen.

Vergelijkt men meetinstrumenten als de kata-thermometer en de slingerpsychrometer met de huidige mogelijkheden dan zijn deze instrumenten verouderd te noemen. Met name luchtsnelheidsmetingen zullen met een thermo-anemometer nauwkeuriger kunnen worden verricht. In plaats van de slingerpsychrometer wordt thans de psychrometer met geforceerde luchtsnelheid gebruikt. Deze heeft een grotere nauwkeurigheid, omdat de goede aanwijzing minder afhankelijk is van de ervaring van de gebruiker.
Voor wat betreft de overige genoemde instrumenten wordt verwezen naar § 3.3.1 waar deze reeds zijn besproken. Ook voor de snelheid waarmee een klimaatmeting kan worden verricht zijn deze instrumenten het meest bepalend.

Het feit dat met het genoemde intrumentarium de verschillende klimaatgrootheden ook afzonderlijk worden bepaald, maakt het geschikt om tevens min of meer behaaglijke klimaten en koude klimaten te meten. Voor het behaaglijkheidsgebied wordt door de "Health and Safety Executive" het door professor Fanger [15] opgestelde beoordelingscriterium genoemd. Het is niet duidelijk welke klimaatgrenzen men hanteert om het koudecriterium (minimum lichaamstemperatuur 35°C) te toetsen en of nog aanvullende criteria voor plaatselijke afkoeling (bevriezen van ledematen) worden gehanteerd.

3.3.3.6 Voorgeschreven maatregelen

Indien de wettelijk voorgeschreven maximum temperaturen worden overschreden dient in een enkel geval het werk gestopt te worden en dienen de werknemers de ruimte te verlaten.
In een ander geval wordt overschrijding van het maximum toegestaan als dit essentieel voor het werk is en al het praktisch nog redelijke gedaan is om de temperatuur te beperken. In een aantal andere gevallen worden aanvullend lagere temperatuurgrenzen genoemd waarboven maatregelen met betrekking tot de vochthuishouding en de ventilatie verplicht worden.
Ook worden technische maatregelen als isolatie en beperking van afmetingen van stoompijpen of het witten van zonbeschenen ramen genoemd ter beperking van de temperatuur.

Indien de voorgeschreven minimum temperaturen worden onderschreden worden maatregelen genoemd als het beschikbaar stellen van verwarmingstoestellen om zich regelmatig te warmen of het beschikbaar stellen van isolerende kleding.

De "Health and Safety Executive" vindt in zijn rapport [14] dat het technisch en organisatorisch mogelijke, zoals ventilatievoorzieningen, geklimatiseerde uitwijkruimten, beschermende kleding en aangepaste werkmethoden, moet worden gedaan naast het invoeren van arbeids/rustverhoudingen. In extreme gevallen bepleit men tevens de aanwezigheid van directe reddingsmogelijkheden. Men noemt in dit verband bijvoorbeeld het betreden van hete ovens. Om de geschikte reddingsmogelijkheden te bepalen vindt men nadere studie noodzakelijk.

3.3.3.7 Ontwikkelingen

Groot-Brittannië participeert in EEG-verband in internationaal onderzoek. Het "Institute of Occupational Medicine" van de "National Coal Board Mining Research and Development Establishment" te Burton on Trent is hierbij betrokken.
Ook in de ISO-werkgroep zitten Britse afgevaardigden. Het onderzoek op klimaatgebied vindt in Groot-Brittannië verdeeld over een aantal instellingen plaats. Enkele instellingen, naast de reeds genoemde, zijn de "Building Research Establishment", de "Royal Naval Medical School" en het "Electricity Council Research Center". Er zijn van deze instellingen geen recente publikaties bekend die duiden op voor dit onderzoek belangrijke ontwikkelingen. Gezien de internationale samenwerking van enkele instituten lijkt ook voor Groot-Brittannië een ontwikkeling naar internationale overeenstemming voor de hand liggend.

3.3.4 Frankrijk

Uit dit land zijn geen informaties toegezonden naar aanleiding van het verzoek.
Uit anders verkregen informatie blijkt het bestaan van een serie normontwerpen, betrekking hebbend op gemiddelde en op warme werksituaties. Van één ontwerpnorm (norme expérimentale) werd de tekst verkregen. Deze bleek letterlijk gelijk aan die van een ISO-ontwerpnorm. Van de overige ontwerpnormen zijn in ieder geval de titels vrijwel gelijk aan die van de ISO-documenten. Onderstaand zijn de betreffende titels gegeven met er achter vermeld de overeenkomstige ISO-norm:

35. 201	Mars 1980	Exp 04	Ambiances chaudes. Détermination de l'indice de contrainte thermique WBGT (Temperature humide et de gloss noir)	(ISO 7243)
35. 202	Juin 1981	Exp 07	Ambiances thermiques. Spécifications relatives aux appareils et méthode de mesure des caracteristiques de l'environment.	(ISO/DIS 7726)
35. 203	Dec. 1981	Exp 06	Ambiances Thermiques modérées. Détermination des indices PMV et PPD et spécification des conditions de confort thermique.	(ISO/DIS 7730)
35. 204	Dec. 1982	Exp 06	Ambiances chaudes. Détermination analytique de la contrainte thermique.	(ISO/DP 7933)

Voor de inhoud van de normen wordt verder verwezen naar hoofdstuk 4 betreffende de ISO-normen.

Voor wat betreft de ontwikkelingen in Frankrijk wordt nog vermeld dat zowel in ISO- als in EEG-verband wordt deelgenomen door het "Centre d'Etudes Bioclimatiques du C.N.R.S." te Strasbourg. Deze deelneming en het feit dat bij de ISO-normen wordt aangesloten wijzen er op dat ook Frankrijk internationale aansluiting zoekt.

3.3.5 Zweden

3.3.5.1 Vastlegging en status van klimaatbepalingen

Via de ambassade is een boekje met richtlijnen van de Zweedse arbeidsinspectie ontvangen, getiteld: "Lokalanvisningar" ("aanwijzingen voor (werk)lokalen") [16]. Tevens is een publikatie van de Zweedse arbeidsinspectie met betrekking tot het thermisch klimaat en de ventilatie ontvangen, getiteld: "Ventilation av arbetslokaler" [17]. Hierin wordt op nieuwe klimaat- en ventilatie-eisen nader ingegaan en worden de achtergronden toegelicht.
Het boekje [16] geeft de in gebruik zijnde richtlijnen weer, daterend uit 1972 met een aantal wijzigingen uit 1978. De publikatie [17] is een ontwerp voor nieuwe voorschriften, die op 1 januari 1984 in zouden gaan. Van de richtlijnen [16] wordt verteld dat ze een uitwerking zijn van de "arbeidersbeschermingswet" (Arbetarskyddslag), de "bouwverordening" (Byggnadssadga) en eventuele andere verordeningen, wetten en bestuursmededelingen. In een bijlage worden in dit verband bijvoorbeeld nog documenten genoemd met betrekking tot brandgevaar, explosiegevaar, elektriciteit en levensmiddelen.

3.3.5.2 Overwegingen bij de klimaatbepalingen

In de richtlijnen van de arbeidsinspectie [16] wordt ten aanzien van het klimaat geëist dat in werkruimten een "doelmatig" (lämpligt) thermisch klimaat heerst.
In [17] wordt gesproken over het streven naar "een bevredigend (tillfredsställandet) klimaat uit komfort-oogpunt met inachtname van een goed arbeidsresultaat". Direct daarbij wordt de vermindering van het menselijk prestatievermogen en de verhoogde kans op ongelukken bij belastende klimaatsituaties genoemd. Verder wordt de mogelijkheid van schade voor de gezondheid genoemd.

3.3.5.3 Fysiologische criteria voor thermische belasting

In [16] wordt geen fysiologisch criterium voor thermische belasting genoemd.
In [17] wordt gesproken over het voorkómen van huidaandoeningen, onwel worden en uitputting bij hoge warmtebelasting (hitteslag en uitdroging) en verhoogde kans op hart- en vaataandoeningen (hartinfarct). In een toelichting noemt men een door de Wereldgezondheidsorganisatie aanbevolen maximale lichaamstemperatuur van 38°C.

Voor blootstelling aan koude wordt als meest voorkomend effect plaatselijke bevriezing van handen, voeten en dergelijke genoemd. Als criterium voor plaatselijke bevriezing wordt een huidtemperatuur van circa -1°C genoemd. Daaraan wordt toegevoegd dat weefselschade door verminderde doorbloeding al bij huidtemperaturen hoger dan 0°C kan ontstaan.
Verder wordt bij koude klimaten de verhoogde kans op hart- en vaataandoeningen (hartinfarct), gevaar voor onderkoeling, sterkere effecten bij lijders aan jicht en reumatische aandoeningen, met allergie vergelijkbare overgevoeligheidsreacties (koude-allergie) en kans op overbelasting van spieren door gevoelloosheid genoemd.

3.3.5.4 Grenswaarden aan het klimaat

In [16] wordt als normale temperatuur vermeld:

- in ruimten waar stilzittende of minder inspannende arbeid wordt verricht circa 20°C;
- bij fysisch meer inspannende arbeid 14 - 15°C;
- bij zware arbeid 10 - 12°C.

Voor andere klimaatfactoren worden geen grenswaarden genoemd.

In [17] betreffen de grenswaarden aan het klimaat waarden van:

- de operatieve temperatuur t_o, dat is het gemiddelde van de lucht- en de (gemiddelde) stralingstemperatuur;
- de gemodificeerde WBGT, genaamd de SWBGT, waaronder in Zweden wordt verstaan de som van 0,7 x de psychrometrische natte-boltemperatuur en 0,3 maal de globetemperatuur;
- de luchtsnelheid (v).

De basiseisen hieraan gesteld zijn vermeld in tabel 3. Van deze eisen wordt afgeweken bij buitenluchttemperaturen hoger dan 24°C en beneden minimum buitentemperaturen, die variëren van -12°C tot -38°C naar gelang de geografische ligging.

In verband met mogelijke irritaties van de ogen, de lippen en de huid wordt het langdurig optreden van relatieve luchtvochtigheden lager dan 15% niet

gewenst geacht. In verband met mogelijke allergieën door schimmelvorming en dergelijke worden relatieve luchtvochtigheden hoger dan 50% gedurende lange tijd eveneens niet wenselijk geacht.
Tevens wordt aanbevolen de stralingsasymmetrie te beperken.

Tabel 3 Klimaateisen voor werklokalen, personeelsruimten en sanitaire ruimten volgens [17]

Klasse	Werkzaamheden*)	Laagste oper. temperatuur	Algemeen toelaatbare waarden voor oper.temperatuur	Algemeen toelaatbare waarden voor luchtsnelheid	Maximaal toelaatbaar
		t_o °C	t_o °C	v. m/s	°C
I	Hoofdzakelijk stilzittende arbeid 100 - 150 W	16	20 - 26	≦ 0,15 bij t_o 23°C ≦ 0,25 bij t_o 26°C	t_o 32
II	Lichte arbeid 150 - 250 W	14	18 - 26	≧ 0,15 bij t_o 23°C ≦ 0,25 bij t_o 26°C	SWBGT 28
III	Middelzwaar 250 - 350 W	10	15 - 26		SWBGT 26
IV	Zwaar 350 - 400 W	5	10 - 26		SWBGT 23

*) Een indruk van gebruikte arbeidskwalificaties wordt gegeven in § 3.3.6.5. Verder wordt in [37] hierop ingegaan.

Voor de stralingsasymmetrie worden temperatuurverschillen tussen beide zijden van een kleine vlakke zwarte schijf genoemd. De meethoogte is 0,6 m boven de vloer. Bij de horizontaal geplaatste schijf mag het temperatuurverschil door stralingsasymmetrie ten gevolge van een warm dak en dergelijke niet groter zijn dan 5 K. Bij verticaal geplaatste schijf is het toegestane temperatuurverschil ten gevolge van koude verticale vlakken als ramen maximaal 10 K.
Voor de verticale gradiënt in de luchttemperatuur wordt 3 K tussen meetpunten op 0,1 en 1,1 m hoogte als maximum genoemd en 5 K tussen 0,1 en 1,8 m hoogte.
Aan de beperkingen van de stralingsasymmetrie en de temperatuurgradiënt ligt het beperken van de verschillen in plaatselijke afkoeling van het lichaam ten grondslag.

3.3.5.5 Meetmethoden

Op de meetinstrumenten waarmee de klimaatmetingen moeten worden uitgevoerd wordt nauwelijks ingegaan. Hiervoor verwijst men naar "Byggforskningens informationsblad B 5" uit 1976.
Wel worden nog de volgende eisen voor de meetnauwkeurigheid genoemd:

luchttemperatuur	0,7 K
gemiddelde stralingstemperatuur	1,0 K
operatieve temperatuur	1,0 K
relatieve luchtvochtigheid	5 %
luchtsnelheid (v)	0,05 m/s als $v < 0,5$ m/s $0,05 + 0,1\ v$ als $\geqq 0,5$ m/s

Als meetinstrumenten worden alleen de globethermometer en een meter voor stralingsasymmetrie genoemd. De globethermometer is de in dit rapport reeds enkele malen genoemde holle matzwarte bol van 15 cm diameter waarin een kwikthermometer hangt. De globethermometer wordt voor meting van de operatieve temperatuur genoemd tot luchtsnelheden van 0,2 m/s.
De stralingsasymmetrie kan ook met de globethermometer worden gemeten door tweemaal een meting uit te voeren. Eénmaal wordt een zijde van de globe dan overtrokken met een blank stralingsreflecterend scherm. De stralingsasymmetrie is dan het dubbele van het verschil tussen beide metingen.

Een dergelijke meting kan ook worden uitgevoerd door de oppervlaktetemperaturen van een matzwarte koperen schijf te meten. De schijf heeft een diameter van 5 cm en is bevestigd tegen een goed geïsoleerde plaat van 15 cm diameter. De stralingsasymmetrie is dan het dubbele van het verschil tussen de oppervlaktetemperaturen die naar verschillende richtingen zijn gemeten.

Resumerend kan worden gesteld dat bij de klimaatmetingen alle klimaatvariabelen in mindere of meerdere mate in beschouwing worden genomen. Door een indeling in vier klassen wordt de invloed van het activiteitenniveau mede beschouwd. De invloed van kleding en individuele verschillen worden niet bij de grenswaarden betrokken. Bij de grenswaarden is opvallend dat onderscheid wordt gemaakt tussen algemeen toelaatbare waarden, duidelijk geënt op behaaglijkheid en maxima of minima die betrekking hebben op thermische belasting.

3.3.5.6 Voorgeschreven maatregelen

Als mogelijke maatregelen worden organisatorische maatregelen, persoonlijke beschermingsmiddelen en technische voorzieningen zoals koeling, ventilatiemiddelen, bevochtiging en dergelijke genoemd. Dit gebeurt in tamelijk algemene bewoordingen. Het is mogelijk dat hierop nader wordt ingegaan in andere documenten, zoals bijvoorbeeld "Arbetarskyddskungörelsen" (Bekendmakingen met betrekking tot arbeidersbescherming).

3.3.5.7 Ontwikkelingen

Zweden neemt in ISO-verband deel aan klimaatonderzoek.

3.3.6 Verenigde Staten van Amerika

3.3.6.1 Vastlegging en status van klimaatbepalingen

Van de Nederlandse ambassade is geen reactie ontvangen op het gedane verzoek. Uit de literatuur is gebleken dat twee instanties belangrijke richtlijnen hebben opgesteld, die als basis voor een wettelijke regeling kunnen dienen. Beide maken gebruik van de WBGT als index.

Door de American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) zijn Threshold Limit Values (TLV's) for Physical Agents gepubliceerd [18], waarin grenswaarden ten aanzien van de warmtebelasting van industriearbeiders worden vermeld. Deze worden zo nodig jaarlijks herzien.
Daarnaast heeft het National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) ongeveer tegelijkertijd (1972) "Criteria for a recommended standard for Occupational Exposure to Hot Environments" gepubliceerd [19]. Het NIOSH is een onderzoekinstituut dat onder het "U.S. Department of Health, Education and Welfare" (Departement van gezondheid, onderwijs en welzijn) valt. De minister van dit departement is bij de wet (Occupational Safety and Health Act) aangewezen grenswaarden op te stellen voor blootstelling aan onder andere fysische agentia als het klimaat.
Gezien de deels negatieve reacties uit de industrie, vooral in het zuiden van de V.S. werd door de Minister van Arbeid een uit deskundigen bestaande adviescommissie geïnstalleerd om de tegenstellingen tussen de grenzen uit het NIOSH-document en de industriële praktijkervaringen te overbruggen. Dit leidde tot een "Recommended Standard for Work in Hot Environments" [20], waarin naast de WBGT ook de luchtsnelheid was opgenomen.
Daar de Commissie niet eenstemmig in haar oordeel was (10 tegen 5 stemmen) om het resultaat als voorgesteld algemeen voorschrift te publiceren is het bij de NIOSH ingediend voor evaluatie en eventuele herziening.
Een algemeen voorschrift is daarom thans nog niet gepubliceerd.

3.3.6.2 Overwegingen bij de klimaatbepalingen

Bij de ACGIH is het uitgangspunt dat bij de gegeven grenswaarden voor het klimaat bijna alle arbeiders hieraan herhaaldelijk kunnen worden blootgesteld zonder nadelige gevolgen voor de gezondheid. Er wordt gesproken van

bijna alle arbeiders omdat vanwege grote variatie in individuele gevoeligheid incidenteel hinder, verererging van een kwaal of schade niet uitgesloten is.

Bij de NIOSH is het uitgangspunt de officiële, wettelijk vastgelegde overweging. Deze luidt dat blootstellingsniveaus moeten worden gegeven die veilig zijn voor verschillende perioden van tewerkstelling. De niveaus moeten in de eerste plaats, doch niet uitsluitend, niveaus zijn waarbij geen enkele werknemer aantasting van de gezondheid of van functionele capaciteiten of een verminderde levensverwachting ten gevolge van zijn werk ondergaat. Dat niet uitsluitend de veilige niveaus moeten worden vermeld is om het risico van overmatige blootstelling aan te geven.
Bij de door de NIOSH opgestelde aanbevelingen [19] worden met betrekking tot warmte de overwegingen nog nader gespecificeerd. Er wordt gesproken van het voorkómen van acute of chronische afwijkingen en ziektes door warmte, het voorkómen van onveilige situaties door warmte en beperken van de kans op schade door interacties van warmte met giftige chemicaliën en fysische factoren.

3.3.6.3 Fysiologische criteria voor thermische belasting

Zowel door de ACGIH als de NIOSH wordt als uitgangspunt een maximale lichaamstemperatuur van 38°C gehanteerd.
Beide instanties noemen geen criteria of bijbehorende klimaatgrenswaarden voor koudebelasting.

3.3.6.4 Grenswaarden aan het klimaat

Door de ACGIH worden de in tabel 4 genoemde WBGT-waarden als maximum grenswaarden voor het klimaat gegeven (zie tabel 4).
Deze tabel wordt ook grafisch weergegeven, waarbij de maximaal toegestane WBGT-waarden als functie van het metabolisme worden gegeven.

Tabel 4 Toegestane grenswaarden voor blootstelling aan warmte volgens ACGIH (WBGT-waarden in °C)

	metabolisme (W)*)		
	licht	middelmatig	zwaar
Arbeid-rust-verhouding	235	235 - 400	400 - 580
Ononderbroken arbeid	30,0	26,7	25,0
75% arbeid 25% rust, ieder uur	30,6	28,0	25,9
50% arbeid 50% rust, ieder uur	31,4	29,4	27,9
25% arbeid 75% rust, ieder uur	32,2	31,1	30,0

*) Een indruk van gebruikte arbeidskwalificaties wordt gegeven in § 3.3.6.5. Verder wordt in [37] hierop ingegaan.

De waarden gelden voor "lichte zomerkleding, zoals gebruikelijk in warme omgevingen". Bij zwaardere of zweetbelemmerende kleding moeten de grenzen door een expert worden vastgesteld. Bijzondere voorzorgen moeten worden getroffen bij niet-geacclimatiseerde of niet geheel gezonde personen. Anderzijds is overschrijding van de grenswaarden volgens tabel 4 toegestaan als de arbeiders onder medisch toezicht staan en wanneer is vastgesteld dat ze beter bestand zijn tegen het werken in hitte dan gemiddelde werknemers. In ieder geval mag het werk niet worden voortgezet als de inwendige lichaamstemperatuur boven 38°C komt.

De NIOSH noemt voor zittend werk, waar een voortdurende en onaangetaste geestelijke inspanning wordt vereist, grenswaarden voor een warm klimaat als in figuur 2 zijn weergegeven.

Fig. 2 Maximaal toegestane WBGT-waarden bij zittend werk met voortdurende geestelijke inspanning als functie van de blootstellingstijd (volgens NIOSH)

Bij de grenswaarden volgens figuur 2 wordt nog aangetekend dat werk bij hoog belastende warmteniveaus niet zal worden toegestaan zonder dat ter bescherming observatie aanwezig is. Tevens worden aanvullende maatregelen geëist als de WBGT voor mannen 26,1°C en voor vrouwen 24,2°C overschrijdt. Het betreft de gemiddelde WBGT-waarde over een uur onafgebroken arbeid of twee uur onderbroken arbeid. Op de aanvullende maatregelen wordt bij de bespreking van de maatregelen nader ingegaan.

Zoals reeds vermeld is discussie ontstaan rond de grenswaarden die door de NIOSH zijn voorgesteld. Een adviescommissie heeft hierop bepaalde herzieningen bepleit die overigens ook nog ter discussie staan. De door de adviescommissie genoemde grenswaarden zijn (zie tabel 5):

Tabel 5 Grenswaarden voor werk in warme omgevingen volgens de adviescommissie voor hittebelasting (WBGT-waarden in °C)

Activiteitenniveau	lage luchtsnelheid (< 1,5 m/s)	hoge luchtsnelheid (≧ 1,5 m/s)
licht (niveau 2) (< 230 W)	30	32,2
middelmatig (niveau 3) (230 - 350 W)	27,8	30,6
zwaar (niveau 4) (> 350 W)	26,1	28,9

3.3.6.5 Meetmethoden

De ACGIH gaat in het TLV-document [18] uitgebreid in op de metingen. De voorgeschreven instrumenten zijn een droge-bolthermometer, een natuurlijke natte-bolthermometer, een globe-thermometer en een statief. De metingen dienen als volgt te worden uitgevoerd:

" A. Het bereik van de droge en natuurlijke natteboltherm ometer moet -5°C tot 50°C zijn met een nauwkeurigheid van ±0,5°C. De drogebolthermometer moet afgeschermd zijn voor de zon of andere stralingsbronnen zonder de luchtbeweging om de bol te belemmeren. Het kousje van de natuurlijke natteboltherm ometer moet vanaf minstens een half uur voor de aflezing vochtig worden gehouden met gedistilleerd water. Het is niet voldoende het kousje vochtig te laten worden via capillaire werking door het uiteinde in een reservoir te hangen. Hiervoor dient men een spuitje te gebruiken waarmee het kousje een half uur voor de aflezing wordt bevochtigd. Het kousje dient door te lopen over de steel van de thermometer voor ten minste een maal de lengte van de bol (ofwel het kwikreservoir). Het kousje moet altijd schoon zijn en nieuwe kousjes moeten gewassen worden voor het gebruik.

B. Voor de globethermometer moet een holle, koperen bol van 15 cm diameter worden gebruikt die aan de buitenzijde matzwart is geverfd of op gelijkwaardige wijze is afgewerkt. Het reservoir of de sensor van een thermometer met een bereik van -5°C tot 100°C en een nauwkeurigheid van ±0,5 K moet in het midden van de bol zijn bevestigd. De aflezing mag na tenminste 25 minuten plaatsvinden.

C. Er dient een statief te worden gebruikt om de drie thermometers zodanig te bevestigen dat een vrije omstroming van de sensors niet wordt belemmerd. De natte- en de globethermometer zullen niet worden afgeschermd.

D. Het is toegestaan andere temperatuursensors te gebruiken die identieke aflezingen geven als de kwikthermometer onder dezelfde condities.

E. De thermometers moeten zodanig zijn geplaatst dat de aflezingen representatief zijn voor de condities waaronder mensen werken of rusten."

Tot zover de toelichting bij de metingen in het TLV-document. Er wordt nog vermeld dat een uitgebreidere toelichting in een stuk van "Minard" wordt gegeven.

De berekening van de WBGT-waarden vindt plaats met behulp van formules (1) en (2).

Voor binnen en voor buiten zonder zon:

$$WBGT = 0,7\ t_n + 0,3\ t_g \qquad (1)$$

Voor buiten met zon:

$$WBGT = 0,7\ t_n + 0,2\ t_g + 0,1\ t_d \qquad (2)$$

waarin:

t_n = natuurlijke natte-luchttemperatuur

t_g = globetemperatuur

t_d = droge luchttemperatuur.

De vastgestelde WBGT-waarden dienen te worden getoetst aan grenswaarden die afhankelijk zijn van het activiteitenniveau. Daartoe dient het activiteitenniveau te worden ingedeeld in een van de volgende klassen:

"Klasse 1. Licht werk (tot 230 W) zoals zitten of staan om machines te controleren of licht hand- of armwerk uit te voeren.

Klasse 2. Middelmatig werk (230 tot 400 W) zoals rondlopen met middelzwaar tillen en duwen.

Klasse 3. Zwaar werk (400 tot 580 W) zoals spitten en hakken."

De indeling van de activiteitenklassen kan geschieden door meting van het metabolisme of door schatting met behulp van tabellen 6 en 7.

Tabel 6 Vaststelling van het activiteitenniveau

Gemiddelde waarden van het metabolisme bij verschillende activiteiten

A. Lichaamspositie en beweging	W
Zitten	20
Staan	40
Lopen	140 - 210
Lopen tegen een helling	+ 60 per meter (yard) stijging

B. Type werk		gemiddeld W	spreiding W
Handwerk			
	licht	30	10 - 80
	zwaar	60	
Werk met een arm			
	licht	70	50 - 170
	zwaar	130	
Werk met beide armen			
	licht	100	70 - 240
	zwaar	170	
Werken met het lichaam			
	licht	240	
	middelmatig	350	170 - 1000
	zwaar	490	
	zeer zwaar	630	

Tabel 7 Voorbeelden van activiteiten

Licht handwerk: schrijven, handknopen

Zwaar handwerk: typen

Zwaar werk met een arm: spijkeren (schoenmaker, stoffeerder)

Licht werk met twee armen: metaal vijlen, hout schaven, tuin harken

Middelmatig werk met het lichaam: vloer schrobben, tapijt kloppen

Zwaar werk met het lichaam: spoorstaven leggen, graven, bomen ontschorsen

Voorbeeld berekening

Montagewerk met gebruik van zwaar handgereedschap

A.	Rondlopen	140 W
B.	Tussenliggende waarde van zwaar werk met twee armen en licht werk met het lichaam	205 W
		345 W
C.	Toevoegen voor basaal metabolisme	70 W
	Totaal	415 W

In tegenstelling tot de ACGIH gaat de NIOSH niet in op de uitvoering van de WBGT-meting. Voor de berekening van WBGT noemt de NIOSH dezelfde formules als de ACGIH (formules (1) en (2)). Daarnaast wordt door beiden nog een formule (3) genoemd ter bepaling van de tijdgewogen gemiddelde WBGT-waarde:

$$\text{gemiddelde WBGT} = \frac{WBGT_1 \times t_1 + WBGT_2 \times t_2 + \ldots WBGT_n \times t_n}{t_1 + t_2 + \ldots t_n} \qquad (3)$$

Hierin zijn $WBGT_1$, $WBGT_2$, . . . , $WBGT_n$ berekende WBGT-waarden voor de verschillende werk- en rustplaatsen waar men gedurende de totale periode is verbleven; t_1, t_2, . . . , t_n zijn de bijbehorende verblijfstijden op de verschillende plaatsen.

Waar de blootstelling aan het klimaat onafgebroken gedurende enkele uren of de gehele werkdag plaatsvindt, dient de WBGT te worden berekend als een uurlijks tijdgewogen gemiddelde.
Waar de blootstelling onderbroken is, dient de WBGT te worden berekend als een twee-uurlijks tijdgewogen gemiddelde.

Resumerend kan worden gesteld dat de ACGIH de meest uitvoerige handleiding geeft voor het meten van de WBGT-index. Voor wat betreft de toetsing vullen de ACGIH en de NIOSH elkaar min of meer aan. Beiden laten echter de invloed van de kleding buiten beschouwing.
De ACGIH noemt als argument voor het gebruik van de WBGT-index dat het de eenvoudigste en meest geschikte methode is om de omgevingsfactoren te meten.

3.3.6.6 Voorgeschreven maatregelen

Het werken met tijdgewogen gemiddelden voor de WBGT houdt reeds de mogelijkheid van invoering van arbeid/rust-regimes in. De ACGIH geeft zelfs al grenswaarden die afhankelijk zijn van de arbeid/rust-verhoudingen (zie tabel 4). Men voegt hier tevens nog aan toe dat de grenswaarden zijn afgestemd op een vijfdaagse werkweek, een achturige werkdag, de inlassing van een korte ochtend- en middagpauze (circa vijftien minuten) en het houden van een lunchpauze (circa dertig minuten).
De ACGIH noemt verder nog het beschikbaar stellen van drinkwater. Eén kop van circa 150 ml gedurende elke 15 à 20 minuten wordt aanbevolen. Het water moet 10 à 15°C zijn en binnen handbereik. Extra zouttoevoeging in het voedsel moet worden gestimuleerd. Voor niet-geacclimatiseerde werknemers dient het drinkwater voorzien te zijn van 0,1 gewichts-% zout.
Acclimatisatie wordt als maatregel wel genoemd zonder dat wordt ingegaan op de wijze waarop dit dient te geschieden.
Verder wordt de mogelijkheid van het dragen van speciale kleding genoemd. Met name als het kleding betreft die zwaarder is, meer zweetbelemmerend of zwaarder isolerend gelden de genoemde grenzen voor blootstelling niet. Overal waar speciale kleding moet worden gedragen schrijft men aparte bepaling van grenswaarden door een expert voor.

De NIOSH maakt eveneens een beperking ten aanzien van speciale kleding. De grenswaarden gelden niet voor niet-doorlatende beschermende kleding.

Bij onderbroken werken noemt men als de maximale duur van de arbeidsperiode vijftien minuten.
Zoals reeds eerder vermeld eist men behalve observatie een aantal maatregelen in het geval dat voor mannen de WBGT hoger dan 26,1°C wordt en voor vrouwen hoger dan 24,4°C wordt. De maatregelen zijn:

- Acclimatisatie. Hiervoor dient een periode van zes dagen. De eerste dag wordt 50% van de voorbestemde belasting en duur voorgeschreven. Elke dag mag dit met 10% worden vermeerderd tot 100% op de zesde dag. Geacclimatiseerde personen die negen of meer dagen onderbreken of vier dagen wegens ziekte moeten opnieuw een aangepaste acclimatisatie ondergaan. Na ziekte is tevens toestemming van een medicus nodig.
- Handhaven van arbeid- en rustperioden.
- Zo mogelijk een gelijkmatige werkverdeling over de dag.
- Verschuiven van warm werk naar de koelste periode.
- Minimaal één pauze per uur om water en zout in te nemen. Water dient niet verder dan 60 m van de werkplek aanwezig te zijn.
- Doelmatige beschermende kleding en gereedschappen moeten beschikbaar worden gesteld en gebruikt.
- Zo mogelijk dienen technische maatregelen te worden getroffen om de warmtebelasting te verminderen.

Personen die voor het eerst onder hittebelasting moeten werken moeten medisch worden gekeurd. De keuring dient vooral het hart- en vaatstelsel, de nieren, de lever, het zweetmechanisme, het ademhalingsstelsel en de huid te omvatten. Ook de ziektegeschiedenis dient aandacht te krijgen, met name afwijkingen of ziekten die in verband met hittebelasting gebracht kunnen worden. De keuring dient elke twee jaar herhaald te worden voor personen jonger dan 45 jaar en elk jaar voor personen van 45 jaar en ouder.
Tijdens de uitvoering van hitte-arbeid dient een persoon aanwezig te zijn met een EHBO-opleiding en speciale training in het herkennen van symptomen van hitteziekten en -storingen.
Voor de werknemers wordt een uitgebreide voorlichting voorgeschreven betreffende water- en zoutinname, gewichtscontrole, herkenning van symptomen, interactie met giftige stoffen of andere belastende factoren en acclimatisatie.

Gegevens omtrent deze aspecten dienen zo goed mogelijk bijgehouden te worden, evenals de medische gegevens en WBGT-waarden van de werkplekken. De WBGT-waarden dienen elk jaar opnieuw in juli en augustus te worden bepaald.

Tenslotte dienen werkplekken met een WBGT hoger dan 30°C als zodanig herkenbaar te zijn via een waarschuwingsbord met opschrift: "Warning, heat stress area".

3.3.6.7 Ontwikkelingen

De Verenigde Staten nemen in ISO-verband deel aan onderzoek op het gebied van het thermisch klimaat.
Verder is het interessant de ontwikkeling met betrekking tot de voorschriften te blijven volgen, nu de NIOSH hierin de aanbevelingen van een adviescommissie aan het verwerken is.

3.3.7 Japan

3.3.7.1 Vastlegging en status van klimaatbepalingen

In Japan bestaan volgens de via de ambassade verkregen informatie geen algemene klimaat-specificaties bij industriële arbeid. De "Labor Safety and Sanitation Law" [21] is in zeer algemene termen gesteld en geeft centrale en regionale overheden ruime bevoegdheden om additionele regels op te stellen en in individuele gevallen op te treden.
Voor niet-industriële gebouwen geldt de "Law for maintenance of sanitation in buildings" [22] waarin wel specifieke grenzen voor bijv. temperatuur en vochtigheid zijn aangegeven.
In de praktijk komt de interpretatie van de "Labor Safety and Sanitation Law" tot stand in de vorm van overleg tussen overheid en industrie, dat plaatsvindt binnen de vele "Associaties" die er in Japan bestaan voor iedere (zeer nauw gedefinieerde) industrietak afzonderlijk. In de staf van een dergelijke Associatie zijn meestal, naast vertegenwoordigers van de industrie, ook vertegenwoordigers van de overheid opgenomen, waaronder het Ministerie van Arbeid.
Het overleg leidt in veel gevallen tot een soort informele (geen wets-kracht bezittende) standaarden voor één zeer nauw omschreven industrietak t.a.v. veiligheid en arbeidshygiëne. In de grotere bedrijven, waar actieve (bedrijfs-)vakbonden aanwezig zijn, zijn de voorzieningen op het gebied van ventilatie e.d. overigens meestal beter dan de minimum-voorzieningen zoals afgesproken in die formele standaarden.

De belangrijkste onderzoeksinstituten t.a.v. arbeidshygiëne en veiligheid in Japan, beide ressorterend onder het Ministerie van Arbeid, zijn het "National Institute of Industrial Health" en het "Research Institute of Industrial Safety". Beiden hebben onderzoek naar de fysische factoren in hun programma, hoewel het daar slechts een relatief geringe plaats lijkt in te nemen. Van een elk kwartaal bij het National Institute of Industrial Health verschijnend boekje met artikelen gaat in de afgelopen tien jaar slechts een enkel artikel over huidtemperaturen.

3.3.7.2 Overwegingen bij de klimaatbepalingen

Een algemeen artikel in de wet [21] noemt het volgende:

" De ondernemer zal de noodzakelijke maatregelen nemen ter voorkoming van de volgende gezondheidsbeletsels:

(1) gezondheidsbeletsels veroorzaakt door ruwe materialen, gassen, dampen, stoffen, zuurstoftekort in de lucht, ziekteverwekkende organismen, enz.;

(2) gezondheidsbeletsels veroorzaakt door straling, hoge temperatuur, lage temperatuur, supersonische golven, geluid, trilling, uitzonderlijke atmosferische druk, enz.;

. . . . . ."

In de voor niet-industriële gebouwen geldende wet [22] wordt gesproken van beheerste temperatuur, vochtigheid en stroming in gebouwen met luchtbehandelingsinstallaties.

3.3.7.3 Fysiologische criteria voor thermisch belasting

Er worden geen fysiologische criteria genoemd.

3.3.7.4 Grenswaarden aan het klimaat

Alleen in [22] worden grenswaarden genoemd. De temperatuur moet tussen 17 en 28°C liggen.
De relatieve vochtigheid moet tussen 40 en 70 % liggen.
De luchtsnelheid mag niet meer dan 0,5 m/s zijn.
Het betreft hier vooral eisen uit behaaglijkheidsoogpunt.

3.3.7.5 Meetmethoden

Ook op de meetmethoden wordt alleen in [22] ingegaan. Er wordt voorgeschreven dat de temperatuur met een thermometer met 0,5 K nauwkeurigheid moet worden gemeten. Hetzelfde geldt voor de thermometers van de psychrometer waarmee de relatieve vochtigheid wordt bepaald. De luchtsnelheid moet met een anemometer worden gemeten die snelheden van minstens 0,2 m/s kan meten.

3.3.7.6 Voorgeschreven maatregelen

Er worden geen gespecificeerde maatregelen genoemd ter voorkoming van thermische belasting.

3.3.7.7 Ontwikkelingen

Gezien de geringe door ons gesignaleerde activiteiten van de belangrijkste nationale onderzoekinstellingen op het gebied van het thermisch klimaat lijken geen belangrijke veranderingen te verwachten.

3.3.8 Nederland

3.3.8.1 Vastlegging en status van klimaatbepalingen

In Nederland is thans met betrekking tot het thermisch klimaat de Arbeidsomstandighedenwet [23], kortweg Arbo-wet, van kracht. Hierin worden de klimaatartikelen uit het Veiligheidsbesluit voor Fabrieken of Werkplaatsen (V.B.F.) [3] van kracht geacht. Het V.B.F. vloeit voort uit de veiligheidswet van 1934 [24], met name uit de artikelen 6 en 7. De belangrijke artikelen in het V.B.F. uit het oogpunt van klimaat zijn de artikelen 79 t/m 87 en 218. Artikel 218, op basis waarvan de Arbeidsinspectie het treffen van maatregelen kan eisen, is in de nieuwe Arbo-wet vervangen door artikel 36 van de Arbo-wet.
Voor arbeid in koel- en vriesruimten bestaat er een publikatie van de Arbeidsinspectie [25]. Ook voor de bouw en inrichting van bedrijfsruimten heeft de Arbeidsinspectie een publicatie uitgebracht waarin het klimaat aan de orde komt [26].
Voor gematigde werkklimaten worden in de praktijk aanvullende richtlijnen gebruikt. Wat Rijksgebouwen betreft zijn er richtlijnen in de "Aanbevelingen voor de arbeidsomstandigheden in kantoren en gelijksoortige ruimten voor de huisvesting van Burgerlijk Rijksoverheidspersoneel", uitgave augustus 1979 [27].
Verder kan worden gewezen op een rapport, getiteld: "Aanbevelingen fysische binnenmilieuparameters voor kantoren, scholen en werkruimten voor lichte lichamelijke arbeid" [28], dat in opdracht van het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer namens een werkgroep is samengesteld door Cauberg-Huygen Raadgevende Ingenieurs B.V. Deze werkgroep was samengesteld uit vertegenwoordigers van de Rijksgeneeskundige Dienst, Rijksgebouwendienst, Directoraat Generaal van de Arbeid, Directie Bouwnijverheid, Bond Nederlandse Architecten, Nederlandse Technische Vereniging voor Verwarming en Luchtbehandeling en de Orde Nederlandse Raadgevende Ingenieurs. Hoewel dit rapport door een belangrijke Nederlandse vertegenwoordiging wordt gedragen bestaat er omtrent de geldigheid nog discussie.

3.3.8.2 Overwegingen bij de klimaatbepalingen

In de Veiligheidswet stond vooral de beveiliging voorop. Door de Arbeidsinspectie werd dit geïnterpreteerd als "het voorkomen en bestrijden van de gevaren voor ongevallen, de gezondheid en de hygiëne bij de arbeid in de ondernemingen".

In de Arbo-wet is naast de begrippen "veiligheid" en "gezondheid" nog het begrip "welzijn" toegevoegd "ter bevordering van menswaardige arbeid".
De thans geldende invulling van de begrippen veiligheid en gezondheid in de klimaatartikelen van het V.B.F. wordt daar samengevat als "voorschriften voor het bevorderen van een draaglijke temperatuur zonder hinderlijke tocht".
In de aanbevelingen [27] en [28] voor gematigde werkklimaten staat vooral de thermische behaaglijkheid voorop.

3.3.8.3 Fysiologische criteria voor thermische belasting

In de wetten en het V.B.F. worden geen fysiologische criteria genoemd. Er worden uitsluitend grenzen voor het klimaat genoemd, vervat in de L-index. De L-index is een vereenvoudigde versie van de gecorrigeerde effectieve temperatuur. Aan de wieg van de L-index stonden de heren Dop en Van Zuilen, destijds respectievelijk Hoofdinspecteur-Directeur van de Arbeid en Directeur van het Instituut voor Gezondheidstechniek TNO. Van hun hand verscheen een toelichtend artikel [29] waarin onder andere op de gestelde klimaatgrenzen wordt ingegaan. Een verdere toelichting schreef Van Zuilen in [30]. Hierin noemt hij als belangrijkste fysiologische criteria waarop de grenzen voor warmte zijn gebaseerd:

- maximaal toelaatbare polsslag van 125 slagen per minuut,
- maximale stijging van de lichaamstemperatuur van 1 K.

Op deze en soortgelijke fysiologische criteria hebben verschillende onderzoekers klimaatgrenzen gebaseerd. Hieruit is door Van Zuilen een selectie gemaakt die thans geldt als basis van de wettelijke klimaatgrenzen.

Voor koude klimaten is volgens Van Zuilen het fysiologische criterium vooral de kans op plaatselijke bevriezing van lichaamsdelen. De kans op onderkoeling wordt minder snel aanwezig geacht, omdat dit met aanpassing van de kleding beter is te voorkomen. Naast deze criteria wordt het optreden van een onbehaaglijk gevoel door koude genoemd. De benedengrens aan het klimaat is vooral op dit laatste gebaseerd en wordt in [29] een afbakening van het koudegebied genoemd en geen absolute benedengrens.

3.3.8.4 Grenswaarden aan het klimaat

Het V.B.F. stelt grenzen aan de L-index. Deze grenzen zijn:

- L maximaal 23 of maximaal 5 hoger dan L_{buiten} bij L_{buiten} > 18 met een absoluut maximum L = 29 voor ononderbroken arbeid.
- L minimaal 12.

Verder wordt een grens gesteld aan het verschil tussen luchttemperatuur en stralingstemperatuur van 5 K en een maximum voor de luchtsnelheid van 1 m/s. Bij overschrijding van de verschillende grenswaarden zijn maatregelen verplicht.

De aanbevelingen voor Rijksoverheidsgebouwen [27] ten aanzien van het binnenklimaat zijn gebaseerd op de door Fanger ontwikkelde methode om de ontevredenheid over het binnenklimaat uit te drukken als percentage van een grote groep (PPD)*). Wenselijk wordt genoemd een PPD van maximaal 10%. De bijbehorende waardering van het klimaat, de PMV, ligt daarbij tussen -0,5 en +0,5. Ontwerpnorm is PMV = 0, waarbij PPD = 5%, terwijl onder bijzondere omstandigheden, zoals extreme weersomstandigheden, installatiestoringen, tijdelijke huisvestingsproblemen, gedurende maximaal 10% van de werktijd de PPD mag oplopen tot circa 26% (PMV ± 1,0).

Wat de afzonderlijke klimaatfactoren betreft wordt daarbij het volgende opgemerkt:

Luchttemperatuur

In verblijfzone gemiddeld 20 - 26°C. In kantoren meest behaaglijk bij 26°C. Minimum temperaturen in aan werkruimten grenzende gangen 18°C, in gangen met een buitendeur 10°C. In overige gangen, trappenhuizen, toiletten, archief- en fotokopiëerruimten bij geringe verblijfstijd is 15°C het minimum.
De verticale temperatuurgradiënt mag maximaal 1,5 K/m bedragen.

Stralingstemperatuur

Als $t_l - t_s$ > 5 K ontstaan vaak klachten.

Vloertemperatuur

Hinder ontstaat als $t_{vl} - t_l$ > 5 K.

Voorgeschreven wordt 17 < t_{vl} < 29°C. Dit geldt eveneens voor meubilair en kantoormachines.

---

*) Voor gebruikte afkortingen, zie hoofdstuk 10.

Luchtsnelheid

Deze moet kleiner zijn dan 0,5 m/s.
Bij sterke en wisselende plaatselijke afkoeling is er kans op tocht.

Luchtvochtigheid

30% < RV < 70%.

De aanbevelingen voor kantoren, scholen en werkruimten voor lichte arbeid [27] komen overeen met die voor Rijksoverheidsgebouwen. De gewenste luchttemperatuur wordt gegeven als functie van de stralingstemperatuur voor drie PMV-waarden (±0,8 - ±0,5 - 0) in winter- en zomer-situaties voor metabolismen van 105, 130, 160 en 200 W.

3.3.8.5 Meetmethoden

De L-index wordt bepaald met de formule:

$$L = \frac{42\ t_l - 8\ t_n}{34 + t_l - t_n} \qquad (4)$$

waarbij:

t_l = droge voor straling afgeschermde luchttemperatuur,

t_n = natte voor straling afgeschermde luchttemperatuur, gemeten in een geforceerde luchtstroom.

De droge en natte temperatuur worden gemeten met een psychrometer.
Om vast te stellen of het verschil tussen lucht- en stralingstemperatuur niet groter is dan 5 K moet in voorkomende gevallen de stralingtemperatuur worden bepaald.
De stralingstemperatuur (t_s) wordt berekend uit:

$$t_s = 2\ t_g - t_l \qquad (5)$$

waarbij:

t_g = globetemperatuur, gemeten met een holle dofzwarte bol met een diameter van 0,15 m.

Om te controleren of de luchtsnelheid niet groter is dan 1 m/s kan een meting met verschillende meetinstrumenten worden uitgevoerd, zoals bijvoorbeeld een vleugelradanemometer of een nauwkeuriger hittedraadanemometer.

Met betrekking tot de achtergronden van de L-index en in het licht van het mogelijk herbezien van deze index lijkt een nadere beschouwing, ontleend aan [29], op zijn plaats:

" Bij normale kamertemperaturen zijn het voornamelijk de lucht- (t_l) en de stralingstemperatuur (t_s) die van belang zijn. Bij hoge waarden van deze temperaturen moet de warmte-afgifte van de mens voornamelijk door verdamping plaatsvinden, zodat dan de luchtbeweging en vooral ook de vochtigheid van grote betekenis zijn. Wanneer men van een enkele grootheid gebruik wil maken voor het karakteriseren van alle mogelijke klimaatsituaties, dient deze grootheid afhankelijk te zijn van alle vier de basisfactoren. Een dergelijke grootheid, die voor gebruik in de praktijk het meest in aanmerking komt, is de *gecorrigeerde effectieve temperatuur* $t_{eff\ gec.}$; deze is een modificatie van de *effectieve temperatuur* t_{eff}.

De grootheid t_{eff} is in 1923 door de toenmalige American Society of Heating and Ventilating Engineers (ASHVE) ingevoerd; zij is een grootheid die het effect van lucht- en stralingstemperatuur, vochtigheid en luchtbeweging op het *warmtegevoel (c.q. koudegevoel) van de mens* in één waarde samenvat in dié gevallen dat t_l en t_s gelijk zijn. De getalwaarde van t_{eff} *voor een bepaalde klimaatsituatie is gelijk aan de waarde* van t_l voor dié situatie met rustige, verzadigde lucht en gelijke lucht- en stralingstemperatuur, die eenzelfde warmtegevoel geeft (rustige lucht betekent hier lucht waarin geen luchtsnelheden voorkomen > 12,5 cm/s). Nadat t_l, t_{ln} en v *) ter plaatse zijn gemeten kan met behulp van door de ASHVE gepubliceerde *nomogrammen* daaruit t_{eff} worden afgeleid; dit is - gezien het bovenstaande - derhalve alleen mogelijk wanneer de stralingstemperatuur nagenoeg gelijk is aan de luchttemperatuur.

Wanneer t_s afwijkt van t_l is de effectieve temperatuur geen bruikbare maatstaf meer; alsdan moet gebruik worden gemaakt van de gecorrigeerde effectieve temperatuur $t_{eff\ gec.}$. Deze kan uit de bovengenoemde nomogrammen op een door T.Bedford (Gr.Br.) aangegeven wijze worden bepaald; de methode komt er in het kort op neer dat in deze nomogrammen t_l wordt

*) Voor gebruikte afkortingen, zie hoofdstuk 10.

vervangen door t_g en t_{ln} door een gecorrigeerde waarde $t_{ln\ gec.}$.
[Opmerking onzerzijds: In latere geschriften heeft Bedford de correctie van t_{ln} weer laten vervallen.]
Voor het omschrijven van koude klimaten kan ook van dezelfde klimaatgrootheid gebruik worden gemaakt. Hierbij kan worden opgemerkt dat, gezien de geringe hoeveelheid vocht die koude lucht kan bevatten, in feite de vochtigheidstoestand van weinig belang is; de luchtsnelheid is dan een factor van meer gewicht. Voorts zullen bij de koude binnenklimaten die in het door het V.B.F. bestreken terrein voorkomen de lucht- en stralingstemperatuur weinig van elkaar afwijken. Uit de nomogrammen voor $t_{eff\ gec.}$ kan nu worden gezien dat de waarde daarvan onder deze omstandigheden slechts weinig van t_l verschilt.
Als klimaatindex zou dus $t_{eff\ gec.}$ kunnen worden gekozen; in verband echter met één der gestelde uitgangspunten (nl. dat zo eenvoudig mogelijke methoden en hulpmiddelen een vereiste zijn) moesten enkele vereenvoudigingen worden ingevoerd, o.a. om het gebruik van de nomogrammen voor $t_{eff\ gec.}$ te vermijden. Bij deze *vereenvoudigingen* is uitgegaan van het volgende:

ad 1. In de meeste bedrijven zal t_s slechts enkele graden van t_l verschillen; alleen daar waar arbeiders zich in de nabijheid van sterk stralende warmtebronnen (ovens, smeedstukken enz.) bevinden zal t_s meer dan 5 K hoger zijn dan t_l. Situaties waarbij t_s meer dan 5 K lager is dan t_l zijn in de praktijk niet te verwachten.
Het wordt daarom aanvaardbaar geacht om in alle gevallen waarin t_s minder dan 5 K van t_l verschilt (en dat is derhalve in de meeste bedrijven) de invloed van een afwijkende stralingstemperatuur te verwaarlozen, zodat in de algemeen geldende bepalingen in dit verband alleen met de waarde van de luchttemperatuur rekening behoeft te worden gehouden. Indien in een bepaald geval het vermoeden bestaat dat $t_s - t_l$ de gestelde marge van 5 K overschrijdt, kan zulks door een aanvullende meting met een globethermometer worden vastgesteld.

Wanneer dan blijkt dat $t_s - t_l > 5$ K is, wordt daarmede een bijzonder geval geconstateerd dat niet onder de algemene regels valt.

ad 2. De luchtsnelheid zal in bedrijven alleen boven 1 m/s komen wanneer arbeiders in speciaal opgewekte gerichte luchtstromingen werken;

in alle andere gevallen zullen de snelheden lager (en veelal zelfs minder dan 0,3 m/s) zijn. Het wordt daarom aanvaardbaar geacht om in alle gevallen, waarin $v < 1$ m/s is (en dat is derhalve in de meeste bedrijven) de extra-invloed van de luchtbeweging te verwaarlozen, zodat in de algemeen geldende bepalingen de luchtsnelheid buiten beschouwing kan blijven. Deze vereenvoudiging heeft dubbele waarde omdat eenvoudige meetapparatuur voor lage luchtsnelheden ontbreekt.
Indien in een bepaald geval het vermoeden bestaat dat v de gestelde grens van 1 m/s overschrijdt, kan zulks door een aanvullende meting met een anemometer e.d. worden vastgesteld.

Wanneer dan blijkt dat $v > 1$ m/s is, wordt ook daarmede een bijzonder geval geconstateerd dat niet zonder meer onder de algemene regels valt.

Rekening houdende met de onder ad 1 en ad 2 genoemde overwegingen kan als basis voor de nieuwe algemene temperatuurbepalingen de temperatuurindex L worden gekozen.

L kan worden afgeleid uit t_l en t_{ln}, gemeten met afgeschermde, geventileerde thermometers; een eenvoudig hanteerbaar instrument daarvoor is de psychrometer.

L is gebaseerd op $t_{eff\ gec.}$, doch geen rekening is gehouden met van t_l afwijkende waarden van t_s (d.w.z. dat feitelijk is teruggekeerd naar t_{eff}) en met de luchtsnelheid v, hetgeen verantwoord is voor de overgrote meerderheid der in de praktijk in de bedrijven voorkomende gevallen. De waarde van L is nagenoeg gelijk aan t_{eff} wanneer v ca. 0,1 m/s is en t_s ongeveer gelijk aan t_l voor het gehele gebied dat $t_{eff\ gec.}$ bestrijkt, nl. van 0 . . . 40°C.

De bovenstaande benadering wordt toelaatbaar geacht omdat, enerzijds, een waarde van $t_s > t_l$ een verhogende en, anderzijds, een waarde van $v > 0{,}1$ m/s een verlagende invloed heeft op de waarde van $t_{eff\ gec.}$; de beide ingevoerde vereenvoudigingen geven dus niet een cumulatie, maar een nivellering van de afzonderlijke daaruit voortvloeiende afwijkingen. Globaal genomen compenseren de invloeden van beide margegrenzen $t_s = t_l + 5$ en $v = 1$ elkaar in het gebied van de hogere temperaturen.

Resumerend kan dus worden vastgesteld dat de temperatuurindex een verantwoorde grootheid is, die voor de overige overgrote meerderheid van de in de bedrijven voorkomende gevallen kan worden toegepast en dus geschikt is voor gebruik bij algemeen geldende temperatuurvoorschriften. Ter voorkoming van misverstanden in de praktijk kan het als een voordeel worden beschouwd wanneer voor de beoordeling van het buitenklimaat dezelfde index wordt gebruikt. In de zomer is het inderdaad wenselijk dat behalve t_l ook t_{ln} bij de beoordeling wordt betrokken; in de winter zou dit feitelijk niet nodig zijn. Het is voor de uniformiteit echter beter, deze temperatuurindex steeds te gebruiken."

Tot zover de verantwoording bij de invoering van de L-index.

Resumerend kan worden gesteld dat de L-index is afgeleid van de gecorrigeerde effectieve temperatuur, een index die rekening houdt met temperatuur, snelheid en vochtigheid van de lucht, straling en activiteitenniveau. Bij de nagestreefde vereenvoudiging in de L-index met bijbehorende grenswaarden zijn hieruit de luchtsnelheid, de straling en het activiteitenniveau verdwenen.
De L-index blijkt representatief voor een luchtsnelheid van 0,1 m/s en een stralingstemperatuur gelijk aan de luchttemperatuur. De bovengrens L = 29 heeft betrekking op de matig zware arbeid (ca. 250 - 300 W). Voor zowel de gecorrigeerde effectieve temperatuur als de L-index geldt dat geen rekening wordt gehouden met variatie in kleding.
Met de L-index heeft men vooral bedoeld op snelle en eenvoudige wijze een indicatie van de klimaatsituatie te kunnen krijgen.

Aan de nauwkeurigheid van de meetinstrumenten worden geen eisen gesteld. Voor bepaling van de L-index wordt de psychrometer aanbevolen. Met dit meetinstrument zijn in het algemeen de natte en droge luchttemperatuur met een nauwkeurigheid van ± 0,5 K meetbaar.
Voor een eventuele stralingsmeting wordt de reeds eerder besproken zwarte bolthermometer genoemd. Hiervoor geldt dezelfde nauwkeurigheid bij inachtname van voldoende meettijd.
De nauwkeurigheid voor de luchtsnelheid is sterk afhankelijk van het gebruikte instrument.

De duur van een meting met de psychrometer is kort, in de orde van grootte van enkele minuten. Dit is een duidelijk voordeel ten opzichte van bijvoorbeeld de bepaling van de natuurlijke natte-luchttemperatuur.
Verkrijgt men indicaties dat er sprake is van stralingsbelasting of hoge luchtsnelheden dan dienen aanvullende metingen plaats te vinden. Vooral de stralingsmeting met de zwarte bolthermometer vergt hier de nodige tijd, ca. twintig minuten.

Uitspraken omtrent de thermische behaaglijkheid zijn op basis van de L-index maar in beperkte mate mogelijk. Dit is ook de reden waarom in de praktijk voor gematigde werkklimaten behoefte bestaat aan aanbevelingen als in [27] en [28]. Hierin wordt gebruik gemaakt van de door de Deense professor Fanger op basis van belevingsonderzoek en fysiologische grondslagen ontwikkelde klimaatindices PMV en PPD.
De indices worden rekenkundig of via tabellen bepaald uit de afzonderlijke klimaatfactoren temperatuur, straling, snelheid en vochtigheid in combinatie met het activiteitenniveau en de mate van kleding. Ook is het mogelijk hiervoor een speciaal ontwikkelde meter te gebruiken die de afkoeling bepaalt van een verwarmd ellipsoïde lichaam via meting van de oppervlaktetemperatuur. Omdat de afkoeling door stralingsuitwisseling en convectie (luchttemperatuur en -snelheid) tot stand komt dienen de luchtvochtigheid, het activiteitenniveau en de kleding apart te worden ingesteld op de meter.
Voor een volledige analyse van het klimaat wordt de voorkeur echter gegeven aan de meting van de afzonderlijke klimaatgrootheden. Dit is om de afzonderlijke klimaatgrootheden eveneens apart te kunnen beoordelen door toetsing aan de eerder genoemde grenswaarden.

3.3.8.6 Voorgeschreven maatregelen

Een tijdelijke overschrijding van de in het V.B.F. genoemde wenselijke grens (L = 23) wordt toegestaan indien dit ten gevolge van extreem warm weer is. De L-waarde mag oplopen tot 29. Ook een tijdelijke overschrijding door bedrijfsstoring wordt aanvaard.
Komt de overschrijding voort uit de fabricage-eisen dan worden maatregelen geëist. De maatregelen of toe te passen middelen zijn niet specifiek omdat deze sterk afhangen van de soort en mate van hinder. Zonodig kan de arbeidsinspectie wel gespecificeerde eisen stellen. Bij overschrijding van de

absolute bovengrens (L = 29) wordt ongeacht de oorzaak beperking van de arbeidstijd en toepassing van extra of verlengde rustperioden voorgeschreven. De arbeidsinspectie beoordeelt wat in zulke geval als voldoende arbeidsbeperking kan worden aangemerkt. Hierbij wordt behalve op bedrijfsmedische adviezen op de richtlijnen in tabel 8 afgegaan.

Tabel 8 Toelaatbare combinaties van zwaarte van de verrichte arbeid, arbeidstijd en effectieve temperatuur (Ontleend aan [29])

Zwaarte van de verrichte arbeid *)		Maximum t_{eff}					
		Arbeidstijd (uren)					
Aard	Metabolisme W	4	2	1	½	¼	<¼
rust	ca. 120	31	34	37	40	43	
licht		30	33	36	39	42	
matig		29	32	35	38	41	?
zwaar	ca. 350	28	31	34	37	40	

Tabel 8 geldt voor een éénmalige arbeidsprestatie. Bij herhaling moet minimaal een uur rusttijd in acht worden genomen, doorgebracht in een koelere omgeving.
In een beperkt aantal gevallen wordt door het DGA een oordeel over de toelaatbaarheid van arbeid in een zeer warm of zeer koud klimaat gevormd met behulp van een simulatiemodel van de mens (zie bijvoorbeeld [31]).

Bij onderschrijding van de wenselijke benedengrens (L = 12) worden middelen zoals warme kleding, plaatselijke verwarming en verkorting van de arbeidstijd als mogelijke maatregelen genoemd.
Als een werklokaal onvoldoende beschutting biedt tegen buiteninvloeden kan de arbeidsinspectie ook bouwkundige maatregelen of verhoging van de capaciteit van de verwarmingsinstallatie eisen. In meer extreme koude situaties

*) Een indruk van gebruikte arbeidskwalificaties wordt gegeven in § 3.3.6.5. Verder wordt in [37] hierop ingegaan.

zal de arbeidsinspectie publikatie P 142 getiteld: "Arbeid in koel- en vriesruimten" [25] als richtlijn hanteren. Behalve kledingeisen worden hierin ook werk- en rusttijden nader gespecificeerd. Men noemt hierin bij temperaturen tussen -10 en -20°C een maximale arbeidstijd van twee uur opgevolgd door een rustperiode van minstens een half uur bij kamertemperatuur. Bij temperaturen lager dan -20°C wordt maximaal 45 minuten arbeidstijd en minimaal 10 minuten rusttijd genoemd. Bovendien beveelt men aan niet meer dan vier uur per dag bij temperaturen lager dan -10°C te werken.

In bijzondere situaties, zoals bij stralingstemperaturen van meer dan 5 K boven de luchttemperatuur of bij luchtsnelheden hoger dan 1 m/s, worden in algemene zin maatregelen geëist. Alleen bij sterke, niet gelijkmatige warmtestraling worden specifieke beschuttingsmiddelen zoals schermen, isolatie van hete oppervlakken en beschermende kleding en dergelijke genoemd.
Overige genoemde situaties zijn arbeid in regen of andere vochtige situaties en arbeid bij grote temperatuurwisselingen. Voor natte situaties worden vloerroosters, regenschermen en dergelijke genoemd. Voor temperatuurwisselingen worden slechts algemene maatregelen geëist.

3.3.8.7 Ontwikkelingen

Nederland nam tot voor kort niet deel aan onderzoek in ISO-verband. Bij het onderzoekwerk van de EEG is Nederland pas in een later stadium betrokken en dan nog uitsluitend als "toehoorder".
Desondanks bestaat ook in Nederland behoefte aan internationale aansluiting en aan het op peil houden van de wettelijke klimaatbepalingen en aanvullende richtlijnen (P-bladen). De initiatieven tot dit rapport getuigen hiervan.

3.3.9 Overige landen

In de literatuur zijn fragmenten gevonden van de regelgeving, richtlijnen en aandachtspunten in andere dan de reeds behandelde landen. Deze informatie willen we in het kader van dit onderzoek niet onvermeld laten. In het kort zullen de belangrijkste gegevens worden opgesomd. De opsomming zal veelal niet volledig zijn.

3.3.9.1 Canada

In een publikatie van het "Defence Research Northern Laboratory" wordt melding gemaakt van acclimatisatie bij herhaaldelijke blootstelling aan koude. Er wordt verondersteld dat een en ander wordt veroorzaakt door een lagere instelling van de "lichaamsthermostaat".

3.3.9.2 Denemarken

Denemarken participeert zowel in ISO- als in EEG-verband in klimaatonderzoeken. Deelnemer is de "Technical University of Denmark" waar o.a. professor Fanger werkzaam is. Het bekende onderzoek van Fanger met betrekking tot de thermische behaaglijkheid wordt uitgebreid in de richting van warme belastende situaties en situaties met ongelijkzijdige warmtebelastingen. Er wordt hiervoor tevens meetapparatuur ontwikkeld waarbij kennelijk een nauwe samenwerking bestaat met een bekende Deense, commerciële firma.

3.3.9.3 Finland

Het Finse "Institute of Occupational Health" coördineert in één landelijke en zes regionale vestigingen onderzoek op zowel koude- als warmtegebied.
Op het gebied van koude worden als aandachtspunten gemeld:

- Invloed op de fysiologische reponsies. Dit in verband met de negatieve beïnvloeding van zowel de kwaliteit als de kwantiteit van het werk.
- Acclimatisatie en zijn fysiologische achtergronden. Het doel is de gegevens te verwerken in de voorschriften voor gezond werken.
- Ontwikkeling van een koude-index om de reacties op koude te kunnen voorspellen.
- Ontwikkelen van geschikte beschermende kleding.
- Overreacties voor koude na bevriezing.

Op het gebied van warmte zijn de aandachtspunten onder andere:

- Invloed van de lichamelijke gesteldheid en de leeftijd op het verdragen van warmte en de mate waarin iemand kan worden belast.
- Fysiologische responsies bij hittebelasting zowel bij gezonde mensen als bij mensen waar de automatische reacties vanuit het willekeurige zenuwstelsel zijn verstoord. De aandacht gaat vooral uit naar de rol van het zenuwstelsel bij de besturing van acute effecten, vooral bij niet aan warmte gewende personen, en termijneffecten die onder andere acclimatisatie veroorzaken. Er wordt verband gelegd met fysiologische responsies als hartslag, centrale bloedsomloop, huiddoorbloeding, zweetverdamping en hormoonproduktie.

Als index voor hittebelasting wordt de WBGT genoemd.

3.3.9.4 Noorwegen

Aan het Noorse "Arbeitsforskningsinstituttene" is verzocht informatie te zenden.
Behalve publikaties over verschillende onderzoeken in warme industrieën is een folder ontvangen over warmtebelasting in de Noorse industrie. Hieruit blijkt dat ook in Noorwegen de WBGT wordt toegepast. Er wordt een grenswaarde van 25 tot 30°C (WBGT-waarde of Botsballtemperatuur) genoemd afhankelijk van de zwaarte van de arbeid. Men laat zien dat in een aantal industrieën deze grenswaarden worden overschreden met Botsballtemperaturen van ruim 30 tot 42°C.
Daarna wordt ingegaan op fysiologische effecten en toe te passen maatregelen.

3.3.9.5 Tsjechoslowakije

In een artikel van het "Institut Hygieny a Epidemiologie" uit Praag wordt de WBGT-index vergeleken met de Tsjechoslowaakse standaard, met als achtergrond een mogelijk gebruik van de WBGT. Men concludeert dat de WBGT uitsluitend in vochtige, warme situaties correspondeert met de eigen standaard. Voor droge, warme situaties en bij lagere WBGT-waarden geeft de WBGT een onderschatting van de situatie. Ook noemt men als nadeel de afnemende nauwkeurigheid bij deze omstandigheden. De WBGT wordt dan ook alleen aanbevolen voor waarden

hoger dan 20°C als een aanvullend controlecriterium, voor een snelle herkenning van arbeidsplaatsen met risico's. Men acht het een voordeel dat de meetapparatuur ook door niet-specialisten kan worden gebruikt.

3.3.9.6 Zuid-Afrika

Door het "Centre for Scientific and Technical Information" is een publikatie over het optreden en de gevaren van hitteberoerte uitgegeven ten bate van de industrie.
Men vermeldt dat onlangs richtlijnen zijn gegeven, vooruitlopend op een voorgestelde nieuwe wetgeving. Hierin wordt eveneens de WBGT-index gehanteerd. Men noemt een grenswaarde van 30°C (WBGT). Voor zware arbeid wordt de grens verlaagt tot 25°C (WBGT). Het inlassen van rustperioden wordt genoemd als maatregel als geen WBGT-waarden lager dan 30°C kunnen worden gehandhaafd.
Als formule voor berekening van de WBGT wordt alleen formule (2) genoemd. Deze formule, die tevens de droge luchttemperatuur verwerkt, wordt normaal uitsluitend gebruikt voor zonnige situaties. Voor het meten van de WBGT wordt een instrument getoond dat direct de meetsignalen combineert tot een WBGT-waarde.
Verder wordt in de publikatie op de fysiologische verschijnselen bij hitte en vooral op de hitteberoerte nader ingegaan.

3.3.9.7 Wereld Gezondheids Organisatie

Van de Wereld Gezondheids Organisatie is in de serie "Technical Reports" reeds in 1969 een publikatie over hittebelasting uitgegeven. Een werkgroep van deskundigen vindt hierin dat vier indices het meest in aanmerking komen om hittebelasting in de industrie te karakteriseren. Deze indices zijn:

- gecorrigeerde effectieve temperatuur (CET);
- predicted four-hour sweat rate (P 4 SR);
- heat stress index (HSI);
- index of thermal stress (ITS).

Ook aan deze indices vindt men nog een aantal bezwaren kleven. Daarom bepleit men aanvullend onderzoek op de volgende aandachtspunten:

- Fysiologische mechanismen die bijvoorbeeld de hartslag tijdens hittebelasting bepalen. Vaststellen van een standaardmethode om de hersteltijden na belasting te bepalen.
- Vastleggen van relaties tussen indexwaarden en fysiologische criteria als hartslag en lichaamstemperatuur.
- Lange termijneffecten in relatie tot het wel of niet constant blijven van de kerntemperatuur van het lichaam bij blootstelling aan warmte.
- De juistheid van toepassing van indices voor situaties met onderbroken blootstelling aan hitte. De beïnvloeding van de juistheid door de grootte van temperatuurovergangen tussen blootstellingsplaats en herstelplaats, door de grootte van arbeid- en rusttijden en door kleding.
- De invloed van hittebelasting op het concentratievermogen, de leerprestaties, de waakzaamheid, het reactievermogen en het aantal ongevallen.
- De variatie in effecten van hitte bij lichamelijke verschillen in leeftijd, geslacht, lichaamsbouw, kracht (met name bij zwaar handwerk) en dergelijke.
- De invloed van kleding op de wijze van warmte-afgifte (convectie, straling, zweetverdaping).
- Kwantitatieve vaststelling van de rol van de huidtemperatuur bij hittebelasting.
- Nieuwe meetmethoden om de ondergane hittebelasting vast te leggen, zoals een draagbare integrator voor thermische belasting.
- Plaatselijke effecten bij contact met goed geleidende vaste stoffen of vloeistoffen van afwijkende temperatuur.

4. INVENTARISATIE VAN ISO-DOCUMENTEN OP KLIMAATGEBIED

Op vergelijkbare wijze als bij de landelijke bepalingen worden thans de ISO-documenten geïnventariseerd.

4.1 VASTLEGGING EN STATUS VAN KLIMAATDOCUMENTEN

Door de Internationale Organisatie voor Normalisatie (ISO) wordt getracht eenheid aan te brengen tussen verschillende landelijke normen en standaards op overeenkomstige gebieden. Op het gebied van het thermisch klimaat is een dergelijke internationale normalisatie gaande. Er bestaat een klimaatwerkgroep waarin de volgende landen participeren:

- België
- Bondsrepubliek Duitsland
- Denemarken
- Frankrijk
- Groot-Brittannië
- Italië
- Verenigde Staten van Amerika
- Zweden.

Het secretariaat van de werkgroep is gevestigd in Parijs bij de "Association Française de Normalisation". Het aandachtsveld van de werkgroep is schematisch weergegeven in tabel 9. Het is de bedoeling dat het gehele aandachtsveld wordt vastgelegd in ISO-normen. Hierbij gaat men uit van de samengevoegde bestaande kennis. Bij het ontbreken van voldoende kennis op een bepaald gebied wordt getracht onderzoek hiernaar te stimuleren. Dergelijk onderzoek wordt dan bijvoorbeeld in opdracht van de EEG uitgevoerd. Dit laatste verklaart onder andere de sterke overeenkomst tussen de interesses van de ISO-werkgroep en het EEG-programma met betrekking tot hittebelasting.

Tabel 9 Schematische weergave van het aandachtgebied van de ISO-werkgroep "thermisch klimaat"

	KOUDE KLIMATEN	COMFORT	HETE KLIMATEN
Vaststelling van de thermische belasting/dosis	Indices Benodigde kleding "Wind Chill Index"	Indices PMV en PPD	Indices Benodigde zweetverdamping en WBGT
Vaststelling van het fysiologische effect	Metingen van de inwendige lichaamstemperatuur en de huidtemperatuur Meting van de hartslag Meting van het gewichtsverlies door zweten		
Persoonlijke schatting	Onderbroken schaal		

Alvorens een ISO-document als norm wordt aanvaard ondergaat het verschillende fasen. Een door de werkgroep (GT) of een lid daarvan uitgegeven geschrift heeft de status van werkdocument (document code ISO/TC 159/SC 5/..). Heeft een werkdocument een uiteindelijke vorm gekregen die door de hele werkgroep is goedbevonden dan wordt het voorgelegd aan een subcomité (document code ISO/DP .. = Draft Proposal). Een subcomité (SC) is een afvaardiging van een technisch comité (TC) dat het voorgelegde document dient goed te keuren om het de status van "Draft International Standard" (document code ISO/DIS ...) te geven. Een dergelijk technisch comité bestaat uit afgevaardigden van die bij de ISO aangesloten landen die te kenen hebben gegeven actief deel te willen nemen aan het opstellen van een internationale norm op het betreffende gebied.

Een document met de status van "draft International Standard (ISO/DIS...) wordt voorgelegd aan alle ISO-lidstaten (in 1982 waren dat 72 stemgerechtigde leden). Wordt dit voorstel door minimaal 75% van de leden geaccepteerd dan verkrijgt het de status van internationale norm (document code ISO ...). Een éénmaal vastgestelde norm wordt zonodig eens per vijf jaar herzien om veroudering te voorkomen.
In de door ons aangevraagde documenten is de stand van zaken met betrekking tot de normering op klimaatgebied per 1-10-1983 weergegeven (zie tabel 10). De in tabel 10 genoemde documenten worden nader beschouwd in relatie tot de hiervoor behandelde landelijke klimaatbepalingen. De belangrijkste documenten zijn hierbij voor hittebelasting ISO 7243 [32] en ISO/DP 7933 [33], voor koudebelasting ISO/TC 159/SC 5/GT 1/ 90 [34], voor gematigde klimaten ISO/DIS 7730 [35] en voor metingen ISO/DIS 7726 [36]. Verder komen de werkdocumenten ISO/TC 159/SC 5/N 57F [37] (metabolisme) en ISO/TC 159/SC 5/GT 1/91 [38] (kleding) kort aan de orde.

Tabel 10 ISO-documenten met hun aandachtsgebied en de stand van zaken

Aandachtsveld van de normen			Documentcode	Titel van het document	Stand van zaken per 1/10/1983
Vaststelling van de thermische omgeving	Vaststelling van de thermische belasting in hete klimaten	Vereenvoudigde methode	ISO 7243	Hete klimaatomstandigheden - Bepaling van de hittebelasting van werkende mensen, gebaseerd op de WBGT-index (natuurlijke natte luchttemperatuur en zwarte bol-temperatuur)	Gepubliceerde ISO-norm
		Uitgebreide methode	ISO/DP 7933	Hete klimaatomstandigheden - Analytische bepaling van de thermische belasting (benodigde zweetverdamping)	Voor-ontwerp van ISO-normen goedgekeurd door stemming van het subcomité. Aanstaande fase: internationale stemming
	Vaststelling van het comfort		ISO/DIS 7730	Gematigde thermische klimaatomstandigheden - Bepaling van de indices PMV en PPD en omschrijving van de voorwaarden voor thermisch comfort	Geaccepteerde ISO-norm (aankleding van de vorm en publikatie van de boodschap)
	Vaststelling van de thermische belasting in koude klimaten		ISO/TC 159/SC 5/GT1/90	Koude omgevingen - Bepaling van de benodigde kledingisolatie en de WCI	Werkdocument
	Hulpnormen bij het gebruik van de voorgaande normen	Bepaling van het metabolisme	ISO/TC 159/SC 5/N 57	Bepaling van het metabolisme	Voor-ontwerp aanvaard door het subcomité - Internationale stemming in voorbereiding
		Schatting van de kledingisolatie	ISO/TC 159/SC 5/GT1/91	Bepaling van de thermische eigenschappen van kledingensembles	Werkdocument
		Apparatuur en methoden voor meting van fysische grootheden	ISO/DIS 7726	Klimaatomstandigheden - Specificaties met betrekking tot apparatuur en methoden voor het meten van de fysische eigenschappen van de omgeving	Geaccepteerde ISO-norm (aankleding van de vorm en publikatie van de boodschap)
Vaststelling van het fysiologisch effect van het klimaat			ISO/TC 159/ SC5/GT1/105	Bepaling van het thermisch effect door fysiologische metingen	Werkdocument
Persoonlijke schatting van het klimaat (comfort- en belastingsschaal)			/	Document in voorbereiding	Werkdocument
Normalisatie van de gebruikte grootheden en eenheden op klimaatgebied			ISO/TC 159/ SC5/GT1/100	Thermisch klimaat - Grootheden en eenheden	Werkdocument

4.2 OVERWEGINGEN BIJ DE KLIMAATGRENZEN

Voor warmtebelasting wordt in ISO 7243 als overweging genoemd dat bijna alle mensen aan de gehanteerde niveaus kunnen worden blootgesteld zonder enig schadelijk effect, uitgaande van gezonde mensen. Er wordt nog aan toegevoegd dat het hanteren van gezondheid als criterium geenszins andere criteria zoals een verhoogde kans op ongevallen verwerpt.
In ISO/DP 7933 wordt als overweging genoemd het zorgen voor "de afwezigheid van ziekteverschijnselen".
Voor koudebelasting wordt niet expliciet een algemene overweging genoemd in ISO/TC 159/SC 5/GT 1/90.
In het algemeen mag men wel stellen dat de ISO-documenten met betrekking tot thermische belasting het tegengaan van nadelige effecten op de gezondheid als uitgangspunt hebben. Dit is althans uit de gestelde fysiologische criteria op te maken.
Naast deze documenten voor thermische belasting is er het document voor comfort (ISO/DIS 7730), geheel gebaseerd op het werk van Fanger. Het uitgangspunt is hier het voorkomen van hinder.
De ISO blijkt dus een duidelijke tweedeling tussen belasting en hinder te geven. Voor beide situaties wil men eenduidige dosis-effect-relaties, bepalingsmethoden en grenswaarden stellen. Een landelijke overheid dient zelf uit te maken welke situaties in de categorie belasting en welke in de categorie comfort dienen te vallen.
Daarnaast wil de ISO geenszins het stellen van aanvullende grenswaarden op andere overwegingen verwerpen.

4.3 FYSIOLOGISCHE CRITERIA VOOR THERMISCHE BELASTING

De grenswaarden waaraan de volgens ISO 7243 gemeten WBGT-waarden worden getoetst zijn gebaseerd op een maximum toegestane rectaaltemperatuur van 38°C.
Bij de uitgebreidere methode voor beoordeling van warme klimaten volgens ISO/DP 7933 zijn de fysiologische criteria:

- maximale stijging van de lichaamstemperatuur met 0,8 à 1,0 K;
- maximaal gewichtsverlies aan vocht van 4 à 6% van het lichaamsgewicht.

De criteria voor warmtebelasting zijn dus beperking van de verstoring van het warmte-evenwicht van het lichaam en voorkomen van uitdroging.
De criteria voor koudebelasting zijn eveneens beperking van de verstoring van het warmte-evenwicht van het lichaam en verder voorkomen van plaatselijke bevriezing en beperken van de zweetverdamping tot een minimum. Dit laatste omdat de isolatiewaarde van vochtige kleding drastisch terugloopt en na inspanning de afkoeling te groot zou kunnen worden (document ISO/TC 159/SC 5/GT 1/90). In getalwaarden komen de criteria voor koude op het volgende neer:

- Bij herhaalde blootstelling daling van de lichaamstemperatuur tot waarden tussen 36 en 37°C. Dit komt overeen met een vermindering van de warmte-inhoud van het lichaam met 140 kJ/m^2 (40 Wh/m^2).
- Bij incidentele blootstelling (uitzonderings- en noodsituaties) een daling van de lichaamstemperatuur met maximaal 2 K, overeenkomend met een verminderde warmte-inhoud van 270 kJ/m^2 (75 Wh/m^2).
- "Wettednessfactor" (= optredende vochtverdamping via de huid gedeeld door de maximum vochtverdamping) maximaal 0,06. Dit komt overeen met uitsluitend huidbevochtiging door diffusie.
- Minimum huidtemperatuur 30°C bij herhaalde blootstelling en 28°C bij incidentele blootstelling.

De genoemde getalwaarden hebben uitsluitend betrekking op beperking van onderkoeling. Voor plaatselijke bevriezing van lichaamsdelen wordt een toetsing met de Wind Chill Index (WCI) genoemd. De relatie tussen de WCI en de kans op bevriezing is empirisch vastgesteld. Een duidelijke fysiologische grens wordt daarom niet genoemd.

4.4 GRENSWAARDEN AAN HET KLIMAAT

In ISO 7243 worden de in tabel 11 vermelde grenzen voor WBGT-waarden genoemd.

Tabel 11 Grenzen voor WBGT-waarden volgens ISO 7243

metabolisme klasse	metabolisme, M		grenswaarde voor WBGT			
	per eenheid van huidoppervlak W/m²	totaal (voor een gem. huidoppervlak van 1,8 m²) W	geacclimatiseerde personen °C		niet-geacclimatiseerde personen °C	
0 (rust)	M < 65	M < 117	33		32	
1	65 < M < 130	117 < M < 234	30		29	
2	130 < M < 200	234 < M < 360	28		26	
3	200 < M < 260	360 < M < 468	geen voelbare luchtbeweging 25	voelbare luchtbeweging 26	geen voelbare luchtbeweging 22	voelbare luchtbeweging 23
4	M > 260	M > 468	23	25	18	20

In ISO/DP 7933 worden geen grenswaarden genoemd. Dit is begrijpelijk omdat de toetsing impliciet gebeurt. Het betreft namelijk een berekeningsmethode met als uitkomst de verhouding tussen de voor warmte-evenwicht benodigde warmte-afgifte door zweten en de in de situatie maximaal mogelijke warmte-afgifte door verdamping. De berekende factor is een maat voor de belasting die men ondergaat. Is de factor groter dan 1, dan is er sprake van overbelasting. In dat geval wordt de berekeningsmethode uitgebreid met de berekening van een maximale blootstellingsduur.

Ondanks het feit dat de berekeningsmethode dus steeds direct een interpretatie van de klimaatsituatie geeft worden in ISO/DP 7933 toch een aantal richtwaarden genoemd voor fysiologische grootheden als de warmte-opslag, de temperatuurverhoging, de zweetafscheiding en de huidvochtigheid. De richtwaarden zijn een toevoeging die niet tot de officiële (ontwerp)norm behoren.

Een vergelijkbare aanpak wordt in ISO/TC 159/SC 5/GT 1/90 voorgesteld voor koudebelasting. Hier wordt als belastingsfactor de benodigde kledingisolatie berekend. Voor het geval de kledingisolatie is begrensd wordt de maximale blootstellingsduur berekend. Ook hier worden vanwege de directe interpretatie van het klimaat niet expliciet grenswaarden genoemd.
Voor plaatselijk bevriezingsgevaar wordt de Wind Chill Index (WCI) berekend met de formule:

$$WCI = 1{,}16\ (10{,}45 + 10\sqrt{v} - v)\ (33 - t_a) \qquad (6)$$

waarin: WCI = Wind Chill Index [W/m^2]
v = luchtsnelheid [m/s]
t_a = luchttemperatuur [°C].

In tabel 12 worden de bij verschillende waarden van WCI horende kwalificaties gegeven.
De grens voor bevriezingsgevaar blijkt bij WCI = 1600 W/m^2 te liggen.

Tabel 12 Effecten van koude klimaten uitgedrukt in de Wind Chill Index

Wind Chill Index (WCI) [W/m^2]	Effect
200	aangenaam
500	koel
900	koud
1100	erg koud
1400	bitter koud
1600	blote delen bevriezen
2900	ontoelaatbaar

Voor het beoordelen van gematigde klimaten wordt in ISO/DIS 7730 eigenlijk alleen de methode genormeerd. Waar men de grenswaarden stelt wordt min of meer vrij gelaten. Er wordt in een niet tot de officiële (ontwerp)norm behorende annex wel een voorkeur uitgesproken. Deze voorkeur houdt in een maximaal klachtenpercentage (PPD) van 10%, ofwel $-0,5 < PMV < +0,5$. Op welke operatieve temperaturen dit neerkomt, afhankelijk van activiteit en kleding, wordt daarnaast nog aangegeven. Verder wordt nog een aantal aanvullende eisen gesteld. Deze zijn voor lichte arbeid in een wintersituatie:

- Een maximaal temperatuurverschil tussen 0,1 en 1,1 m boven de vloer van 3 K.
- Een oppervlaktetemperatuur van de vloer tussen 19 en 26°C. Bij vloerverwarmingssystemen mag worden ontworpen op 29°C.
- Een gemiddelde luchtsnelheid van maximaal 0,15 m/s.
- De stralingstemperatuurasymmetrie van ramen of andere koude vlakken moet minder dan 10 K zijn, in relatie tot een kleine verticale schijf 0,6 m boven de vloer.
- De stralingstemperatuurasymmetrie van een warm plafond moet minder dan 5 K zijn, in relatie tot een kleine horizontale schijf 0,6 m boven de vloer.

De aanvullende eisen voor een zomersituatie zijn:

- Een maximaal temperatuurverschil tussen 0,1 en 1,1 m boven de vloer van 3 K.
- Een gemiddelde luchtsnelheid van maximaal 0,25 m/s.

4.5 MEETMETHODEN

De norm ISO 7243 handelt over de vaststelling van de WBGT-index. Er worden de reeds eerder genoemde formules voor de berekening van de WBGT genoemd:

$$WBGT = 0{,}7\ t_n + 0{,}3\ t_g \quad . \ . \ . \ . \qquad (1)$$

voor binnen en buiten zonder zon.

$$WBGT = 0{,}7\ t_n + 0{,}2\ t_g + 0{,}1\ t_d \quad . \ . \ . \ . \ . \qquad (2)$$

voor buiten met zon.

Hierin is:

t_n = natuurlijke natte luchttemperatuur

t_g = globetemperatuur, bepaald met de zwarte bol

t_d = droge luchttemperatuur.

Om tijdvariaties uit te middelen wordt een op de eerder genoemde formule (3) lijkende formule genoemd:

$$\bar{p} = \frac{(p_1 \times t_1) + (p_2 \times t_2) + \ . \ . \ . \ . \ . \ + (p_n \times t_n)}{t_1 + t_2 \quad + \ . \ . \ . \ . \ . \ + \ t_n} \qquad (7)$$

Hierin is p een in de tijd variërende parameter zoals bijvoorbeeld WBGT, het metabolisme of de globetemperatuur. De parameter p_1, p_2, ... , p_n houdt zijn waarde gedurende de tijd t_1, t_2 . . . . . , t_n. De bepaling van het gemiddelde dient over een totale tijdsduur van een uur plaats te vinden, zodat $t_1 + t_2 + \ . \ . \ . \ . \ . \ + t_n = 1$ uur. Om de variaties naar plaats uit te middelen wordt formule (8) genoemd:

$$WBGT = \frac{WBGT_{hoofd} + (2 \times WBGT_{romp}) + WBGT_{enkels}}{4} \qquad (8)$$

Voor staande personen dienen $WBGT_{hoofd}$, $WBGT_{romp}$ en $WBGT_{enkels}$ op respectievelijk 1,7 m, 1,1 m en 0,1 m hoogte te worden gemeten.

Voor zittende personen zijn de afstanden respectievelijk 1,1 m, 0,6 m en 0,1 m. Als uit metingen op vergelijkbare plaatsen blijkt dat de verschillen tussen de op de genoemde hoogten gemeten waarden kleiner dan 5% zijn, dan kan worden volstaan met één enkele meting op romphoogte.
Voor een snelle indicatie omtrent de warmtebelasting op een arbeidsplaats is het voldoende één meting uit te voeren op de plaats en tijd waar respectievelijk wanneer de warmtebelasting maximaal is.

Voor wat betreft de metingen zelf worden de reeds eerder genoemde natuurlijke natte-luchttemperatuursensor, de globetemperatuursensor en de meting van de luchttemperatuur genoemd. Hierna worden de gegeven specificaties voor de apparatuur genoemd.

Natuurlijke natte-luchttemperatuur:

- De waarde wordt aangegeven door een temperatuursensor bedekt met een bevochtigd kousje. Er vindt geen geforceerde omstroming met lucht plaats.
- De vorm van het gevoelige deel van de sensor is cylindrisch; uitwendige diameter 6 ± 1 mm; lengte 30 ± 5 mm.
- Meetbereik 5 tot 40°C.
- Meetnauwkeurigheid ± 0,5 K.
- Het sokje dient wit te zijn en van een sterk absorberend materiaal, bijvoorbeeld katoen. Het sokje moet zijn geweven in de vorm van een huls die precies over de sensor past. Te strak of te slap beïnvloedt de meetnauwkeurigheid. Het kousje dient schoon gehouden te worden.
- Behalve het gehele gevoelige deel van de thermometer dient ook 20 mm van de steel, die eenzelfde diameter moet hebben, door het sokje bedekt te zijn. Aan de onderzijde dient het sokje uit te steken. Een stuk van 20 tot 30 mm zal vrij in de lucht hangen. Het onderste gedeelte dient in een waterreservoir te hangen.
- Het waterreservoir dient voor straling zodanig te zijn afgeschermd dat de temperatuur van het water hierin niet wordt beïnvloed.

Globethermometer:

- De globetemperatuur is de temperatuur aangegeven door een sensor geplaatst in het midden van een bol.
- Boldiameter is 150 mm.
- Gemiddelde emissiecoëfficiënt is 0,95 (mat zwart).
- Dikte is zo dun mogelijk.
- Meetbereik van de sensor is van 20 tot 120°C.
- Meetnauwkeurigheid is bij 20 tot 50°C ± 0,5 K, bij 50 tot 120°C ± 1 K.

Luchttemperatuur:

- Elk geschikt type sensor is toegestaan.
- De sensor moet voor straling zijn afgeschermd, zonder dat de omstroming wordt beïnvloed.
- Meetbereik is van 10 tot 60°C.
- Meetnauwkeurigheid is ± 1 K.

Voor meting van de natuurlijke natte-luchttemperatuur en de globetemperatuur mag elk instrument worden gebruikt dat overeenkomstige waarden geeft.
Voor de meetduur worden geen waarden genoemd omdat dit mede afhankelijk is van wel of niet gebruiken van alle sensoren op elke meetplaats.

Voor de toetsing van de WBGT-waarden dient het metabolisme te worden vastgesteld. Men geeft aan dat hiervoor een internationale norm in voorbereiding is (ISO/TC 159/SC 5/N 57F). Het metabolisme kan worden vastgesteld door meting van de zuurstofopname van een arbeider of door schatting met behulp van referentietabellen. Vanwege het indicatieve karakter van de WBGT-index is een schatting voldoende. Bij voorkeur dienen schattingen te worden uitgevoerd door mensen die hierin bedreven zijn. Ontbreken referentiewaarden dan mag een grove indeling in hoofdgroepen worden toegepast, te weten: rust, geringe activiteit, middelmatige activiteit, zware activiteit en zeer zware activiteit.
Tabel 1 van ISO 7243 geeft voorbeelden van activiteiten ingedeeld in deze hoofdgroepen.

Met betrekking tot de invloed van kleding wordt een aparte notitie gegeven in ISO 7243. Er wordt vermeld dat de grenswaarden zijn gebaseerd op een kledingisolatie van 0,6 clo. Men noemt dit een standaard werkkleding. Deze kleding is lucht- en dampdoorlatend. Is er sprake van afwijkende kleding dan dient een aanpassing van de grenswaarden te worden overwogen. Men vermeldt dat in het algemeen gebruik van niet-dampdoorlatende kleding een verlaging van de grenswaarden vereist. Anderzijds kan het dragen van reflecterende kleding een verhoging van de grenswaarden inhouden. Men raadt aan een specialist te raadplegen om dergelijke bijstellingen van grenswaarden te doen. Over de voorbereiding van een norm op dit gebied (ISO/TC 159/SC 5/GT 1/91) wordt (nog?) niet gesproken.

In een niet tot de norm behorende annex worden verder nog richtwaarden gegeven voor grenswaarden bij arbeid afgewisseld met rustperioden. Het zijn uitsluitend richtwaarden omdat men er vanuit gaat dat op de rustplaats nagenoeg dezelfde WBGT-waarde is als op de arbeidsplaats. Verder geeft de annex een voorbeeld voor een acclimatisatieprocedure.

Tot de norm behoort wel het opstellen van een evaluatierapport. Hierin worden meetgegevens opgenomen zoals plaats, tijd en uitvoerder van de metingen, gedetailleerde meet- of schattingsresultaten en gemiddelde WBGT-waarden met bijbehorende grenswaarden.
Tot zover de meetmethode voor de uitvoering van ISO 7243.

Gaat men over op de uitgebreidere analysemethode voor warme klimaatsituaties (ISO/DP 7933) dan zijn andere metingen noodzakelijk. Principe van de methode is namelijk het opstellen van een warmtebalans van het lichaam. De hiervoor benodigde gegevens zijn: de luchttemperatuur, de stralingstemperaturen van afzonderlijke vlakken of bij niet te grote onderlinge verschillen de gemiddelde stralingstemperatuur, de luchtsnelheid ten opzichte van de werknemer (relatieve luchtsnelheid) en de dampspanning van de lucht.
Ook voor de evaluatie van koude belastende situaties (ISO/TC 159/SC 5/GT 1/90) worden warmtebalansen opgesteld. Verder dient de Wind Chill Index te kunnen worden bepaald. Dit betekent dat ook hier de luchttemperatuur, de gemiddelde stralingstemperatuur, de luchtsnelheid en de dampspanning bekend moeten zijn.
Hetzelfde geldt voor gematigde klimaten (ISO/DIS 7730). In al deze documenten wordt in tegenstelling tot ISO 7243 (WBGT-bepaling) niet ingegaan op de

meting van de klimaatgegevens die als invoergegeven voor een nadere analyse dienen. Hiervoor is namelijk ISO/DIS 7726 bedoeld. Deze (ontwerp)norm houdt zich uitgebreid bezig met de specificatie van meetmethoden en de toepassing hiervan.

Het doel van ISO/DIS 7726 is het normaliseren van het verkrijgen van informatie om één van de voorgestelde klimaatindices te bepalen.
In de specificaties voor de meetmethoden wordt onderscheid gemaakt tussen behaaglijk (C-specificatie) en belastende (S-specificatie) situaties.
Verder wordt onderscheid gemaakt tussen de basisgrootheden voor het klimaat en de afgeleide grootheden.
De behandelde basisgrootheden zijn:

- luchttemperatuur in K of °C;
- gemiddelde stralingstemperatuur en stralingstemperatuurasymmetrie in K of °C;
- absolute luchtvochtigheid uitgedrukt in kPa;
- luchtsnelheid in m/s.

In tabel 13 is aangegeven op welke post in de warmtebalans van het lichaam de basisgrootheden van invloed zijn. Ook voor de overige invloedsfactoren kleding, metabolisme en mechanisch rendement wordt dit aangegeven.

Tabel 13 Relatie tussen de basisgrootheden van het klimaat en de warmtebalans van het lichaam (ontleend aan ISO/DIS 7726)

	Parameters						
	t_a	t_r	V_a	Pa	I_{cl}	M	r
Post in de warmtebalans van het lichaam	Lucht-temperatuur	Gemiddelde stralings-temperatuur	Lucht-snel-heid	Absolute luchtvoch-tigheid (partiële waterdamp-druk)	Kleding-isolatie	Metabo-lisme	Mechanisch arbeids-rendement van het lichaam
Interne warmte-produktie, H						x	x
Warmte-overdracht door straling, R		x			x		
Warmte-overdracht door convectie, C	x		x		x		
Warmteverliezen door verdamping:							
- vochtverdamping via de huid, E_{sk}			x	x	x		
- vochtverdamping via de ademhaling, E_{ve}				x		x	

Als afgeleide klimaatgrootheden worden genoemd:

- Natuurlijke natte-luchttemperatuur, afhankelijk van luchttemperatuur, -snelheid en -vochtigheid en de stralingstemperatuur. De grootheid moet niet worden verward met de psychrometrische natte-luchttemperatuur.
- De globe- of zwarte boltemperatuur, afhankelijk van de luchttemperatuur en -snelheid en de stralingstemperatuur.
- De WBGT, als combinatie van de natuurlijke natte-luchttemperatuur, de globetemperatuur en bij zon de droge luchttemperatuur.

- De natte-globetemperatuur (Botsball), afhankelijk van de luchttemperatuur, -snelheid en -vochtigheid en de stralingstemperatuur. Dit is de temperatuur in het midden van een holle bol van 60 mm diameter, bedekt met een nat, zwart doek.

Van de genoemde basisgrootheden en afgeleide grootheden voor het klimaat worden verdere specificaties gegeven. Voor zover deze gegevens niet al bij de bespreking van ISO 7243 aan de orde zijn gekomen worden ze hierna samengevat.

Voor meting van de luchttemperatuur worden geen bijzonderheden gemeld. Er wordt wel in een annex, die geen onderdeel uitmaakt van de officiële (ontwerp)norm, nader op ingegaan.

Van de gemiddelde stralingstemperatuur wordt eerst een definitie gegeven. Als veel gebruikt instrument wordt de zwarte bolthermometer genoemd. Er wordt gewezen op de mede-afhankelijkheid van de luchttemperatuur en -snelheid. De nauwkeurigheid wordt hierdoor nadelig beïnvloed afhankelijk van de klimaatomstandigheden. In een annex wordt aangegeven welke fouten kunnen worden gemaakt. De zwarte bolthermometer wordt daarom alleen geschikt geacht voor een globale bepaling van de gemiddelde stralingstemperatuur. Een ellipsoïde-vormige sensor wordt meer in overeenstemming geacht met de menselijke vorm. Als alternatieve methoden worden toepassing van radiometers en een constante-temperatuurmethode (zie hierna bij stralingsasymmetrie) en berekening van de gemiddelde stralingstemperatuur uit de oppervlaktetemperaturen van omgevende vlakken genoemd.
Ook hierop wordt in de annex nader ingegaan.

Stralingsasymmetrie wordt eveneens genoemd. Het wordt gedefinieerd als het verschil in stralingstemperaturen van beide zijden van een kleine platte schijf. In wezen gaat het om de gemiddelde stralingstemperatuur voor één richting. De toepassing wordt aanbevolen bij duidelijke verschillen in stralingsintensiteit in een ruimte. Als meetinstrumenten worden twee typen radiometers genoemd. Bij het ene type wordt de warmtestroom tussen beide zijden van een zwarte schijf gemeten als maat voor de stralingsasymmetrie. Bij het andere type worden een absorberende en een reflecterende schijf verwarmd.

De reflecterende schijf verliest uitsluitend door convectie minder warmte dan de absorberende schijf door convectie plus straling. Het verschil in warmtestromen voor het handhaven van gelijke temperaturen van schijven is een maat voor de stralingsuitwisseling in een bepaalde richting. Door de meting met de schijven in een andere stand te herhalen kan de stralingsasymmetrie worden vastgesteld. Als derde mogelijkheid wordt de berekening van de stralingsasymmetrie uit de oppervlaktetemperaturen van de omgevende vlakken genoemd. Ook op de stralingsasymmetrie wordt in een annex nader ingegaan.

De absolute luchtvochtigheid wordt als meest karakteriserende grootheid voor de vochtigheid van de lucht aanbevolen boven grootheden als de relatieve vochtigheid of het verzadigingspunt die mede afhankelijk zijn van de temperatuur. Als maat wordt de partiële waterdampdruk genoemd, zijnde de druk die in een onvervormbare ruimte zou heersen waaruit alle lucht zou worden verwijderd en alleen het water zou achterblijven. Door toepassing van condensatie of elektrolyse kan de absolute vochtigheid direct worden bepaald.
Indirecte bepaling kan plaatsvinden door meting van een combinatie van grootheden zoals de relatieve vochtigheid en de temperatuur of de droge en de psychrometrische natte-luchttemperatuur. De psychrometer wordt nog apart genoemd als instrument dat aan de nauwkeurigheidseisen van de norm voldoet. Ook op vochtigheidsmetingen wordt in een annex nader ingegaan.

Van de luchtsnelheid wordt naast de intensiteit ook de richting genoemd. Hoofdstroomrichtingen kunnen met rook zichtbaar worden gemaakt. Snelheidsmeters worden onderscheiden in twee klassen: richting-afhankelijke en richting-onafhankelijke meters. Bij gebruik van richting-afhankelijke meters dienen de snelheidscomponenten in drie loodrecht op elkaar staande richtingen te worden bepaald. Als richting-onafhankelijke meter wordt de warme bolanemometer genoemd. Als richting-afhankelijke meters worden de vleugelrad-en hittedraadanemometer genoemd. In verband met het normaliter optreden van sterke schommelingen in de luchtsnelheid wordt aanbevolen in koude en gematigde klimaten tevens de fluctuaties te meten. In warme klimaten kan met de gemiddelde snelheid worden volstaan. Ook op snelheidsmetingen wordt in een annex nader ingegaan.

Van de afgeleide klimaatgrootheden worden eveneens nadere specificaties gegeven. Deze komen in hoofdlijnen overeen met de reeds eerder in dit hoofdstuk behandelde specificaties, ontleend aan ISO 7243. Een nadere beschrijving vindt in de annexen plaats.

De meetbereiken, meetnauwkeurigheden en meetsnelheden voor bepaling van de genoemde basisgrootheden en afgeleide grootheden worden in tabel 14 genoemd. Elk meetinstrument dat niet is genoemd, doch waarmee aan de specificaties van tabel 14 kan worden voldaan mag eveneens worden toegepast.
Tenslotte wordt in ISO/DIS 7726 nog een nadere specificatie van de meetprocedure gegeven om variaties naar plaats en tijd voldoende vast te leggen.

Op invloedsfactoren als het metabolisme en de isolatiewaarde van kleding wordt in ISO/DIS 7726 niet ingegaan. Hiervoor zijn twee aparte normen in voorbereiding. Beide zijn thans nog werkdocument. Het metabolisme komt aan de orde in ISO/TC 159/SC 5/N 57 F. De kleding komt aan de orde in ISO/TC 159/SC 5/GT 1/91. Voor het metabolisme wordt gesproken over drie niveaus van vaststelling, afhankelijk van de nauwkeurigheid (zie tabel 15). Eenzelfde soort graduatie wordt toegepast bij de bepaling van de kledingeigenschappen. Het betreffende werkdocument behandelt achtereenvolgens:

- Schatting van de isolatiewaarde van een kledingcombinetie aan de hand van tabellen gebaseerd op metingen met een verwarmde pop.
- Schatting door sommatie van de isolatiewaarden van afzonderlijke kledingstukken.
- Standaardmetingen met een verwarmde pop.
- Metingen van de thermische isolatie van kleding aan personen.
- Metingen van het door kleding bedekte huidgedeelte.
- Correcties voor activiteit.
- Bepaling van de waterdampdoorlatendheid van kleding.

Tabel 14 Specificaties van meetinstrumenten

		Klasse C (comfort)			Klasse S (belasting)			
Parameter	Symbool	Meetbereik	Nauwkeurigheid	Responsietijd (99%)	Meetbereik	Nauwkeurigheid	Responsietijd	Commentaar
Luchttemperatuur	t_a	10 tot 30°C	Specificatie: ± 0,2 K Wenselijk : ± 0,1 K Deze nauwkeurigheid moet zelfs voor een afwijking van $\bar{t}_r - t_a$ van tenminste 10 K gegarandeerd zijn.	Zo kort mogelijk. De karakteristieke waarde van het instrument dient te worden gespecificeerd.	-40 tot +120°C	Als bij klasse C, echter: Specificatie: ± 0,5 K Wenselijk : ± 0,2 K	Zie bij klasse C.	De luchttemperatuursensor moet effectief beschermd zijn voor de straling van hete of koude vlakken. Een indicatie van de gemiddelde waarde over een periode van 1 min. is ook gewenst.
Gemiddelde stralingstemperatuur	$\bar{t}_r$	10 tot 40°C	Specificatie: ± 2 K Wenselijk : ± 0,2 K Deze nauwkeurigheden zijn moeilijk of zelfs onmogelijk te bereiken met de normaal beschikbare apparatuur. In dat geval dient de werkelijke nauwkeurigheid te worden opgegeven.	Zo kort mogelijk. De karakteristieke waarde van het instrument dient te worden gespecificeerd.	-40°C tot +150°C	Als bij klasse C, echter: Specificatie: ± 5 K Wenselijk : ± 0,5 K	Zie bij klasse C	Als de meting is uitgevoerd met een zwarte bol kan de onnauwkeurigheid in de gemiddelde stralingstemperatuur oplopen tot ± 5 K voor klasse C en ± 20 K voor klasse S, afhankelijk van het klimaat en de onnauwkeurigheid van V_a, t_a en en t_g.
Stralingstemperatuur asymmetrie	Δt_{pr}	0 tot 20 K	Specificatie: ± 1 K Wenselijk : ± 0,5 K	Zo kort mogelijk. De karakteristieke waarde van het instrument dient te worden gespecificeerd	0 tot 200 K	Specificatie: 0 tot 20 K: ± 2 K 20/200 K: ± 0,1 Δt_{pr} Wenselijk: 0 tot 20 K: ± 1 K 20/200 K: ± 0,05 Δt_{pr}	Zie bij klasse C	
Luchtsnelheid	V_a	0,05 tot 1 m/s	Specificatie: ±(0,05 + 0,05 V_a) m/s Wenselijk: ±(0,02 + 0,07 V_a) m/s Deze nauwkeurigheden moeten gegarandeerd zijn, ongeacht de stromingsrichting binnen een hoek van $\omega = 3\pi$ sr	Specificatie: 2 s Wenselijk: 1 s	0,2 tot 10 m/s	Als bij klasse C, echter: Specificatie: ±(0,1 + 0,05 V_a) m/s Wenselijk: ±(0,05 + 0,05 V_a) m/s	Als bij klasse C, echter: in koude omgevingen $\theta < 0,5$ s	Behalve in het geval van een gerichte stroming, moet de luchtsnelheidssensor de effectieve snelheid meten onafhankelijk van de richting. Een indicatie van de gemiddelde waarde over een periode van 1 min. is ook gewenst. De turbulentiegraad is een belangrijke parameter bij comfortproblemen. Aanbevolen wordt deze te bepalen. In koude omgevingen wordt aanbevolen de specificaties van klasse C aan te houden, ongeacht het type analyse (comfort of belasting).

Tabel 14 Specificaties van meetinstrumenten (vervolg)

		Klasse C (comfort)			Klasse S (belasting)			
Parameter	Symbool	Meetbereik	Nauwkeurigheid	Responsietijd (99%)	Meetbereik	Nauwkeurigheid	Responsietijd	Commentaar
Absolute vochtigheid	P_a	0,5 tot 2,5 kPa	± 0,15 hPa De nauwkeurigheid moet zelfs voor lucht- en wandtemperaturen gelijk aan of groter dan 30°C en voor een verschil van $\bar{t}_r - t_a$ van tenminste 10 K gegarandeerd worden.	Zo kort mogelijk. De karakteristieke waarde van het instrument dient te worden gespecificeerd.	0,5 tot 6,0 kPa	Zie bij klasse C	Zie bij klasse C	
Natuurlijke natte-lucht-temperatuur	t_{nw}	Gebruik niet aanbevolen			0 tot 40°C	± 0,5 K	De karakteristieke waarde van het instrument dient te worden gespecificeerd.	Eigenschappen van de sensor vermelden.
Zwarte boltemperatuur	t_g	Gebruik niet aanbevolen			60 tot 100°C	± 0,5 K	Idem	Eigenschappen van de sensor vermelden.
Natte zwarte boltemperatuur (Botsball)	t_{wg}	Gebruik niet aanbevolen			0 tot 80°C	± 0,5 K	Idem	De meetnauwkeurigheid van de boltemperatuur voor bepaling van $\bar{t}_r$ is niet noodzakelijk hetzelfde als die voor meting van de boltemperatuur als een afgeleide waarde. Eigenschappen van de sensor vermelden.

Tabel 15 Bepaling van het metabolisme in verschillende niveaus

niveau	procedure	nauwkeurigheid	inspectie van de werkplek
I	A. grove indeling naar soort van activiteit B. indeling naar beroep	ruwe informatie met een grote kans op fouten	niet noodzakelijk
II	A. gebruik van voor groepen van handelingen vastgestelde tabellen B. gebruik van schattingstabellen voor specifieke activiteiten	begrensde kans op fouten nauwkeurigheid: 30%	noodzakelijk. bestuderen in de tijd
III	meting	mogelijkheid tot fouten binnen de grenzen van de meetnauwkeurigheid nauwkeurigheid: 10%	noodzakelijk. bestuderen in de tijd

Bij de normen voor gematigde en belastende klimaten zijn in verschillende mate, in de vorm van annexen, hulptabellen toegevoegd ter bepaling van het metabolisme en de kledingeigenschappen. In ISO/DIS 7730 (comfort) worden zowel voor het metabolisme als voor de kleding hulptabellen gegeven. In ISO 7243 (belasting; WBGT) is alleen voor het metabolisme een hulptabel gegeven. In ISO/TC 159/SC 5/GT 1/90 (koudebelasting) worden geen hulptabellen gegeven. Bij de toepassing van deze normen zal het gebruik van de aparte,

nog in voorbereiding zijnde normen voor metabolisme en kleding dus vaak gewenst zijn. Voor wat betreft de mogelijkheden om de invloed van het metabolisme en de kleding in de klimaatbeoordeling te betrekken zijn vooral de analytische methoden zeer geschikt. Elke willekeurige waarde is hier traploos in te vullen. Dit betreft dus alle normen die een klimaatbeoordeling geven, behalve ISO 7243.

Resumerend kan worden gesteld dat het pakket ISO-(ontwerp)normen, indien dit volledig is uitgewerkt, de mogelijkheid biedt alle klimaatgrootheden en invloedsfactoren afdoende vast te stellen. Ook voor de interpretatie van deze gegevens bieden de ISO-documenten afdoende mogelijkheden. Het blijft daarnaast mogelijk andere toetsingscriteria te stellen zonder dat de meet- en verwerkingsmethoden hoeven te worden aangepast.

4.6 VOORGESCHREVEN MAATREGELEN

De aanpak van de ISO-werkgroep is er niet op gericht om maatregelen voor te schrijven. Dit hangt samen met het feit dat men heeft getracht methoden aan te reiken die het aanpassen van de te stellen grenswaarden mogelijk maken, al naar gelang de criteria die de afzonderlijke landen stellen. Dit is voorstelbaar als men bedenkt dat de (buiten)klimaatomstandigheden en werkomstandigheden per land nogal kunnen variëren. De ISO-methoden trachten daarom in de eerste plaats een uniforme maat voor de hinder of belasting, die men door een klimaat ondervindt, te geven. Grenswaarden worden wel genoemd, doch dan vaak als een aanbeveling in een niet tot de officiële norm behorende annex.
De gehanteerde analytische maten voor warmte- en koudebelasting geven in de eerste plaats aan of het warmte-evenwicht van het lichaam kan worden gehandhaafd. Is dit niet het geval, dan wordt uitgaande van de aanbevolen criteria berekend wat de maximale blootstellingstijd mag zijn. Verder is het bijvoorbeeld mogelijk om optimale combinaties van kleding en blootstellingstijd te bepalen.
Bij warmte wordt behalve een analytische maat een methode gepropageerd die gebruik maakt van de klimaatindex WBGT. Deze methode is vooral bedoeld om een snelle indicatie van de klimaatbelasting te kunnen krijgen. Ook hiermee is het globaal mogelijk arbeid/rustverhoudingen vast te stellen. Daarnaast geeft men bij deze methode een methode voor acclimatisatie aan warmte.

4.7 ONTWIKKELINGEN

Het is niet duidelijk welke ontwikkelingen zich, naast de uitwerking van het lopende programma, op klimaatgebied afspelen. Het klimaat maakt onderdeel uit van het aandachtsgebied "ergonomie" waarin ook andere belastende aspecten van de arbeid aan de orde komen. Wellicht komen hieruit nog documenten waarin het klimaat meer algemeen of meer geïntegreerd aan de orde komt. Verder zou het niet ondenkbaar zijn dat bijvoorbeeld op het gebied van de maatregelen in de toekomst nog normalisatie zou worden verricht. In ieder geval lijkt het zinvol de ontwikkelingen in het huidige en eventuele toekomstige aandachtsgebieden te volgen.

5. ONDERLINGE VERGELIJKING VAN LANDELIJKE BEPALINGEN EN ISO-DOCUMENTEN

5.1 ALGEMEEN

De gegevens worden op de aspecten die bij de verschillende landen en in de ISO-documenten nader zijn beschouwd onderling vergeleken. Deze vergelijking is weergegeven in tabel 16. De tabel is een uittreksel van de voorgaande hoofdstukken waarin dezelfde volgorde is aangehouden.
Alle hoofdaandachtspunten passeren in dit hoofdstuk nog de revue. Daarbij worden onder andere de in de tabel toegepaste kwalificaties toegelicht.
Tenslotte wordt een onderlinge vergelijking van het totaal aan aspecten gegeven. Hierbij worden de in het kader van dit onderzoek belangrijkste aspecten, namelijk die betrekking hebben op de meet- en interpretatiemethoden, het zwaarst gewogen.

5.2 VERGELIJKING VAN DE VASTLEGGING EN STATUS VAN KLIMAATBEPALINGEN

In de meeste landen hebben de klimaatbepalingen enige wettelijke status of is een en ander in voorbereiding. Vrijwel algemeen wordt een tweedeling toegepast. Enerzijds heeft men een beperkte, in algemene, kwalitatieve termen omschreven wettelijke vastlegging. Anderzijds is er een in aanvullende, soms ook wetskracht bezittende bepalingen, vastgelegde nadere specificatie. De specificatie gebeurt in een land als Japan bijvoorbeeld zo gedifferentieerd dat het bij wijze van spreken onderdeel uitmaakt van het CAO-overleg. De algemene indruk is dat landen als Duitsland en Zweden in hun wetgeving tamelijk "up to date" zijn en dat de wetgeving van een land als Groot-Brittannië duidelijk is verouderd.

Tabel 16 Overzicht van verschillende landelijke klimaatbepalingen en ISO-documenten

				BELGIË	DUITSLAND	GROOT BRITTANIË	FRANKRIJK	ZWEDEN
VASTLEGGING/STATUS	wet	kwalitatief		x	x	x	?	?
		kwantitatief		x	bondsstaat/indust.tak	industrietak	?	?
	aanvullende bepalingen, normen of richtlijnen			toelichting van arbeidsinspectie	richtlijnen, I norm II in overeenkomst met ISO	in voorbereiding I bij arbeidsinspectie	normen gelijk aan ISO	richtlijnen van arbeidsinspectie gebaseerd op wet
OVERWEGINGEN				beperking van gevaar, schade en hinder	gezond en draaglijk klimaat	redelijke temp. geïnterpreteerd als voorkomen gezondheidsrisico's		bevredigend klimaat; beperking van prestatievermindering, aantal ongelukken en gezondheidsschade
FYSIOLOGISCHE CRITERIA	maximum	lichaamstemp.		38°C	38,5°C II	38°C I		38°C
		zweet			500 g/h II			
		hartslag						
	minimum	lichaamstemp.				35°C I		
		huidtemp.(onderkoeling)						-1°C
		huidtemp.(bevriezing)						
GRENSWAARDEN KLIMAAT	temperatuur	minimum		12 à 20°C	12 à 21°C I	10 à 16°C II		t_o = 5 à 16°C
		maximum		25 à 30°C WBGT	26°C I	24°C II		WBGT 23 à 28/t_o 32
	straling	gemiddeld		in WBGT	via functie II			in WBGT en t_o
		asymmetrie						hor.5K/vert.10K I
	snelheid	maximum		0,5 m/s	0,15 m/s I		0,15 by 23°C; 0,25 by 26°C	
	vochtigheid	minimum		40% RV				15% RV I
		maximum		70% RV	80%,20°C/55%,26°C	natte bol 27°C III		50% RV I
MEET- EN VERWERKINGSMETHODE KLIMAAT	indices	warmte		WBGT	combinatie van afzonderlijke factoren	droge/natte temp.; arbeidsinsp. WBGT		operatieve temp. of WBGT
		kou		droge temp.	droge temp.	droge temp.		operatieve temp.
	verwerking invloedsfactoren	temperatuur	impliciet	++	++ II	++ I		++
			expliciet	++	++ II	++ I		++
		straling	impliciet	++	- II	++ I		++
			expliciet	--	++ II	-- I		++
		snelheid	impliciet	-	++ II	- I		-
			expliciet	+	++ II	+ I		++
		vochtigheid	impliciet	-	++ II	- I		-
			expliciet	++	++ II	++ I		++
		activiteit		+	++ II	+ I		+
		kleding		--	++ II	+ I		--
		individuele verschillen		--	-- II	-- I		--
	geschiktheid voor		belasting	als indicatie voldoende	goed II	als indicatie I voldoende		als indicatie voldoende
			hinder	onvolledig	methode goed, II geen criteria	onvolledig I		voldoende
VOORGESCHREVEN MAATREGELEN	algemeen of gespecificeerd			alg. spec.	alg. spec.	alg. spec.		alg. spec.
	arbeid/rust			x	x	x		
	persoonlijke bescherming			x	x	x		x
	technische maatregelen			x x	x	x x		x
	organisatorische maatr.					x		x
	medische controle maatr.			x	x			
ONTWIKKELINGEN	deelneming in	EEG		x	x	x	x	
		ISO		x	x	x	x	x
	verwerking in	wetten				aanpassing voorbereid		
		normen			ISO-resultaten		ISO-resultaten	
OPMERKINGEN					I Betreft richtlijnen als interpretatie van van de wet. II Betreft nieuwe norm.	I Betreft voorstel voor aanpassing van arbeidsinspectie. II Alleen keramische industrie. III Alleen vochtige industrieën.	In verband met normen gelijk aan ISO, zie verder ISO.	I Aanbeveling, geen voorschrift.

Tabel 16 Overzicht van verschillende landelijke klimaatbepalingen en ISO-documenten (vervolg)

		USA	JAPAN	NEDERLAND	ISO-DOCUMENTEN belasting	ISO-DOCUMENTEN hinder
VAST-LEGGING/ STATUS	wet kwalitatief	?	x	x		
	wet kwantitatief	?		X		
	aanvullende bepalingen, normen of richtlijnen	concept-voorschriften van arbeidsinspectie gebaseerd op wet	afspraken per industrietak	richtlijn van arbeids-inspectie voor koude	standaards, ontwerp-standaards en werkdocumenten	
OVER-WEGINGEN		gezond en veilig klimaat	gezond klimaat	veilig, gezond en draaglijk klimaat. Geen hinderlijke tocht	geen nadelige effecten op gezondheid. Overige overwegingen	beperken hinder Overige overwegingen
FYSIOLO-GISCHE CRITERIA	maximum lichaamstemp.	38°C		ΔT = +1 K	ΔT = +0,8 à 1,0 K	
	maximum zweet				4 à 6% van gewicht	
	maximum hartslag			125 per min.		
	minimum lichaamstemp.				36 à 37°C (ΔT = -2 K)	
	minimum huidtemp.(onderkoeling)				30°C (28°C)	
	minimum huidtemp.(bevriezing)				empirisch	
GRENS-WAARDEN KLIMAAT	temperatuur minimum		17°C I	L = 12	impliciet/WCI <1600 W/m²	PPD < 10%, vloer 19-26°C
	temperatuur maximum	25 à 30°C WBGT	28°C I	L = 23 à 29	impliciet/WBGT 18 à 33°C	gradiënt < 3 K
	straling gemiddeld	in WBGT		t_{lucht} +5 K	impliciet	impliciet PPD
	straling asymmetrie					hor.5K/vert.10K
	snelheid maximum	impliciet in WBGT	0,5 m/s I	1 m/s	impliciet	impliciet PPD; 0,15 à 0,25 m/s
	vochtigheid minimum		40% RV I	impliciet in L	impliciet	impliciet PPD
	vochtigheid maximum	impliciet in WBGT	70% RV I	impliciet in L	impliciet	
MEET- EN VERWER-KINGS-METHODE KLIMAAT	indices warmte	WBGT		L	nodig/mogelijk zweet; WBGT als indicatie	PMV/PPD
	indices kou			L	benodigde kleding + Wind Chill Index	
	verwerking invloeds-factoren temperatuur impliciet	++		++	++	++
	verwerking invloeds-factoren temperatuur expliciet	++		++	++	++
	straling impliciet	++		--	++	++
	straling expliciet	--		+	++	++
	snelheid impliciet	-		--	++	++
	snelheid expliciet	--		-	++	++
	vochtigheid impliciet	-		++	++	++
	vochtigheid expliciet	--		--	++	--
	activiteit	+		--	++	++
	kleding	--		--	++	++
	individuele verschillen	--		--	++	+
	geschikt-heid voor belasting	als indicatie voldoende		als indicatie voldoende	WBGT als indicatie, overig goed	
	geschikt-heid voor hinder	onvolledig		onvolledig		goed
VOORGE-SCHREVEN MAAT-REGELEN	algemeen of gespecificeerd	alg. spec.		alg. spec.		
	arbeid/rust	x		x x	specificatie mogelijk	
	persoonlijke bescherming	x		x x	specificatie mogelijk	
	technische maatregelen	x		x x		
	organisatorische maatr.	x x				
	medische controle maatr.	x				
ONTWIK-KELINGEN	deelneming in EEG					
	deelneming in ISO	x				
	verwerking in wetten	aanpassing voorbereid	weinig aandacht	herziening voorbereid		
	verwerking in normen				alle documenten naar officiële status	
OPMERKINGEN			I Wet voor niet-industriële gebouwen. Overig niet gespecificeerd.			

Opmerking bij de tabel:
Voor gebruikte afkortingen, zie hoofdstuk 10.

5.3 VERGELIJKING VAN DE OVERWEGINGEN BIJ DE KLIMAATBEPALINGEN

Hierbij kan een onderscheid worden gemaakt tussen de door de wetgever genoemde overwegingen en de interpretatie hiervan. De interpretatie is dan vooral belangrijk voor de specificatie in aanvullende bepalingen.
In het algemeen is er bij alle beschouwde landen voldoende wettelijke basis om de gezondheid te beschermen. Ook de ISO stelt dat als hoofddoel. In een verdere uitwerking komt het er veelal op neer dat niet alleen een aspect als veiligheid, maar ook hinder in belangrijke mate een overweging vormt. Ook de ISO-documenten bestrijken het hindergebied.
Interessant is de Zweedse overweging dat bij afwijkende klimaten prestatievermindering en een toenemend aantal ongelukken optreedt. Men onderbouwt dit zelfs met concrete gegevens. Het is opvallend dat hiermee vooral ook een economisch motief wordt aangevoerd.

5.4 VERGELIJKING VAN DE FYSIOLOGISCHE CRITERIA

Het is opvallend dat de voornaamste fysiologische criteria bij alle landen en de ISO vrij goed overeenkomen.
Als maximale inwendige lichaamstemperaturen worden grenswaarden van 38,0 tot 38,5°C genoemd of daarmee overeenkomende temperatuurverhogingen van 0,8 à 1,0 K. Enkelen noemen voor warmte nog aanvullende criteria voor zweetverdamping of polsslag.
Voor koude wordt incidenteel een inwendige lichaamstemperatuur als grenswaarde genoemd en/of de kans op plaatselijke bevriezing van lichaamsdelen. De meesten noemen echter geen fysiologisch criterium maar stellen duidelijk het hinderaspect maatgevend.
De conclusie op dit punt is dat de ISO veruit het volledigst is in het stellen van fysiologische criteria.

5.5 VERGELIJKING VAN DE GRENSWAARDEN DIE AAN HET KLIMAAT WORDEN GESTELD

Ondanks de beperkte verschillen in fysiologische criteria variëren de daarvan afgeleide klimaatgrenzen sterk.
Als minima voor de temperatuur worden waarden genoemd tussen globaal 5 en 21°C. Als maxima waarden tussen 18 en 33°C. Het grote verschil wordt beïnvloed door de verschillen in vooral de activiteit. Voor de landen en instanties die de WBGT-index hanteren blijkt dit uit figuur 3. De grenzen voor

WBGT blijken hierin meer naar elkaar toe te komen door ze afhankelijk van het metabolisme weer te geven, hoewel bij eenzelfde metabolisme nog aanzienlijke verschillen kunnen optreden.
Om een vergelijking met de Nederlandse klimaatgrenzen te kunnen maken zijn deze na omrekening eveneens in figuur 3 weergegeven. Voor de omrekening van de Nederlandse L-index in de WBGT is de volgende formule gebruikt, ontleend aan [39]:

$$\text{WBGT} = 8{,}86 + 0{,}0231\ (\text{CET})^2 \qquad (9)$$

waarin: WBGT = Wett Bulb Globe Temperature [°C]
CET = gecorrigeerde effectieve temperatuur [°C].

De formule blijkt te gelden met een correlatiecoëfficiënt van 0,932. Omdat de L-index een vereenvoudiging is van de index "gecorrigeerde effectieve temperatuur" (CET) zijn deze indices in formule (9) aan elkaar gelijk gesteld.

I = ISO
V = advies VS
B = België
Z = Zweden
A = ACGIH
(a) = geacclimatiseerd
(n) = niet geacclimatiseerd
(v) = voelbare luchtbeweging of v ≧ 1,5 m/s (VS)
(g) = geen voelbare luchtbeweging of v < 1,5 m/s (VS)

Fig. 3 Klimaatgrenswaarden voor hitte afhankelijk van het metabolisme, weergegeven voor verschillende landen en instanties en vergeleken met de Nederlandse klimaatgrenzen.

Uit figuur 3 blijkt dat de Nederlandse klimaatgrenzen voor hitte qua ligging globaal overeenkomen met de grenzen van andere landen en instanties, doch dat een nuancering afhankelijk van het metabolisme niet is aangebracht. Ook de spreiding tussen de grenzen van de verschillende landen en instanties bij éénzelfde metabolisme kan waarschijnlijk worden verkleind door variabelen als windsnelheid, acclimatisatie en dergelijke in te brengen.

De grenzen voor straling zijn weinig uniform. In een aantal gevallen wordt straling impliciet genoemd met de temperatuur en vochtigheid (WBGT). Een andere maal wordt straling als een toeslagfactor beschouwd. Weer een andere maal beschouwt men het als bijzonder geval en soms wordt straling in het geheel niet genoemd. Aanvullend wordt in enkele gevallen een grens voor de stralingsasymmetrie genoemd.
Voor de luchtsnelheid worden grenzen van 0,15 tot 1,0 m/s genoemd. In een enkel geval wordt geen grenswaarde genoemd. Impliciet is de snelheid in zekere mate opgenomen in de klimaatindices die verschillende landen hanteren.
De vochtigheid komt eveneens impliciet in klimaatindices voor. Expliciet variëren de minimum grenswaarden voor de relatieve luchtvochtigheid tussen 15 en 40% en de maxima tussen 50 en 80%.

Resumerend kan worden gesteld dat de grenswaarden aan het klimaat weinig uniform zijn en vaak onvolledig. Het meest volledig zijn de grenswaarden van de ISO, Duitsland en Zweden.

5.6 VERGELIJKING VAN DE KLIMAATMEETMETHODEN

De meest gebruikte warmte-index is de WBGT. De meest gebruikte koude-index is de droge luchttemperatuur. Andere gebruikte indices zijn de operatieve temperatuur, de Botsball, de L-index en de Wind Chill Index. De ISO gebruikt analytische (= door rekenkundige bewerkingen verkregen) indices gebaseerd op de basisgrootheden van het klimaat. Duitsland doet voor warmte hetzelfde, echter in de vorm van tabellen.
Ondanks alle inspanningen om vereenvoudigingen aan te brengen moet het volledige arsenaal van meetinstrumenten van de meeste landen toch instrumenten bevatten om op een of andere wijze alle vier klimaatgrootheden te meten. De toegepaste vereenvoudigingen leiden dan ook meer tot een verminderde

mogelijkheid om de klimaatfactoren zowel impliciet als expliciet goed te kunnen verwerken, dan dat ze leiden tot een vermindering van het aantal benodigde meetinstrumenten. De vereenvoudigingen hebben vooral voordelen met betrekking tot de eenvoud van de instrumenten. Een voorwaarde is dan wel dat de instrumenten hun oorspronkelijke, eenvoudige vorm blijven houden. Dit is met de huidige ontwikkeling naar professionele apparatuur lang niet altijd het geval, zodat de enige werkelijke vereenvoudiging vaak vervalt. Ook op het gebied van de verwerking en interpretatie van de meetresultaten leiden de vereenvoudigingen in de instrumenten namelijk niet tot een duidelijke verbetering. Veelal leiden ze juist eerder tot een minder nauwkeurige inschatting van het effect van de klimaatsituatie op de mens. Een en ander wordt dan ook als één van de redenen voor de ISO en een land als Duitsland gezien om het klimaat (bij voorkeur) vast te leggen door meting van de basisgrootheden. Gebruik van een WBGT-index, gebaseerd of metingen van afgeleide klimaatgrootheden, wil de ISO gezien de veelvuldige toepassing niet verwerpen, doch beperken tot niet meer dan dat van een indicator.
Het gebruik van klimaatindices is in het verleden zeker niet alleen ontstaan uit een behoefte tot vereenvoudiging van de metingen. Vooral het feit dat een eenvoudige maat voor de warmte- of koudebelasting werd verkregen, op basis waarvan men een interpretatie van de situatie kon geven, werd aantrekkelijk geacht. Een dergelijke analoge interpretatie was dan veelal mogelijk doordat empirisch een relatie was bepaald tussen de door de index aangeduide warmte- of koudebelasting en het optredende effect op de mens.
Een dergelijke relatie was tussen de verschillende basisgrootheden van het klimaat en het effect op de mens niet eenvoudig te leggen. Deze beperking om het klimaat vast te leggen via de basisgrootheden is door de ISO onderkend. Met als achtergrond de huidige mogelijkheden om analytische technieken toe te passen is men, analoog aan de bepalingsmethode voor het comfort door Fanger, rekenkundige indices voor thermische belasting gaan zoeken. Men heeft deze gevonden in een soort Heat Stress Index (verhouding tussen de in de situatie benodigde zweetverdamping en de maximaal mogelijke zweetverdamping) voor warmte en een "benodigde kleding-index" voor kou. Beide indices zijn een uit de fysische en fysiologische achtergronden, rekenkundig vastgestelde maat voor het warmte-evenwicht van het menselijk lichaam onder invloed van factoren als kleding en activiteitenniveau. Daarnaast wordt voor de plaatselijke effecten van koude nog de Wind Chill Index gehanteerd. Het hele klimaatgebied wordt bestreken door de belastingsindices aan te laten sluiten op de comfort-indices van Fanger. Kenmerkend is nu dat voor

het gehele klimaatgebied zowel éénduidige vastlegging van de basisgrootheden als van kleding en activiteit het uitgangspunt vormen.
Het is gewenst dat men daarnaast over goede rekenkundige mogelijkheden beschikt om deze gegevens te kunnen interpreteren, anders dient men tabellen te gebruiken zoals Duitsland doet. Gezien de omvang van het benodigde rekenkundige pakket lijkt het niet onmogelijk de rekenbewerkingen volledig uit te voeren met een goede programmeerbare zakrekenmachine.

In tabel 16 kan men zelf een nog verdere vergelijking tussen de landen en de ISO maken. In het gedeelte dat handelt over de meetmethoden geeft de tabel aan hoe de verwerking van de invloedsfactoren in de diverse gehanteerde methoden is. Daarbij zijn subjectieve kwalificaties gebruikt die wellicht arbitrair zijn. Thans volgt daarom een nadere uitleg van de overwegingen die tot deze kwalificaties leiden. Allereerst is in een aantal gevallen een splitsing aangebracht tussen impliciete en expliciete verwerking van de betreffende invloedsfactoren. Impliciet duidt op de rol die de invloedsfactor in de totale warmte-overdracht tussen mens en omgeving speelt. Expliciet duidt op de afzonderlijke invloed van de invloedsfactoren, hetgeen vooral in plaatselijke effecten tot uiting komt. In beide gevallen gaat het erom aan te geven, of en zo ja, hoe exact door de meet- en verwerkingsmethoden het effect van de invloedsfactor op de mens wordt voorspeld.
Is dit niet geheel exact, maar tegen de achtergrond van de veiligheidsmarges die bij het stellen van de grenswaarden in acht zijn genomen voldoende, dan wordt dit aangegeven met + (= voldoende). Gaat de nauwkeurigheid hier nog bovenuit, zodat de relatie tussen de invloedsfactor en het effect (vrijwel) exact worden voorspeld, dan wordt dit aangegeven met ++ (= goed). Is de invloedsfactor in de meet- of verwerkingsmethode wel opgenomen, maar wijkt de gevoeligheid aanzienlijk af van de menselijke gevoeligheid voor de invloedsfactor, dan wordt dit aangegeven met - (= matig).
Komt de invloedsfactor (vrijwel) niet in de methode voor, dan is dit aangegeven met -- (= slecht). Na de verwerking van de invloedsfactoren wordt in de tabel nog enkele malen deze kwalificatiemethode gebruikt. Hierbij gelden dezelfde waarderingen als hiervoor aangegeven.

Als men de totale verwerking van de invloedsfactoren weegt (sommeert), dan kan een totale beoordeling van de meet- en verwerkingsmethode worden gegeven. Dit is in tabel 16 weergegeven in de rij "geschiktheid voor belasting/hinder". De splitsing tussen belasting en hinder is aangebracht omdat men

meestal enerzijds in de overwegingen en de fysiologische criteria pretendeert vooral belasting te willen voorkomen, anderzijds liggen de grenswaarden voor het klimaat nogal eens in het hinderbereik. In ieder geval zal men er behoefte aan hebben voor elke plek waar is gemeten een beoordeling te geven, ongeacht of het belasting of hinder betreft.
Vergelijkt men de totaalbeoordelingen van de meet- en verwerkingsmethoden, dan komen de ISO-methoden er het beste vanaf. Daarnaast maakt ook Duitsland een goede, hoewel iets mindere indruk. Zweden is voldoende. De overige landen zijn vooral in het voorspellen van hinder onvolledig, terwijl voor belasting niet meer dan een indicatie wordt gegeven.

5.7 VERGELIJKING VAN DE VOORGESCHREVEN MAATREGELEN

Bij de verschillende landen zijn de meeste voorgeschreven maatregelen van overeenkomstige aard. De ISO noemt in beperkte mate maatregelen, voornamelijk bij het document dat de WBGT-index behandelt. De maatregelen worden dan bovendien nog vermeld in annexen die niet tot de officiële norm behoren. In wezen laat de ISO het stellen van maatregelen dan ook over aan de verantwoordelijke overheden. Eigenlijk geldt dit zelfs al voor het stellen van grenswaarden aan het klimaat. Hierin speelt mee dat de klimaatomstandigheden en de acceptatie hiervan per land sterk kunnen verschillen. Het is met de ISO-methode wel mogelijk het effect van een aantal maatregelen af te leiden. Dit zijn bijvoorbeeld arbeid/rustperioden, kledingaanpassing en acclimatisatie. Bij de verschillende landen zijn arbeid/rustperioden en kledingaanpassing naast technische en organisatorische maatregelen veel genoemde maatregelen. Sommige landen blijven meer algemeen in het stellen van maatregelen. Andere landen zijn weer meer gespecificeerd en noemen verder nog verplichte zout- en wateropname en medische controle.

5.8 VERGELIJKING VAN DE ONTWIKKELINGEN

De meeste landen werken mee aan of blijven op de hoogte van ontwikkelingen in EEG- en ISO-verband. Het lijkt aannemelijk dat velen zich in een bepaald stadium aan zullen sluiten bij de ISO-documenten. Uit dit oogpunt is vooral de ontwikkeling hierin van belang. Het aandachtsveld van de ISO is thans tamelijk volledig ingevuld. Het werk concentreert zich dan ook vooral op een verdere uitwerking die moet uitmonden in een internationale status van alle thans in ontwikkeling zijnde documenten.

5.9 TOTALE VERGELIJKING VAN LANDELIJKE BEPALINGEN EN ISO-DOCUMENTEN

Het totaalbeeld van de inventarisatie pleit sterk voor de ISO-documenten. Het uitgangspunt van de ISO-documenten zijn fysiologische criteria die de afzonderlijke criteria van alle landen vrijwel dekken. De criteria van de ISO mogen als vollediger worden beschouwd. De meet- en verwerkingsmethoden van de ISO zijn speciaal afgestemd op de toetsing van de fysiologische criteria en vollediger dan de methoden van de verschillende landen.
Ten aanzien van het stellen van klimaatgrenswaarden en het daaraan verbinden van maatregelen blijft de ISO afstandelijk. Men laat het aan de verschillende landelijke overheden over om hierin keuzen te doen die het beste bij elk land afzonderlijk aansluiten. Dat hier kennelijk ook behoefte aan bestaat blijkt uit de grote variatie in klimaatgrenswaarden per land. De verschillende landen blijken vooral het hinderaspect nogal verschillend te wegen bij de vaststelling van de grenswaarden. Een land als Zweden weegt ook duidelijk economische motieven mee. Al met al lijkt het stellen van klimaatgrenswaarden en het daaraan verbinden van maatregelen niet volledig losgemaakt te kunnen worden van zekere maatschappelijk bepaalde keuzen. Met de ISO-methoden is men vrij deze keuzen anders te maken zonder dat dit de toepassing van de aanbevolen meet- en verwerkingsmethoden belemmert.

6. AANVULLENDE BESCHOUWING VAN ASPECTEN VAN KLIMAATMETING

6.1 ALGEMEEN

Na de inventarisatie van de landelijke bepalingen en de ISO-documenten kent het onderzoek als tweede fase een kritische beschouwing van de ISO-methoden ten aanzien van de vastlegging van het thermisch klimaat (juistheid van vaststelling van de "dosis"). De aspecten van de klimaatmeting, zoals de ISO die aanbeveelt, zijn reeds in hoofdstuk 4 aan de orde gesteld. Daarmee is de tweede fase van het onderzoek al voor een belangrijk deel verricht. In dit hoofdstuk wordt een en ander nog kort belicht en worden vooral aspecten die om een nadere beschouwing vragen aan de orde gesteld. Dit wordt per basisgrootheid van het klimaat gedaan.

6.2 LUCHTTEMPERATUUR

In ISO/DIS 7726 wordt een tabel met specificaties voor meetapparatuur gegeven (zie tabel 14 van dit rapport). Op de meetapparatuur wordt in annexen die niet tot de officiële norm behoren nader ingegaan. In de annexen worden zaken toegelicht als meetprincipes, randvoorwaarden en eventueel verwerking van de meetsignalen.
Voor wat betreft de meting van de luchttemperatuur vallen enkele dingen op. De eisen voor de stralingsongevoeligheid van de sensor zijn duidelijk en volledig. De gewenste meetnauwkeurigheid geeft geen reden tot opmerkingen. Het meetbereik voor belastende situaties is vooral voor hitte erg ruim gesteld, namelijk tot 120°C.
De specificatie van de responsietijd laat te wensen over. Het komt er op neer dat elke responsietijd is toegestaan, hoewel in het commentaar bij tabel 14 een indicatie van de gemiddelde waarde over één minuut wenselijk wordt geacht. Dit dient gepaard te gaan met eisen aan de gewenste responsietijd. Beschouwt men dit aspect vanuit de mogelijke effecten op de mens, dan dient onderscheid te worden gemaakt in plaatselijke en gemiddelde effecten. In het laatste geval gaat het om effecten als onderkoeling of oververhitting. Daarbij is vooral de tijdconstante van het menselijk lichaam van belang, hoewel de tijdconstante van de huid, via de doorbloeding, voor een versnelde beginreactie zorgt. Een trage temperatuurmeter zal in dit geval

geen bezwaar zijn. Beschouwt men plaatselijke effecten, dan is vooral de snelheid waarmee de huidsensoren een verandering waarnemen en doorgeven van belang. Vanuit dit oogpunt lijkt het stellen van eisen aan de traagheid van de temperatuurmeter gewenst. Dit zal ook de achtergrond zijn van het commentaar bij tabel 14 dat een indicatie van de gemiddelde temperatuur over één minuut is gewenst. Voor de specificatie van de responsietijd van de temperatuurmeter zijn twee dingen van belang. Allereerst is van belang welke effecten er kunnen ontstaan door snelle temperatuurschommelingen. Er zijn aanwijzingen dat behalve hinder vergelijkbaar met tocht [40], vooral bij grote, snelle temperatuurschommelingen het hart en de bloedvaten extra worden belast (verzwarend aspect bij thermische belasting) [41] en het aantal verkoudheden en dergelijke toeneemt [42]. Ten tweede is van belang hoe realistisch het optreden van snelle temperatuurschommelingen moet worden geacht. Voorbeelden hiervan zijn regelmatige overgangen naar sterk wisselende klimaten (vorkheftruckchauffeur, onderhoudsman en dergelijke) en door klimaatinstallaties opgewekte temperatuurschommelingen (schakelcyclus).

6.3 STRALINGSTEMPERATUUR

Ten aanzien van de specificaties voor meting van de stralingstemperatuur worden bij tabel 14 de volgende opmerkingen gemaakt. Het meetbereik voor het comfortgebied lijkt met een onderwaarde van de gemiddelde stralingstemperatuur van 10°C krap gedefinieerd. Het meetbereik voor belasting lijkt met een bovenwaarde van de gemiddelde stralingstemperatuur van 150°C daarentegen ruim gedefinieerd.
Voor de meetnauwkeurigheid worden waarden voor een instrumentspecificatie en gewenste waarden genoemd die sterk verschillen (factor 10). In het commentaar wordt vermeld dat bij meting met een zwarte-bol de afgeleide gemiddelde stralingstemperatuur, afhankelijk van de klimaatomstandigheden, zelfs nog tot een factor 4 onnauwkeuriger kan zijn dan de specificatie. Dit pleit zeker niet voor het gebruik van de zwarte-bol. Ook de meetduur van circa 20 minuten is een bezwaar. Deze lange meetduur wordt binnen de specificaties echter wel toegestaan (responsietijd: zo kort mogelijk). Ook de mogelijkheid om met de zwarte-bol tevens de stralingsasymmetrie te bepalen is niet aanwezig. Een gecombineerd instrument voor meting van zowel de gemiddelde stralingstemperatuur als de stralingsasymmetrie zou echter wel praktisch zijn.

Al met al blijft er een duidelijke behoefte bestaan aan een beter instrument dan de thans veel gebruikte zwarte-bol. De in de annex genoemde principes (radiometer, constante temperatuur) hebben wat dit betreft mogelijkheden. Sinds kort zijn er fabrikaten in de handel die op een van deze principes zijn gebaseerd. Er zal moeten worden nagegaan of deze instrumenten wel voldoen of dat verbetering en verdere ontwikkeling tot een handzaam instrument dat wel aan de gewenste specificaties voldoet nodig is.

6.4 LUCHTSNELHEID

Op de meetbereiken en meetnauwkeurigheden voor meting van de luchtsnelheid zijn geen aanmerkingen. Voor de meting in het comfortgebied worden specificaties van de responsietijd gegeven. Voor het belastingsgebied gebeurt dit jammer genoeg niet. Zeker voor het koudegebied lijkt een specificatie eveneens zinvol. In het commentaar wordt overigens aangeraden dezelfde specificaties voor koudebelasting aan te houden als voor het comfortgebied.
De genoemde responsietijden (voor instrumentspecificatie en gewenst) bij het comfortgebied worden erg kort geacht. De aanleiding hiervoor moet worden gezocht in de in § 6.2 reeds genoemde mogelijkheid van hinder door snelle veranderingen in het plaatselijke warmtegevoel van de mens. Dit kan behalve door de daar reeds genoemde temperatuurschommelingen ook worden veroorzaakt door snelheidsschommelingen (beide van invloed op de convectieve warmteoverdracht, die in dit verband belangrijker wordt geacht dan de in de praktijk minder schommelende stralingsoverdracht). Het optreden van snelheidsfluctuaties moet in de praktijk zeker aannemelijk worden geacht. Het stellen van hoge eisen aan de responsietijd is uit dit oogpunt niet vreemd. Het is dan wel aan te bevelen een goed toetsingcriterium op te stellen. Dit is niet gebeurd. De effecten van snelheidsfluctuaties zijn ook nog maar gedeeltelijk bekend. Er wordt dan ook aanbevolen eerst de effecten van snelheidsfluctuaties in voldoende mate vast te stellen, dan een toetsingscriterium te ontwikkelen en daarop de specificaties af te stemmen. Ook een nadere differentiatie van de toetsing naar de plaats van meting (hals, enkels) is dan niet onwaarschijnlijk.

6.5 LUCHTVOCHTIGHEID

Bij de specificaties voor de luchtvochtigheid zijn in hoofdlijnen geen opmerkingen. Het minimum van de meetbereiken gaat er van uit dat de lucht bij temperaturen onder het vriespunt verzadigd zal zijn, hetgeen inderdaad aannemelijk is. De maxima van de meetbereiken zijn wellicht in uitzonderlijke gevallen niet toereikend (dauwpuntstemperatuur van 21°C voor het comfortgebied en 33°C voor het belastinggebied). De opmerking bij de meetnauwkeurigheid houdt verband met de stralingsafscherming van de psychrometer.
Ten aanzien van de responsietijd worden geen eisen gesteld. Uit het oogpunt van een juiste vaststelling van de absolute vochtigheid en het mogelijke effect op de mens is dit geen bezwaar. Om de meetduur te beperken is een zekere begrenzing echter gewenst. In de praktijk blijkt een psychrometer ook wat dit betreft goed te voldoen. Bij geautomatiseerd meten worden echter meestal andere meetprincipes toegepast. Uit ervaring is bekend dat deze soms tot aanzienlijke traagheden leiden, hetgeen het gevaar inhoudt van een niet correcte meting doordat geen stationaire toestand is bereikt. Een zekere specificatie van de responsietijd wordt daarom toch wenselijk geacht.

6.6 TOTAAL-OORDEEL OVER DE KLIMAATMETINGEN VOLGENS ISO

Zoals in § 4.5 reeds is vastgesteld bevatten de ISO-documenten de mogelijkheid om het klimaat afdoende vast te stellen.
Uit een onderlinge vergelijking van klimaatmeetmethoden, toegepast in verschillende landen en door de ISO, komen de ISO-methoden duidelijk als beste naar voren (zie § 5.6 met tabel 16 en § 5.9).
De aanvullende beschouwing in hoofdstuk 6 stelt nog enkele kanttekeningen. Deze komen er op neer dat de specificaties van de instrumenten hier en daar een kritische beschouwing zouden moeten ondergaan. Voor een aantal klimaatsituaties betekent dit dat eerst gegevens moeten worden verzameld omtrent de mogelijke effecten op de mens en de mate waarin ze in de praktijk op zullen treden. Verder wordt de behoefte aan een goede stralingsmeter, die aan de gewenste specificaties kan voldoen, gesignaleerd.

Resumerend kan worden gesteld dat de meting van de basisgrootheden van het klimaat volgens ISO-specificaties een goed uitgangspunt vormt dat op onderdelen wellicht enige bijstelling of aanvulling behoeft. De meting van afgeleide klimaatgrootheden, met name ter bepaling van de WBGT-index, wordt door de ISO wel in een norm beschreven doch als meetmethode niet aanbevolen.

In een nadere analyse van het gebruik van de WBGT-index, die door het Instituut voor Zintuigfysiologie TNO in het kader van dit onderzoek is verricht [43], komt men tot dezelfde aanbeveling. Uit deze studie blijkt namelijk dat metingen in verschillende klimaten (droog, vochtig, stralend), waarbij de mens in gelijke mate wordt belast, tot verschillende WBGT-waarden leiden.
Dit is niet overeenkomstig het idee achter de index, namelijk dat WBGT een maat voor gelijke thermische belastingen is. Een belangrijke oorzaak is het feit dat de invloed van de luchtsnelheid op de meetuitkomsten van de WBGT-instrumenten sterk van het klimaattype afhankelijk blijkt te zijn. Om WBGT toch goed te kunnen gebruiken maakt dit correcties op de te hanteren grenswaarden noodzakelijk. Deze correcties moeten dan afhankelijk zijn van de invloedsfactoren, zoals bijvoorbeeld de luchtsnelheid. Dit maakt weer een uitgebreider meetinstrumentarium noodzakelijk. Voordelen van de WBGT-index met betrekking tot het eenvoudig meten en verwerken gaan hiermee verloren.

7. AANVULLENDE BESCHOUWING MET BETREKKING TOT HET AFLEIDEN VAN DE THERMISCHE BELASTING VAN PERSONEN

7.1 ALGEMEEN

Als derde fase van het onderzoek wordt aandacht geschonken aan de mogelijkheden om met behulp van de ISO-methoden de thermische belasting van werknemers af te leiden. Het uitgangspunt vormt hierbij het gegeven dat hiervoor is vastgesteld dat met de ISO-methoden afdoende het klimaat kan worden vastgelegd. In dit hoofdstuk komen daarom de overige invloedsfactoren zoals kleding, activiteit en individuele verschillen aan de orde alsmede de verwerkingsmethoden van al deze gegevens.
Ook voor de aandachtspunten van dit hoofdstuk geldt dat ze reeds in verschillende mate in voorgaande hoofdstukken aan de orde zijn gesteld. Daarom wordt hierna vooral op de nog niet belichte aspecten ingegaan.
Allereerst worden in subhoofdstukken de invloedsfactoren activiteit, individuele verschillen en kleding belicht. Vervolgens komen de methoden van verwerking van alle gegevens tot maten voor de thermische belasting aan de orde. Als introductie wordt het principe van de verwerkingsmethoden hier eerst kort belicht.

Het uitgangspunt van de ISO-methoden is het opstellen van een warmtebalans van het menselijk lichaam. Daarbij is steeds het criterium dat het lichaam een warmte-evenwicht kan bereiken onder controle van het thermoregulatiesysteem en regelfuncties als huiddoorbloeding en zweetverdamping. Kan geen warmte-evenwicht worden gevonden dan zal oververhitting gepaard met zweten of onderkoeling plaatsvinden. Aan de verandering van de inwendige lichaamstemperatuur en aan het vochtverlies door zweten worden door de ISO grenzen gesteld. De tijdsduur die verstrijkt voordat een grens is bereikt is de maximaal toegestane blootstellingsduur (arbeidsduur). Bij koudebelasting wordt tevens op basis van een empirisch criterium (Wind Chill Index) bepaald of blootstelling in verband met bevriezingsgevaar moet worden verboden of in tijdsduur beperkt.
In Nederland wordt behalve de verandering van de inwendige lichaamstemperatuur de hartslag als belastingscriterium genoemd. De inwendige lichaamstemperatuur wordt door de meeste landen en de ISO als criterium gehanteerd (zie tabel 16). Ook een door de ISO toegepast aanvullend criterium als de

zweetverdamping wordt echter slechts in beperkte mate toegepast. Hoewel toepassing van minstens één van deze aanvullende criteria zinvol lijkt, kan er discussie ontstaan omtrent welk criterium en de grootte van de grenswaarde. Wat de grenswaarde voor de zweetverdamping betreft, deze is in de ISO-methoden eenvoudig aan te passen. Indien er tevens sterke argumenten bestaan om de hartslag als aanvullend criterium toe te passen, dan moet dit in overweging worden genomen. Dit vergt echter de vastlegging van de relaties tussen het thermisch klimaat en de hartslag en een rekenkundige uitwerking hiervan, hetgeen een aanzienlijke inspanning vergt. Om deze reden lijkt het hanteren van de zweetverdamping in plaats van de hartslag als aanvullend criterium op dit moment praktischer.

7.2 ACTIVITEIT VAN PERSONEN

In de warmtebalans van het lichaam is een van de posten de interne warmteproduktie (metabolisme). Bij allerlei lichaamprocessen ontstaat warmte. Al bij volledige rust ontstaat een warmteproduktie ten gevolge van de benodigde energie-opwekking voor het laten functioneren van organen (basaal-metabolisme). Bij het verrichten van activiteiten komt hier de energie-opwekking voor de beweging van spieren en een verhoogde activiteit van organen als het hart bij. Slechts een klein, vaak verwaarloosbaar, deel van de opgewekte energie wordt als uitwendige, mechanische arbeid benut. Het meeste wordt omgezet in warmte. Het rendement van het lichaam bij het verrichten van arbeid is dus laag. Het rendement kan per persoon nog variëren door verschillen in lichamelijke conditie, lichaamsbouw en werkroutine. Dit betekent dat twee personen bij het verrichten van dezelfde arbeid aanzienlijke verschillen in warmteproduktie kunnen vertonen. De invloed van de lichaamsbouw ondervangt men door de warmteproduktie per m^2 lichaamsoppervlak uit te drukken. Het lichaamsoppervlak berekent men met de door Du Bois ontwikkelde formule (10):

$$A_{du} = 0{,}203 \cdot G^{0{,}425} \cdot L^{0{,}725} \qquad (10)$$

waarin A_{du} = lichaamsoppervlak volgens Du Bois in m^2

G = lichaamsmassa in kg

L = lichaamslengte in m.

In pricipe zal de warmteproduktie niet geheel evenredig zijn met het lichaamsoppervlak, zodat hier nog een afwijking mogelijk blijft. De warmteafgifte van het lichaam mag echter wel evenredig met het lichaamsoppervlak worden verondersteld.
Een en ander betekent dat bij het verrichten van één en dezelfde activiteit in dezelfde tijd tussen personen nog duidelijke verschillen kunnen bestaan in de warmteproduktie per m^2 lichaamsoppervlak.
Daarnaast kan ook de tijd die men nodig heeft voor het verrichten van een activiteit per persoon aanzienlijk verschillen. Verder heeft de houding waarin men werkt nog invloed. Dit verklaart waaron in de bij § 4.5 vermelde tabel 15 een grote kans op fouten wordt gemeld bij indeling van het metabolisme naar de soort van activiteit of naar beroep (niveau I). Vaak gaat het hier dan nog om een groep van handelingen die als één activiteit wordt gekenmerkt. Maakt men een splitsing tussen de verschillende handelingen met bijbehorende werkhoudingen en legt men de tijden per handeling vast dan is een nauwkeuriger schatting mogelijk met behulp van vergelijkingstabellen (niveau II in tabel 15). De nauwkeurigheid komt dan binnen 30%. Wil men nog grotere nauwkeurigheden halen (niveau III) dan is meting aan de betreffende personen noodzakelijk. Daarbij dienen de aard en duur van de handelingen nauwkeurig te worden vastgelegd. De meting kan behalve direct ook indirect geschieden. Het metabolisme wordt dan niet afgeleid uit meetgegevens omtrent de zuurstofopname maar uit de hartslag, ademhaling en dergelijke. Het metabolisme wordt ook door het klimaat beïnvloed. Onder hittebelasting kan een toename van 5 à 10 W/m^2 optreden door een toegenomen hartslag en zweten.
Bij extreme koude kan door rillen het metabolisme zelfs met 200 W/m^2 oplopen.
Het metabolisme neemt gemiddeld ook toe indien kortdurende activiteit wordt afgewisseld met relatief lange rustperioden (Simonson-effect).

In ISO/TC 159/SC 5/N 57F wordt uitgebreid op de verschillende wijzen van bepaling van het metabolisme en op de invloed van verschillende factoren ingegaan. Voor de verschillende niveaus van bepaling van het metabolisme worden tabellen gegeven. Het gebruik van de tabellen en de te verzamelen gegevens worden beschreven. Voor de meting van het metabolisme worden procedures gegeven, afhankelijk van de zwaarte van de arbeid. Aangeraden wordt de meting van de zuurstofopname ter bepaling van het metabolisme gedurende een beperkte representatieve periode te laten plaatsvinden, in verband met de extra belasting die het dragen van de apparatuur op de duur vormt.

Mocht men over langere tijd (een aantal uren) het metabolisme willen bepalen, dan wordt aanbevolen dit via meting van de hartslag te doen. De gegevens dienen dan gerelateerd te worden aan individuele calibratiecurven. Zo'n calibratiecurve kan bijvoorbeeld worden bepaald op een fiets-ergometer. De procedure hiervoor is beschreven bij de medische tests in ISO/TC 159/SC 5/GT 1/105.
De wijze waarop uit de zuurstofopname het metabolisme kan worden berekend en welke formules daarbij worden gebruikt is beschreven in ISO/TC 159/SC 5/N 57 F. Tevens wordt een uitgewerkte voorbeeldberekening gegeven.

Op de verwerking van het metabolisme in de verschillende ISO-documenten wordt in § 7.5 nog nader ingegaan. Bij de analytische verwerkingsmethoden is in principe traploos elke waarde voor het metabolisme in te vullen. Hier zou een nauwkeurige bepaling dus zinvol kunnen zijn. In ISO 7243, betreffende de WBGT-index als indicator voor hittebelasting, wordt het metabolisme in vijf hoofdklassen verdeeld. Elke klasse is ongeveer 65 W/m^2 breed. Per klasse wordt een toetsingswaarde voor de WBGT gegeven. Gezien de grove klasse-indeling lijkt hier een nauwkeurige bepaling van het metabolisme weinig zinvol. Een nauwkeurigheid binnen 30%, ofwel bepaling van het metabolisme volgens niveau II wordt voldoende geacht. Dit houdt in dat bij het hanteren van de WBGT-methode het gebruik van goede tabellen en een vaststelling van de handelingstijden en -typen ter bepaling van het metabolisme voldoet. De maximale afwijkingen liggen dan in de orde van grootte van 2 K in WBGT-waarde.
De toetsingswaarden voor WBGT per klasse van het metabolisme worden ook in de aanvullende studie van IZF-TNO [43] aan de orde gesteld. Uit hun berekeningen met een daartoe ontwikkeld model blijkt dat de WBGT-waarden naarmate het metabolisme toeneemt overeenkomen met steeds lagere thermische belastingen van personen. Uitgaande van een constante thermische belasting zou bij het hoogste metabolisme de WBGT-waarde circa 8°C hoger mogen zijn om vergelijkbaar te zijn met de toestand bij het laagste metabolisme. Het is niet bekend of bewust lagere grenswaarden bij hogere metabolismen door de ISO zijn gekozen of dat er sprake is van verschillen tussen de uitgangspunten van de ISO en het model van IZF-TNO. Vooral de aannamen voor de "eigen wind" (verhoogde convectie door de bewegingen die men maakt tijdens het verrichten van arbeid) kunnen hierbij van belang zijn.

7.3 INDIVIDUELE VERSCHILLEN

In § 7.1 is al kort vermeld dat thermisch belastende situaties aanspraak maken op het thermoregulatiesysteem van de mens en op regelfuncties als huiddoorbloeding en zweetuitscheiding. In de thermisch belastende situaties worden het hart- en vaatstelsel en de longen extra belast. De ISO-methoden gaan er vanuit dat het regelsysteem goed functioneert en dat de extra belasting kan worden verdragen. De fysiologische relaties en de toetsingscriteria die in de verwerkingsmethoden zijn ingebouwd zijn hierop afgestemd. Het is zeker dat tussen individuen echter aanzienlijke verschillen in de genoemde lichaamsfuncties op kunnen treden. Men hoeft hier maar te denken aan het feit dat hart- en vaatziekten in Nederland op grote schaal voorkomen. Het is dan ook een ongeschreven wet dat voor thermisch belastende arbeidsomstandigheden "gezonde, jonge kerels" worden geselecteerd. Een dergelijk criterium is echter nogal ongenuanceerd. Het kan toch stand houden omdat het effect van de blootstelling van niet-gezonde mensen zelden acuut aan het licht komt. Op lange termijn kunnen er echter wel mogelijk effecten optreden, al is hieromtrent uit onderzoek weinig bekend. Nader onderzoek hiernaar zou een en ander moeten kwantificeren. Bij een wetgeving die voorziet in het beschermen van de gezondheid voor het gehele arbeidsleven is dit van belang. Met behulp van dergelijke onderzoeksgegevens kan dan wellicht een protocol worden opgesteld voor werknemers die thermisch worden belast. Zo'n protocol kan onder andere behulpzaam zijn bij de selectie en begeleiding van personen door de bedrijfsarts. Een dergelijk protocol dient zoveel mogelijk op een genormaliseerde wijze te worden uitgevoerd. Hiertoe geeft ISO/TC 159/SC 5/ GT 1/105 (bepaling van de thermische belasting door fysiologische metingen) nauwelijks een aanzet. Op dit gebied blijken nog veel fysiologische gegevens, die de basis voor de medische test moeten vormen, te ontbreken. Men ziet hiervoor bijvoorbeeld het onderzoekprogramma van Finland, weergegeven in § 3.3.9.3.
Om een optimale preventieve werking van de medische begeleiding uit te laten gaan is het zinvol dat de medische gegevens in dossiers worden bijgehouden. Veranderingen in het gezondheidsbeeld in de loop van de tijd kunnen dan beter worden herkend. Door op grote schaal deze dossiers te verzamelen en statistisch te bewerken kan in de toekomst een beter beeld van de invloed van thermische belasting op de gezondheid worden verkregen. Ook kunnen werkzaamheden in gevarenklassen worden ingedeeld.

Een nog niet genoemd verschil dat tussen personen op kan treden is de acclimatisatie. Acclimatisatie is een soort training van het thermoregulatiesysteem zodat dit attenter gaat reageren. Er vindt dan een snellere aanpassing van het lichaam aan de extreme klimaatsituatie plaats, zodat dit beter kan worden verdragen.
De mogelijkheid van acclimatisatie bij warmte is bekend. Men acht echter ook bewezen dat acclimatisatie bij koude plaats kan vinden [44].
Hoe acclimatisatie bij warmte plaats kan vinden wordt onder andere beschreven in de Amerikaanse richtlijnen (zie § 3.3.6.6) en in ISO 7243.
De ISO-documenten voor warmtebelasting (ISO 7243 en ISO/DP 7933) houden in de toetsingscriteria rekening met een mogelijke acclimatisatie. Volgens ISO 7243 kan een geacclimatiseerd persoon, afhankelijk van de arbeidsinspanning, 1 tot 5 K hogere WBGT-waarden verdragen. Volgens de IZF-studie [43] zijn deze waarden mogelijk nog onderschat. In het ISO-document voor koudebelasting wordt niet ingegaan op een eventuele acclimatisatie. In het huidige Finse onderzoekprogramma is acclimatisatie aan koude een aandachtspunt (zie § 3.3.9.3).

7.4 KLEDING

Kleding wordt gedragen uit estetisch en ethisch oogpunt en ter bescherming. De kleding vormt een isolerende laag om het lichaam. Bij koude wordt het lichaam er door beschermd omdat het warmteverlies wordt beperkt. Bij hitte wordt de warmte-afgifte van het lichaam aan de omgeving er door bemoeilijkt. Is er sprake van zulke extreme hitte, door bijvoorbeeld sterke straling, dat het lichaam geen evenwichtssituatie kan handhaven, dan kan kleding juist bescherming bieden. De kleding dient dan speciale eigenschappen te bezitten met betrekking tot stralingsreflectie, vochtabsorptie en vochtdoorlatendheid. Bij normale kleding, gedragen in een situatie van warmteevenwicht, zijn voornamelijk de isolatiewaarde en de vochtdoorlatendheid van de kleding van belang. De stralingsreflecterende eigenschappen van de kleding zijn meestal ondergeschikt. Stralingsbronnen hebben veelal temperaturen binnen een bereik waarin de emissiecoëfficiënt van de kleding onafhankelijk is van de kleuren en de normaal gebruikelijke materiaalsoorten van de kleding. Slechts bij uitzonderlijk hoge stralingstemperaturen (globaal hoger dan 1000°C) spelen de kleuren en materiaalsoorten een rol. Ook de

vochtabsorptie van kleding speelt bij situaties van warmte-evenwicht een beperkte rol. In de eindtoestand zal de vochtigheid van de kleding, onder invloed van diffusie en zweten, een evenwichtssituatie bereiken die bepalend is voor het warmte-evenwicht van het lichaam. De absorberende eigenschappen van de kleding spelen vooral een rol in extreme, kortdurende, warme situaties die onderbroken moeten worden omdat geen warmte-evenwicht van het lichaam kan worden bereikt. De absorptie is ook van belang bij extreme kou. De kledingisolatie moet in zo'n situatie hoog zijn. De mogelijkheid om warmte af te geven is dan bewust zeer gering. Een kleine verhoging van bijvoorbeeld het activiteitenniveau kan er dan voor zorgen dat eerst de huidtemperatuur en vervolgens de kerntemperatuur toeneemt. De zweetverdamping komt dan op gang. Hierdoor wordt de kleding vochtig en loopt sterk in isolerende eigenschappen terug. De kans bestaat dan dat de kledingisolatie te gering wordt en onderkoeling plaatsvindt. Des te beter de vochtabsorberende eigenschappen van de kleding zijn, des te langzamer loopt de kledingisolatie bij vochtopname terug. Het gevaar voor onderkoeling is dan minder sterk.
Een ander aspect is de winddichtheid van kleding. De isolerende werking komt namelijk tot stand doordat tussen de kleding en de huid, tussen de kledinglagen onderling en tussen de vezels van de kleding lucht wordt opgesloten. Is de kleding niet winddicht dan zal een sterke luchtbeweging voor uitwisseling van lucht tussen kledinglagen, kledingvezels en kleding en de huid zorgen. Hierdoor loopt de isolerende werking van de kleding sterk terug. Bij warmte en hoge luchtsnelheden is dit gunstig; bij kou en hoge luchtsnelheden ongunstig. Omdat een afnemende winddichtheid in het algemeen gepaard gaat met een toenemende vochtdoorlatendheid speelt dit aspect vooral bij kou een rol. Bij warmte is het alleen van belang in warme, vochtige omgevingen waar men vochtwerende kleding draagt.
De uitwisseling van de in kleding opgesloten lucht met omgevingslucht wordt ook bevorderd door bewegingen. De bewegingsintensiteit neemt in het algemeen toe met met de activiteit. De kledingisolatie neemt daardoor af bij toenemende activiteit.
Bezien vanuit de analytische ISO-methoden voor bepaling van de thermische belasting speelt kleding een rol op de posten convectie-, stralings- en verdampingswarmte in de warmtebalans. De kledinginvloed wordt verdisconteerd door invulling van de thermische isolatie en de weerstand voor vochtdiffusie in de formules. De thermische isolatie I_{cl} wordt daarbij uitgedrukt in clo (= 0,155 $m^2 \cdot K/W$).

De weerstand voor vochtdiffusie R_{cle} wordt uitgedrukt in $m^2 \cdot kPa/W$. Behalve de thermische isolatie en de weerstand voor vochtdiffusie wordt ook nog een kledingfactor f_{cl} ingevoerd die aangeeft welk percentage het kledingoppervlak ten opzichte van het huidoppervlak is.
De wijze waarop I_{cl}, R_{cle} en f_{cl} worden vastgesteld is bepalend voor de mate waarin de hiervoor genoemde invloedsfactoren, vochtabsorptie, winddichtheid en invloed van de activiteit, nog worden meegenomen. De verschillende wijzen van vaststelling van I_{cl}, R_{cle} en f_{cl} worden in ISO/TC 159/SC 5/GT 1/91 behandeld. De minst nauwkeurige methoden beperken zich tot uitsluitend de thermische isolatie I_{cl} en kledingfactor f_{cl}. Voor de vaststelling hiervan worden in de eenvoudigste vorm tabellen gebruikt van kledingensembles met hun kledingfactoren. De isolatie en kledingfactor van de te bepalen kledingcombinatie worden dan geschat door de kledingcombinatie te vergelijken met de ensembles in de tabel. De isolatiewaarden van de kledingensembles in de tabel zijn daarbij bepaald uit metingen aan een verwarmde pop. Een iets nauwkeuriger methode gaat uit van een sommatie van de isolatiewaarden van de afzonderlijke kledingstukken. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een tabel waarin de isolatiewaarden van afzonderlijke kledingstukken zijn vermeld, zoals die zijn gemeten aan een verwarmde pop. De kledingfactor wordt niet door sommatie vastgesteld omdat dit niet realistisch is.
De volgende methode, die weer nauwkeuriger is, gaat uit van een meting van de isolatiewaarde door de verwarmde pop van de betreffende kledingcombinatie te voorzien. De standaardcondities waaronder de meting moet geschieden worden in het ISO-document gegeven. Ook de formules voor berekening van de kledingisolatie worden gegeven. De kledingfactor wordt met behulp van foto's bepaald. Er worden foto's uit zes standen gemaakt, zowel van de geklede als de ongeklede pop. Door het gemiddelde kledingoppervlak van de zes foto's te delen op het gemiddelde huidoppervlak van de andere foto's wordt de kledingfactor gevonden.
De meest nauwkeurige methode betreft meting van de kledingeigenschappen aan een persoon. De verschillende warmtestromen van de warmtebalans worden uit fysische en fysiologische metingen bepaald. Voor het afleiden van de kledingeigenschappen worden tevens de gemiddelde huidtemperatuur, de gemiddelde dampdruk van de lucht tussen de huid en de kleding, de operatieve temperatuur en de dampdruk van de omgevingslucht gemeten. De kledingisolatie en de weerstand voor vochtdiffusie worden dan met gegeven formules berekend. De kledingfactor wordt weer fotografisch vastgesteld.

Het voordeel van de laatste methode is dat onder realistische omstandigheden de kledingeigenschappen zijn bepaald en dat geen correcties voor activiteit en windinvloed nodig zijn.
Voor het vaststellen van de invloed van activiteit en wind worden overigens in het ISO-document ook mogelijkheden genoemd. Het komt er op neer dat de metingen aan de verwarmde pop worden uitgevoerd met een mechanisch bewegende pop, respectievelijk bij een verhoogde windsnelheid in het proefvertrek.
Tenslotte wordt nog een alternatieve mogelijkheid genoemd voor het bepalen van de weerstand voor vochtdiffusie R_{cle}. Deze methode gaat uit van een berekening uit de warmte-overdrachtscoëfficiënt en de aan een stuk stof bepaalde vochteigenschappen van de kleding.

Voor de verwerking van de kledingeigenschappen bieden de analytische ISO-methoden voor bepaling van de thermische belasting voldoende mogelijkheden. Zoals ook bij andere invloedsfactoren zijn traploos waarden in te vullen. In ISO 7243 (WBGT als warmte-index) wordt geen rekening gehouden met variatie in kleding. Wel wordt in een opmerking gesteld dat bij het dragen van speciale kleding de grenswaarden moeten worden aangepast.
De invloed van de kledingeigenschappen op de grenswaarden voor WBGT is in de IZF-studie [43] nader onderzocht. Het blijkt dat ISO 7243 uitgaat van een kledingisolatiewaarde van 0,6 clo. Volgens [43] moet het met 50% verhogen van deze waarde gepaard gaan met het verlagen van de WBGT-waarde met circa 0,5 K bij een metabolisme van 50 W/m^2 tot circa 4 K bij een metabolisme van 300 W/m^2. Verlagingen van WBGT-waarden in dezelfde orde van grootte zijn nodig als de vochtdoorlatendheid van de kleding wordt verlaagd van een gebruikelijke waarde van 0,4 (dimensieloze vochtdoorlatendheidsindex van Woodcock) naar 0,2. De benodigde verlaging van de WBGT-waarde is niet voor alle klimaattypen éénduidig. Vooral bij verandering van de vochtdoorlatendheid van de kleding blijkt het klimaattype van invloed te zijn.

Resumerend kan worden gesteld dat de invloed van de kledingeigenschappen op de grenswaarden voor WBGT vooral bij hogere metabolismen zo groot is dat het aan te bevelen is de invloed hiervan in de grenswaarden te verdisconteren. Dat dit thans niet gebeurt is mogelijk een reden voor het inbouwen van een veiligheidsmarge, vooral bij hogere metabolismen. Dit zou het aan het eind van § 7.2 geconstateerde afnemende belastingsniveau in de grenswaarden bij toenemend metabolisme deels verklaren.

7.5 VERWERKINGSMETHODEN

Voor een indicatie omtrent warme belastende klimaten kan volgens de ISO de WBGT-index worden toegepast. De verwerking van de meetsignalen berust op een empirische relatie tussen de warmtebelasting van de mens en de gecombineerde reactie van de instrumenten op warmte. De meetset kan dus min of meer als een analoge simulator van de mens worden gezien voor wat betreft de warmtebelasting. Het feit dat de reactie van de simulator (= de WBGT-waarde) maar in beperkte mate correspondeert met de warmtebelasting van de mens veroorzaakt een onnauwkeurigheid in de voorspelling. Vooral de gevoeligheid van het WBGT-instrumentarium voor de luchtsnelheid blijkt volgens [43] duidelijk af te wijken van de gevoeligheid van de mens, in het bijzonder in vochtige klimaten. Dit is de reden dat de WBGT-index, net als andere empirische indices, slecht als indicatie kan worden gebruikt. Het voordeel van dergelijke indices is dat de aflezing van de instrumenten al direct een bewerking vormt van de basisgrootheden van het klimaat. Een uitvoerige, gecompliceerde verwerking van de meetgegevens tot een maat voor de warmtebelasting, de koudebelasting of het warmtegevoel van de mens is dan niet meer nodig. De overige invloedsfactoren (kleding, activiteit en dergelijke) worden daarbij verwerkt in de te hanteren toetsingswaarden.

Gebruikt men analytische indices dan worden via uitvoerige berekeningen, gebaseerd op fysische en fysiologische relaties, de basisgrootheden van het klimaat met de overige invloedsfactoren bewerkt tot een maat voor de warmtebelasting, de koudebelasting of het warmtegevoel. Het voordeel is dat in de rekenbewerkingen de werkelijke relaties tussen basisgrootheden, invloedsfactoren en de thermische reactie exact kunnen worden verwerkt. Deze betere mogelijkheden voor een nauwkeurige voorspelling van de thermische reactie zullen het belangrijkste argument van de keuze van analytische verwerkingsmethoden door de ISO vormen. Hierin speelt een rol dat thans voldoende mogelijkheden voorhanden zijn om uitvoerige rekenbewerkingen eenvoudig uit te voeren. Een voorwaarde voor het toepassen van analytische verwerkingsmethoden is dat de fysische en fysiologische relaties voldoende bekend zijn. In welke mate voor bepaalde relaties nog aannamen moeten worden gedaan is bepalend voor de nauwkeurigheid van de analytische methoden. Het in onvoldoende mate bekend zijn van de fysische en fysiologische relaties zal in het verleden ook een belangrijk argument zijn geweest om voor empirische klimaatindices te kiezen.

Per methode wordt op de door de ISO toegepaste principes, formules en aannamen hierna verder ingegaan.

De in ISO/DP 7933 beschreven analytische methode voor warme, belastende klimaten vergelijkt de voor warmte-evenwicht benodigde zweetverdamping met de maximaal mogelijke zweetverdamping. Bij de berekening van de benodigde zweetverdamping gaat men er van uit dat de warmte-inhoud van het lichaam niet toeneemt. Dit betekent dat het warmteverlies door zweten gelijk moet zijn aan het metabolisme verminderd met de warmte-uitwisseling door convectie, straling en via de ademhalingslucht.
Omdat geleiding maar een beperkte rol speelt neemt men ter vereenvoudiging aan dat de lichaamsdelen die in contact met een vaste stof zijn (bijvoorbeeld de voeten en het zitvlak) eveneens warmte uitwisselen aan de omgeving door convectie. Zowel voor de convectieve warmte-uitwisseling als de stralingsuitwisseling gaat men uit van fysische relaties waarin een gemiddelde huidtemperatuur van 36°C wordt ingevuld. Op basis van de huidige kennis is een exacte berekening van de huidtemperatuur niet mogelijk. Men stelt dat in extreem warme klimaten de huidtemperatuur zelden 36°C zal overschrijden, zodat de aanname reeds een veiligheidsmarge inhoudt. In de berekening van de straling worden vaste verhoudingen voor het aangestraalde deel van het totale huidoppervlak gekozen, afhankelijk van de lichaamsstand. In de berekening van de warmte-uitwisseling door straling en convectie wordt verder een factor ingevoerd voor de reductie van de warmte-uitwisseling door kleding. De factor wordt berekend uit de clo-waarden en de warmte-overdrachtscoëfficiënten voor convectie en straling. De clo-waarde wordt bepaald volgens een methode uit ISO/TC 159/SC 5/GT 1/91. Ook voor de bepaling van het metabolisme verwijst men naar het betreffende hulpdocument ISO/TC 159/SC 5/N 57F. Men raadt aan de bepaling van het metabolisme minimaal op nauwkeurigheidsniveau II uit te voeren (zie § 7.2). Het is niet duidelijk hoe het warmteverlies via de ademhaling precies wordt berekend of dat dit warmteverlies mogelijk geheel wordt verwaarloosd.
Bij de berekening van de maximaal mogelijke zweetverdamping neemt men aan dat de huid geheel is bevochtigd. Bij de huidtemperatuur van 36°C leidt dit tot een dampdruk (bij verzadigde lucht van 36°C) van 5,9 kPa. Door het verschil met de dampdruk van de omgevingslucht te delen door de weerstand voor vochtdiffusie van de kleding vindt men de maximaal mogelijke warmte-afgifte door zweten.
Uit de benodigde en de maximaal mogelijke zweetverdamping wordt de benodigde huidvochtigheid berekend. Uit de benodigde huidvochtigheid wordt dan de werkelijke warmte-afgifte door zweten en het bijbehorende vochtverlies berekend. Daarbij wordt nog een effectiviteitsfactor ingevoerd. Deze factor

geeft een correctie voor het feit dat de zweetverdamping in werkelijkheid niet zo ideaal verloopt als wordt voorgesteld. Zo kan bijvoorbeeld de huidtemperatuur plaatselijk nogal verschillen en wordt door absorptie in de kleding de zweetverdamping verplaatst van de huid naar het kledingoppervlak. Aan het kledingoppervlak heersen andere temperaturen en kan de verdamping dus verschillen. Er kan blijken dat door zweten niet voldoende warmte kan worden afgevoerd om de warmtebalans van het lichaam in evenwicht te houden. In dat geval wordt uit het overschot aan warmteproduktie door het lichaam en de maximale warmte-opslag in het lichaam de blootstellingsduur berekend. Tevens wordt berekend of het vochtverlies door zweten niet boven de daarvoor gestelde grens uitgaat. In dat geval is het vochtverlies bepalend voor de maximale blootstellingsduur.
In annexen bij ISO/DP 7933 wordt op een en ander nog nader ingegaan. Er wordt onder meer een computerprogramma beschreven waarin de rekenbewerkingen zijn geprogrammeerd.

In ISO/TC 159/SC 5/TG 1/90 wordt op de analytische bepaling van de belasting in koude klimaten nader ingegaan. Hierin wordt als index het criterium "benodigde kleding" gehanteerd. De berekening van de benodigde-kledingindex toont sterke overeenkomsten met de berekeningen voor warme belastende klimaten. Het verschil is dat de kleding nu als variabele wordt beschouwd en de zweetverdamping op een lage, vaste waarde wordt gesteld. In feite vindt er geen zweten plaats maar is er uitsluitend door diffusie een gering vochtverlies. Ook hier is het mogelijk dat de gewenste waarde van de index niet praktisch haalbaar blijkt te zijn. In dat geval kan men een grenswaarde voor de kleding stellen. Evenals bij warmte wordt dan de tijd berekend die verstrijkt eer het warmte-evenwicht van het lichaam een bepaalde onbalans heeft bereikt. Deze tijd is de maximale blootstellingsduur.
De berekeningen betreffen de onderkoeling van het lichaam. Zoals reeds eerder vermeld wordt voor plaatselijke afkoelingseffecten de empirische Wind Chill Index als maat gehanteerd. Ook bij deze index is het mogelijk een maximale blootstellingsduur, voordat bevriezing optreedt, vast te stellen.
De Wind Chill Index is een proefondervindelijk vastgestelde fysische maat voor de convectieve afkoeling. Stralingsuitwisseling wordt niet beschouwd. De maat is dan ook niet exact. Ook de juiste fysiologische achtergronden van plaatselijke afkoeling zijn onbekend.

Tenslotte wordt nog kort ISO/DIS 7730 genoemd waarin een analytische verwerkingsmethode voor gematigde klimaten wordt beschreven (de bepaling van de indices PMV en PPD). Ook hier vormt een warmtebalans van het lichaam de basis van de methode. Ook in deze methode zijn aannamen gedaan omtrent bijvoorbeeld de vochtverdamping en de huidtemperatuur. Deze methode heeft ten opzichte van de methoden voor belastende klimaatsituaties het voordeel dat hij in de praktijk is getest. De berekende waarden zijn via belevingsonderzoek gerelateerd aan de optredende effecten.

Resumerend kan ten aanzien van de analytische verwerkingsmethoden worden gesteld dat ze zuiverder zijn dan de empirische methoden. In de analytische methoden worden in principe de basisgrootheden van het klimaat en invloedsfactoren als kleding en activiteit op de juiste wijze gewogen. Helaas ontbreekt op een aantal hiervoor genoemde punten de kennis om alle verschijnselen exact te kunnen beschrijven. Hierdoor zijn aannamen op een aantal punten onontbeerlijk. Deze aannamen beïnvloeden de nauwkeurigheid van de methoden op nog onbekende wijze. Daarom is een validatie van de methoden in de praktijk noodzakelijk. Daarnaast dient onderzoek te worden verricht om de nog onbekende, veelal fysiologische verschijnselen op de duur wel te kunnen beschrijven.

8. KEUZE VAN EEN MEETMETHODE

8.1 ALGEMEEN

Als vierde fase van het onderzoek zal een aanbeveling voor een meetmethode worden gedaan. In dit hoofdstuk worden de overwegingen genoemd die tot de keuze van een meetmethode leiden. De overwegingen zijn reeds her en der in de voorgaande hoofdstukken genoemd. Ze worden hier thans samengevat. Vervolgens wordt een aanbeveling voor een meetmethode gedaan.

8.2 OVERWEGINGEN BIJ DE KEUZE VAN EEN MEETMETHODE

Een beknopt overzicht van de inventarisatie van de in verschillende landen en door de ISO toegepaste klimaatbepalingen wordt gegeven in tabel 16 (hoofdstuk 5). Uit een onderlinge vergelijking van deze gegevens wordt uiteindelijk het volgende geconcludeerd:

" Het totaalbeeld van de inventarisatie pleit sterk voor de ISO-documenten. Het uitgangspunt van de ISO-documenten zijn fysiologische criteria die de afzonderlijke criteria van alle landen vrijwel dekken. De criteria van de ISO mogen als vollediger worden beschouwd. De meet- en verwerkingsmethoden van de ISO zijn speciaal afgestemd op de toetsing van de fysiologische criteria en vollediger dan de methoden van de verschillende landen.
Ten aanzien van het stellen van klimaatgrenswaarden en het daaraan verbinden van maatregelen blijft de ISO afstandelijk. Men laat het aan de verschillende landelijke overheden over om hierin keuzen te doen die het beste bij elk land afzonderlijk aansluiten. Dat hier kennelijk ook behoefte aan bestaat blijkt uit de grote variatie in klimaatgrenswaarden per land. De verschillende landen blijken vooral het hinderaspect nogal verschillend te wegen bij de vaststelling van de grenswaarden. Een land als Zweden weegt ook duidelijk economische motieven mee. Al met al lijkt het stellen van klimaatgrenswaarden en het daaraan verbinden van maatregelen niet volledig losgemaakt te kunnen worden van zekere maatschappelijke bepaalde keuzen. Met de ISO-methoden is men vrij deze keuzen anders te maken zonder dat dit de toepassing van de aanbevolen meet- en verwerkingsmethoden belemmert."

Ten aanzien van de meet- en verwerkingsmethoden wordt verder nog het volgende overwogen:

" De in verschillende landen meest gebruikte warmte-index is de WBGT. De meest gebruikte koude-index is de droge luchttemperatuur. Andere gebruikte indices zijn de operatieve temperatuur, de Botsball, de L-index en de Wind Chill Index. De ISO gebruikt analytische indices gebaseerd op de basisgrootheden van het klimaat. Duitsland doet in een nieuwe norm voor warmte hetzelfde, echter in de vorm van tabellen.
Ondanks alle inspanningen om vereenvoudigingen aan te brengen moet het volledige meetinstrumentenarsenaal van de meeste landen toch instrumenten bevatten om op een of andere wijze alle vier de klimaatgrootheden te meten. De toegepaste vereenvoudigingen leiden dan ook meer tot een verminderde mogelijkheid om de klimaatfactoren zowel impliciet als expliciet goed te kunnen verwerken, dan dat ze leiden tot een vermindering van het aantal benodigde meetinstrumenten. De vereenvoudigingen hebben vooral voordelen met betrekking tot de eenvoud van de instrumenten. Een voorwaarde is dan wel dat de instrumenten hun oorspronkelijke, eenvoudige vorm blijven houden. Dit is met de huidige ontwikkeling naar professionele apparatuur lang niet altijd het geval, zodat de enige werkelijke vereenvoudiging vaak vervalt. Ook op het gebied van de verwerking en interpretatie van de meetresultaten leiden de vereenvoudigingen in de instrumenten namelijk niet tot een duidelijke verbetering. Veelal leiden ze juist eerder tot een minder nauwkeurige inschatting van het effect van de klimaatsituatie op de mens. Een en ander wordt dan ook als één van de redenen voor de ISO en een land als Duitsland gezien om het klimaat (bij voorkeur) vast te leggen door meting van de basisgrootheden. Gebruik van een WBGT-index, gebaseerd op metingen van afgeleide klimaatgrootheden, wil de ISO gezien de veelvuldige toepassing niet verwerpen, doch beperken tot niet meer dan dat van een indicator. De IZF-studie [43] ondersteunt dit.
Het gebruik van klimaatindices is in het verleden zeker niet alleen ontstaan uit een behoefte tot vereenvoudiging van de metingen. Vooral het feit dat een eenvoudige maat voor de warmte- en koudebelasting werd verkregen, op basis waarvan men een interpretatie van de situatie kon geven, werd aantrekkelijk geacht. Zo een analoge interpretatie was dan veelal mogelijk doordat empirisch een relatie was bepaald tussen de door de index aangeduide warmte- of koudebelasting en het optredende

effect op de mens.
Een dergelijke relatie was tussen de verschillende basisgrootheden van het klimaat en het effect op de mens niet eenvoudig te leggen. Deze beperking om het klimaat vast te leggen via de basisgrootheden is door de ISO onderkend. Met als achtergrond de huidige mogelijkheden om analytische technieken toe te passen is men, analoog aan de bepalingsmethode voor het comfort door Fanger, rekenkundige indices voor thermische belasting gaan zoeken. Men heeft deze gevonden in een soort Heat Stress Index (verhouding tussen de in de situatie benodigde zweetverdamping en de maximaal mogelijke zweetverdamping) voor warmte en een "benodigde kleding-index" voor kou. Beide indices zijn een uit de fysische en fysiologische achtergronden, rekenkundig vastgestelde maat voor het warmte-evenwicht van het menselijk lichaam onder invloed van factoren als kleding en activiteitenniveau. Daarnaast wordt voor de plaatselijke effecten van koude nog de Wind Chill Index gehanteerd. Het hele klimaatgebied wordt bestreken door de belastingsindices aan te laten sluiten op de comfort-indices van Fanger. Kenmerkend is nu dat voor het gehele klimaatgebied zowel éénduidige vastlegging van de basisgrootheden als van kleding en activiteit het uitgangspunt vormen.
Het is gewenst dat men daarnaast over goede rekenkundige mogelijkheden beschikt om deze gegevens te kunnen interpreteren, anders dient men tabellen te gebruiken zoals Duitsland doet. Gezien de omvang van het benodigde rekenkundige pakket lijkt het niet onmogelijk de rekenbewerkingen volledig uit te voeren met een goede programmeerbare zakrekenmachine."

Omtrent het aanbrengen van een mogelijke scheiding tussen meetmethoden voor belastingssituaties en meetmethoden voor hindersituaties wordt nog het volgende overwogen:

" In de wetgeving pretendeert men vaak vooral belasting te willen voorkomen. De grenswaarden liggen echter nogal eens in het hinderbereik. In ieder geval zal men in de praktijk de grens niet zo duidelijk kunnen trekken. Men zal er behoefte aan hebben voor elke plek waar is gemeten een beoordeling te geven, ongeacht of het belasting of hinder betreft.
Dit pleit voor de door de ISO aanbevolen meting van de basisgrootheden omdat hiermee zowel een goede verwerking van de meetgegevens voor een belastingssituatie als voor een hindersituatie alsmede een nadere analyse van het probleem mogelijk is."

Ten aanzien van de meetmethoden en de specificaties door de ISO worden nog enkele kanttekeningen gemaakt. Deze komen op het volgende neer:

" De specificaties van de instrumenten moeten hier en daar een kritische beschouwing ondergaan. Voor een aantal klimaatsituaties betekent dit dat eerst gegevens moeten worden verzameld omtrent de mogelijke effecten op de mens en de mate waarin ze in de praktijk op zullen treden. Verder wordt de behoefte aan een betere stralingsmeter dan de meestal gebruikte zwarte bol, die aan de gewenste specificaties kan voldoen, gesignaleerd."

Bij de keuze van een meetmethode speelt ook de wijze van verwerking van de meetgegevens een rol. De ISO-methoden verwerken de klimaatgegevens voornamelijk analytisch tot indices die maatgevend zijn voor de thermische belasting of de hinder. Daarbij worden invloedsfactoren als het activiteitenniveau, de kleding en het al of niet geacclimatiseerd zijn van personen mede in beschouwing genomen.
Ten aanzien van de activiteit en kleding kan het volgende worden geconcludeerd:

" Om de invloed van de activiteit en de kleding op het warmtegevoel vast te stellen bereidt de ISO hulpnormen voor. Met de uitgewerkte hulpnormen wordt het mogelijk geacht in verschillende nauwkeurigheidsklassen deze invloedsgrootheden voldoende vast te stellen."

Ten aanzien van individuele invloedsfactoren kan het volgende worden geconcludeerd:

" Met de belangrijkste individuele invloedsfactor acclimatisatie wordt in de te hanteren grenswaarden rekening gehouden. Voor het overige wordt uitgegaan van gezonde personen. Er wordt geen methode aangereikt om de gezondheid van personen en met name de daarmee samenhangende belastbaarheid vast te stellen. Dit is wel aan te bevelen."

Ten aanzien van de methoden, volgens welke de meetgegevens en overige waarnemingen worden verwerkt tot maatgevende indices voor de thermische belasting of hinder, kan het volgende worden geconcludeerd:

" Analytische verwerkingsmogelijkheden, zoals door de ISO worden aanbevolen, genieten de voorkeur boven empirische methoden zoals onder andere de WBGT.

In de analytische methoden worden in principe de basisgrootheden van het klimaat en invloedsfactoren als kleding en activiteit op de juiste wijze gewogen. Helaas ontbreekt op een aantal punten de kennis om alle verschijnselen exact te kunnen beschrijven (zie § 7.5). Hierdoor zijn aannamen op een aantal punten onontbeerlijk. Deze aannamen beïnvloeden de nauwkeurigheid van de methoden op nog onbekende wijze. Daarom is een validatie van de methoden in de praktijk noodzakelijk. Daarnaast dient onderzoek te worden verricht om de nog onbekende, veelal fysiologische verschijnselen op de duur wel te kunnen beschrijven."

8.3 AANBEVELING VOOR EEN MEETMETHODE

Als meetmethode wordt de in ISO/DIS 7726 voorgestelde meting van de basisgrootheden van het klimaat aanbevolen. Ten aanzien van de door de ISO gegeven specificaties voor de meetinstrumenten wordt een kritische beschouwing zinvol geacht, niet in de laatste plaats vanwege de mogelijke kosten van het instrumentarium.
De meting van afgeleide klimaatgrootheden, zoals bij de WBGT-methode (ISO 7243), wordt niet aanbevolen.
Voor de bepaling van invloedsfactoren als kleding en activiteit wordt aanbevolen de aangetroffen activiteiten en kledingcombinaties via een op te stellen richtlijn zo nauwkeurig mogelijk vast te leggen. Door een vergelijking met goed gedetailleerde standaardtabellen dient een kwantificering plaats te vinden. De thans nog in voorbereiding zijnde ISO-documenten op deze gebieden kunnen hierbij een leidraad vormen. Het in de praktijk meten van activiteitenniveaus en kledingeigenschappen wordt niet haalbaar geacht en tegen de achtergrond van de hele meet- en verwerkingsmethoden bovendien weinig zinvol geacht.
Voor de verwerking van de meetgegevens en overige waarnemingen wordt aan analytische methoden zoals de ISO noemt de voorkeur gegeven boven empirische methoden zoals de WBGT. Op de uitgangspunten van de analytische verwerkingsmethoden die zijn vastgelegd in ISO/DP 7933 (warmtebelasting), ISO/TC 159/SC 5/GT 1/90 (koudebelasting) en ISO/DIS 7730 (gematigde klimaatsituaties) zijn in hoofdlijnen geen aanmerkingen. Niet alle toegepaste fysische en vooral fysiologische relaties zijn echter voldoende onderbouwd. Nader onderzoek om deze onderbouwing uit te voeren is gewenst om zodoende een aantal relaties exacter in de verwerkingsmethoden op te kunnen nemen.

Het gebruik van een indicatieve methode naast een analytische methode wordt niet verworpen. In arbitraire situaties wordt echter aan de analytische methoden steeds de voorkeur gegeven. Ook de mogelijkheid om zowel belastings- als hindercriteria uit de meetgegevens af te kunnen leiden pleit voor de analytische methoden.
Als indicatieve methoden komen empirische methoden zoals de WBGT-index in aanmerking. Een voorkeur voor bijvoorbeeld de WBGT-index wordt echter niet uitgesproken. In principe worden ook andere klimaatindices die vergelijkbare mogelijkheden bieden, zoals bijvoorbeeld de gecorrigeerde effectieve temperatuur, bruikbaar geacht.
Voor situaties waarin duidelijk sprake is van een thermische belasting van werknemers moet het voorschrijven van maatregelen mogelijk zijn. Het uitbrengen van richtlijnen op dit gebied is aan te bevelen. Tot de maatregelen dient ook een verplichte medische keuring te behoren. De criteria hiervoor dienen nog te worden opgesteld.

9. CONCLUSIES

1. Voor het vastleggen van het thermisch klimaat wordt de door de ISO voorgestelde meting van de basisgrootheden luchttemperatuur, stralingstemperatuur, luchtsnelheid en luchtvochtigheid aanbevolen.

2. Voor het afleiden van het effect van het thermisch klimaat op het warmtegevoel van mensen dienen de invloedsfactoren kleding en activiteit te worden vastgesteld. Vergelijking van de aangetroffen activiteiten en kledingcombinaties met goed gedetailleerde standaardtabellen wordt hier afdoende geacht. Twee thans nog bij de ISO in voorbereiding zijnde hulpnormen kunnen hierbij behulpzaam zijn.

3. Voor de verwerking van de gemeten klimaatgrootheden en de invloedsfactoren tot een maat voor het warmtegevoel van mensen wordt de voorkeur gegeven aan analytische methoden zoals door de ISO gepropageerd. De betreffende ISO-documenten zijn thans nog in voorbereiding.

4. Het afleiden van de warmtebelasting van mensen met behulp van een empirische klimaatindex als de WBGT wordt niet aanbevolen. Het gebruik van dergelijke klimaatindices dient als indicatie voor de warmtebelasting van mensen te worden toegestaan.
   Hierbij is geen sprake van een uitgesproken voorkeur voor de door de ISO, vanwege het veelvuldige gebruik, genormeerde WBGT-index.
   In arbitraire situaties moet steeds de analytische warmte-index maatgevend zijn.

5. Het opstellen van criteria voor het thermisch klimaat is een zaak die sterk samenhangt met de overwegingen die een land daarbij hanteert. Uit de inventarisatie van wettelijke bepalingen van verschillende landen blijkt dat de overwegingen en de grenswaarden voor het klimaat per land sterk kunnen verschillen.
   Bij de door de ISO gepropageerde methoden is het mogelijk eigen criteria toe te passen zonder dat dit de bruikbaarheid van de methoden aantast.

10. GEBRUIKTE AFKORTINGEN EN INDICES

ACGIH = American Conference of Governmental Industrial Hygienists

A_{du} = lichaamsoppervlak volgens Du Bois

Arbo ... = Arbeidsomstandigheden ...

ASHVE = American Society of Heating and Ventilating Engineers

CET = de klimaatindex gecorrigeerde effectieve temperatuur (zie § 3.3.8.5)

clo = warmteweerstand van kleding; 1 clo = 0,155 m^2K/W

DGA = Directoraat Generaal van de Arbeid

DIN ... = Duitse norm ...

EEG = Europese Economische Gemeenschap

EHBO = Eerste Hulp Bij Ongelukken

G = lichaamsgewicht

HSI = de klimaatindex Heat Stress Index (zie § 3.3.3.5)

ISO = Internationale organisatie voor normalisatie

ISO ... = Internationale norm, uitgegeven door de ISO

ISO/DIS... = ISO-voorstel voor een internationale norm

ISO/DP... = voorbereidingsfase van een ISO/DIS

ISO/TC 159/SC 5/.. = werkdocument van de ISO-werkgroep klimaat

ITS = de klimaatindex Index of Thermal Stress

L = lichaamslengte of L-index

L-index = klimaatindex L (zie § 3.3.8.5)

M = metabolisme

MAC = Maximaal Aanvaarde Concentratie

NIOSH = National Institute for Occupational Safety and Health

p = parameter

p_a = absolute waterdampdruk van de lucht

PHEL = de klimaatindex Physiological Heat Exposure Limit (zie § 3.3.3.5)

PMV = de klimaatindex Predicted Mean Vote (zie § 3.3.8.4)

PPD = de klimaatindex Predicted Percentage Dissatisfied (zie § 3.3.8.4)

P 4 SR	=	de klimaatindex Predicted 4-hours Sweat Rate
R.V.	=	relatieve vochtigheid van de lucht
t	=	tijd of temperatuur
t_a	=	luchttemperatuur
t_d	=	droge luchttemperatuur
t_{eff}	=	de klimaatindex effectieve temperatuur (zie § 3.3.8.5)
$t_{eff.gec.}$	=	de klimaatindex gecorrigeerde effectieve temperatuur (zie § 3.3.8.5)
$t_{eq.}$	=	de klimaatindex equivalente temperatuur
t_g	=	globe- of zwarte boltemperatuur
t_l	=	luchttemperatuur
t_{ln}	=	psychrometrische natte-luchttemperatuur
$t_{ln\ gec.}$	=	de voor straling gecorrigeerde psychrometrische natte-luchttem.
t_n	=	(natuurlijke of psychrometrische) natte-luchttemperatuur
t_{nw}	=	natuurlijke natte-luchttemperatuur
t_o	=	de klimaatindex operatieve temperatuur (zie § 3.3.5.4)
Δt_{pr}	=	asymmetrie van de stralingstemperatuur
t_r	=	stralingstemperatuur
t_s	=	stralingstemperatuur
t_{vl}	=	vloertemperatuur
t_{wg}	=	de klimaatindex natte globetemperatuur of Botsball (zie § 3.3.1.5)
ΔT	=	temperatuurverschil
TLV	=	Threshold Limit Value
TNO	=	organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek
v	=	luchtsnelheid
v_a	=	luchtsnelheid
VBF	=	VeiligheidsBesluit voor Fabrieken en werkplaatsen
WCI	=	de klimaatindex Wind Chill Index (zie § 4.3)
WBGT	=	de klimaatindex Wett Bulb Globe Temperature (zie § 3.3.1.5)
WGT	=	de klimaatindex Wett Globe Temperature of Botsball (zie § 3.3.1.5)

11. LITERATUUR

[1] Studie naar klachten en onvrede van werknemers.
Commissie Opvoering Produktiviteit.
's-Gravenhage, Sociaal Economische Raad.

[2] Naar volwaardig werk in de industrie.
Nota van de Federatie Nederlands Vakverbond.

[3] Veiligheidsbesluit voor fabrieken en werkplaatsen.
Nederlandse Staatswetten.
's-Gravenhage, Schuurmans en Jordens, nr. 57, vierde druk.

[4] Arbeidsklimaat.
Commissariaat-generaal voor de bevordering van de arbeid.
Brussel, 1976.

[5] Arbeidsklimaat, Technische nota.
Commissariaat-generaal voor de bevordering van de arbeid.
Brussel, 1976.

[6] Arbeitsstättenverordnung.
Das Deutsche Bundesrecht. 481 Lieferung, maart 1982.

[7] Opfermann, R. en W. Streit.
Arbeitsstätten. Wiesbaden, Deutscher Fachschriften-Verlag.
Band 1, 16 Ergänzungslieferung.

[8] Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung.
DIN 33403, Teil 1,2 en 3. Berlijn, Beuth Verlag, 1984.

[9] Unfallverhütungsvorschrift Kälteanlagen.
Bayerisches Staatsministerium für Arbeit und Sozialordnung.

[10] Berufsgenossenschaftliche Grundsätze für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen. G 21 Kältearbeiten.
Bayerisches Staatsministerium fur Arbeit und Sozialordnung.

[11] Factories Act 1961.
's-Gravenhage, Martinus Nijhoff N.V., agent HMSO.

[12] Offices, Shops and Railway Premises Act 1963.
's-Gravenhage, Martinus Nijhoff N.V., agent HMSO.

[13] Health and Safety at Work Act 1974.
's-Gravenhage, Martinus Nijhoff N.V., agent HMSO.

[14] Tickner, J.A.
Thermal stress and its assessment.
Health and Safety Executive, Londen.

[15] Fanger, P.O.
Thermal Comfort.
McGraw-Hill Book Company, Londen.

[16] Lokalanvisningar.
Arbetarskyddsstyrelsens, Allmänna byrån (Zweden), nr. 88, 1978.

[17] Sundell, J. en C. Ersson.
Ventilation av arbetslokaler.
Arbetarskyddsstyrelsens, Allmänna byrån (Zweden), nr. 88, 1978.

[18] TLVs, Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents in the Work Environment and Biological Exposure Indices with Intended Changes for 1984-85.
American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Cincinnati (U.S), 1985, 2e druk.

[19] Criteria for a recommended standard for Occupational Exposure to Hot Environments.
U.S. Department of Health, Education and Welfare.
Government Printing Office, Washington.

[20] Utidjian, H.M.D.
Recommendations for a standard for work in hot environemts.
Journal of Occupational Medicine, Vol.15, no.6, juni 1973.

[21] Labor Safety and Sanitation Law.
Ministry of Labor. Law nr.57, juni 1972.
Ontvangen via de Nederlandse Ambassade te Tokio (Japan).

[22] Law for Maintenance of Sanitation in Buildings.
Building Management Education Center. Law nr.20, april 1970.
Ontvangen via de Nederlandse Ambassade te Tokio (Japan).

[23] Arbeidsomstandighedenwet.
Nederlandse Staatswetten.
's-Gravenhage, Schuurman en Jordens, nr.141.

[24] Veiligheidswet 1934.
Nederlandse Staatswetten.
's-Gravenhage, Schuurman en Jordens, nr.141.

[25] Arbeid in koel- en vriesruimten.
Arbeidsinspectie, publicatie P 142. Voorburg, 1985, 2e druk.

[26] Bouw en inrichting van bedrijfsruimten.
Arbeidsinspectie, publicatie P 30, Voorburg, 1983, 7e druk.

[27] Aanbevelingen voor de arbeidsomstandigheden in kantoren en gelijksoortige ruimten voor de huisvesting van Burgelijk Rijksoverheidspersoneel.
Rijks Geneeskunstige Dienst, 's-Gravenhage, 1979.

[28] Aanbevelingen voor fysische binnenmilieuparameters voor kantoren, scholen en werkruimten voor lichte arbeid.
Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Zoetermeer.

[29] Zuilen, D. van en G.H. Dop.
De herziening van het "Veiligheidsbesluit voor Fabrieken of Werkplaatsen" t.a.v. de voorschriften betreffende de bescherming tegen klimaatinvloeden.
Delft, Instituut voor Gezondheidstechniek TNO, publicatie nr. 386, 1971.

[30] Zuilen, D. van
Klimaatregeling; B. Extreme situaties in fabrieksruimten.
Delft, Instituut voor Gezondheidstechniek TNO.

[31] Schalkoort, T.A.J. en J.H.B.M. Willems
Warm-lassen. Analyse en beoordeling van klimaatgegevens ten behoeve van het onderzoek naar de gevolgen voor werknemers.
Directoraat-Generaal van de Arbeid, Rapport S6,
Voorburg, mei 1985.

[32] Hot environments - Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index.
International Organisation for Standardization, ISO 7243, 1982.
Delft, NNI.

[33] Ambiances chaudes.
Détermination analytique et interprétation de la contrainte thermique fondées sur la calcul de la sudation requise.
Organisation Internationale de Normalisation.
ISO/DP 7933, 1983. Delft, NNI.

[34] Cold environments.
Determination of required clothing insulation
and Wind Chill Index.
International Organisation for Standardization,
ISO/TC 159/SC 5/GT 1/90, 1983. Delft, NNI.

[35] Moderate thermal environments.
Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort.
International Organisation for Standardization, ISO/DIS 7730, 1983.
Delft, NNI.

[36] Thermal environments.
Specifications relating to appliances and methods for measuring physical characteristics of the environment.
International Organisation for Standardization, ISO/DIS 7726, 1982.
Delft, NNI.

[37] Determination of metabolic rate.
International Organisation for Standardization,
ISO/TC 159/SC 5/N 57, 1982. Delft, NNI.

[38] Estimation of the thermal characteristics of a clothing ensemble.
International Organisation for Standardization,
ISO/TC 159/SC 5/GT 1/91, 1983. Delft, NNI.

[39] Mutchler, J.E. en J.L. Vecchio
Empirical relationships among heat stress indices
in 14 hot industries.
American Industrial Hygiene Association, Journal (38) 6/77.

[40] Crommelin, R.D. en M. Dubbeld
Onderzoek in een proefkamer met luchtverwarming met
fluctuerende temperatuur van de inblaaslucht.
Rapport R 85/259, Delft, MT-TNO.

[41] Temperatuurwisselingen
Tijdschrift voor Sociale Geneeskunde 60 (1982)
nr. 24/A & SV 20 (1982); nr. 4, p. 788-789.

[42] Jungmann, H.
Klimaanlagen und Erkältungskrankheiten bei Schiffsreisen
in die Tropen.
Umschau 76 (1976), Heft 22, p. 719-720.

[43] Lotens, W.A. en H. van Middendorp.
How well does WBGT predict heat strain?
Estimates from a mathematical model.
Soesterberg, Instituut voor Zintuigfysiologie TNO,
Rapport ?, 1985.

[44] Blanc, J. Le
Evidence and meaning of acclimatization to cold in man.
Journal of Applied Physiology, Vol. 9, no. 3, November 1956.