

Ser. 4

S 44-1 Een inventarisatiemethode voor
maatomstandigheden in bedrijven:
opstelling van de methode en
evaluatie van de beproeving

Proefinventarisatie, deelrapport I

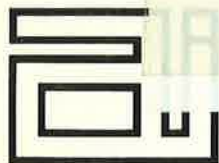
Rapport

Uitgevoerd in opdracht van het Directoraat-Generaal van de Arbeid
door de Hoofdgroep Maatschappelijke Technologie TNO

Directoraat-Generaal van de Arbeid
Nederlands Instituut voor Arbeidsomstandigheden



NIA0021563



S 44-1

612.014.4 : 628.85
Spec. a#.

Een inventarisatiemethode voor klimaatomstandigheden in bedrijven: opstelling van de methode en evaluatie van de beproeving

Proefinventarisatie, deelrapport I

Rapport

Uitgevoerd in opdracht van het Directoraat-Generaal van de Arbeid
door de Hoofdgroep Maatschappelijke Technologie TNO

Afdeling Binnenmilieu

Auteur: Ir. C.W.J. Cox

Met medewerking van:
Ing. M. Dubbeld

Nederlands Instituut voor
Arbeidsomstandigheden NIA
bibliotheek-documentatie-informatie
De Boelelaan 32, Amsterdam-Buitenveldert

stamb.nr. 68-503
plaats Sec. 4, 544-1
datum 05 JULI 1988

juni 1988

<u>INHOUD</u>	<u>Blz.</u>
SAMENVATTING	3
1. INLEIDING	5
2. UITGANGSPUNTEN BIJ HET OPSTELLEN VAN DE INVENTARISATIEMETHODE	7
3. SAMENSTELLING VAN DE INVENTARISATIEMETHODE	9
3.1 Meting van de klimaatparameters	9
3.1.1 Meetstrategie	9
3.1.2 Keuze van de meetapparatuur	10
3.2 Metabolisme	11
3.3 Kledingisolatie	12
3.4 Vragenlijst voor de bepaling van de subjectieve beoordeling	13
3.5 Bepaling van de thermische belasting - objectieve beoordeling	14
3.6 Voorspelling van de klimaatparameters	15
3.7 Het op een systematische wijze oplossen van klimaatproblemen	18
3.8 Meting van fysiologische grootheden	28
4. EVALUATIE VAN DE BEPROEVING VAN DE INVENTARISATIEMETHODE	29
5. CONCLUSIES	36
6. LITERATUUR	40
BIJLAGE A: Enquêteformulieren	
BIJLAGE B: Beschrijving van het meerzone-model	
BIJLAGE C: Samenvattingen van de rapportage van de onderzoeken in de bedrijven	

SAMENVATTING

Het Directoraat-Generaal van de Arbeid (DGA) onderzoekt de mogelijkheid van het uitvoeren van een inventarisatie naar de ernst en de omvang van klimaatproblemen in de Nederlandse industrie en de eventuele mogelijkheden voor het oplossen van die klimaatproblemen. Door het DGA is aan de afdeling Binnenmilieu van de hoofdgroep Maatschappelijke Technologie TNO een onderzoek opgedragen om een inventarisatiemethode voor het vastleggen van de klimaatbelasting in bedrijven op te stellen en te beproeven in twee bedrijven. Dit onderzoek wordt uitgevoerd in samenwerking met de afdeling Thermofysiologie van het Instituut voor Zintuigfysiologie TNO. Het beproeven van de methode in de twee bedrijven wordt behandeld in de deelrapporten II en III. In dit deelrapport I wordt het opstellen van de inventarisatiemethode en de evaluatie van het beproeven van de methode besproken.

Bij het opstellen van de inventarisatiemethode is een nadere invulling gegeven van de verschillende onderdelen:

- de meetstrategie;
- de apparatuur voor de meting van de klimaatparameters;
- de bepaling van metabolisme en kledingisolatie;
- de bepaling van de subjectieve beoordeling van de klimaatbelasting van de werknemers;
- de bepaling van de objectieve beoordeling van de klimaatbelasting;
- het voorspellen van de klimaatparameters;
- het bepalen van oplossingen voor klimaatproblemen.

De achtergronden bij de invulling van de onderdelen worden toegelicht.

Aan de hand van de beproeving van de inventarisatiemethode in een zuivelfabriek en een staalfabriek wordt de bruikbaarheid van de methode geëvalueerd.

De methode blijkt redelijk te voldoen maar vergt veel tijd. Andere belangrijke knelpunten zijn het ontbreken van apparatuur voor een directe, snelle meting van de gemiddelde stralingstemperatuur, het ontbreken van toetsingscriteria voor de klimaatbelasting en het ontbreken van gegevens voor het beoordelen van de belasting door plaatselijk discomfort (tocht, temperatuurwisselingen en stralingsasymmetrie) in industriële omgevingen.

Een bijstelling van de inventarisatiemethode is gewenst. De volgende aanbevelingen worden gedaan:

- het bepalen van het metabolisme in bedrijfssituaties aan de hand van de meting van de hartslag;
- het valideren van de methode voor de bepaling van de kledingisolatie op basis van gewicht en bedekt oppervlak;
- het onderzoeken van de mogelijkheden van personal monitoring van klimaatgrootheden;
- het verder ontwikkelen en toetsen van een meerzonemodel (geschikt voor een personal computer) voor de berekening van luchttemperaturen op meerdere plaatsen in een ruimte;
- het opstellen van criteria voor de beoordeling van de mate van thermische belasting.

Een inventarisatie van de klimaatbelasting in de Nederlandse industrie kan op twee manieren worden uitgevoerd. De eerste mogelijkheid is het uitvoeren van een - directe - inventarisatie op grote schaal waarbij de klimaatbelasting in een groot aantal bedrijven wordt vastgelegd. Gezien de omvang van de Nederlandse industrie, de beschikbare tijd en financiën kan hierbij slechts een beperkte nauwkeurigheid worden gerealiseerd. De inventarisatie dient te worden uitgevoerd met een globale beoordelingsmethode. Op basis van de resultaten kunnen prioriteiten in de aanpak van de klimaatproblemen worden gesteld.

De tweede mogelijkheid voor een klimaatinventarisatie is het uitvoeren van een - indirecte - inventarisatie op basis van onderzoek in een beperkt aantal bedrijven en vertaling van de gegevens naar de gehele Nederlandse industrie. Op gestandaardiseerde wijze wordt met een relatief hoge nauwkeurigheid de klimaatbelasting bepaald in geselecteerde bedrijven. Daarnaast worden oplossingen voor de aanwezige problemen geselecteerd en uitgevoerd en het effect van de maatregelen geëvalueerd. Deze "action-research" levert niet direct een totaalbeeld van de problematiek maar heeft als voordeel dat direct aan oplossingen van klimaatproblemen wordt gewerkt.

1. INLEIDING

Bij de Arbeidsinspectie komen regelmatig klimaatklachten van uiteenlopende aard binnen. Uit een inventarisatie van een commissie van de Sociaal Economische Raad (SER) en van de Federatie Nederlandse Vakbeweging (FNV) is gebleken dat het thermische klimaat hoog scoort ten aanzien van klachten omtrent de werksituaties. Om over de ernst en de omvang van de klimaatklachten en over eventuele oplossingen uitspraken te kunnen doen wil het Directoraat-Generaal van de Arbeid (DGA) een inventarisatie van klimaatomstandigheden in bedrijven laten uitvoeren. Het doel van deze inventarisatie is het vastleggen van de ernst en omvang van klimaatproblemen op de Nederlandse arbeidplaatsen, alsmede het globaal aangeven van kostenconsequenties en eventuele organisatorische of technische knelpunten bij verbeteringen van probleemsituaties.

In opdracht van het DGA is door TNO reeds een onderzoek verricht ter vaststelling van een meetmethode voor het thermische klimaat, waarmee tevens de thermische belasting van werkende mensen kan worden afgeleid (DGA-studierapport S21). Hierin wordt gepleit voor de vastlegging van de basisgrootheden van het klimaat (luchttemperatuur, stralingstemperatuur, luchtsnelheid en luchtvochtigheid) en de invloedsfactoren kleding en activiteit. De bepaling van de thermische belasting van de mens dient dan rekenkundig te geschieden met behulp van de door de ISO (International Organization for Standardization) voorgestelde thermofysiologische modellen.

Alvorens op grote schaal te gaan inventariseren is, in vervolg op het bovengenoemde onderzoek, door het DGA aan TNO een onderzoek opgedragen om een methode van inventarisatie van de klimaatomstandigheden in bedrijven op te stellen. In het opgedragen onderzoek, verder te noemen proefinventarisatie, wordt de inventarisatiemethode nader uitgewerkt en wordt de bruikbaarheid getoetst door toepassing in twee bedrijven. Het project wordt in samenwerking met IZF-TNO, afdeling Thermofysiologie, uitgevoerd.

Bij het opstellen van de inventarisatiemethode zal een invulling worden gegeven van de volgende onderdelen:

- keuze van de meetapparatuur voor het vastleggen van het klimaat;
- het opstellen van een meetstrategie voor het vastleggen van de klimaatparameters;
- een vragenlijst naar de subjectieve beoordeling van het klimaat door de werknemers;

- het bepalen van metabolisme en kledingisolatie van de werknemers;
- de keuze van de meetapparatuur voor het vastleggen van belangrijke fysiologische grootheden zoals hartslag en rectaaltemperatuur;
- een methode om op systematische wijze klimaatproblemen op te lossen;
- het voorspellen van de klimaatparameters bij andere weersomstandigheden dan die tijdens de inventarisatieperiode.

De afdeling Thermofysiologie (IZF-TNO) levert een bijdrage met betrekking tot de aspecten metabolisme, kledingisolatie en de meting van de fysiologische grootheden [11]. Bij de invulling van deze onderdelen zal worden uitgegaan van de (concept-) ISO-normen voor de verschillende gegevens. Er wordt in principe uitgegaan van bestaande kennis.

De proefinventarisatie in de twee bedrijven wordt beschreven in de deelrapporten II [1] en III [2]. In dit deelrapport I wordt het opstellen van de inventarisatiemethode en de evaluatie van de beproevingen van de bruikbaarheid in de bedrijven behandeld.

2. UITGANGSPUNTEN BIJ HET OPSTELLEN VAN DE INVENTARISATIEMETHODE

Uitgangspunt voor het opstellen van de inventarisatiemethode voor het vastleggen van de klimaatbelasting van werknemers in industriële bedrijven vormt het rapport "Vaststelling van een meetmethode voor het thermisch klimaat, waarmee de thermische belasting van werkende mensen kan worden afgeleid" [3]. In dat rapport wordt gepleit voor de vastlegging van de invloedsfactoren activiteit en kledingisolatie en de basisgrootheden van het klimaat; luchttemperatuur, stralingstemperatuur, luchtsnelheid en luchtvochtigheid. De klimaatbelasting wordt vervolgens op rekenkundige wijze met behulp van thermofysiologische modellen bepaald, uitgaande van vastgelegde waarden van de invoerparameters.

In het rapport worden de ISO-methoden aanbevolen. De volgende ISO-publicaties hebben bij het opstellen van de inventarisatiemethode als basis gediend:

- ISO 7726, Thermal Environments.
Specifications relating to appliances and methods for measuring physical characteristics of the environment [4].
- ISO 7730, Moderate thermal environments.
Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort [5].
- ISO/DIS 7933, Ambiances chaudes.
Détermination analytique et interprétation de la contrainte thermique fondées sur la calcul de la sudation réquise [6].
- ISO/TC/159/ SC5/GT1/N129, Cold Environments.
Determination of required clothing insulation and Wind Chill Index [7].
- ISO/DIS 8996, Determination of metabolic rate [8].
- ISO/TC/159/ SC5/GT1/N68E, Estimation of the thermal characteristics of a clothing ensemble [9].

Bij het opstellen van de inventarisatiemethode is een praktische invulling gegeven aan de in [3] en de ISO-publicaties voorgestelde methoden.

Ten aanzien van de klimaatmetingen betekent dit dat er een keuze van de toe te passen apparatuur dient te worden gemaakt en een meetstrategie voor de vastlegging van de klimaatgrootheden dient te worden opgesteld.

Voor de bepaling van metabolisme en kledingisolatie moet een keuze worden gemaakt uit de door de ISO voorgestelde methoden. Hierin zal de afdeling Thermofysiologie adviseren.

Klachten van werknemers over het klimaat zijn de aanleiding tot de inventarisatie geweest. Om tot een inschatting van de significantie van de klachten (subjectieve beoordelingen) te kunnen komen is een relatie tussen objectieve beoordeling (met behulp van de thermofysiologische modellen) en subjectieve beoordeling noodzakelijk. Voor het vastleggen van de subjectieve beoordeling zal gebruik worden gemaakt van een vragenlijst.

Om tot een goede uitspraak over extreme belastingen te kunnen komen is een vastlegging van enkele fysiologische grootheden, zoals hartslag en rectaaltemperatuur noodzakelijk. Er dient een keuze te worden gemaakt van de noodzakelijk toe te passen apparatuur voor de fysiologische metingen.

Het klimaat op de werkplekken in bedrijven is vaak sterk afhankelijk van de weersomstandigheden. Uitgaande van de vastgelegde klimaatparameters tijdens een korte inventarisatieperiode (enkele dagen) wordt niet het gehele bereik van de optredende klimaatbelastingen bestreken. Metingen van de klimaatparameters onder alle mogelijke weersomstandigheden is praktisch niet haalbaar. Gewenst is een methode voor de voorspelling van het klimaat in een bedrijf uitgaande van procesgegevens, weersomstandigheden en gebouweigenschappen. Een dergelijke methode kan ook worden gebruikt voor de beoordeling van de invloed van oplossingen op de klimaatbelasting.

Naast de ernst en de omvang van de klimaatbelasting dient de inventarisatiemethode ook een overzicht te geven van de mogelijkheden voor het oplossen van probleemsituaties, waarbij dan globaal economische (kosten), organisatorische en technische consequenties worden aangegeven.

Het vinden van oplossingen dient op een gestructureerde wijze te geschieden. Het is derhalve noodzakelijk om een methode op te stellen waarmee op systematische wijze oplossingen voor klimaatproblemen kunnen worden gevonden.

De invulling van de diverse onderdelen van de methode wordt in het volgende hoofdstuk gegeven.

3. SAMENSTELLING VAN DE INVENTARISATIEMETHODE

3.1 METING VAN DE KLIMAATPARAMETERS

3.1.1 Meetstrategie

Aan de hand van een bezoek aan het bedrijf, gesprekken met bedrijfsleiding, leden van de bedrijfsgezondheidsdienst of de Arbeidsinspectie en eventuele oriënterende metingen kunnen representatieve werkplekken en produktiewerkzaamheden, die zullen worden beschouwd, worden bepaald.

Op de gekozen werkplekken worden de klimaatparameters gemeten. Meting op één werkplek is voldoende wanneer er sprake is van een ruimtelijk homogeen klimaat.

Vastlegging van de klimaatparameters op de werkplekken door middel van continue metingen is het meest betrouwbaar. Dit is in de praktijk niet altijd mogelijk vanwege het grote aantal te beschouwen werkplekken, de beperkt beschikbare tijd en apparatuur en de mogelijke verstoring van de produktiewerkzaamheden bij langdurige metingen. De vastlegging van het klimaat dient dan op basis van kortstondige metingen plaats te vinden.

Indien er sprake is van een constant (in de tijd) klimaat kan met een kortstondige meting van de klimaatparameters op één tijdstip worden volstaan. Bij een gelijkmatig verloop van de klimaatparameters gedurende een dag kan aan de hand van kortstondige metingen op verschillende tijdstippen ('s ochtends en 's middags) het klimaat worden vastgelegd.

Indien het klimaat, bijvoorbeeld onder invloed van het proces, sterk varieert is het noodzakelijk om tijdens de verschillende te onderscheiden procesfasen een meting van de klimaatparameters te verrichten.

Overeenkomstig ISO 7726 [4] worden de klimaatmetingen bij staande personen op een hoogte van 1,1 m en bij zittende personen op een hoogte van 0,6 m verricht.

Het "persoonlijk" klimaat van een werknemer kan bij verblijf op slechts één werkplek eenvoudig uit de klimaatmetingen op die werkplek worden bepaald.

Voor werknemers die werkzaam zijn op meerdere werkplekken kan het persoonlijk klimaat worden afgeleid uit de klimaatmetingen op de verschillende

werkplekken, eventueel tijdens verschillende procesfasen, en een registratie van de verblijfstijden op de verschillende werkplekken tijdens de verschillende procesfasen gedurende een dag of een procescyclus.

De registratie van de verblijfstijden kan samenvallen met de arbeidsanalyse ter bepaling van het metabolisme (zie §3.2).

Door middel van een continue registratie van de luchttemperatuur op enkele referentiepunten in de bedrijfsruimte wordt informatie verkregen over de invloed van het proces en/of het weer op het klimaat.

3.1.2 Keuze van de meetapparatuur

Voor het uitvoeren van de klimaatmetingen is gekozen voor een klimaatmeetset die voldoet aan ISO 7726 [4]. De in het onderzoek gebruikte klimaatmeetset van Bruel & Kjaer, type 1213 is in principe bedoeld voor comfort-situaties. De stralingssensor en de luchtsnelheidsensor hebben een beperkt bereik.

Er is niet gekozen voor andere meetsets daar deze alle gebruik maken van een globe voor de meting van de stralingstemperatuur. Deze meting heeft als nadelen een relatief grote onnauwkeurigheid en een lange meettijd (circa 20 minuten).

De meting van de gemiddelde stralingstemperatuur met behulp van de Bruel & Kjaer-set geschiedt op indirecte wijze uit de meting van de "plane radiant temperature" in de zes onafhankelijke richtingen en berekening van de gemiddelde stralingstemperatuur met behulp van een omrekeningsformule [10]. De meting van de "plane radiant temperature" vindt plaats door de sensor, waarmee de "plane radiant temperature" in twee tegenovergestelde richtingen kan worden gemeten, achtereenvolgens in de drie onafhankelijke richtingen (voor/achter; links/rechts; boven/onder) te plaatsen. De meting levert ook informatie over de stralingsasymmetrie op. Met de stralingssensor van de gekozen meetset kan een "plane radiant temperature" tot maximaal 50°C boven de luchttemperatuur worden gemeten. In de praktijk betekent dit dat de sensor gebruikt kan worden tot een "plane radiant temperature" van 60 tot 80°C.

Voor hogere waarden van de "plane radiant temperature" in een bepaalde richting dient een ander, extra instrument, bijvoorbeeld een thermozuil, te worden gebruikt.

Continue metingen van de luchttemperatuur en relatieve vochtigheid worden verricht met een thermohygrograaf, of met batterijgevoede dataloggers waarop temperatuur- en vochtigheidssensoren kunnen worden aangesloten.

3.2 METABOLISME

De bepaling van het metabolisme kan zowel door meting als door schatting met behulp van tabellen plaatsvinden. Een overzicht van de methoden wordt gegeven in [11]. Een directe of indirecte meting van het metabolisme geeft de hoogste nauwkeurigheid. Hierbij is men echter afhankelijk van de bereidheid van proefpersonen om deel te nemen aan de metingen en is een relatief grote meetinspanning vereist.

In verband met de toepasbaarheid van de methode op grote schaal is gekozen voor een, minder nauwkeurige, schattingsmethode, waarbij het metabolisme wordt bepaald op basis van een verbale omschrijving.

Schatting van het metabolisme kan o.a. plaatsvinden op basis van een klasse-indeling of op basis van beroepsgroep. Deze schattingen kunnen snel worden gemaakt, maar geven slechts grove informatie en hebben een grote onnauwkeurigheid. Naast de bovengenoemde schattingsmethoden kan een nauwkeurigere waarde worden bepaald door schatting op basis van analyse van de arbeid ten aanzien van houding, type beweging en bewegingssnelheid enerzijds en op basis van een onderverdeling van de arbeid in deelactiviteiten anderzijds. Bij de laatste methode worden waarden van het metabolisme voor de deelactiviteiten ontleend aan tabellen.

Bij deze methoden is een arbeidsanalyse, waarbij de proefpersoon door een observator wordt gevolgd die de activiteiten zo nauwkeurig mogelijk omschrijft en de duur van elke activiteit vastlegt, noodzakelijk.

Voor dit onderzoek is gekozen voor een van de laatste methoden. Aangezien de tabellen met de waarden van het metabolisme voor deelactiviteiten beperkt zijn tot enkele beroepen of bedrijfstakken is uiteindelijk gekozen voor de bepaling van het metabolisme op basis van een analyse van de arbeid ten aanzien van houding, type beweging en bewegingssnelheid.

Deze methode wordt in [1, 2] nader toegelicht.

In verband met de beoordeling van de nauwkeurigheid van de schattingsmethode worden door IZF tevens waarden van het metabolisme bepaald door meting [11]. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen een hartslagmeting en de meting van het zuurstofverbruik (met behulp van Oxylog).

3.3 KLEDINGISOLATIE

Evenals het metabolisme kan de kledingisolatie worden bepaald met behulp van tabellen met regressievergelijkingen op basis van kleding eigenschappen of computermodellen.

Een overzicht van de methoden wordt gegeven in [11]. Ten aanzien van de metingen kunnen manikin-metingen en metingen aan proefpersonen worden onderscheiden. Dergelijke metingen zijn erg arbeidsintensief en vergen een uitgebreide instrumentatie en zijn daardoor veelal niet mogelijk in bedrijfssituaties.

Schattingsmethoden zijn geschikter om in bedrijfssituaties toe te passen. De meest bekende schattingsmethode voor de bepaling van de kledingisolatie is een sommatie van isolatiewaarden van afzonderlijke kledingstukken uit tabellen [12, 13]. Deze methode wordt ook in de ontwerp ISO-norm ten aanzien van de bepaling van de kledingisolatie [9] voorgesteld. Uit onderzoek van McCullough [13] is gebleken dat de methode onnauwkeurige resultaten kan opleveren.

In een overzicht van Havenith [11] worden mogelijke, meer betrouwbare schattingsmethoden gegeven. Eén van deze methoden gaat uit van schattingen van de isolatie van losse kledingstukken op grond van het bedekt lichaamsoppervlak en een sommatie van de isolatiewaarden per kledingstuk tot een isolatiewaarde van het totale kledingpakket. Daarnaast kan de kledingisolatie worden bepaald op basis van materiaaldikte, gewicht en bedekt lichaamsoppervlak. De laatste methode vraagt om een meting van dikte en gewicht van de kleding en kan alleen worden toegepast voor het bepalen van de isolatiewaarde van de ten tijde van de meting gedragen kleding.

Bij de methode op basis van de isolatie per kledingstuk kan ook de kledingisolatie van andere dan ten tijde van de meting gedragen kleding worden bepaald, op basis van enquêtegegevens.

Op grond van het bovenstaande is gekozen voor de bepaling van de kledingisolatie op basis van de isolatiewaarden per kledingstuk op grond van het bedekt lichaamsoppervlak. Informatie over de gedragen kleding wordt verkregen met behulp van de vragenlijst naar de subjectieve beoordeling van het klimaat (zie 3.4).

De toegepaste methode sluit goed aan op de door de ISO voorgestelde methode.

In [1, 2] wordt de toegepaste methode nader toegelicht.

De met de schattingsmethode vastgestelde waarden gelden voor stil, recht-opstaande personen in afwezigheid van wind. De netto isolatie wordt beïnvloed door houding, beweging en luchtsnelheid (wind). In de literatuur worden waarden voor de afname van de kledingisolatie onder invloed van de genoemde factoren gegeven [11].

Voor lopen wordt een gemiddelde afname van 30% in rekening gebracht. Voor andere activiteiten dan lopen wordt een afname van de kledingisolatie afhankelijk van het metabolisme, zoals voorgesteld door Holmer [14], in rekening gebracht. Deze afname verloopt lineair van 10% bij 100 W.m^{-2} tot 25% bij 200 W.m^{-2} en blijft bij waarden boven 200 W.m^{-2} constant op 25%.

3.4 VRAGENLIJST VOOR DE BEPALING VAN DE SUBJECTIEVE BEOORDELING

De aanleiding tot het inventariseren van ernst en omvang van de klimaatbelasting in de Nederlandse bedrijven zijn het grote aantal klachten van werknemers met betrekking tot het klimaat.

Om tot een inschatting van de significantie van de klachten te kunnen komen dient een relatie tussen objectieve en subjectieve beoordeling te worden vastgelegd.

In de inventarisatiemethode is een enquête naar de subjectieve beoordeling van het klimaat opgenomen. Deze enquête is opgesteld in samenwerking met NIPG-TNO [15], waarbij als uitgangspunt hebben gediend enquêtes van Hettinger [16] en de Verkorte Vragenlijst naar Persoonlijk Functioneren in de Arbeidsituatie van het NIPG-TNO [17].

Aangezien bij de subjectieve beleving en beoordeling van het klimaat ook niet-klimaatparameters een rol kunnen spelen zijn niet-binnenmilieu-aspecten zoals werksatisfactie, gezondheid en binnenmilieufactoren zoals geluid, licht, stof en stank in de enquête opgenomen. Met betrekking tot de niet-binnenmilieufactoren zijn vragen met een indicatief karakter gekozen. De omvang van de enquête is een compromis tussen het verkrijgen van voldoende informatie en de benodigde tijd voor het beantwoorden van de enquête (10 tot 15 minuten).

Voor de vragen over de verschillende binnenmilieufactoren is bij factoren met een ten opzichte van de neutrale (evenwichts-)situatie in twee richtingen mogelijke score (temperatuur: warm/neutraal/koud) een zevenpuntschaal gekozen, overeenkomstig de door Fanger toegepaste schaal. Bij binnen-

milieufactoren met een ten opzichte van de neutrale situatie in één richting mogelijke score (tocht: geen/af en toe/vaak/altijd) is een vierpuntschaal gekozen, die beschouwd zou kunnen worden als een halve zevenpuntschaal. Bij de niet-binnenmilieufactoren is gekozen voor een beperkte vraagstelling die heeft geleid tot vragen met twee (ja/nee) of drie (ja/deels/ja/nee) antwoordmogelijkheden. Uitzonderingen hierop vormen de vragen met betrekking tot het roken en het alcoholgebruik.

In de enquête is ook een vraag opgenomen over de in de verschillende seizoenen gedragen kleding. Deze gegevens worden gebruikt bij de bepaling van de kledingisolatie. Voor een algemene toepassing van de enquête dient het overzicht van de kleding te worden aangevuld met kledingstukken voor vrouwen.

Na toepassing van de vragenlijst bij de proefinventarisatie in het eerste bedrijf zijn naar aanleiding van de bevindingen enkele wijzingen aangebracht in de vragenlijst. Deze wijzigingen bestonden uit het beperken van het aantal vragen met betrekking tot de niet-binnenmilieufactoren, een minder formele vraagstelling bij een aantal aspecten en het gebruik van figuren bij de vraag ten aanzien van de kleding.

De beide vragenlijsten zijn opgenomen in bijlage A.

Werknemers dienen de gelegenheid te krijgen om de vragenlijst te beantwoorden in een afzonderlijke ruimte, waarbij mogelijk overleg met collega's moet worden voorkomen.

Naast de uitgebreide vragenlijst is een korte vragenlijst opgesteld met vragen ten aanzien van activiteit, kleding en klimaatbeoordeling met betrekking tot de momentane situatie. De bedoeling is om deze enquête door de werknemers op hun werkplek te laten beantwoorden.

3.5 BEPALING VAN DE THERMISCHE BELASTING - OBJECTIEVE BEOORDELING

De beoordeling van thermische belasting van de personen wordt gemaakt met behulp van de door de ISO voorgestelde thermofysiologische modellen. Waarden voor de volgende indices, uitgaande van de vastgestelde waarden van de parameters, zullen worden bepaald, voor zover van toepassing:

- PMV op basis van het model van Fanger [5] (ISO 7730);
- het percentage nat huidoppervlak (w_{req}) en de toelaatbare blootstellingstijd (DLE: Duration Limited Exposure) op basis van het model voor de benodigde zweetverdamping (ISO/DIS 7933 [6]);

- de benodigde kledingisolatie ($I_{cl,min}$ en $I_{cl,net}$) en de toelaatbare blootstellingstijd en de Wind Chill Index op basis van ISO/TC159/SC5/GT1/N129 [7] (Cold Environments);

$I_{cl,min}$ is de benodigde kledingisolatie om een te grote afkoeling van het lichaam te voorkomen; $I_{cl,net}$ de maximaal toelaatbare kledingisolatie waarbij de zweetproductie op een zodanig niveau wordt beperkt dat nat worden van de kleding en de daardoor veroorzaakte afname van de kledingisolatie wordt voorkomen.

Voor nadere achtergronden van de modellen wordt verwezen naar de ISO-publicaties [5, 6, 7] en rapport R 85/249a [3]. Voor de bepaling van de PMV-index wordt het toepassingsgebied gedefinieerd door de begrenzingen van de invoerparameters. Voor de modellen voor de bepaling van de benodigde zweetverdamming en de bepaling van de benodigde kledingisolatie wordt door de ISO geen expliciet toepassingsgebied gedefinieerd. De toepassingsgebieden worden aangegeven met respectievelijk warme omgevingen en koude omgevingen.

De berekening van de waarden van de indices zal gebeuren uitgaande van de gemiddelde waarden van de parameters tijdens de te beschouwen periodes. Bij de toepassing van het model voor de benodigde zweetverdamming bestaat de mogelijkheid meerdere, achtereenvolgende, fasen met verschillende waarden voor de parameters te beschouwen. De beoordeling wordt gemaakt per fase en voor de gemiddelde waarden van de fasen.

3.6 VOORSPELLING VAN DE KLIMAATPARAMETERS

Het thermische klimaat gedurende de inventarisatieperiode wordt mede bepaald door de dan heersende weersomstandigheden. Dit betekent dat in die situaties ook de bepaalde waarden voor de thermische belasting van de personen afhankelijk zijn van de weersomstandigheden tijdens de meting. Om tot een uitspraak over de ernst en omvang van de thermische belasting te komen is het nodig om ook de belasting te bepalen bij andere weersomstandigheden dan tijdens de meting. Het bepalen van het klimaat bij andere weersomstandigheden kan gebeuren door het daadwerkelijk vastleggen (meten) van de klimaatomstandigheden of door het gebruik van modellen waarmee het klimaat kan worden voorspeld. Het daadwerkelijk meten van de klimaatomstandigheden bij andere weersomstandigheden leidt noodgedwongen tot een lange looptijd van een inventarisatie in een bedrijf.

Een mogelijke methode voor het voorspellen van het klimaat is het gebruik van computersimulatiemodellen voor de berekening van het binnenklimaat. Er kunnen twee typen modellen worden onderscheiden, namelijk simulatiemodellen en statistische of regressiemodellen. Bij de keuze van het type model spelen de benodigde tijd voor het opstellen en toetsen van het model en de mogelijkheid voor evaluatie van oplossingen voor klimaatproblemen een rol. Bij statistische modellen is zowel een analyse van een zomer- als een wintersituatie vereist voor de modelvorming in verband met de invloed van het gebruik van ventilatieopeningen (naar behoefte) op de optredende ventilatie en daarmee het klimaat. Een statistisch model vraagt daarom om een vastlegging van klimaat-, weer- en produktiegegevens zowel in de winter als in de zomer gedurende minimaal twee weken.

De invloed van oplossingen op het klimaat kan met een statistisch model niet worden geëvalueerd. Bij de proefinventarisatie waarbij tevens het effect van oplossingen bekeken diende te worden, is op grond van de genoemde aspecten gekozen voor een simulatiemodel waarmee het verloop van de luchttemperaturen in een ruimte zijn berekend. Voor het toetsen en gebruiken van een dergelijk model, waarin onder andere weerscondities, gebouw eigenschappen, interne warmteproductie (proceswarmte) en ventilatie als parameters zijn opgenomen, is een continue registratie van de belangrijkste klimaatparameters gedurende één à twee weken nodig, alsmede het meten van de grootte van de belangrijkste luchtstromen en het bepalen van stromingsrichtingen. Voor het opstellen van een simulatiemodel is meer tijd nodig dan het voor opstellen van een statistisch model.

In computerprogramma's die een ruimte of een gebouw dynamisch simuleren en het verloop van de luchttemperatuur in een ruimte kunnen berekenen wordt meestal uitgegaan van één temperatuur voor de gehele ruimte, die dan als de gemiddelde temperatuur van de ruimte wordt beschouwd. Deze benadering voldoet in relatief kleine ruimten zoals een woonkamer of een kantoorvertrek. In grote ruimten zoals fabriekshallen kunnen als gevolg van interne luchtstromingen en plaatselijke warmtebronnen grote afwijkingen van de plaatselijke luchttemperatuur ten opzichte van de gemiddelde luchttemperatuur ontstaan. Voor de simulatie van dergelijke situaties is een zogenaamd meerzonemodel ontwikkeld voor de berekening van het verloop van luchttemperaturen op diverse plaatsen in een ruimte. Vooralsnog is dit model beperkt tot twee dimensies.

Het meerzonemodel, thans nog in het ontwikkelingsstadium, kan worden beschouwd als een koppeling van meerdere éénzonemodellen waarbij er een warm-

teuitwisseling tussen de zones wordt geïntroduceerd als gevolg van de luchtstromingen tussen de verschillende zones. Per zone wordt een dynamische warmtebalans opgesteld waarin zijn opgenomen:

- de warmteuitwisseling als gevolg van de luchtstromen van en naar de zone;
- de vrijkomende proceswarmte in de zone;
- het dynamische warmtetransport via de wanden van en naar de aangrenzende ruimten of de buitenlucht (via eindige elementenmethode);
- de invloed van de buitentemperatuur en zonnestraling.

Naast de warmtebalans wordt er ook een luchtbalans opgesteld waarbij steeds geldt dat per zone de hoeveelheid toegevoerde lucht gelijk is aan de hoeveelheid afgevoerde lucht. De toe- en afgevoerde hoeveelheid lucht van de gehele ruimte dient gelijk te zijn aan de hoeveelheid ventilatielucht van de gehele ruimte, die uit metingen of door middel van ventilatieberekeningen kan worden bepaald. De indeling van de zones geschiedt op basis van de te onderscheiden temperatuurzones of luchtstromingen (wervels). Dergelijke gegevens kunnen uit metingen worden afgeleid. Een nadere beschrijving van het meerzone-model wordt gegeven in bijlage B.

Het opgestelde model wordt getoetst aan het gemeten klimaat tijdens de inventarisatieperiode, waarbij tevens het weer en produktiegegevens als invoer dienen.

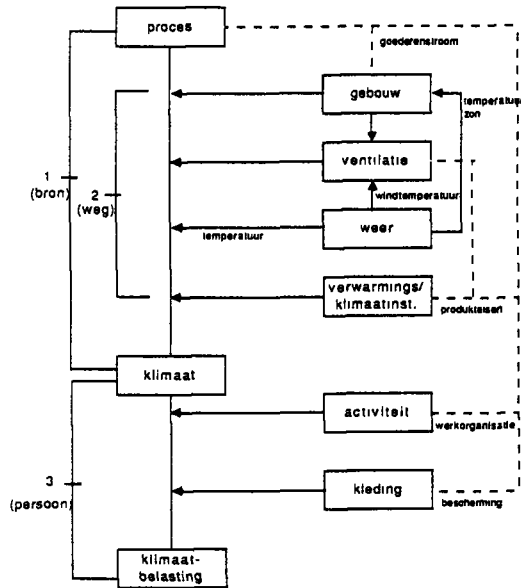
Bij voldoende overeenkomst tussen berekend en gemeten klimaat wordt het model vervolgens gebruikt worden voor simulatie bij andere weersomstandigheden of ter evaluatie van oplossingen voor klimaatproblemen.

Wanneer het verloop van het binnenklimaat gedurende een langere periode dient te worden bepaald kan voor de invoerwaarden ten aanzien van het weer gebruik worden gemaakt van de gegevens uit het Verkort Referentiejaar voor buitencondities. Het Verkorte Referentiejaar is ontwikkeld ten behoeve van energieberekeningen en dientengevolge zijn geen uitermate extreme waarden opgenomen. Hierbij dient bij de interpretatie van de berekeningen ten aanzien van het optredende klimaat rekening gehouden te worden.

Wanneer het binnenklimaat op een ander moment dan de meetperiode dient te worden bepaald kan worden volstaan met de weergegevens van dat moment.

3.7 HET OP EEN SYSTEMATISCHE WIJZE OPLOSSEN VAN KLIMAATPROBLEMEN

In figuur 1 is schematisch weergegeven hoe de klimaatbelasting voor personen in bedrijven ontstaat.



Figuur 1. Klimaat in bedrijven schematisch voorgesteld.

Uitgangspunt hierbij vormt het in het bedrijf plaatsvindende proces dat kan worden beschouwd als de bron.

Het thermische klimaat in een bedrijf ontstaat vervolgens door een samenspel van de invloedsfactoren:

- gebouw;
- ventilatie;
- weersomstandigheden;
- klimaatinstallatie.

Tussen deze invloedsfactoren is ook weer sprake van een onderlinge beïnvloeding en spelen procesaspecten, zoals bijvoorbeeld de goederenstroom en produkteisen, een rol.

In hoeverre het klimaat voor personen een klimaatbelasting vormt is afhankelijk van de parameters activiteit en kleding.

In het schema kunnen drie niveaus voor de beïnvloeding van de klimaatbelasting worden onderscheiden:

- maatregelen bij de bron: aanpassing van het proces (1);
- maatregelen in de overdrachtsweg: beïnvloeding van het klimaat (2);
- persoonlijke bescherming (maatregelen): beïnvloeding van de blootstelling (3).

Bij de maatregelen op alle niveaus kan een toetsing aan het redelijkerwijs-principe en een beoordeling van de doeltreffendheid doorgevoerd worden.

Bij een toetsing aan het redelijkerwijs-principe wordt nagegaan hoe de kosten voor een maatregel zich verhouden tot de overige produktiekosten. Op basis van deze vergelijking wordt beoordeeld of de doorvoering van de maatregel verantwoord is. Bij de beoordeling van de doeltreffendheid wordt de invloed van de maatregel op de klimaatbelasting bepaald.

De invloedsfactoren in de overdrachtsweg van proces naar klimaat (weg 2 in figuur 1) worden in onderstaand overzicht nader uitgewerkt.

Gebouw: Bij de invloedsfactor kunnen de volgende subfactoren worden onderscheiden.

- isolatie (transmissie, zontoetreding);
- massa (accumulerend vermogen);
- zonwering (zontoetreding);
- openingen (ventilatie, luchtsnelheid);
 - . plaats
 - . grootte
 - . vorm
 - . bediening.

Tussen haakjes is voor elke subfactor aangegeven op welke aspecten van de warmtehuishouding de subfactor betrekking heeft.

Ventilatie

Ten aanzien van de ventilatie kunnen drie principes worden onderscheiden.

Op de eerste plaats geheel natuurlijke ventilatie waarbij onderscheid kan worden gemaakt tussen bewuste ventilatie, via deuren, ramen en roosters, en onbewuste ventilatie via naden en kieren (infiltratie).

Daarnaast is er vaak sprake van een mengvorm van natuurlijke en mechanische ventilatie. Hierbij vindt toevoer vaak op natuurlijke wijze plaats en wordt

er mechanisch afgevoerd. De mechanische afvoer kan zowel algemeen (de gehele ruimte) als lokaal (plaatselijk) zijn.

Op de derde plaats kan tenslotte worden genoemd een algehele mechanische ventilatie met zowel mechanische toe- als afvoer, waarbij nog onderscheid kan worden gemaakt tussen algemene en lokale mechanische ventilatie.

Klimaatinstallatie

De volgende aspecten met betrekking tot de klimaatinstallatie kunnen worden genoemd.

- verwarming of koeling;
- lucht- of stralingsverwarming;
- de vormgeving en de plaats van de toe- en afvoerornamenten;
- de regeling van de installatie.

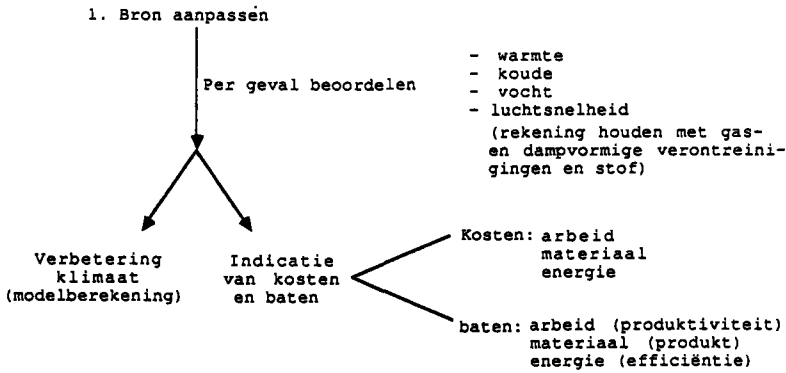
Onderstaand zal worden aangegeven hoe per niveau oplossingen voor klimaatproblemen beschouwd kunnen worden.

1. Aanpassing van het proces

Een aanpassing van het proces is veelal een ingrijpende maatregel waarbij deskundigheid van andere disciplines gewenst is. Dit mag echter geen reden zijn om deze mogelijkheid tot het oplossen van klimaatproblemen niet in beschouwing te nemen. Een algemene beoordelingswijze van dit type maatregel is niet te geven, per geval zal beoordeeld moeten worden wat de invloed van een aanpassing is op het klimaat waarbij onderscheid gemaakt dient te worden tussen warmte, koude, luchtvochtigheid en luchtsnelheid. Met betrekking tot warmte en koude dienen zowel lucht- als stralingstemperatuur beschouwd te worden. Naast de invloed op het klimaat dienen ook de effecten op de blootstelling aan chemische stoffen in de keuze van de maatregel meegenomen te worden.

Uitgaande van de invloed op het klimaat kan met behulp van thermofysiologische modellen de afname van de klimaatbelasting worden bepaald. De aanpassing van het proces zal bepaalde kosten met zich mee brengen (arbeid, materiaal, energie) maar daarnaast eventueel ook baten tot gevolg hebben in de zin van een hogere arbeidsproductiviteit (arbeid), een kwalitatieve verbetering van de produktie (materiaal) of een geringer energieverbruik als gevolg van een grotere efficiëntie van het proces. Op basis van schattingen van de kosten en de baten kan een kosten/batenanalyse van de maatregel worden gemaakt. Een en ander is schematisch weergegeven in figuur 2.

Oplossing klimaatprobleem



Figuur 2. Stroomschema voor het oplossen van klimaatproblemen door middel van het aanpassen van het proces (de bron).

Voor een aanpak zoals boven omschreven is slechts in beperkte mate "gereedschap" in de vorm van programmatuur of vuistregels beschikbaar. Ten aanzien van de invloed van het productieproces op het klimaat kan de invloed van de proceswarmte op het klimaat (lees luchttemperatuur) in simulatiemodellen (computer- en schaalmodellen) voor de warmtehuishouding c.q. temperatuurverlopen in gebouwen worden verdisconteerd. Daarnaast kan de invloed van de verandering van het klimaat op de klimaatbelasting worden bepaald met behulp van beschikbare thermofysiologische modellen.

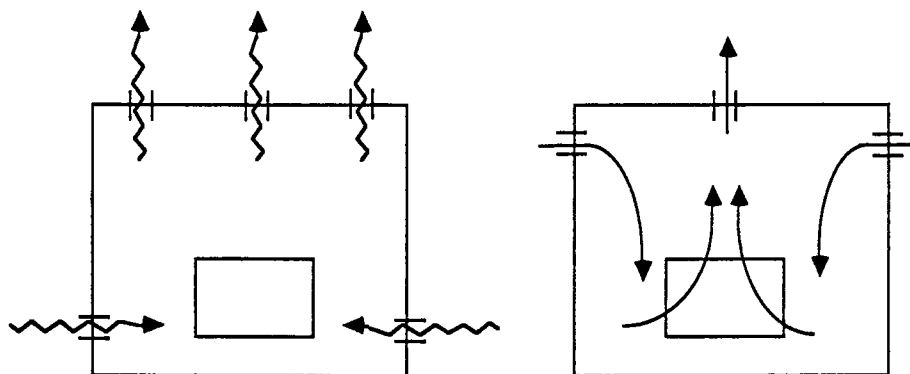
2. Beïnvloeding van het klimaat

Een beïnvloeding van het klimaat kan worden gerealiseerd door het nemen van maatregelen in de weg tussen proces en klimaat. Het klimaat wordt gekenmerkt door vier parameters, te weten luchttemperatuur, stralingstemperatuur, luchtsnelheid en luchtvochtigheid. Deze vier parameters worden beïnvloed door een groot aantal factoren. In tabel 1 zijn voor elke parameter de belangrijkste van invloed zijnde factoren vermeld. Enkele factoren, buitentemperatuur en zonnestraling, zijn expliciet gegeven en kunnen niet worden aangepast. Als belangrijkste invloedsfactoren kunnen worden genoemd isolatie (zowel van gebouw als machines), accumulerend vermogen van het gebouw, ventilatie, klimaatinstallatie en zonwering. Een belangrijke en complexe invloedsfactor vormt de ventilatie.

Tabel 1 Klimaatparameters en invloedsfactoren.

Klimaatparameter	Invloedsfactor
luchttemperatuur	: buitentemperatuur zon isolatie accumulerend vermogen zonwering proceswarmte ventilatie klimaatinstallatie
stralingstemperatuur	: zon zonwering proces isolatie accumulerend vermogen klimaatinstallatie afscherming machines
luchtsnelheid	: ventilatie plaats openingen grootte openingen klimaatinstallatie
luchtvochtigheid	: proces ventilatie vochtaccumulerend vermogen klimaatinstallatie

De natuurlijke ventilatie van een ruimte wordt bepaald door de luchttemperaturen binnen en buiten, de windsnelheid en -richting en de plaats, grootte, vorm en gebruik (bediening) van de openingen. Daarnaast zijn eventueel aanwezige mechanische luchttoevoer- of luchtafvoervoorzieningen van belang, die voor de gehele ruimte of lokaal werkzaam zijn. Ventilatie is behalve op het klimaat ook van grote invloed op de optredende concentraties van gas- en dampvormige verontreinigingen. Hierbij spelen zowel de hoeveelheid ventilatielucht als de wijze waarop geventileerd wordt een rol. Ten aanzien van de wijze van ventilatie kan onderscheid gemaakt worden tussen mengen of verdringen. Beide principes zijn schematisch weergegeven in figuur 3. Er zal in principe voor verdringen gekozen dienen te worden bij "vuile" processen (in alle seizoenen) en in de zomer voor "warme" processen. Voor "schone" processen kan in de winter voor menging gekozen te worden, tenzij dit uit energetisch oogpunt, bijvoorbeeld in hoge hallen, nadelig is.



Verdringen:
toepassen in de zomer bij schone
processen; altijd toepassen bij
vuile processen

Mengen:
toepassen in de winter bij
schone processen, mits
energetisch verantwoord

Figuur 3. Ventilatieprincipes

Ten aanzien van de klimatisering kunnen klimatisering van de gehele ruimte of lokale klimatisering, bijvoorbeeld in de vorm van stralingsverwarming of luchtdouches, worden onderscheiden.

Voor de bepaling van de invloed van een aanpassing van een of meerdere invloedsfactoren op het klimaat (met name de luchttemperatuur) is er gereedschap beschikbaar. Zo kan voor de bepaling van de invloed van de verschillende factoren op de luchttemperatuur mogelijk gebruik worden gemaakt van verschillende (computer) simulatiemodellen voor de voorspelling van het binnenklimaat. Voor de bepaling van de invloed van de verschillende subfactoren op de ventilatie kan gebruik worden gemaakt van het ventilatiemodel van de afdeling Binnenmilieu (MT-TNO). Hiermee kunnen ook voorspellingen over de luchtsnelheid in openingen worden gedaan.

Een andere mogelijkheid die in het verleden met succes is onderzocht is het gebruik maken van schaalmodellen [20]. Met behulp van schaalmodellen kunnen voorspellingen van temperaturen, luchtstromingsrichtingen, concentraties en in beperkte mate luchtsnelheden worden gemaakt.

Met behulp van de modellen kan de invloed van een aanpassing op de winter- en zomersituatie worden bepaald. Deze benadering per seizoen wordt gekozen vanwege de verschillende aard van de klimaatproblemen in de verschillende seizoenen. 's Winters vormen tocht c.q. infiltratie van koude buitenlucht vaak een probleem terwijl 's zomers het te hoog oplopen van de binnentempe-

ratuur het probleem vormt. Voorzieningen moeten bij voorkeur afhankelijk van het jaargetijde gebruikt kunnen worden.

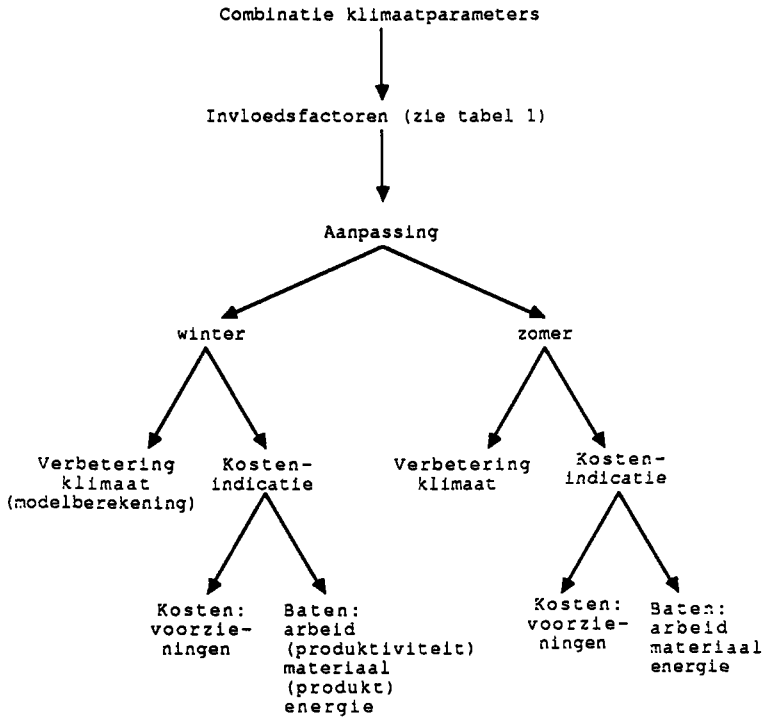
Uitgaande van de invloed op het klimaat kan met behulp van thermofysiologische modellen de afname van de klimaatbelasting worden bepaald. Deze verbetering van het klimaat kan weer worden verdisconteerd in de kosten/baten-analyse van de doorvoering van de maatregel(en). Als kosten kunnen worden aangemerkt de kosten van arbeid, materiaal en energie terwijl de baten kunnen bestaan uit een verhoogde arbeidsproductiviteit, bijvoorbeeld door minder verzuim, een kwantitatieve of kwalitatieve verbetering van de productie of een geringer energieverbruik.

Kostenbepalende factoren voor de verschillende maatregelen worden gegeven in tabel 2. Schattingen van de kosten van maatregelen zouden kunnen worden gebaseerd op gegevens uit subsidieregelingen voor arbeidsplaatsverbeteringen van het Directoraat-Generaal van de Arbeid, uit offertes van (installatie-) bedrijven en uit gegevens met betrekking tot reeds in bedrijven gerealiseerde voorzieningen.

Tabel 2 Overzicht van invloedsfactoren met hun kostenbepalende factoren.

Maatregel		Kostenbepalende factor
- isolatie	:	dikte, oppervlak, wijze van isoleren (gecompliceerdheid)
- zonwering	:	oppervlak, uitvoering (binnen, buiten)
- ventilatie	:	
plaats, grootte en vormgeving van de openingen		oppervlak, type wand/dak, type rooster, type afsluiting (luchtgordijn, roldeur, deur, ramen)
mechanisch ventilatiesysteem		leidinglengte, leidingdiameter (hoeveelheid lucht), type roosters, ventilatorkast, regeling, energie, filtering, onderhoud
- klimaatinstallatie	:	warmtecapaciteit, koelcapaciteit, capaciteit bevochtigen, leidinglengte, leidingdiameter, vormgeving toe- en afvoer, filtering, regeling onderhoud
- afscherming machines	:	oppervlakte, type (verf, paneel, omkasting), dikte (isolatie)

Schattingen van de baten zijn wat moeilijker maar mogen daarom niet achterwege blijven. Ten aanzien van de produktiviteit kunnen vooraf schattingen worden gemaakt op basis van de huidige werksituatie. Tevens dient de hoeveelheid goedgekeurd produkt per tijdseenheid te zijn vastgelegd zodat vergelijking achteraf mogelijk is. In het algemeen zal de mogelijke energiebesparing kunnen worden berekend met de genoemde simulatiemodellen. De bovenstaande benadering is schematisch weergegeven in figuur 4.



Figuur 4. Stroomschema voor het oplossen van klimaatproblemen door middel van het beïnvloeden van het klimaat.

3. Beïnvloeding van de blootstelling

Door het nemen van persoonlijke maatregelen kan een beperking van de blootstelling aan belastende klimaatomstandigheden worden gerealiseerd. Maatregelen op dit niveau kunnen worden onderverdeeld in het aanpassen van de kleding en de activiteiten van de werknemer.

De invloed van een aanpassing van de kleding op de klimaatbelasting kan worden bepaald met behulp van de thermofysiologische modellen. De kosten

van een aanpassing van de kleding zullen over het algemeen laag zijn. De baten bestaan in hoofdzaak uit een verhoogde arbeidsproduktiviteit. Een meetmethode voor de invloed van het klimaat op de arbeidsproduktiviteit is gewenst.

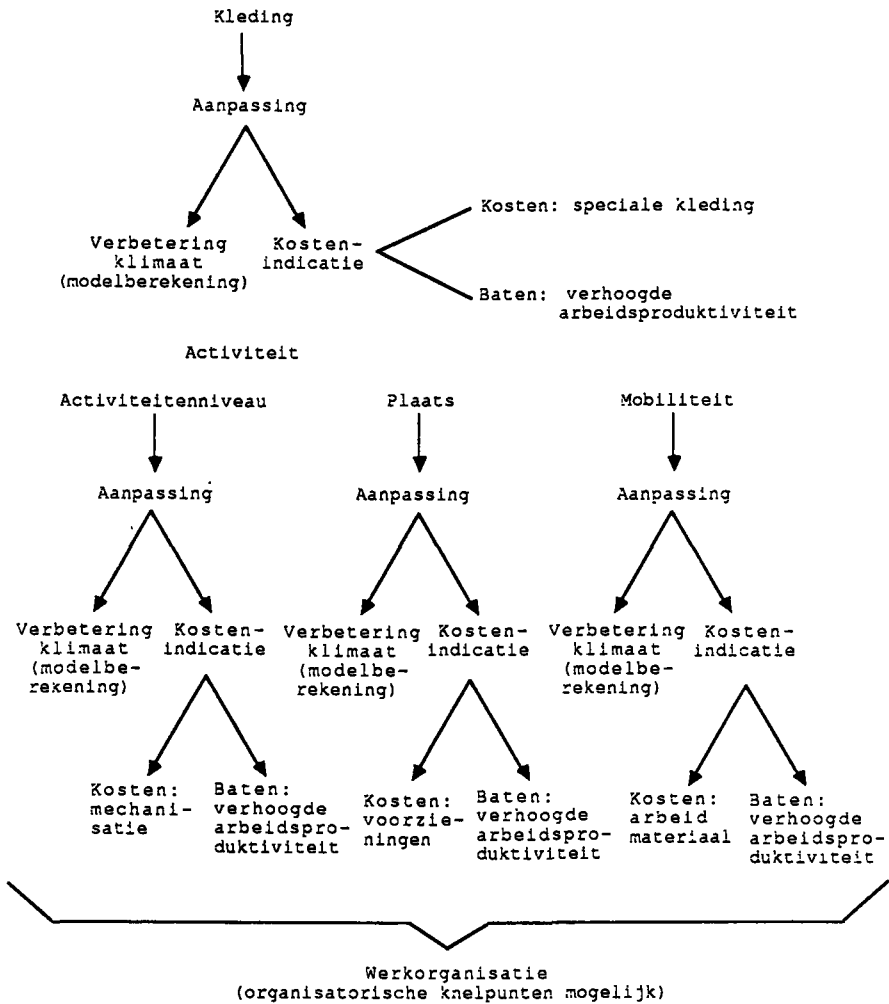
Ten aanzien van de activiteiten van de werknemer kunnen drie aspecten worden onderscheiden: het activiteitsniveau, de verblijftijd op de verschillende werkplekken en de mate van mobiliteit van de werknemer. Onder werkplekken worden hier ook abris en rustruimten verstaan.

Een aanpassing van het activiteitsniveau kan bestaan uit een gewijzigde taak van de werknemers, bijvoorbeeld door een zekere spreiding van het werk over meerdere werknemers, of eventuele mechanisering of automatisering, van het werk. De invloed van een wijziging van het metabolisme op de klimaatbelasting kan worden bepaald met de thermofysiologische modellen. De kosten voor dergelijke maatregelen bestaan uit arbeidskosten en de kosten voor mechanisatie of automatisering. Mogelijke baten van dergelijke maatregelen zijn, behalve de vermindering van de klimaatbelasting, een hogere arbeidsproduktiviteit en een daaraan gekoppelde produktieverhoging. Een tweede aspect van de invloed van de activiteit op de klimaatbelasting is de verblijftijd op de verschillende werkplekken. Door het aanpassen van de verblijftijden op de verschillende plekken kan een wijziging van de persoonlijke klimaatomstandigheden worden gerealiseerd. De invloed op de klimaatbelasting kan worden bepaald met de thermofysiologische mensmodellen. De kosten van een dergelijke maatregel bestaan uit kosten van eventuele extra voorzieningen.

Een derde aspect van de invloed van de activiteit op de klimaatbelasting betreft de mobiliteit van de werknemer. Een hoge mate van mobiliteit kan tot een verhoogde klimaatbelasting leiden als er als gevolg van de verplaatsingen sprake is van sterk wisselende persoonlijke klimaatomstandigheden. De invloed van de mobiliteit op de klimaatbelasting kan - ten dele - met behulp van de thermofysiologische modellen worden bepaald. De kosten van een aanpassing van de mobiliteit kunnen bestaan uit extra arbeidskosten en kosten van eventuele extra voorzieningen.

Een schematische weergave van de bovenstaande aanpak wordt gegeven in figuur 5.

De activiteiten van de werknemers zijn proces- of produktiegebonden. Voor alle aanpassingen van de activiteiten van de werknemers geldt dat deze van invloed zullen zijn op de werkorganisatie en op deze manier mogelijk tot organisatorische en economische knelpunten kunnen leiden. Er dient een optimale oplossing gekozen te worden, rekening houdend met alle aspecten.



Figuur 5. Stroomschema voor het oplossen van klimaatproblemen door middel van het nemen van persoonlijke maatregelen.

De nummering van de niveaus waarop beïnvloeding van de klimaatbelasting kan plaatsvinden impliceert geen volgorde voor de keuze van de wijze van beïnvloeding. Bij het zoeken naar een oplossing van een probleem dienen in eerste instantie alle mogelijke maatregelen nagegaan te worden, waarbij een toetsing aan het redelijkerwijsprincipe en een beoordeling van de doeltreffendheid dient plaats te vinden (zie pagina 18).

De schatting van de kosten voor oplossingen (maatregelen) van klimaatproblemen kunnen worden gemaakt met behulp van literatuurgegevens en gegevens van leveranciers en fabrikanten (richtprijzen).

3.8 METING VAN DE FYSIOLOGISCHE GROOTHEDEN (IZF-TNO)

Voor de meting van de huid- en rectaaltemperatuur werd gekozen voor thermistor-temperatuurvoelers waarvan de meetwaarden worden opgeslagen in een door de proefpersoon gedragen, batterijgevoede datalogger.

De hartslag wordt gemeten met een zogenaamde sporttester, bestaande uit een band, die om de borst van de proefpersoon wordt geplaatst en een "polshorloge" ten behoeve van de opslag van de data. Deze data kunnen na beëindiging van de meting worden ingelezen in een (personal) computer.

4. EVALUATIE

In dit hoofdstuk wordt de bruikbaarheid van de opgestelde inventarisatiemethode geëvalueerd aan de hand van de proefinventarisaties in een zuivel-fabriek en een staalfabriek [1, 2]. Hierbij zullen onder andere aspecten zoals snelheid, nauwkeurigheid en praktische bruikbaarheid van de verschillende onderdelen worden beschouwd. Naast de evaluatie van de methode zal worden aangegeven welke wijzigingen of aanpassingen gewenst zijn.

In bijlage C zijn de samenvattingen van de rapportage van de onderzoeken in de zuivelproduktenfabriek en de staalfabriek [1, 2] opgenomen.

Meetstrategie

De gekozen meest strategie (zoals omschreven in paragraaf 3.1) voor de bepaling van de klimaatparameters voldoet. Per bedrijf kunnen kleine aanpassingen nodig zijn in verband met de specifieke bedrijfssituatie.

Apparatuur- voor de klimaatmetingen

De thans commercieel verkrijgbare apparatuur voldoet redelijk. Een knelpunt vormt de meting van de stralingstemperatuur. Op dit moment is alleen een bepaling op indirecte wijze mogelijk, hetzij via de meting van de "plane radiant temperature" hetzij via een meting van de globetemperatuur. Bepaling van de gemiddelde stralingstemperatuur via de meting van de "plane radiant temperature" in zes richtingen vraagt relatief veel tijd. De meting van de globetemperatuur levert onnauwkeurige waarden (afwijking 5 tot 20 K [4]) voor de stralingstemperatuur en vergt een lange meettijd (circa 20 minuten). ISO 7726 [4] staat een maximale onnauwkeurigheid bij de meting van de stralingstemperatuur toe van 5 K in "thermal stress"-situaties. Een dergelijke onnauwkeurigheid heeft afwijkingen in PMV en percentage nat huidoppervlak tot gevolg van respectievelijk 0,2 tot 0,5 (PMV) en 2 tot 3% (percentage nat huidoppervlak), afhankelijk van de overige klimaatparameters. Dergelijke afwijkingen zijn nog acceptabel. Vergelijkbare afwijkingen treden op bij onnauwkeurigheden van 5 tot 10% in het metabolisme.

Naast de onnauwkeurigheid in de stralingstemperatuur ten gevolge van de meting zelf kan er sprake zijn van een toename van deze onnauwkeurigheid ten gevolge van variaties in de stralingstemperatuur in tijd en ruimte die slechts ten dele kunnen worden verdisconteerd.

Op grond van het bovenstaande wordt gesteld dat apparatuur voor een snelle, directe en nauwkeurige meting (binnen 5 K) van de gemiddelde stralingstemperatuur gewenst is. Er dient te worden nagegaan of hiervoor geschikte apparatuur op korte termijn commercieel verkrijgbaar is. Wanneer dit niet het geval is dienen de mogelijkheden van het ontwikkelen van dergelijke apparatuur bekeken te worden.

De bepaling van het persoonlijke klimaat bij wisselende werkplekken op basis van de registratie van de verblijftijden op de verschillende werkplekken en de klimaatmetingen op die werkplekken vergt veel tijd. Een snellere en nauwkeurige bepaling van het persoonlijk klimaat is mogelijk met personal monitoring van een of meer parameters. Voor de meting van de stralingstemperatuur kunnen sensoren op borst en rug van een persoon worden aangebracht. Opslag van de meetwaarden kan gebeuren met behulp van een batterijgevoede, draagbare, lichtgewicht data-logger die commercieel verkrijgbaar is. Personal monitoring van de luchttemperatuur en luchtsnelheid is waarschijnlijk ook te realiseren. Nader onderzoek is voor de ontwikkeling van deze techniek noodzakelijk.

Metabolisme

De onnauwkeurigheid bij de toegepaste methode voor de bepaling van het metabolisme op basis van arbeidsanalyse en tabellen kan oplopen tot 20 à 30% [11]. Dergelijke afwijkingen in de waarde van het metabolisme hebben afwijkingen in PMV en percentage nat huidoppervlak tot gevolg van respectievelijk 0,5 tot 1 (PMV) en 10 to 20% (percentage nat huidoppervlak). Dergelijke afwijkingen zijn niet acceptabel. Vanwege de uit te voeren arbeidsanalyse vraagt de toegepaste methode bovendien veel (verwerkings-)tijd.

Een schatting van het metabolisme op basis van de klasse-indeling van arbeid (zie [9, 11]) levert waarschijnlijk resultaten met een vergelijkbare (on-)nauwkeurigheid.

Een relatief snelle en nauwkeurige (fout maximaal 10%) bepaling van het metabolisme is mogelijk op basis van de meting van de hartslag en de bepaling van de hartfrequentie-metabolisme-calibratiecurve, zoals beschreven door Havenith [11]. De toepasbaarheid van de methode bij arbeid met een overwegend statisch karakter dient nog nader te worden onderzocht.

Kledingisolatie

Met de opgestelde methode kan in de praktijk in korte tijd een waarde van de kledingisolatie worden bepaald. Een beoordeling van de nauwkeurigheid van de methode is niet uitgevoerd. Het lijkt zinvol om een vergelijking door te voeren van de diverse schattingsmethoden voor de bepaling van de kledingisolatie [11], waarbij manikin-metingen als referentie dienen.

Een onnauwkeurigheid van $\pm 0,2$ clo in de kledingisolatie geeft een onnauwkeurigheid van 0,2 tot 0,3 in PMV-waarde en van 5 tot 10% in het berekende percentage nat huidoppervlak.

Een maximale onnauwkeurigheid van 0,2 clo dient nagestreefd te worden.

Een knelpunt ten aanzien van de kledingisolatie in bedrijfssituaties blijft de invloed van houding en beweging. De invloed van deze aspecten ligt in de orde van grootte van 10 tot 50% [11] en kunnen slechts bij benadering worden verdisconteerd en derhalve mogelijk een grote onnauwkeurigheid tot gevolg hebben. Een tweede knelpunt met betrekking tot de kleding vormt de waterdampdoorlatendheid van de kleding, die in de verschillende thermofysiologische modellen wordt afgeleid uit de isolatiewaarde voor droge warmte. Bij "normale" kleding levert dit betrouwbare resultaten op. Bij - speciale - dichte werkkleding kan deze afleiding niet worden toegepast en dienen waarden op basis van literatuurgegevens of onderzoek te worden ingevoerd.

Enquête naar de subjectieve beoordeling

De toegepaste vragenlijst naar de subjectieve beoordeling van het klimaat door de werknemers is een redelijk compromis gebleken tussen omvang en gewenste informatie.

Van belang is een strikt individuele beantwoording van de enquête, die waarborgd kan worden door de werknemers de enquête één voor één of paarsgewijs te laten beantwoorden in een afzonderlijke ruimte. Hierbij dient een enquêteur aanwezig te zijn in verband met het beantwoorden van eventuele vragen. In verband met een nauwkeurige beoordeling van de klimaatbelasting in de verschillende seizoenen kan overwogen worden om de enquête in elk seizoen te herhalen. Het op de werkplek laten beantwoorden van een korte vragenlijst met betrekking tot de momentane beoordeling van het klimaat was bij de bedrijven niet haalbaar in verband met de verstoring van het werk.

Een opmerkelijk feit bij de enquête was de grote spreiding tussen de werknemers in de subjectieve beoordeling van met name de klimaataspecten.

Door de ISO-werkgroep ISO/TC159/SC5/GTN110 wordt momenteel gewerkt aan een voorstel voor de vastlegging van de subjectieve klimaatbeleving van personen. De enquête kan eventueel in de toekomst op de nog te verschijnen ISO-publikatie worden afgestemd.

Thermofysiologische modellen ter beoordeling van de thermische belasting

De ISO-modellen voor de beoordeling van de thermische belasting in warme en koude omgevingen zijn bedoeld voor de toetsing van extreme situaties en geven als primaire uitvoer de toelaatbare blootstellingstijd. Zij zijn minder geschikt voor de beoordeling van de mate van belasting. Bij het model voor de beoordeling van warme omgevingen (bepaling van de benodigde zweetverdamping) kan het berekende percentage nat huidoppervlak als criterium voor de mate van belasting dienen. Hierbij dient wel bedacht te worden dat een onderschatting van het percentage nat huidoppervlak optreedt door de hoge waarde van de huidtemperatuur (36°C) die is aangenomen in het model. Dit zal naar verwachting op korte termijn in ISO-verband worden besproken [18].

Bij het model voor gematigde omgevingen (Fanger-model) wordt de mate van thermische belasting uitgedrukt in een indexwaarde op basis waarvan een uitspraak over de ernst van de belasting kan worden gedaan.

Bij de proefinventarisaties in de bedrijven traden in een aantal situaties duidelijke verschillen op tussen de objectieve beoordeling op basis van de modellen en de gemiddelde subjectieve beoordeling. De subjectieve beoordeling is vaak extremer dan de objectieve beoordeling. In een aantal gevallen was er sprake van redelijke overeenstemming.

Voor de verschillen zijn een aantal mogelijke oorzaken aan te wijzen:

- De modellen zijn statische modellen, waarin wordt uitgegaan van gemiddelden van de diverse invoerparameters, terwijl in de praktijk vaak sprake is van een dynamische (klimaat-)belasting.
- De objectieve beoordeling van de klimaatbelasting met de modellen is gebaseerd op de warmtebalans van het gehele lichaam terwijl de subjectieve beoordeling mogelijk gebaseerd kan worden op plaatselijke discomfort (tocht, stralingsasymmetrie).

- De uitspraak van een werknemer over de klimaatbelasting in een bepaald seizoen is mogelijk gebaseerd op de extreme situaties in dat seizoen.

Er is zowel nationaal als internationaal vrijwel geen onderzoek verricht naar de beleving van het klimaat in industriële bedrijven. De nadruk heeft tot nu toe gelegen op de beoordeling van gezondheidsbedreigende situaties (heat stress) en slechts in beperkte mate op het hinderaspect. Er zijn geen criteria voor de beoordeling van het klimaat in industriële ruimten in het overgangsgedebiet tussen behaaglijkheid en extreme belasting. Als nadeel van de ISO-beoordelingsmodellen werd ervaren dat er geen criteria voor de beoordeling van tocht, stralingsasymmetrie en temperatuur- c.q. klimaatwisselingen zijn opgenomen. Voor zover bekend zijn er geen criteria ten aanzien van de beoordeling van deze aspecten in industriële omstandigheden. Nader onderzoek is gewenst.

Voorspelling van de klimaatparameters

Een voorspelling van de luchttemperatuur op meerdere plaatsen in een ruimte met behulp van een - bestaand - computersimulatiemodel is mogelijk gebleken en toegepast bij één van de twee bedrijven waar de proefinventarisatie is doorgevoerd. De situatie in de staalfabriek was zo complex dat het opstellen van een model binnen een acceptabele tijd en met een redelijke nauwkeurigheid nog niet mogelijk was. Er is, uitgaande van een pragmatische, globale inschatting van de klimaatparameters, een voorspelling van de klimaatbelasting in andere seizoenen gedaan. Voor toepassing van een simulatiemodel dienen gegevens ten aanzien van de warmteafgifte van het proces, het gebouw (isolatie, glasoppervlakken, samenstelling van wanden, vloer en plafond dak), de klimaatinstallatie en ventilatievoorzieningen bepaald te worden. Continue metingen van de luchttemperatuur (en relatieve vochtigheid) gedurende één à twee weken zijn nodig in verband met de validatie van het op te stellen model voor een specifiek bedrijf. Een beperking van het model is het feit dat men de ventilatie als invoergrootte (gemeten of berekend) in het model moet opnemen. Het is wenselijk de berekening van de toe- en afvoerluchtstromen impliciet in een simulatiemodel op te nemen. De interne luchtstroming in de te beschouwen ruimte is in het gehanteerde model eveneens als invoer opgenomen. De berekening van de interne stroming in het model zelf, afhankelijk van de toevoer- en afvoerluchtstromen en de optredende interne warmtestromen ten gevolge van de aanwezige bronnen, verdient de voorkeur.

Op dit moment is met het toegepaste model alleen een voorspelling van de luchttemperaturen mogelijk. Dit geldt, voor zover bekend, ook voor andere modellen voor de voorspelling van het binnenklimaat in industriële ruimten. Waarden voor lichtsnelheid, stralingstemperatuur en luchtvochtigheid voor andere (weers-)omstandigheden dan tijdens de meting dienen voorlopig door middel van schattingen te worden bepaald.

Oplossingen

Het op een systematische wijze inventariseren van mogelijke oplossingen voor klimaatproblemen in een bedrijf met de opgestelde oplossingsmethodiek is mogelijk. Een knelpunt vormt de bepaling van de kosten van oplossingen van klimaatproblemen.

Ten aanzien van het bepalen van de kosten vormen met name de kosten voor maatregelen met betrekking tot het proces een probleem. Een schatting van de kosten voor dit type maatregelen is slechts voor een beperkt aantal van deze maatregelen (lokale afzuiging, afscherming) mogelijk.

Er wordt voorgesteld om voor de landelijke inventarisatie [19] schattingen voor de kosten van bouwkundige en installatietechnische oplossingen in concrete bedrijfssituaties te laten maken door calculatoren van een bouw- en installatiebedrijf. Na het beschouwen van een aantal bedrijven in het kader van de inventarisatie kan worden getracht richtprijzen of kentallen voor verschillende specifieke maatregelen af te leiden. Deze richtprijzen of kentallen kunnen in het verdere vervolg van de inventarisatie worden gebruikt. Hierbij dient bedacht te worden dat het doel een schatting van kosten op macro-niveau (gehele Nederlandse industrie) en/of meso-niveau (bedrijfsklasse) is.

Ten aanzien van de beoordeling van de doelmatigheid van oplossingen kan gebruik worden gemaakt van simulatiemodellen voor de warmtehuishouding en het klimaat in gebouwen aangevuld met de berekening van de thermische belasting met de thermofysiologische modellen.

Tijd

De toegepaste inventarisatiemethode voor het vastleggen van de klimaatbelasting van werknemers in bedrijven vergt veel tijd, zowel voor de meting als voor de verwerking. De opgestelde inventarisatiemethode kan een onder-

deel vormen van een landelijke inventarisatiemethode [19] maar kan niet in een groot aantal bedrijven worden uitgevoerd. Naast een bijstelling van de verschillende onderdelen is voor de landelijke inventarisatie een beoordelingsmethode nodig waarbij het aantal bedrijven en de "diepte" van het onderzoek op elkaar zijn afgestemd.

Onderdelen van de inventarisatiemethode die relatief veel tijd vergen zijn het bepalen van het metabolisme, de bepaling van het persoonlijke klimaat bij wisselende werkplekken van een werknemer en de voorspelling met behulp van het computersimulatiemodel van de klimaatparameters bij andere omstandigheden dan tijdens de meting (bijvoorbeeld bij de beoordeling van oplosingen). Door het bepalen van het metabolisme door meting van de hartslag, in plaats van het uitvoeren van een arbeidsintensieve arbeidsanalyse, wordt een verkorting van meet- en verwerkingstijd bereikt. De nauwkeurigheid wordt met deze methode zelfs vergroot.

Een verdere verkorting van de meettijd is mogelijk door het toepassen van personal monitoring voor de meting van de klimaatgrootheden in situaties met ruimtelijk en in de tijd inhomogene klimaatomstandigheden. Een continue registratie van het persoonlijk klimaat door middel van personal monitoring maakt een arbeidsintensieve registratie van de verblijfstijden van een werknemer op de verschillende werkplekken overbodig. Uit de vastgelegde verlopen kan een - gewogen - gemiddelde van de verschillende parameters worden bepaald voor invoer in de thermofysiologische mensmodellen. Nader onderzoek dient uit te wijzen hoe de profielen van de klimaatparameters en het metabolisme "vertaald" kunnen worden naar een thermische belasting, met andere woorden of en zo ja hoe gemiddelde waarden kunnen worden berekend.

Geschikte draagbare data-loggers waarop de verschillende sensoren kunnen worden aangesloten zijn commercieel verkrijgbaar. In de bijstellingsfase van het inventarisatieonderzoek kunnen geschikte sensoren voor de meting van de verschillende klimaatgrootheden worden geselecteerd.

Wanneer men niet in alle bedrijven de invloed van oplossingen op het klimaat wenst te bepalen met behulp van een simulatiemodel wordt de tijd benodigd voor het uitvoeren van de inventarisatie aanzienlijk bekort. Het voorspellen van de optredende binnenklimaat situaties (luchttemperaturen) in bestaande situaties kan gebeuren met behulp van statistische (regressie)modellen opgesteld aan de hand van een continue registratie van de luchttemperatuur gedurende ca. 14 dagen.

5. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

In het onderhavige onderzoek is een inventarisatiemethode voor het vastleggen van de klimaatbelasting van personen in bedrijven opgesteld en beproefd. Bij de opstelling van de methode is zoveel mogelijk uitgegaan van bestaande kennis en technieken. Door de beproeving in twee bedrijven is de bruikbaarheid van de methode getoetst.

De toetsing van de inventarisatiemethode in een zuivelfabriek en een staalfabriek heeft een aantal knelpunten naar voren gebracht:

- de uitvoering van de gehele methode in een bedrijf vergt veel tijd zowel voor de metingen als voor de uitwerking;
- de bepaling van het metabolisme door middel van een arbeidsanalyse geeft resultaten met een onacceptabel grote onnauwkeurigheid (20 tot 30%) en vergt veel meet- en verwerkingstijd;
- er is geen apparatuur voor een directe, snelle en (binnen 5 K) nauwkeurige meting van de gemiddelde stralingstemperatuur beschikbaar;
- er zijn geen - wettelijke - toetsingscriteria voor de verschillende indices die met de thermofysiologische modellen worden berekend waardoor geen beoordeling van de mate van de belasting mogelijk is;
- het door de ISO voorgestelde model voor de beoordeling van de klimaatbelasting in koude omgevingen is niet geschikt voor de beoordeling van de mate van belasting;
- er zijn geen methoden voor de beoordeling van plaatselijk discomfort (tocht, temperatuurwisselingen en stralingsasymmetrie) in industriële omgevingen;
- het bepalen van globale kosten voor oplossingen van klimaatproblemen is alleen mogelijk in geval van concrete voorstellen van oplossingen, richtprijzen kunnen worden afgeleid uit concrete kostenramingen van een groot aantal oplossingen;
- het voorspellen van de optredende luchttemperaturen in meerdere zones in een ruimte met behulp van een meerzone-simulatiemodel (geschikt voor een personal computer) is nog niet mogelijk voor ruimten met een complexe interne luchtstroming en warmteproductie, nader onderzoek naar de mogelijkheden voor de modellering van de warmteafgifte van interne bronnen en de interne luchtstroming is hiervoor noodzakelijk.

Bijstelling van de inventarisatiemethode met betrekking tot deze knelpunten is noodzakelijk. De volgende voorstellen en aanbevelingen worden gedaan:

- Het metabolisme kan op snelle wijze en met een onnauwkeurigheid van 10% worden bepaald door meting van de hartslag in combinatie met de bepaling van een metabolisme-hartslag-calibratiecurve. Eenvoudig hanteerbare apparatuur voor personal monitoring van de hartslag is commercieel verkrijgbaar. Nader onderzoek is gewenst voor het bepalen van de toepasbaarheid van de methode bij overwegend statische arbeid.
- Validatie van de methoden voor de bepaling van de kledingisolatie op basis van gewicht van de kleding en bedekt oppervlak.
- Het vereenvoudigen van de enquête naar de subjectieve beoordeling van het klimaat door de werknemers tot vragen betrekking hebbend op één seizoen.
- Het vaststellen van - voorlopige - toetsingscriteria (grenswaarden) voor PMV en percentage nat huidoppervlak voor werknemers in industriële bedrijven ten behoeve van de inventarisatie.
- Het kiezen van een methode voor de beoordeling van de mate van thermische belasting in koude omgevingen.
- Het opstellen van criteria voor de voor de beoordeling van de belasting door tocht, temperatuurwisselingen en stralingsasymmetrie voor werknemers in industriële bedrijven.
- Het laten maken van globale kostenbegrotingen van concrete voorstellen voor oplossingen op bouwkundig en installatietechnisch gebied van klimaatproblemen in een bedrijf door calculatoren van een bouwen een installatiebedrijf.
- Het onderzoeken van de mogelijkheden voor het toepassen van personal monitoring voor de bepaling van het klimaat waardoor een persoon wordt belast. Het toepassen van personal monitoring voor het meten van het klimaat van een werknemer werkzaam op wisselende werkplekken en een per werkplek en in de tijd wisselend klimaat levert een grote tijdwinst en een grotere nauwkeurigheid op.
- Voor het goed kunnen afwegen van maatregelen voor klimaatproblemen wordt een verdere ontwikkeling en toetsing van het meerzonemodel voor de berekening van luchttemperaturen in een ruimte wenselijk geacht.

De inventarisatie van de klimaatbelasting in de Nederlandse industrie kan op twee manieren worden uitgevoerd.

De eerste mogelijkheid is het uitvoeren van een inventarisatie op grote schaal waarbij in een groot aantal bedrijven de klimaatbelasting wordt vastgelegd. Uit het onderhavige onderzoek blijkt dat het met grote nauwkeurig-

heid vastleggen van de klimaatbelasting in een groot aantal bedrijven veel tijd vraagt en hoge kosten met zich meebrengt. In verband met de praktische uitvoerbaarheid zal een minder hoge nauwkeurigheid geaccepteerd dienen te worden. Voor het inschatten van de ernst en de omvang van de klimaatbelasting dient een globale, voornamelijk kwalitatieve beoordelingsmethode gebruikt te worden, waarin beperkte kwantitatieve bepalingen zijn opgenomen. Een aantal knelpunten ten aanzien van de uitgebreide inventarisatiemethode zijn eveneens van toepassing op een globale beoordelingsmethode:

- de directe, snelle meting van de gemiddelde stralingstemperatuur;
- de beoordeling van plaatselijk discomfort;
- de toetsingscriteria voor de beoordeling van de mate van de klimaatbelasting.

De bijgestelde, uitgebreide inventarisatiemethode kan worden toegepast als calibratie-instrument voor de globale beoordelingsmethode.

De op deze wijze uitgevoerde klimaatinventarisatie zal inzicht geven in de ernst en de omvang van de klimaatproblemen en een prioriteitstelling met betrekking tot de aanpak van de problemen mogelijk maken. Onderzoek naar (principe-)oplossingen start na de inventarisatie.

De tweede mogelijkheid voor een klimaatinventarisatie is het uitvoeren van een inventarisatie op basis van onderzoek in een beperkt aantal bedrijven en vertaling van de gegevens naar gegevens van de gehele Nederlandse industrie. Op gestandaardiseerde wijze wordt met een relatief hoge nauwkeurigheid de klimaatbelasting bepaald in een beperkt aantal geselecteerde bedrijven. Naast de vastlegging van de klimaatbelasting worden oplossingen voor de aanwezige problemen geselecteerd en uitgevoerd en wordt het effect van de maatregelen geëvalueerd. De aanpak kan worden getypeerd als "action research". Deze aanpak levert niet direct een totaalbeeld van de situatie in de gehele Nederlandse industrie, maar heeft als voordeel dat direct oplossingen voor problemen worden gerealiseerd en geëvalueerd. De gestandaardiseerde aanpak zal het mogelijk maken, onder andere door gebruik te maken van kentallen voor het karakteriseren van bedrijven, de klimaatbelasting en het effect van oplossingen op de klimaatbelasting en bijvoorbeeld de produktiviteit in een bepaalde bedrijfsgroep of -subgroep te vertalen naar andere bedrijfsgroepen of -subgroepen.

Bij deze aanpak is een selectie van bedrijven waar klimaatproblemen optreden noodzakelijk. Bij deze selectie kan gebruik worden gemaakt van de kennis aanwezig bij de Arbeidsinspectie, de bedrijfsgezondheidsdiensten, het Nederlands Instituut voor Arbeidsomstandigheden en werkgevers- en werknemersorganisaties.

6. LITERATUUR

- [1] Cox, C.
Proefinventarisatie deelrapport II - Vaststelling van de klimaatbelasting van werknemers in een zuivelproduktenfabriek.
MT-TNO rapport R 87/140a, september 1987.

- [2] Cox, C.
Proefinventarisatie deelrapport III - Vaststelling van de klimaatbelasting van werknemers in een staalfabriek.
MT-TNO rapport R 87/150a, september 1987.

- [3] Knoll, B., H.Ph.L. den Ouden
Vaststelling van een meetmethode voor het thermisch klimaat, waarmee de thermische belasting van werkende mensen kan worden afgeleid.
MT-TNO rapport R 85/249a, 1985, Delft.

- [4] Thermal environments
Specifications relating to appliances and methods for measuring physical characteristics of the environment.
International Organization for Standardization, ISO 7726, 1982, Delft, NNI.

- [5] Moderate thermal environments
Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort.
International Organization for Standardization, ISO 7730, 1984, NNI, Delft.

- [6] Ambiances chaudes
Détermination analytique et interprétation de la contrainte thermique fondées sur la calcul de la sudation requise.
Organization Internationale de Normalisation, ISO/DIS 7933, 1986, NNI, Delft.

- [7] Cold Environments
Determination of required clothing insulation and Wind Chill Index.
International Organization for Standardization, ISO/TC159/SC5/GT1/N129, 1986, NNI, Delft.

- [8] Determination of metabolic rate
 International Organization for Standardization ISO/DIS 8996, 1987,
 NNI, Delft.

- [9] Estimation of the thermal characteristics of a clothing ensemble.
 • International Organization for Standardization, ISO/TC159/SC5/GT1/N68E,
 1986, NNI, Delft.

- [10] Instruction Manual Indoor Climate Analyzer Type 1213
 Bruel & Kjaer Nederland B.V., Nieuwegein.

- [11] Havenith, G.
 Bepaling van kledingisolatie en metabolisme op de werkplek.
 Rapport IZF-1987 C-16, IZF-TNO.

- [12] Olesen, B.W.
 A new simpler method for estimating the thermal insulation of a cloth-
 ing ensemble.
 ASHRAE - Transaction 91, 1985, 2B, p. 478-492.

- [13] McCullough, E.A., B.W. Jones, P.E.J. Huck
 A comprehensive data base for estimating clothing insulation.
 ASHRAE - Transaction 91, 1985, 2A, p. 29-47.

- [14] Holmer, J.
 Required Clothing Insulation (IREQ) as an analytical index of cold
 stress.
 ASHRAE - Transactions 90, 1984, p. 1116-1128.

- [15] Dongen, Drs. J.E.F. van
 Persoonlijke communicatie.
 NIPG-TNO.

- [16] Hettinger, Th., B.H. Muller, H. Peters, J. Peters
 Hitzearbeit - Untersuchung an ausgewählten Arbeitsplätzen der Eisen -
 und Stahlindustrie.
 Band I, IIA, IIB, III.
 Bergische Universität - Gesamthochschule Wuppertal, 1983.

- [17] Dijkstra, A., H.P. van der Grinter, M.J.Th. Schlatmann, C.R. de Winter
Functioneren in de arbeidssituatie.
NIPG-TNO, september 1981.
- [18] Bijeenkomsten Working Group "Heat Stress Indices"
EGKS, januari en mei 1987.
Mondelinge informatie.
- [19] Knoll, B., Dubbeld, M.
Inventarisatie van klimaatomstandigheden op arbeidsplaatsen.
Memorandum M 86/13, Hoofdgroep Maatschappelijke Technologie, TNO, 1986.
- [20] Crommelin, R.D., P. Maaskant
Modelluntersuchung des Innenklimas in einer Fabrikhalle.
Staub-Reinhaltung der Luft 40, 1980, nr. 2 (Februar), p. 49-59.

BIJLAGE A: ENQUÊTEFORMULIEREN

Enquête - eerste versie -
(toegepast in zuivelproduktenfabriek)

TOELICHTING

In deze enquête wordt uw mening gevraagd ten aanzien van uw werkomgeving. Wij garanderen dat de antwoorden op deze enquête strikt vertrouwelijk zullen worden behandeld.

Naast vragen over temperatuur, geluid en licht worden er vragen gesteld die te maken hebben met uw gezondheid en de sociale aspecten van het werk.

Bij elke vraag zijn er twee of meerdere antwoordmogelijkheden. S.v.p. het antwoord aankruisen dat voor u persoonlijk van toepassing is dan wel het best met uw persoonlijke mening overeenkomt. Per vraag s.v.p. maar één antwoord aankruisen.

De enige uitzondering hierop vormt vraag 6 waar naar uw kleding gevraagd wordt. Bij deze vraag s.v.p. alle van toepassing zijnde kledingstukken aankruisen.

Bij vragen waar uw mening wordt gevraagd met betrekking tot een van uw werkplekken s.v.p. bij de beantwoording uitgaan van de plek waar u de meeste tijd verblijft.

ENQUETE

datum:

tijd:

bedrijf:

werkplekcode:

1. Bent u een man of een vrouw?

☐ vrouw

☐ man

2. Wat is uw leeftijd?

☐ jonger dan 20 jaar

☐ 20 - 29 jaar

☐ 30 - 39 jaar

☐ 40 - 49 jaar

☐ 50 - 59 jaar

☐ 60 - 65 jaar

3. Werkt u de gehele dag op dezelfde plek?

☐ vrijwel de gehele dag op dezelfde plek

☐ op twee of meerdere plekken

☐ telkens op een andere plek

4. Hoelang werkt u op uw huidige werkplek?

☐ minder dan 2 maanden

☐ 2 maanden tot 1 jaar

☐ 1 jaar - 3 jaar

☐ langer dan 3 jaar

5. Welke van de onderstaande beschrijvingen past het beste bij uw werk?

☐ lichte arbeid met gebruik armen en/of benen, voornamelijk staand of zittend.

☐ continue arbeid met gebruik van armen, armen en benen of armen en bovenlichaam, voornamelijk staand of lopend.

☐ zware arbeid met intensief gebruik van lichaam.

☐ zeer zware arbeid, op grens van het mogelijke, met zeer intensief gebruik van het gehele lichaam.

6. Welke kleding draagt u normaal gesproken op uw werk?

	winter	zomer
onderhemd -----	0	0
sokken -----	0	0
T-shirt -----	0	0
overhemd -----	0	0
trui -----	0	0
vest -----	0	0
korte broek -----	0	0
lange broek -----	0	0
werkbreek -----	0	0
werkjasje -----	0	0
overall -----	0	0
stofjas -----	0	0
voorschoot -----	0	0
pet -----	0	0
helm -----	0	0
sjaal -----	0	0
handschoenen -----	0	0
veiligheidsbril -----	0	0
gehoorbescherming -----	0	0

7. Is uw werk lichamelijk erg inspannend?

0 ja
0 deels ja
0 nee

8. Is uw werk geestelijk erg inspannend?

0 ja
0 deels ja
0 nee

9. Bent u leidinggevende?

0 ja
0 nee

10. Kunt u goed opschieten met uw collega's?

0 ja
0 deels ja
0 nee

11. Kunt u goed opschieten met uw leidinggevende(n)
(ploegbaas/chef/hoofd)?

0 ja
0 deels ja
0 nee

12. Voelt u zich in dit bedrijf voldoende gewaardeerd?

0 ja
0 deels ja
0 nee

13. Zijn uw vooruitzichten bij het bedrijf goed?

0 ja
0 deels ja
0 nee

14. Bent u over het algemeen tevreden met uw werk? 0 ja
0 deels ja
0 nee
15. Bent u over het algemeen tevreden met uw inkomen? 0 ja
0 deels ja
0 nee
16. Gebruikt u geregeld medicijnen? 0 ja
 Zo ja, waarvoor? 0 nee
17. Gebruikt u geregeld een slaapmiddel of kalmerend middel? 0 ja
0 nee
18. Bent u onder behandeling van een arts? 0 ja
 Zo ja, waarvoor? 0 nee
19. Hebt u geregeld last van bronchitis of astma? 0 ja
0 nee
20. Rookt u? 0 helemaal niet
0 gemiddeld minder dan 5 sigaretten of
sigaren per dag
0 gemiddeld tussen de 5 en 15 sigaretten
of sigaren per dag
0 gemiddeld meer dan 15 sigaretten of
sigaren per dag
21. Drinkt u alcoholische dranken? 0 helemaal niet
0 af en toe, niet dagelijks
0 dagelijks, 1 à 2 glazen
per dag
0 dagelijks, tussen 2 en 5
glazen per dag
0 dagelijks, meer dan 5
glazen per dag
22. Wat vindt u van de temperatuur op uw werkplek?
- | | voorjaar/najaar | winter | zomer |
|--------------------------|-----------------|--------|-------|
| heet ----- | 0 | 0 | 0 |
| warm ----- | 0 | 0 | 0 |
| beetje warm ----- | 0 | 0 | 0 |
| niet warm en niet koud - | 0 | 0 | 0 |
| beetje koel ----- | 0 | 0 | 0 |
| koel ----- | 0 | 0 | 0 |
| koud ----- | 0 | 0 | 0 |

23. Treden er op uw werkplek sterke temperatuurwisselingen op?
O altijd
O vaak
O af en toe
O nooit
24. Is er op uw werkplek sprake van tocht?
O altijd
O vaak
O af en toe
O nooit
25. Wat vindt u van de vochtigheid van de lucht op uw werkplek?
O erg vochtig
O tamelijk vochtig
O beetje vochtig
O niet vochtig/niet droog
O beetje droog
O tamelijk droog
O erg droog
26. Wat vindt u van de frisheid van de lucht op uw werkplek over het algemeen?
O goed, geen stank
O redelijk, beetje stank
O matig, stank
O slecht, veel stank
27. Vindt u het op uw werkplek over het algemeen
O zeer benauwd
O benauwd
O beetje benauwd
O niet benauwd/fris
28. Vindt u het op uw werkplek over het algemeen
O zeer stoffig
O stoffig
O beetje stoffig
O niet stoffig
29. Heeft u op de werkplek
O erge hinder van lawaai?
O hinder van lawaai?
O beetje hinder van lawaai?
O geen hinder van lawaai?
30. Wat vindt u van de verlichting op uw werkplek?
O goed
O redelijk
O matig/net voldoende
O onvoldoende

31. Hebt u op uw werkplek
- ☐ veel last van trillingen?
 - ☐ last van trillingen?
 - ☐ beetje last van trillingen?
 - ☐ geen last van trillingen?
32. Tenslotte, in hoeverre bent u tevreden over alle aspecten van het binnenklimaat op uw werkplek in zijn totaliteit?
- ☐ erg tevreden
 - ☐ tevreden
 - ☐ net tevreden
 - ☐ niet tevreden en niet ontevreden
 - ☐ net ontevreden
 - ☐ ontevreden
 - ☐ erg ontevreden

Enquête - tweede versie -
(toegepast in staalfabriek)

HOOFDGROEP MAATSCHAPPELIJKE TECHNOLOGIE TNO

D 87/6
1987-1-19

TOELICHTING

In deze TNO-enquête wordt uw mening gevraagd ten aanzien van uw werkomgeving. Wij garanderen dat de antwoorden op deze enquête strikt vertrouwelijk zullen worden behandeld.

Naast vragen over temperatuur, geluid en licht worden er vragen gesteld die te maken hebben met uw gezondheid en de sociale aspecten van het werk.

Bij elke vraag zijn er twee of meerdere antwoordmogelijkheden. S.v.p. het antwoord aankruisen dat voor u persoonlijk van toepassing is dan wel het best met uw persoonlijke mening overeenkomt. Per vraag s.v.p. maar één antwoord aankruisen.

De enige uitzondering hierop vormt vraag 14 waar naar uw kleding gevraagd wordt. Bij deze vraag s.v.p. alle van toepassing zijnde kledingstukken aankruisen.

Bij vragen waar uw mening wordt gevraagd met betrekking tot een van uw werkplekken s.v.p. bij de beantwoording uitgaan van de plek waar u de meeste tijd verblijft.

Ir. C.W.J. Cox

ENQUETE

Datum :

Bedrijf:

1. Bent u een man of een vrouw?

☐ man

☐ vrouw

2. Hoe oud bent u?

☐ jonger dan 20 jaar

☐ tussen 20 en 29 jaar

☐ tussen 30 en 39 jaar

☐ tussen 40 en 49 jaar

☐ tussen 50 en 59 jaar

☐ tussen 60 en 65 jaar

3. Wat is uw functie?

.....
.....

4. Hoe lang doet u uw huidige werk?

☐ minder dan 2 maanden

☐ 1 jaar - 3 jaar

☐ langer dan 3 jaar

5. Bent u leidinggevende?

☐ ja

☐ nee

6. Zijn uw vooruitzichten bij het bedrijf goed?

☐ ja

☐ deels ja

☐ nee

7. Bent u over het algemeen tevreden met uw werk? ☐ ja
☐ deels ja
☐ nee

Zo nee, waarom niet?

.....
.....

8. Bent u onder behandeling van een arts? ☐ ja
☐ nee

Zo ja, waarvoor?

9. Gebruikt u geregeld medicijnen? ☐ ja
☐ nee

Zo ja, waarvoor?

10. Gebruikt u geregeld een slaapmiddel of een kalmerend middel?
☐ ja
☐ nee

11. Hebt u last van bronchitis of astma? ☐ ja
☐ nee

12. Rookt u?
☐ helemaal niet
☐ minder dan 5 sigaretten of sigaren per dag
☐ tussen de 5 en 15 sigaretten of sigaren per dag
☐ meer dan 15 sigaretten of sigaren per dag

13. Drinkt u alcoholische dranken?
☐ helemaal niet
☐ af en toe, niet dagelijks
☐ dagelijks, 1 à 2 glazen per dag
☐ dagelijks, tussen 2 en 5 glazen per dag
☐ dagelijks, meer dan 5 glazen per dag

14. Welke kleding draagt u normaal op uw werk?

A. Kleding in de winter

Ondergoed



☐ onderbroek
kort



☐ onderbroek
lang



☐ onderhemd



☐ sokken
kort

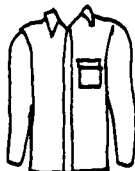


☐ sokken
lang

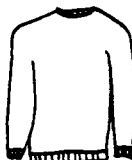
Bovenkleding



☐ t-shirt



☐ overhemd



☐ trui



☐ vest



☐ jasje



☐ korte broek



☐ lange broek

Werkkleding



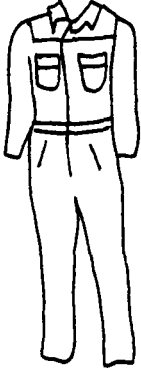
☐ werkbroek
normaal



☐ werkbroek
extra



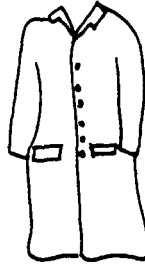
☐ werkjasje



☐ overall



☐ voorschoot



☐ stofjas



☐ pet



☐ helm



☐ handschoenen



☐ oorbescherming

Schoeisel



☐ schoenen
laag



☐ schoenen
hoog



☐ laarzen



☐ klompen

Speciale eigenschappen

☐ vlamdovend

☐ vochtwerend

B. Kleding in de zomer

Ondergoed



O onderbroek
kort



O onderbroek
lang



O onderhemd

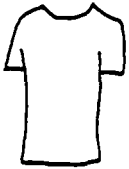


O sokken
kort

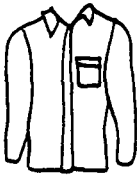


O sokken
lang

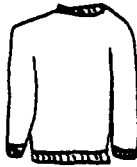
Bovenkleding



O t-shirt



O overhemd



O trui



O vest



O jasje



O korte broek



O lange broek

Werkkleding



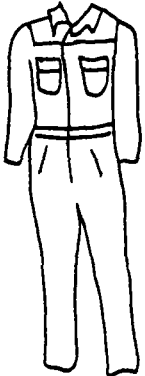
☐ werkbroek
normaal



☐ werkbroek
extra



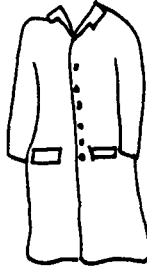
☐ werkjasje



☐ overall



☐ voorschoot



☐ stofjas



☐ pet



☐ helm



☐ handschoenen



☐ oorbescherming

Schoeisel



☐ schoenen
laag



☐ schoenen
hoog



☐ laarzen



☐ klompen

Speciale eigenschappen

☐ vlamdovend

☐ vochtwerend

15. Werkt u de gehele dag op dezelfde plek?

☐ vrijwel de gehele dag op dezelfde plek

☐ gedurende de dag op verschillende plekken (s.v.p. aantal vermelden).

Hierna wordt u gevraagd om van één werkplek een beoordeling te geven.

16. Werkplek omschrijving
.....
.....

17. Hoeveel procent van de tijd verblijft u ongeveer op deze plek?%

18. Wat vindt u van de temperatuur op deze werkplek?

	vandaag	winter	voorjaar/ najaar	zomer
heet	0	0	0	0
warm	0	0	0	0
beetje warm	0	0	0	0
niet warm en niet koud	0	0	0	0
beetje koel	0	0	0	0
koel	0	0	0	0
koud	0	0	0	0

S.v.p. per kolom één antwoord aankruisen

19. Heeft u liever een hogere of een lagere temperatuur op deze werkplek?

	vandaag	winter	voorjaar/ najaar	zomer
hoger	0	0	0	0
zo goed	0	0	0	0
lager	0	0	0	0

20. Verandert de temperatuur sterk gedurende een dag op deze werkplek?

- ☐ altijd
- ☐ vaak
- ☐ af en toe
- ☐ nooit

21. Tocht het op deze werkplek?

- ☐ altijd
- ☐ vaak
- ☐ af en toe
- ☐ nooit

22. Wat vindt u van de vochtigheid van de lucht op deze werkplek?

- ☐ droog
- ☐ goed (niet vochtig en niet droog)
- ☐ vochtig

23. Wat vindt u van de frisheid van de lucht op deze werkplek?

- ☐ slecht, veel stank
- ☐ matig, stank
- ☐ redelijk, beetje stank
- ☐ goed, geen stank

24. Vindt u het op deze werkplek:

- ☐ zeer benauwd
- ☐ benauwd
- ☐ beetje benauwd
- ☐ niet benauwd, lekker fris

25. Vindt u het op deze werkplek:

- ☐ zeer stoffig
- ☐ stoffig
- ☐ beetje stoffig
- ☐ niet stoffig

26. Heeft u op deze werkplek:

- ☐ enige hinder van lawaai
- ☐ hinder van lawaai
- ☐ beetje hinder van lawaai
- ☐ geen hinder van lawaai

27. Wat vindt u van de verlichting op deze werkplek?

- ☐ onvoldoende
- ☐ matig/niet voldoende
- ☐ redelijk
- ☐ goed

28. Hebt u op deze werkplek:

- ☐ veel last van trillingen
- ☐ last van trillingen
- ☐ beetje last van trillingen
- ☐ geen last van trillingen

29. Wat vindt u van de lichamelijke inspanning die u verricht op deze werkplek?

- ☐ licht
- ☐ matig zwaar
- ☐ zwaar
- ☐ zeer zwaar, slechts korte tijd vol te houden

30. Hoeveel drinkt u tijdens uw werk?

- koppen koffie of thee
- liter melk of karnemelk
- glazen of flesjes frisdrank
- glazen water
- (s.v.p. aantallen vermelden)

31. Tenslotte, zijn er nog andere aspecten die volgens u van belang zijn met betrekking tot de arbeidsomstandigheden?

.....
..... 0
.....

Hartelijk dank voor uw medewerking !

BIJLAGE B: BESCHRIJVING VAN HET MEERZONE-MODEL

Beschrijving van het meerzone-model

Het meerzone-model, thans in het ontwikkelingsstadium, kan worden beschouwd als een samenstel van meerdere éénzone-modellen, waarbij de warmte-uitwisseling tussen de zones ten gevolge van de luchtstromingen tussen de zones is geïntroduceerd. Met het meerzone-model kunnen de verlopen van luchttemperaturen op diverse plaatsen in een ruimte worden berekend. In het meerzone-model wordt een zone-indeling, in een verticale dwarsdoorsnede, gemaakt, gebaseerd op de temperatuurverdeling, luchtstromingen en de verdeling van de warmtebronnen in de te beschouwen ruimte. De temperatuurverdeling wordt vastgelegd door middel van metingen. De toevoer- en afvoerluchtstromen via deuren, ramen, roosters of openingen worden bepaald uit metingen of berekeningen. De grootte van de luchtstromen in de hal, een grootte die niet of slechts zeer moeilijk te meten is, wordt gebaseerd op de inductie ten gevolge van het opwarmen van de lucht door de machines. Voor alle zones dient voldaan te zijn aan de randvoorwaarde dat per zone de luchtbalans in evenwicht is. De richting van de luchtstromen kan worden bepaald aan de hand van rookproeven.

De vrijkomende proceswarmte kan worden bepaald op basis van het elektrisch vermogen of het brandstofverbruik (aardgas, aardolie) van de verschillende machines. Indien geen nadere informatie beschikbaar is wordt de door de machines afgegeven warmte constant over de (werk-)tijd aangenomen. Eventueel kan een verdeling over de dag worden afgeleid uit een grootte die rechtstreeks gerelateerd is aan de warmte-afgifte van de machines, zoals een uitblaastemperatuur.

Per wand worden de verschillende materiaallagen onderscheiden. Per laag worden warmtegeleidingscoëfficiënt, soortelijke warmte, soortelijke massa en dikte bepaald uitgaande van bouwtekeningen en tabellen. Tevens wordt het wandoppervlak berekend. De berekening van het dynamische warmtetransport door de wanden gebeurt met de eindige-elementenmethode. De overgangswaarden van de wanden worden in het model ingevoerd. Er wordt gewerkt met één warmte-overdrachtscoëfficiënt voor straling en convectie tezamen. Gebruikelijke waarden voor deze warmte-overdrachtscoëfficiënt zijn $8 \text{ W.m}^{-2}.\text{k}^{-1}$ (voor binnenoppervlakken) en $25 \text{ W.m}^{-2}.\text{k}^{-1}$ (voor buitentemperaturen).

De luchttemperatuur in aangrenzende ruimten wordt gebaseerd op metingen. Voor buitentemperaturen en zonnestraling kan bij simulatie van gemeten temperatuurverlopen (ter validatie van het model) gebruik worden gemaakt van KNMI-gegevens of metingen en bij voorspellende berekeningen van gegevensbestanden (zoals het Verkort Referentiejaar voor buitencondities).

In het model wordt per zone een dynamische warmtebalans opgesteld. Het totale stelsel vergelijken wordt met behulp van matrixberekening opgelost. Er wordt gerekend met uurwaarden.

Grootte en eventueel richting van de luchtstromen tussen de zones zijn de variabelen die worden aangepast bij onvoldoende overeenstemming tussen gemeten en berekende temperatuurverlopen. Een verschil tussen berekende en gemeten waarden van maximaal 2 à 3°C wordt als voldoende beschouwd.

BIJLAGE C:

SAMENVATTINGEN VAN DE RAPPORTAGE VAN DE ONDERZOEKEN IN DE BEDRIJVEN
(MT-RAPPORT R 87/140a en R 87/150a)

Samenvatting rapport R 87/140a

"Vaststelling van de klimaatbelasting van werknemers in een zuivelproduktenfabriek. Proefinventarisatie, deelrapport II"

Het Directoraat-Generaal van de Arbeid (DGA) onderzoekt de mogelijkheid van het uitvoeren van een inventarisatie naar de ernst en de omvang van klimaatproblemen in de Nederlandse industrie. Door het DGA is aan de afdeling Binnenmilieu van de hoofdgroep Maatschappelijke Technologie TNO een onderzoek opgedragen om een inventarisatiemethode voor het vastleggen van de klimaatbelasting in bedrijven op te stellen en te beproeven in twee bedrijven. Dit onderzoek wordt uitgevoerd in samenwerking met de afdeling Thermofysiologie van het Instituut voor Zintuigfysiologie TNO. Het opstellen van de inventarisatiemethode en de evaluatie van het beproeven van de methode in de twee bedrijven wordt beschreven in deelrapport I. In dit deelrapport II wordt de beproeving in één van de bedrijven, een zuivelproduktenfabriek, behandeld.

Bij de beproeving van de inventarisatiemethode in de zuivelproduktenfabriek is de aandacht gericht op de belasting van de werknemers in de koelruimte en de produktiehal.

Een beschrijving van de werkzaamheden en de werkomstandigheden wordt gegeven.

De vastlegging van het klimaat op de representatieve werkplekken is door middel van kortstondige metingen van de afzonderlijke klimaatparameters geschied, aangevuld met continue registraties van de luchttemperatuur en luchtvochtigheid. Het metabolisme bij de verrichte werkzaamheden is afgeleid uit arbeidsanalyses van de werkzaamheden. De isolatiewaarden van de kleding van de werknemers zijn bepaald uit de isolatiewaarden per kledingstuk en informatie over de gedragen kleding uit een aan de werknemers voorgelegde vragenlijst. Met behulp van de vragenlijst is de subjectieve beoordeling van de werknemers omtrent klimaat, enkele andere binnenmilieufactoren en enkele sociale en gezondheidsaspecten vastgelegd.

Een voorspelling van de luchttemperatuur in de zomer en de winter is gedaan met behulp van een meerzonesimulatiemodel ter berekening van de luchttemperaturen in verschillende zones in een ruimte.

Tussen de objectieve beoordeling van de thermische belasting, op basis van de door de International Organization for Standardization (ISO) voorgestelde thermofysiologische modellen, en de subjectieve beoordeling van de werknemers blijken duidelijke verschillen op te treden. Mogelijke oorzaken voor de verschillen zijn het feit dat in de modellen wordt uitgegaan van gemiddelden voor de verschillende parameters en het feit dat beoordeling op basis van lokaal discomfort buiten beschouwing blijft.

De ISO-modellen voor de warme en koude omgevingen zijn bedoeld ter bepaling van de toelaatbare blootstellingsduur in extreem warme, respectievelijk koude situaties en zijn daardoor minder geschikt voor de beoordeling van de mate van belasting.

De beoordeling van de klimaatbelasting van de werknemers in de koelruimte luidt enigszins koel tot koel. Een beperkte verbetering van de situatie is mogelijk door aanpassing van de kleding. Het klimaat voor de werknemers in de produktiehal wordt beoordeeld als te warm in de zomer, enigszins te warm in voor- en najaar en te koud in de winter.

Mogelijke maatregelen ter verlaging van de klimaatbelasting zijn het beperken van de warmteafgifte van de machines, het vergroten van de ventilatie in de zomer, het in de winter transporteren van warme lucht uit de hoge zones van de hal naar de verblijfszones, het afsluiten van het laadbord met dichte gevels in de winter.

Samenvatting rapport R 87/150a

"Vaststelling van de klimaatbelasting van werknemers in een staalfabriek. Proefinventarisatie, deelrapport III"

Het Directoraat-Generaal van de Arbeid (DGA) onderzoekt de mogelijkheid van het uitvoeren van een inventarisatie naar de ernst en de omvang van klimaatproblemen in de Nederlandse industrie. Door het DGA is aan de afdeling Binnenmilieu van de hoofdgroep Maatschappelijke Technologie TNO een onderzoek opgedragen om een inventarisatiemethode voor het vastleggen van de klimaatbelasting in bedrijven op te stellen en te beproeven in twee bedrijven. Dit onderzoek wordt uitgevoerd in samenwerking met de afdeling Thermofysiologie van het Instituut voor Zintuigfysiologie TNO. Het opstellen van de inventarisatiemethode en de evaluatie van het beproeven van de methode in de twee bedrijven wordt beschreven in deelrapport I. In deelrapport III wordt de beproeving in één van de bedrijven, een staalfabriek, behandeld.

Bij de beproeving van de inventarisatiemethode in de staalfabriek is de aandacht gericht op de smelters en de ovenbouwers, die hun werk verrichten respectievelijk bij en in de elektro-ovens. Een beschrijving van de werkzaamheden en de werkomstandigheden wordt gegeven.

De gehanteerde meetmethode en meetstrategie met betrekking tot de vastlegging van het klimaat en de wijze van bepaling van metabolisme en kledingisolatie worden toegelicht. De resultaten van de bepalingen en metingen worden gegeven.

Het "persoonlijke" klimaat voor een werknemer is bepaald uit de metingen van de klimaatparameters op de verschillende werkplekken tijdens de verschillende procesfasen en registratie van de verblijftijden op de verschillende werkplekken.

Voor de beschouwde situaties is de thermische belasting bepaald met de door de International Organization for Standardization (ISO) voorgestelde thermofysiologische modellen. De objectieve beoordeling op basis van de modellen komt redelijk overeen met de via een enquête bepaalde subjectieve beoordeling van de werknemers.

De toegepaste en beschikbare apparatuur voor de vastlegging van het klimaat voldoet slechts in beperkte mate. Voor een goede vastlegging van het klimaat zijn een apparaat voor de directe meting van de stralingstemperatuur en door de werknemers te dragen continu registrerende sensoren voor vastlegging van het persoonlijke klimaat (personal monitoring) wenselijk.

Het model voor de beoordeling van warme omgevingen (model voor de bepaling van de benodigde zweetverdamping) is bedoeld voor toetsing van de belasting aan grenswaarden en daardoor minder geschikt voor de beoordeling van de mate van belasting. De modellen voor de beoordeling van de thermische belasting gaan uit van de totale warmtebalans van het lichaam en gemiddelden van de verschillende parameters. Dit wijkt af van de reële situaties op de werkplekken waar sprake is van een dynamische thermische belasting en de subjectieve beoordeling door de personen mogelijk gebaseerd is op de belasting door een afzonderlijke parameter.

De thermische belasting van de smelters tijdens de beschouwde inventarisatieperiode is, op basis van het model van de benodigde zweetverdamping, gering. Dit is een gevolg van de lage buitentemperaturen en daardoor lage luchttemperaturen in de hal tijdens de inventarisatieperiode (januari 1987). De belasting door de warmtestraling van het smeltproces is hoog tot zeer hoog. In de zomer is sprake van een matige tot hoge thermische belasting van de smelters ten gevolge van het matige tot hoge activiteitsniveau, de hoge luchttemperatuur en de hoge stralingstemperatuur.

De thermische belasting van de ovenbouwers tijdens de inventarisatieperiode is, op basis van het model voor de benodigde zweetverdamping, matig.

De mogelijke maatregelen ter beperking van de thermische belasting van de smelters en ovenbouwers zonder vergaande organisatorische, technische en economische consequenties zijn beperkt. Door mechanisering en/of automatisering van de werkzaamheden kunnen de blootstelling aan het klimaat en het metabolisme en daarmee de thermische belasting worden beperkt. Enige vermindering van de thermische belasting is mogelijk door aanpassingen in de kleding.