

Ser. 4

S 44-3
2^e ex.

Vaststelling van de thermische elasting van werknemers in een staalfabriek

Proefinventarisatie, deelrapport III

Rapport

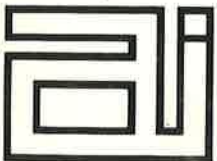
Uitgevoerd in opdracht van het Directoraat-Generaal van de Arbeid
door de Hoofdgroep Maatschappelijke Technologie TNO

Nederlands Instituut voor Arbeidsomstandigheden



NIA0008850

Directoraat-Generaal van de Arbeid



S 44-3

Vaststelling van de thermische belasting van werknemers in een staalfabriek

Proefinventarisatie, deelrapport III

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
- J. Molenaar

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

stamb.nr. —
plaats Ser. 4, 5 44-3 (2^e ex)
datum 05 JULI 1988

juni 1988

INHOUD

Blz.

SAMENVATTING	3
1. INLEIDING	5
2. BESCHRIJVING VAN HET BEDRIJF	8
2.1 Het smeltproces	8
2.2 Ovenbouw	12
3. MEETMETHODIEK	14
3.1 Meetstrategie	14
3.2 Meetmethode en meetapparatuur	15
3.2.1 Klimaatmetingen	15
3.2.2 Metabolisme	17
3.2.3 Kledingisolatie	17
3.3 Enquête naar de subjectieve beleving	18
4. RESULTATEN EN DISCUSSIE	20
4.1 Klimaatmetingen	20
4.1.1 Smelters	20
4.1.2 Ovenbouwers	24
4.1.3 Coninue metingen	24
4.2 Metabolisme	30
4.2.1 Smelters	30
4.2.2 Ovenbouwers	31
4.3 Kledingisolatie	33
4.4 Subjectieve beoordeling	34
4.5 Thermische belasting - inventarisatieperiode	35
4.5.1 Smelters	36
4.5.2 Ovenbouwers	40
4.6 Thermische belasting - zomer	40
5. ERNST EN OMVANG VAN DE KLIMAATBELASTING	45
5.1 Beoordeling van de ernst van de klimaatbelasting	45
5.2 Ernst van de thermische belasting van de smelters en de ovenbouwers	46
6. PRINCIPE-OPLOSSINGEN VOOR DE KLIMAATPROBLEMEN	47
6.1 Oplossingssystematiek	47
6.2 Smelters	49
6.3 Ovenbouwers	50
7. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	52
8. LITERATUUR	56
BIJLAGEN	

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. 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 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 Standard Organization (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 dientengevolge lage luchttemperaturen in de hal in 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 tengevolge 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. Dit is een gevolg van de lage luchttemperaturen in de hal.

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.

1. INLEIDING

Bij het Directoraat-Generaal van de Arbeid (DGA) komen regelmatig klimaatklachten van uiteenlopende aard binnen. Uit een inventarisatie van een commissie van de Sociaal Economische Raad (SER) en van de Federatie Nederlandse Vakbond (FNV) is gebleken dat het thermisch klimaat hoog scoort ten aanzien van klachten omtrent de werksituaties. Om over de ernst en de omvang van de klimaatklachten uitspraken te kunnen doen wil het 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 arbeidsplaatsen, 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 de thermische belasting van werkende mensen kan worden afgeleid (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 Standard Organization) voorgestelde thermofysiologische modellen.

Alvorens op een grote schaal te gaan inventariseren, is in vervolg op het bovengenoemde onderzoek door het DGA een onderzoek opgedragen aan TNO voor het opstellen en beproeven van een inventarisatiemethode voor klimaatomstandigheden in bedrijven. 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 is een nadere invulling gegeven aan de volgende onderdelen:

- Keuze van de meetapparatuur voor het vastleggen van de klimaatparameters.
- Het opstellen van een meetstrategie voor het bepalen van de klimaatparameters en de persoonsparameters (metabolisme en kleding).

- Het vastleggen van de subjectieve beoordeling van de werknemers.
- Het vastleggen van metabolisme en kledingisolatie van de werknemers.
- De keuze van de meetapparatuur voor het vastleggen van belangrijke fysiologische grootheden zoals hartslag en rectaaltemperatuur.
- Het op een systematische wijze afleiden van oplossingen voor probleemsituaties.
- Het "vertalen" van de klimaatomstandigheden tijdens de inventarisatieperiode naar periodes met andere weersomstandigheden dan die tijdens de inventarisatieperiode met behulp van een simulatiemodel voor de warmtehuishouding van een gebouw.

De Afdeling Thermofysiologie levert een bijdrage met betrekking tot de aspecten metabolisme, kledingisolatie en de meting van de fysiologische grootheden. Bij de invulling van deze onderdelen is uitgegaan van de (concept-) ISO-normen voor de verschillende aspecten.

Het beproeven van de inventarisatiemethode heeft plaatsgevonden in een zuivelproduktenfabriek en een staalfabriek. Bij de selectie van de bedrijven is getracht bedrijven met een zo groot mogelijke onderlinge en interne verscheidenheid aan klimaatomstandigheden te vinden. De zuivelproduktenfabriek kan worden gekarakteriseerd als ten dele koud en vochtig en ten dele als warm. De beschouwde werkplekken in de staalfabriek worden gekenmerkt door hoge stralingstemperaturen. Representativiteit van de bedrijven en het aanwezig zijn van klimaatproblemen was bij deze proefinventarisatie geen vereiste. De bedrijven hebben op vrijwillige basis deelgenomen aan het onderzoek.

Het opstellen van de inventarisatiemethode en de evaluatie van het beproeven van de methode in de twee bedrijven worden beschreven in deelrapport I [16]. In dit deelrapport (deelrapport III) worden de resultaten van de beproefing van de inventarisatiemethode in de staalfabriek behandeld.

Na een korte beschrijving van de beschouwde gedeelten van het bedrijf en werkzaamheden (hoofdstuk 2) worden in hoofdstuk 3 de gehanteerde meetstrategie en meetmethodieken besproken.

De resultaten van de metingen van de klimaatparameters, de bepaling van metabolisme en kledingisolatie en de enquête naar de subjectieve beoordeling van de klimaatbelasting door de werknemers worden gegeven in hoofdstuk 4. Tevens wordt in dit hoofdstuk ingegaan op de objectieve beoordeling

van de klimaatbelasting op basis van de door de ISO voorgestelde thermofysiologische modellen en worden objectieve en subjectieve beoordeling vergeleken.

De ernst en omvang van de klimaatbelasting van de beschouwde werknemers in de staalfabriek worden in hoofdstuk 5 besproken. In hoofdstuk 6 worden mogelijk principe-oplossingen ter beperking van de thermische belasting gepresenteerd.

Het rapport besluit met de conclusies van het onderzoek in de staalfabriek, zowel ten aanzien van de methode als ten aanzien van de klimaatbelasting van de werknemers in de staalfabriek.

2. BESCHRIJVING VAN HET BEDRIJF

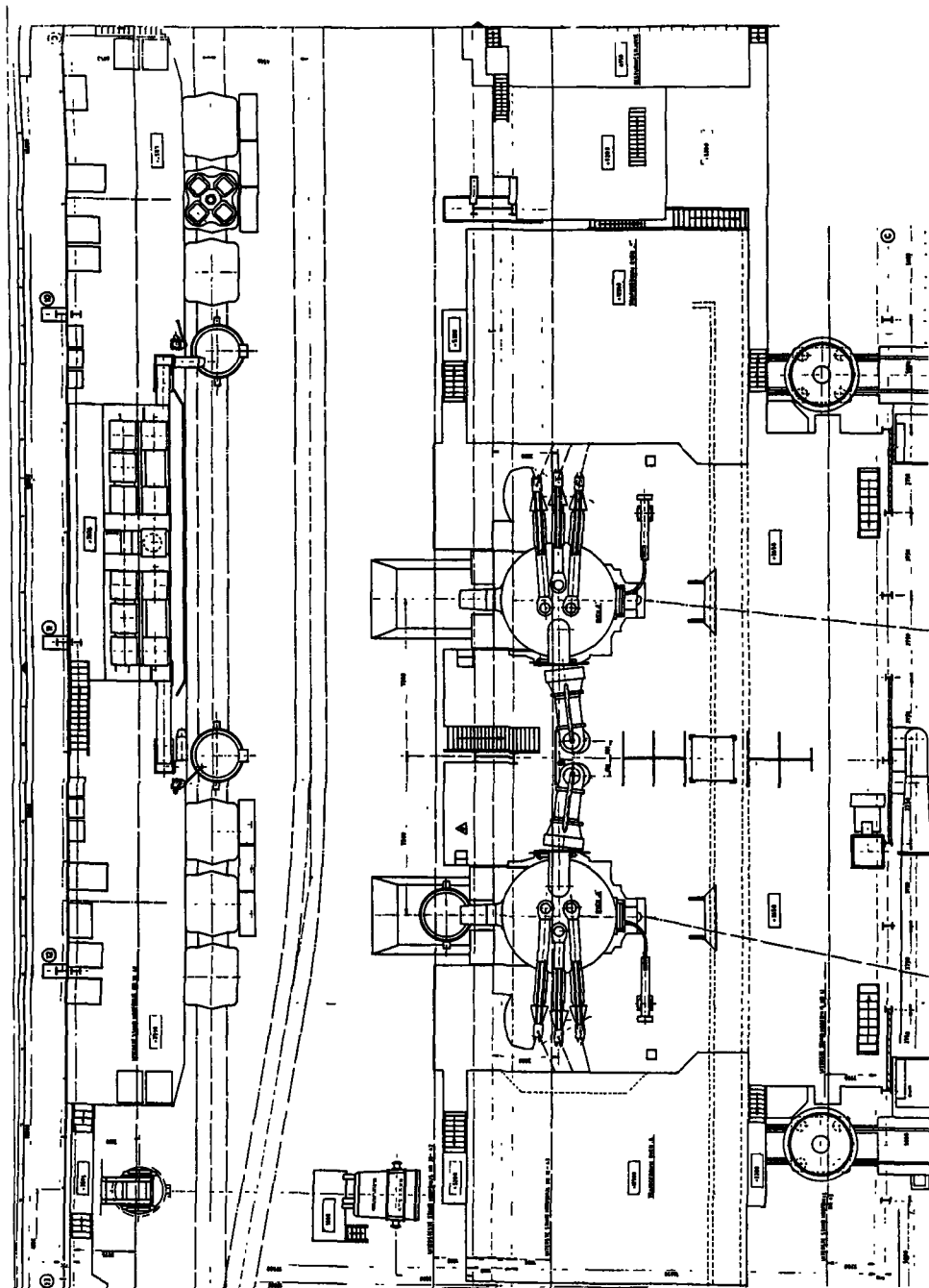
De proefinventarisatie bij de staalfabriek is gericht op de werkzaamheden rond de smeltovens (elektro-ovens). In deze smeltovens wordt schroot tot staal gesmolten. Het smelten gebeurt langs elektrische weg door het aanleggen van een spanningsverschil tussen drie koolstofelektroden en de ovenwand. De werkzaamheden van de thermische belasting van de smelters en de ovenbouwers zijn beschouwd. De twee elektro-ovens staan opgesteld in een hal van circa 200 meter lang, 40 meter breed en 20 meter hoog. De ovens, met een diameter van circa 5 meter, staan opgesteld op een bordes 3,5 meter boven de vloer van de hal. Een doorsnede en een plattegrond van het gedeelte van de hal rondom de ovens wordt gegeven in de figuren 1 en 2.

2.1 SMELTPROCES

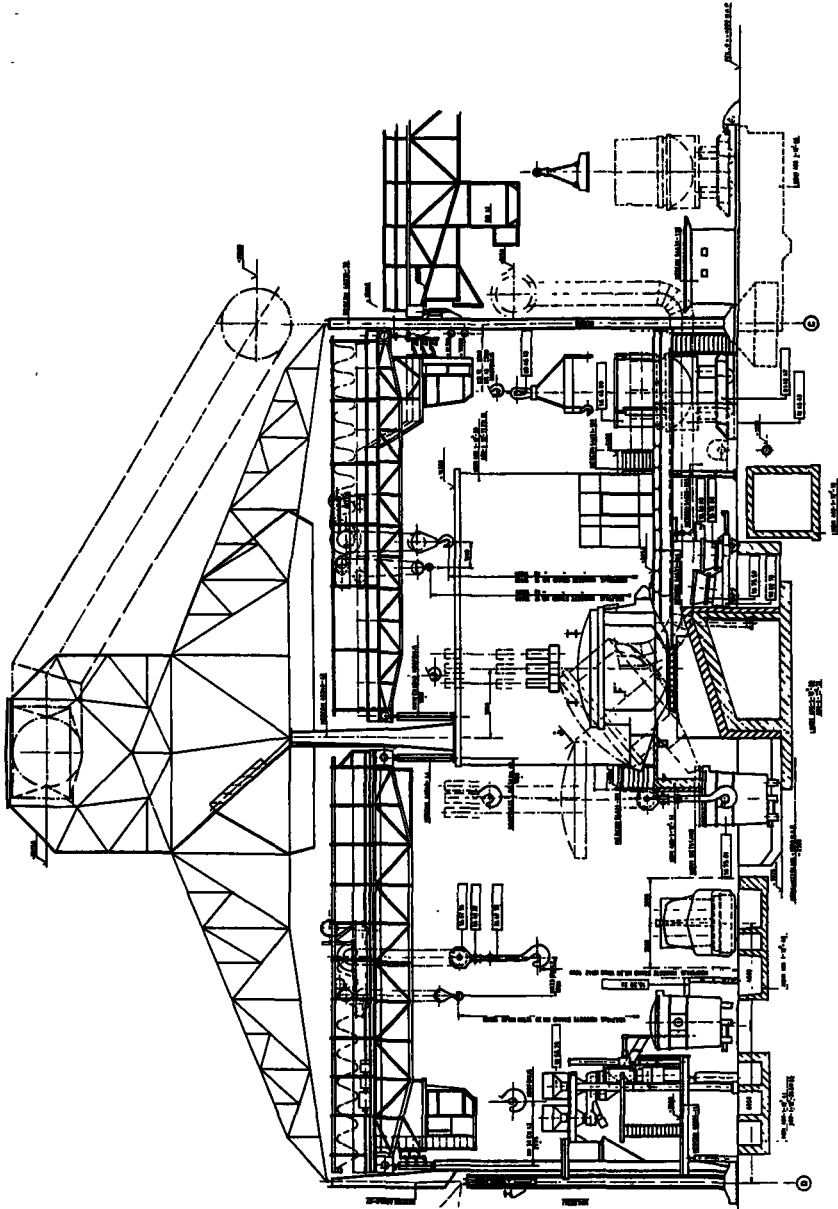
Het te smelten schroot ligt buiten de hal opgeslagen en wordt naar binnen getransporteerd in een korf die geplaatst is op een wagentje op rails. Voor het transport van de korf zijn in de gevel tegenover de twee trafogebouwen roldeuren met afmetingen van circa 5 meter breed en 6 meter hoog aanwezig.

Binnen wordt de korf met de kraan boven de ovens, waarvan het bovenste deel (het deksel) kan worden weggezwenkt, geplaatst waarna de korf aan de onderzijde wordt geopend en het schroot in de oven valt. Hierbij treedt een sterke stofontwikkeling op en ontstaan soms hoge steekvlammen. Vervolgens wordt de oven gesloten, de elektroden neergelaten en begint het eigenlijke smeltproces.

Tijdens deze eerste fase van het smeltproces verblijven de smelters voornamelijk in de controleruimte in het trafogebouw, vanwaar het smeltproces wordt geregeld.



Figuur 1. Plattegrond van hal rond de smeltovens.



Figuur 2. Doorsnede van de hal rondom de smeltovens.

Na circa een half uur wordt de oven bijgevuld met schroot. Hierbij worden de hete elektroden omhoog gehesen hetgeen een verhoging van de stralingstemperatuur tot gevolg heeft. Tijdens de tweede fase blijft de ovendeur, opening circa een halve vierkante meter, geopend om het smeltproces visueel te kunnen controleren. De smelters verrichten diverse werkzaamheden rondom de oven en worden ten gevolge van de open ovendeur blootgesteld aan hoge tot zeer hoge stralingstemperaturen. Het smeltbad is 1300 tot 1700°C heet. De werkzaamheden van de smelters tijdens deze fase van het smeltproces bestaan uit het toevoegen van extra materialen (om de gewenste legering te verkrijgen), het extra toevoeren van zuurstof met een lans en het extra toevoeren van kalk. Het toevoeren van extra zuurstof gebeurt met een zogenaamde zuurstoflans die vanachter een scherm, ter bescherming tegen spatten en steekvlammen, in het smeltbad wordt gestoken. Tijdens het smelten ontstaat een vloeibare slaklaag, die op het vloeibare staal drijft. Deze slaklaag wordt afgegoten aan de voorzijde van de oven door de oven te kantelen. Hierbij treden zeer hoge stralingstemperaturen op.

Om de kwaliteit van het staal te controleren worden regelmatig monsters genomen uit het smeltbad. Dit gebeurt door met een beker aan het uiteinde van een lange staaf een kleine hoeveelheid vloeibaar staal uit de oven te schepen en in een monsterbeker te gieten. De smelter die het monster neemt staat daarbij vlak voor de open ovendeur en wordt blootgesteld aan een hoge stralingstemperatuur.

Naast het nemen van monsters wordt regelmatig een temperatuurmeting verricht. Hierbij wordt een thermokoppel in een keramisch element aan het uiteinde van een staaf in het smeltbad gestoken waarbij de smelter vlak voor de open ovendeur staat.

Wanneer het vloeibare staal de gewenste kwaliteit (samenstelling) en temperatuur heeft wordt het aan de achterzijde van de oven in een pan gegoten. Hiertoe dient een smelter de geul open te branden met zuurstof. Het gieten gebeurt door de oven te kantelen, waarna het gloeiend hete staal in de pan stroomt. Tijdens het gieten worden eventueel nog extra elementen toegevoegd door het inwerpen van zakken (5 tot 15 kg per zak, 200 tot 500 kg totaal). De smelter die de geul openbrandt staat heel dicht bij de staalstroom die een temperatuur heeft van circa 1700°C.

Na het gieten worden de elektroden omhoog gehesen en de ovendeksel weggezwinkt. Een smelter werpt vanaf de rand van de oven met een spade dolomit

op aangetaste delen van de uit vuurvast materiaal bestaande inwendige ovenwand. De tijdens het smelten afgesleten elektroden worden gesteld en eventueel worden nieuwe elektroden geplaatst.

Een smeltcyclus duurt normaliter twee tot tweeënhalf uur. In verband met een overbelasting van de elektriciteitscentrale is in de winter vaak sprake van een zogenaamde stroombeperking waarbij de ovens op een lager vermogen draaien hetgeen een langere cyclusduur tot gevolg heeft. Er wordt continu gesmolten van zondagavond 22.00 uur tot zaterdagavond 22.00 uur. De periode van zaterdag- tot zondagavond wordt gebruikt voor herstel en onderhoud van de ovens. Een smeltoven wordt bediend door vier smelters, waarbij naar de uit te voeren werkzaamheden onderscheid wordt gemaakt tussen een eerste, tweede, derde en vierde smelter. De algehele leiding over de werkzaamheden bij beide smeltovens berust bij de smeltmeester.

De elektro-ovens worden beide direct afgezogen. Daarnaast vindt er mechanische afzuiging van de gehele hal plaats via een afzuiginstallatie in de nok van de hal boven de ovens. Toevoer van lucht van buiten en uit aangrenzende hallen vindt plaats via open deuren en kieren. In de hal is geen verwarming aanwezig met uitzondering van de controleruimtes.

2.2 OVENBOUW

De gedeelten van de inwendige ovenwand bestaande uit vuurvast materiaal (stenen) worden aangetast door de zure slaklaag en worden eenmaal per één à twee weken - gedeeltelijk - vervangen. Het slopen van de oude ovenwand en de opbouw van de nieuwe ovenwand gebeurt door werknemers van de afdeling ovenbouw.

Na de laatste smeltcyclus op zaterdagavond wordt de geopende oven (deksel weggezwenkt) afgekoeld door middel van de in de ovenwand aanwezige waterkoeling en een geforceerde luchtstroming met behulp van een ventilator. Het vervangen van de ovenwand start om 6 uur zondagochtend. Allereerst wordt de ventilator verwijderd en in de ovenkom een watergekoelde hulpvloer geplaatst. Vervolgens wordt de oude vuurvaste ovenwand gesloopt waarbij de stenen met koevoet en spade worden losgewrikt en in een container worden geworpen. De temperatuur van de ovenwand is vrij hoog wat tot een hoge stralingsbelasting voor de ovenbouwers leidt.

Na het slopen van de ovenwand worden er een pallet vuurvaste stenen en een ton gemalen vuurvast materiaal in de oven geplaatst. Het opbouwen van de ovenwand bestaat uit het plaatsen van de vuurvaste stenen (± 15 kg). Tussen de verschillende lagen wordt het gemalen vuurvast materiaal aangebracht. De bovenste laag wordt afgesmeerd met teer.

De laatste werkzaamheden van de ovenbouwers bestaan uit het schoonscheppen van de oven en het verwijderen van de hulpvloer.

De ovenbouwers wisselen elkaar af gezien de fysieke belasting en de stralingsbelasting, waarbij een kwartier tot een half uur werk in de oven wordt afgewisseld met een kwartier pauze in de controleruimte.

3. MEETMETHODIEK

3.1 MEETSTRATEGIE

In rapport R 85/249a [9] wordt gepleit voor de vastlegging van de afzonderlijke klimaatparameters (luchttemperatuur, stralingstemperatuur, luchtsnelheid en luchtvochtigheid) en de invloedsfactoren metabolisme en kleding. De bepaling van de thermische belasting van de mens dient vervolgens rekenkundig te geschieden met behulp van de door de ISO voorgestelde thermofysiologische modellen.

Ten aanzien van de vastlegging van de klimaatparameters is een continue meting van de parameters ideaal. Dit is in de praktijk met een groot aantal te beschouwen werkplekken evenwel niet mogelijk in verband met de beschikbare tijd en apparatuur en de verstoring van het productieproces. Vastlegging van het thermische klimaat dient te geschieden aan de hand van kortstondige metingen.

De smelters zijn werkzaam op veel verschillende plekken waar de klimaatparameters, met name de stralingstemperatuur, verschillen. Naast de verschillen per werkplek zijn er grote verschillen in stralingstemperatuur tussen de verschillende procesfasen.

Op de te onderscheiden werkplekken zijn tijdens kortstondige metingen de klimaatparameters bepaald, waarbij de stralingstemperatuur tijdens de verschillende procesfasen is bepaald.

Bij de arbeidsanalyse zijn de verblijfstijden op de verschillende werkplekken en de procesfase vastgelegd. Uit de gegevens uit de arbeidsanalyse en de klimaatmetingen kan het voor de beschouwde smelter van toepassing zijnde ("persoonlijke") klimaat worden afgeleid.

De ovenbouwers werken op een vaste werkplek, in de oven. Daarnaast verblijven ze in de controleruimte. Op beide plekken zijn de klimaatparameters bepaald tijdens kortstondige metingen op verschillende tijdstippen. De klimaatmetingen in de oven zijn verricht voor en na de werkzaamheden en tijdens korte onderbrekingen van het werk. Er wordt een lineair verloop van de klimaatparameters tussen de metingen verondersteld.

Naast de kortstondige metingen van de vier klimaatparameters zijn de luchttemperatuur en relatieve vochtigheid bij een van de roldeuren en op het dak

van het trafogebouw continu geregistreerd gedurende twee weken. Uitgaande van de geregistreeerde waarden kan het verloop van de luchttemperatuur gedurende een dag, de verschillen tussen dagen en de invloed van de buitentemperatuur op de temperatuur in de hal worden beoordeeld.

Van de te onderscheiden werkzaamheden is het metabolisme bepaald aan de hand van een arbeidsanalyse (zie 3.2). De kledingisolatie van de door werknemers gedragen kleding is bepaald aan de hand van gegevens over de gedragen kleding(stukken) uit de enquête naar de subjectieve beoordeling (zie 3.3).

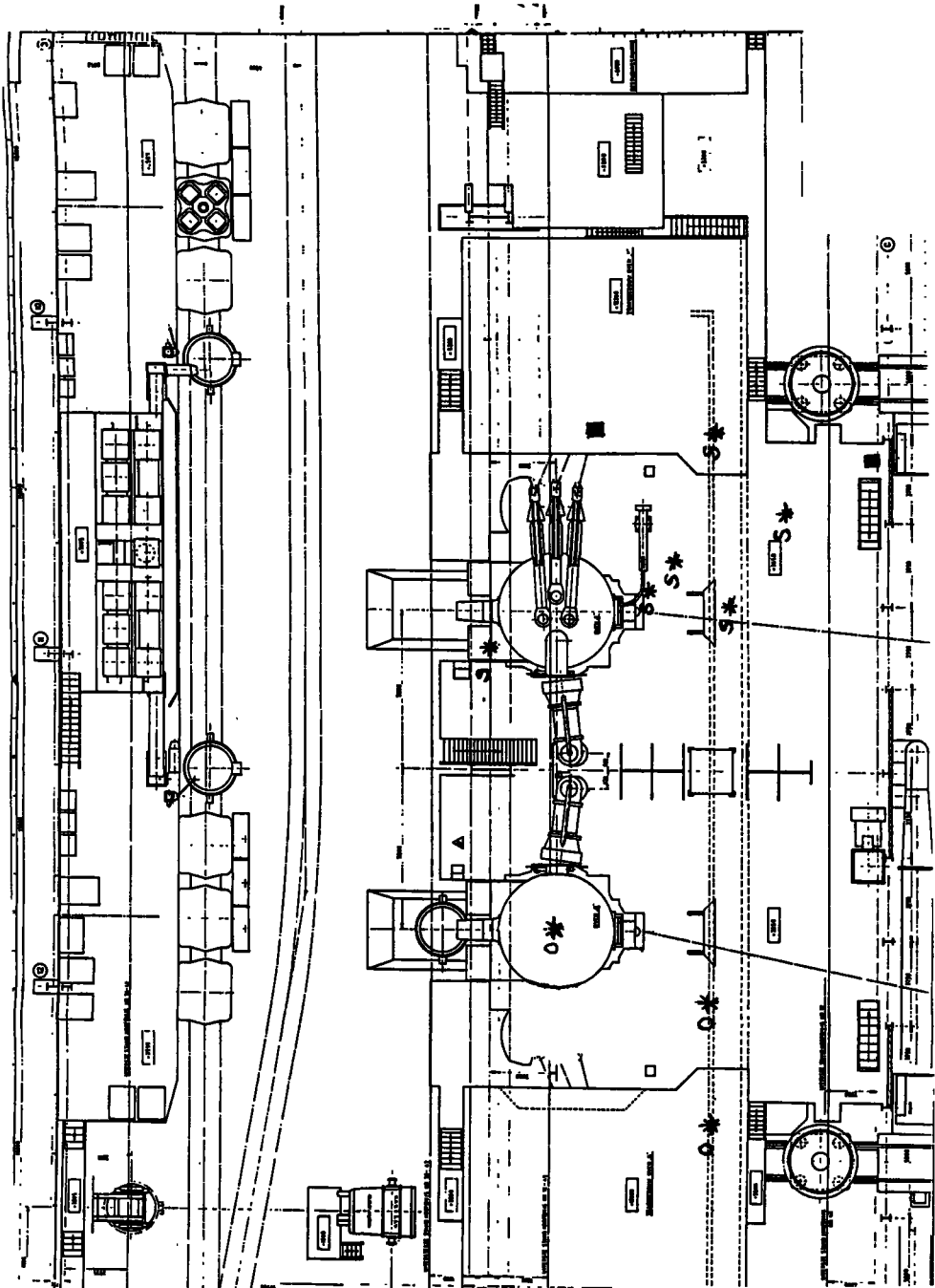
De meetplaatsen zijn geselecteerd op basis van oriënterende bezoeken en metingen. In figuur 3 zijn de gekozen meetplaatsen, waarbij de plaatsen waar de vier klimaatparameters zijn bepaald zijn aangegeven met een * en de plaatsen van de continue registraties met □. De klimaatparameters zijn bepaald op een hoogte van 1,1 m.

3.2 MEETMETHODE EN MEETAPPARATUUR

3.2.1 Klimaatmetingen

Voor de meting van de luchttemperatuur, de gemiddelde stalingstemperatuur, de luchtsnelheid en de relatieve vochtigheid is gebruik gemaakt van de Indoor Climate Analyzer van de firma Bruel & Kjaer. De gemiddelde stalingsstemperatuur is op indirecte wijze bepaald uit de meting van de plane radiant temperature in zes onafhankelijke richtingen via een omrekenformule [18]. Voor de meting van de plane radiant temperature in de zes richtingen dient de sensor, waarmee de plane radiant temperature in twee tegenovergestelde richtingen kan worden gemeten, in drie onafhankelijke richtingen te worden geplaatst.

Het bereik van de stralingssensor van de Bruel & Kjaer-set is te gering om de hoge stralingstemperaturen rondom de oven in sommige procesfasen te kunnen meten. Voor de meting van de hoge plane radiant temperaturen is gebruik gemaakt van een door IZF-TNO ontwikkelde warmtestalingsmeter [19] en een thermoziil (Kipp en Zn.). De IZF-TNO warmtestralingsmeter meet het absolute niveau van de invallende straling uit een ruimtehoek van 180°. Hieruit kan de plane radiant temperature in de beschouwde richting worden berekend. Met de thermoziil wordt de netto stralingsuitwisseling tussen de omgeving en de thermoziil bepaald.



Figuur 3. Overzicht van de meetplaatsen voor de klimaatmetingen in de staalfabriek.

De plaatsen aangegeven met * verwijzen naar de plaatsen waar de vier klimaatparameters zijn gemeten; de plaatsen aangegeven met □ verwijzen naar de plaatsen van de continue registraties. S heeft betrekking op de metingen ten aanzien van de smelters; O heeft betrekking op de metingen ten aanzien van de ovenbouwers.

Het uitgaande signaal van de thermoziil is een spanning die dient te worden uitgelezen met een voltmeter. Deze spanning kan met behulp van de ijkwaarde van de thermoziil worden omgerekend tot een netto stralingsuitwisseling.

Indien de temperatuur van het meetvlak van de thermoziil bekend is kan de plane radiant temperature in de beschouwde richting worden berekend. Bij hoge tot zeer hoge stralingsniveaus kan de temperatuur van de ziil benaderd worden met de luchttemperatuur. De thermoziil is gevoelig voor straling uit een ruimtehoek van 180° .

De warmtestralingsmeter van IZF-TNO heeft als nadeel dat voor het apparaat netvoeding nodig is, wat het praktisch gebruik in bedrijfssituaties belemmert en beperkt. De thermoziil is enigszins omslachtig in gebruik vanwege het noodzakelijk openen en sluiten van de meetopening. Bovendien is relatief veel rekenwerk vereist voor de bepaling van de plane radiant temperature.

De continue registraties van luchttemperatuur en relatieve vochtigheid zijn uitgevoerd met thermohygrografen. De meting van de luchttemperatuur nabij het scherm met een voor straling met een aluminium koker afgeschermd PT-100-element bleek niet mogelijk in verband met een zeer sterke beïnvloeding van de sensor door warmtestraling.

3.2.2 Metabolisme

De waarden van het metabolisme van de verschillende kenmerkende werkzaamheden is bepaald aan de hand van een arbeidsanalyse waarbij een registratie van (deel-)activiteiten met bijbehorende tijdsduur plaatsvindt. Uit deze arbeidsanalyse wordt het metabolisme van elke deelactiviteit bepaald op basis van houding, type arbeid en snelheid. Deze methode wordt nader beschreven in bijlage A. Uit de verschillende waarden voor de deelactiviteiten kan het gemiddelde metabolisme worden bepaald door het nemen van het tijdgewogen gemiddelde. De gehanteerde methode komt overeen met een door de ISO voorgestelde procedure [1].

3.2.3 Kledingisolatie

De bepaling van de kledingisolatie van de werknemers gebeurt op grond van de informatie over de gedragen kleding uit de enquête naar de subjectieve beleving van het klimaat (zie 3.3). Per kledingstuk is uitgaande van het be-

dekt lichaamsoppervlak de isolatiewaarde bepaald op basis van de in memorandum IZF 1986-M21 [15] beschreven methode van McCullough. De methode wordt nader toegelicht in bijlage B. De totale kledingisolatie wordt bepaald met behulp van een sommatieformule.

De gevolgde methode wijkt enigszins af van de in de ISO-publicatie "Estimation of the thermal characteristics of clothing ensembles" [2] aanbevolen methode.

In bijlage B wordt per kledingstuk het percentage bedekt lichaamsoppervlak en de bijbehorende isolatiewaarde gegeven. Voor kledingstukken met een relatief laag percentage bedekt lichaamsoppervlak (handschoenen, schoenen, helm) wordt met de bovengenoemde methode een negatieve waarde gevonden. Voor deze kledingstukken is gebruik gemaakt van waarden uit tabellen [3, 4, 5].

3.3 ENQUÊTE NAAR DE SUBJECTIEVE BELEVING

De aanleiding tot het inventariseren van ernst en omvang van de klimaatbelasting in de Nederlandse bedrijven vormde het grote aantal klachten van werknemers met betrekking tot het klimaat [9]. Om op basis van de objectieve beoordelingsmethoden (thermofysiologische modellen) een goede uitspraak te doen over de door de werknemers ervaren klimaatbelasting is een overeenstemming tussen deze objectieve beoordeling en de subjectieve beoordeling door de werknemers gewenst. In de proefinventarisatie is derhalve een enquête naar de subjectieve beoordeling van het klimaat opgenomen. Deze enquête is opgesteld in samenwerking met NIPG-TNO [11], waarbij als uitgangspunt hebben gediend enquêtes van Hettinger [12] en de Verkorte Vragenlijst naar Persoonlijk Functioneren in de Arbeidssituatie van het NIPG-TNO [13].

Aangezien bij de subjectieve beleving en beoordeling van het klimaat ook niet-klimaatparameters een rol kunnen spelen zijn niet-binnenmilieu-aspecten, zoals werksatisfactie en 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 rich-

tingen mogelijke score (temperatuur: warm/neutral/koud) een zevenpuntschaal gekozen, overeenkomstig de door Fanger toegepaste schaal. Bij binnenmilieufactoren 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 door de werknemers. Deze gegevens worden gebruikt voor de bepaling van de invoergegevens met betrekking tot kledingsisolatie voor de thermofysiologische modellen. Een enquêteformulier is opgenomen in bijlage C.

De in de staalfabriek toegepaste enquête wijkt op enkele punten af van de in de zuivelproduktenfabriek (zie deelrapport II) toegepast enquête. De wijzigingen, onder andere een beperkter aantal vragen met betrekking tot de niet-binnenmilieufactoren, een minder formele formulering van een aantal vragen en het gebruik van illustraties bij de vraag naar de kleding, zijn doorgevoerd op basis van de ervaringen in de zuivelproduktenfabriek.

De resultaten van de enquête onder de smelters worden gegeven in paragraaf 4.4.

4. RESULTATEN EN DISCUSSIE

4.1 KLIMAATMETINGEN

4.1.1 Smelters

De metingen van de klimaatparameters met betrekking tot de smelters zijn verricht van 19 januari 1987, 20.00 uur tot 20 januari 1987, 5.00 uur. De meetperiode viel in de extreme koudeperiode van januari 1987. De buitentemperaturen tijdens de klimaatmetingen bedroeg ongeveer -4°C .

De situatie tijdens deze inventarisatieperiode is niet geheel representatief voor de normale bedrijfssituatie aangezien vanwege bevroeringsgevaar van waterleidingen de deuren vrijwel constant gesloten waren. Dit heeft waarschijnlijk een extra verhoging van de luchttemperatuur rond het bordes ten opzichte van de buitentemperatuur en lagere luchtsnelheden tot gevolg gehad. De resultaten worden gegeven in de tabellen 1 en 2. In tabel 2 worden de gemiddelde stralingstemperaturen op de verschillende werkplekken voor de verschillende procesfasen gegeven. Tevens zijn in deze tabel de plane radiant temperaturen in de richting van de oven vermeld.

De luchttemperaturen op de verschillende plekken rondom de oven wijken niet veel van elkaar af. Hierbij wordt opgemerkt dat ten tijde van de metingen de roldeuren bijna continu gesloten waren in verband met bevroeringsgevaar. De invloed van de infiltratielucht op luchttemperatuur en -snelheid is ten gevolge hiervan beperkt. De luchttemperatuur rond de oven is circa 10°C hoger dan de buitentemperatuur.

Tijdens sommige procesfasen blijken zeer hoge stralingstemperaturen op te treden. Dit is onder andere het geval bij het afgieten van het slak en het gieten van het staal in de pan.

Bij de arbeidsanalyse ter bepaling van het metabolisme zijn ook de verblijfstijden op de verschillende werkplekken en de procesfase vastgelegd. Uit deze gegevens en de metingen van de stralingstemperatuur kan het verloop van de stralingstemperatuur waaraan de beschouwde smelter wordt blootgesteld worden bepaald.

Het verloop van de "persoonlijke" stralingstemperatuur (minuutgemiddelden), voor de tweede smelter tijdens het werk rond de oven is weergegeven in figuur 4. Gedurende het eerste uur is de gemiddelde stralingstemperatuur vrij constant. Tijdens het tweede uur treden er grote variaties op terwijl ook het gemiddelde niveau hoger is.

Tabel 1 Overzicht van de resultaten van de klimaatmetingen tijdens het smelten.

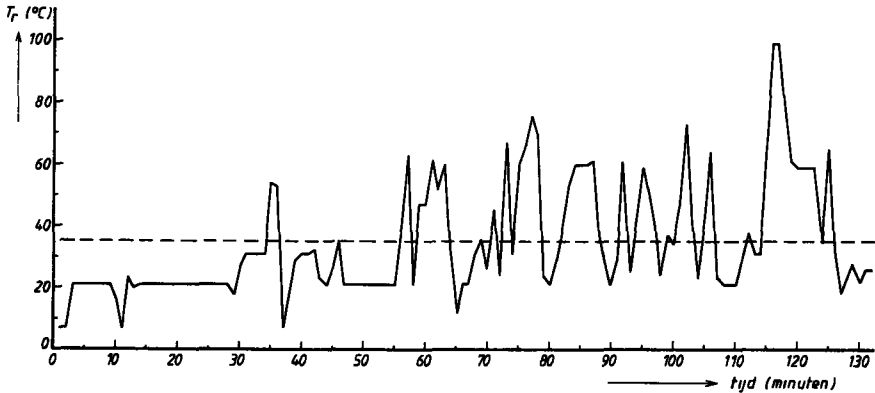
Meet- punt	Procesfase	Lucht- temp. (°C)	Gem. stra- lingtemp. (°C)	Lucht- snelheid (m.s ⁻¹)	Relatieve vochtigheid (%)
1	na gieten van staal in pan; oven leeg; ovendeur open	4,4	25,5	0,57	39
1	na bijvullen van oven; ovendeur dicht	3,6	15,6	0,62	47
2	na gieten van staal in pan; oven leeg ovendeur open; ovendeksel open	4,2	18,9	0,50	46
2	na bijvullen van oven; ovendeur dicht	4,2	22,1	0,65	50
2	na gieten van slak; ovendeur dicht	5,5	17,9	0,31	-
2	na starten van smelten; ovendeur dicht	4,5	14,9	0,48	-
3	na vullen van oven; starten van smelt; buitendeur open	0,9	8,2	0,20	39
3	na bijvullen van oven; oven- deur open; buitendeur dicht	3,9	31,2	0,55	51
4	na vullen van oven; ovendeur dicht	6,9	33,3	0,69	37
4	na bijvullen van oven; ovendeur dicht	5,9	29,2	0,86	38
5	controleruimte	19,5	22,2	0,13	14
5	controleruimte	20,5	20,9	0,17	27
6	na vullen van oven starten van smelt; buitendeur open	0,1	7,3	0,71	54

Tabel 2 Overzicht van de gemiddelde stralingstemperaturen en de plane radiant temperaturen in de richting van de oven op de beschouwde werkplekken tijdens verschillende procesfasen van het smelten.

Meet- punt	Procesfase	Gemiddelde stralings- temperatuur (°C)	Plane radiant temperatuur (°C)
1	na bijvullen oven; ovendeur dicht	16	18
1	slak afgieten; ovendeur open	26 43 42	65 142 138
1	inwerpen toeslag; ovendeur open	77	300
1	na gieten van staal in pan; oven leeg; ovendeur open	65	242
1	toevoer van zuurstof; ovendeur open	80	311
1	toevoer van kalk; ovendeur open	59	218
1	temperatuurmeting; ovendeur open	72	275
1	afgieten van slak; ovendeur open	94 105	368 425
2	starten van smelt; ovendeur dicht	15	24
2	na gieten van staal in pan; ovendeur dicht	18	23
2	slak afgieten; ovendeur open	34 47 50 54 53 60	108 168 178 197 192 226

Tabel 2 Overzicht van de gemiddelde stralingstemperaturen en de plane radiant temperaturen in de richting van de oven op de beschouwde werkplekken tijdens verschillende procesfasen van het smelten (vervolg).

Meet- punt	Procesfase	Gemiddelde stralings- temperatuur (°C)	Plane radiant temperatuur (°C)
2	toevoer van kalk en zuurstof	18 23	35 60
2	zuurstof toevoeren	32 36	97 115
2	kalk toevoeren	37	123
2	na gieten van staal in pan; ovendeur open; ovendeksel weggezwenkt	40	113
2	na gieten van staal in pan; ovendeur open; koolstofelektroden omhoog gehesen	35	113
3	starten van smelt; ovendeur dicht	8	12
3	na bijvullen van open ovendeur open	31	38
4	ovendeur dicht	29 33 29	- - -
4	gieten van staal in pan	92 101 110	297 318 358
4	na gieten van staal in pan	59	170
6	ovendeur open	20	65



Figuur 4. Verloop van de gemiddelde stralingstemperatuur (minuutgemiddelden) voor een 2e smelter gedurende een smeltcyclus.

4.1.2 Ovenbouwers

De metingen van de klimaatparameters tijdens het vervangen van de ovenwand zijn verricht op 11 januari 1987 van 6.00 uur tot 12.00 uur. De meetperiode viel in de extreme koudeperiode van januari 1987. De buitentemperatuur tijdens de meting lag rond -10°C . Een overzicht van de resultaten wordt gegeven in tabel 3.

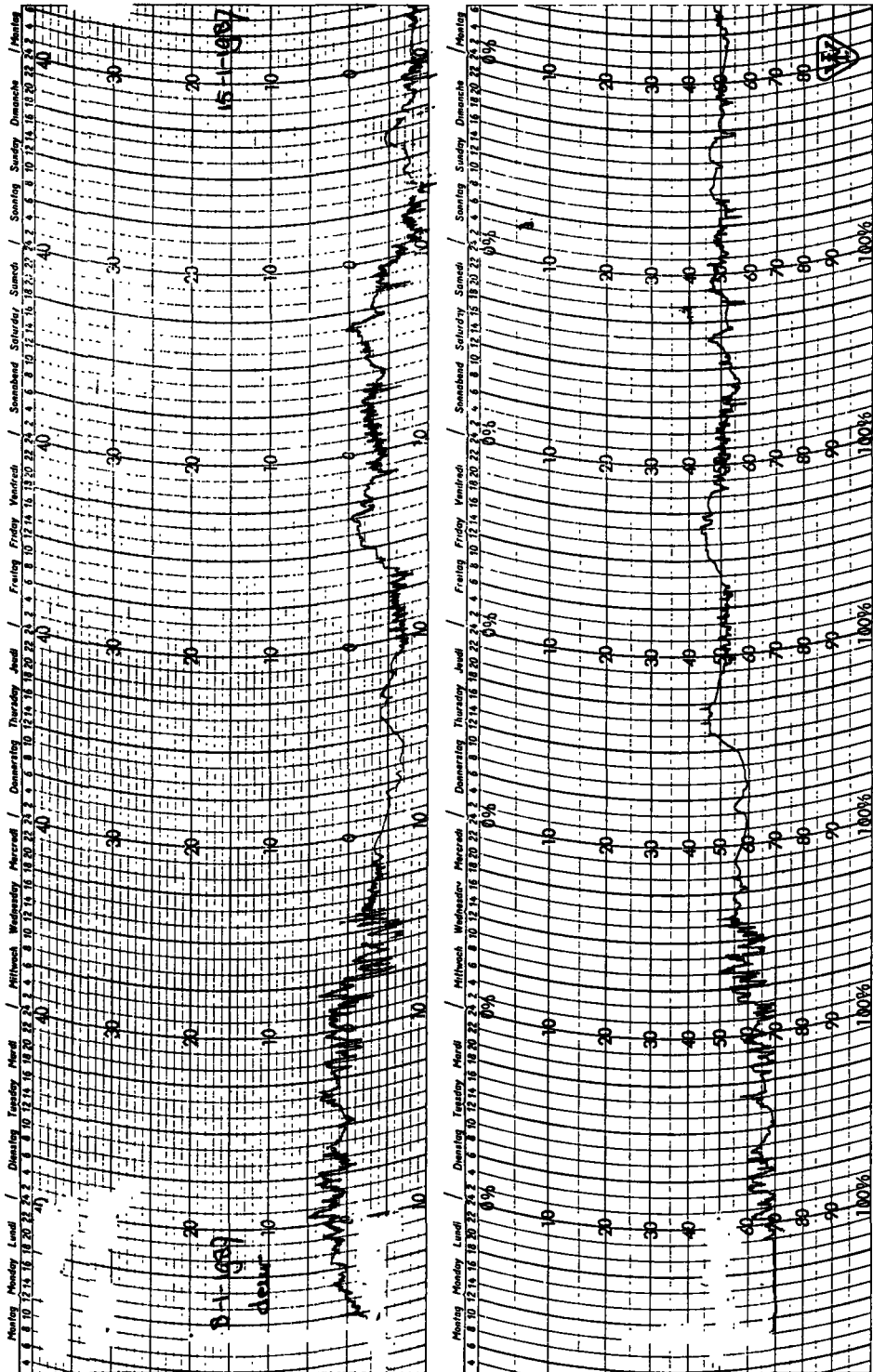
De luchttemperatuur in de oven is vrij constant, evenals de luchtsnelheid en relatieve vochtigheid. Tengevolge van de lage buitentemperaturen en het ontbreken van interne warmtebronnen is de luchttemperatuur op het bordes buiten de oven erg laag. Er treedt een duidelijke afname van de stralingstemperatuur op tijdens de werkzaamheden, met name tijdens de bouw van de nieuwe overwand. De relatieve vochtigheid is erg laag zowel in de oven als in de contoleruimte. De luchttemperatuur in de oven is 10 à 15°C hoger dan op het bordes en circa 20°C hoger dan de buitentemperatuur.

4.1.3 Continue metingen

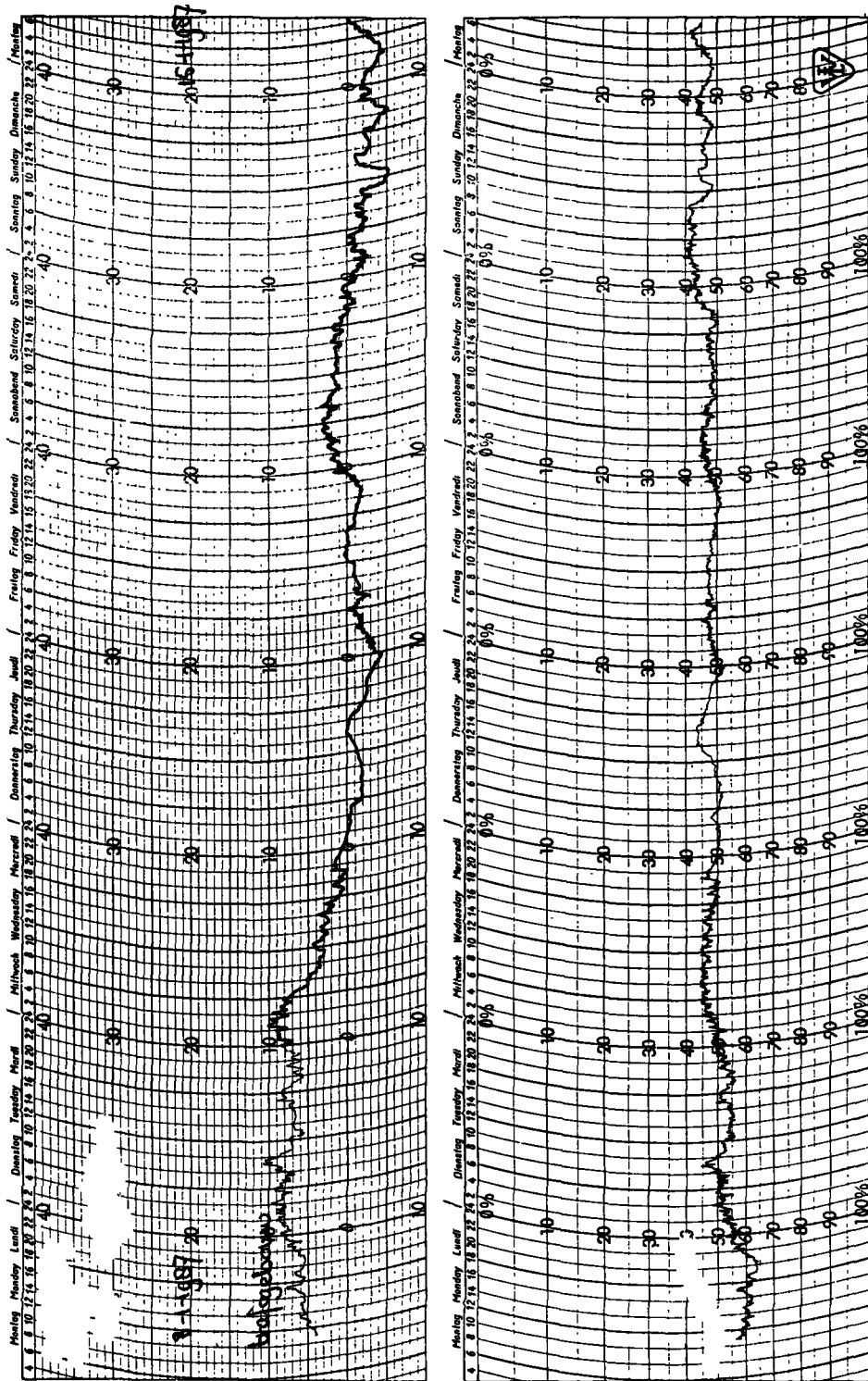
De resultaten van de continue metingen van de luchttemperatuur en relatieve vochtigheid nabij de roldeur en op het dak van het trafogebouw worden gegeven in de figuren 5 t/m 8. Er is sprake van een gelijkmatig verloop van zowel temperatuur en vochtigheid.

Tabel 3 Overzicht van de resultaten van de klimaatmetingen tijdens de werkzaamheden van de ovenbouwers.

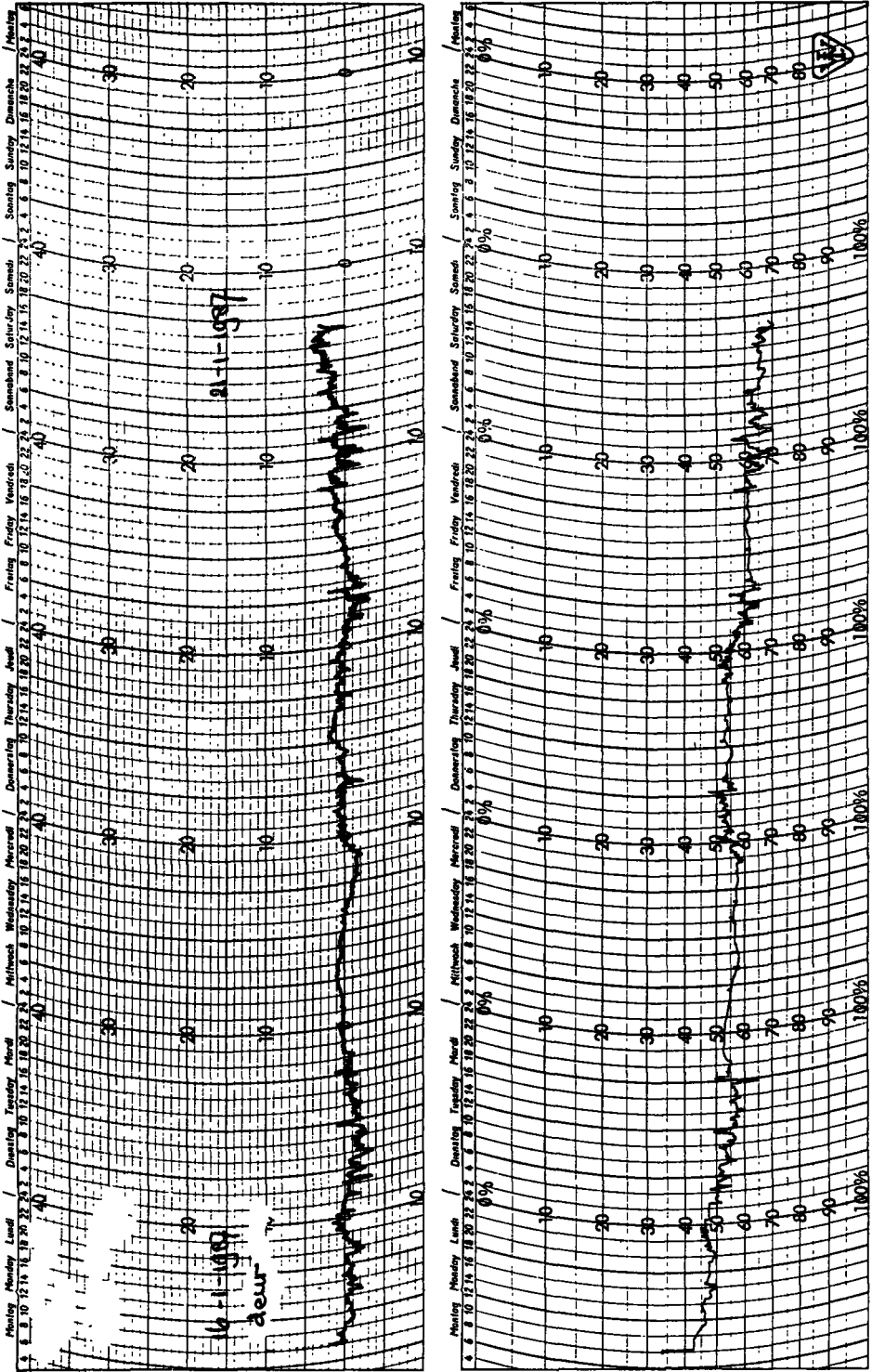
Procesfase	Lucht-temperatuur (°C)	Gem. stralings-temperatuur (°C)	Lucht-snelheid (m.s ⁻¹)	Relatieve vochtigheid (%)
<u>oven</u>				
voor begin van sloopwerkzaamheden; watergekoelde vloer geplaatst (7.45 u)	10,6	69	0,75	21
wand gedeeltelijk uitgebroken (8.30 u)	9,1	49	0,58	19
oven geheel uitgebroken (9.15 u)	11,2	43	0,70	18
na opbouw van nieuwe ovenwand (11.15 u)	6,5	24	0,69	27
<u>controleruimte</u>				
7.15 u	13,7	14,6	0,16	19
8.45 u	20,0	18,5	0,07	16
10.30 u	18,1	16,3	0,09	16
<u>bordes</u>				
7.00 u	-3,0			
10.20 u	-1,7			
11.50 u	-3,2			



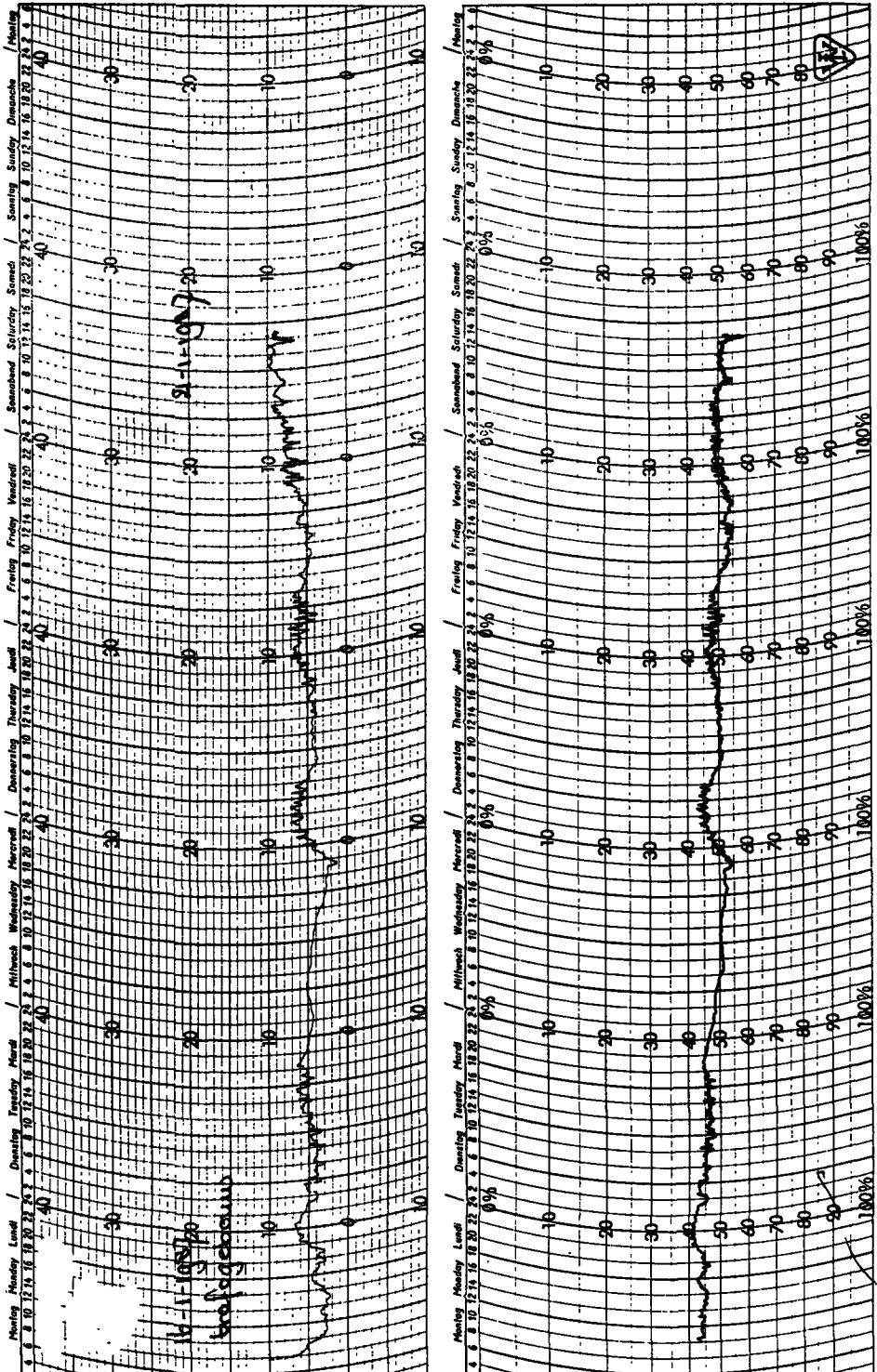
Figuur 5. Verloop van luchttemperatuur en relatieve vochtigheid nabij de deur van 8-1-1987 tot 15-1-1987.



Figuur 6. Verloop van luchttemperatuur en relatieve vochtigheid op het dak van het trafogebouw van 8-1-1987 tot 15-1-1987.



Figuur 7. Verloop van luchttemperatuur en relatieve vochtigheid nabij de deur van 16-1-1987 tot 21-1-1987.



Figuur 8. Verloop van luchttemperatuur en relatieve vochtigheid op het dak van het trafgebouw van 16-1-1987 tot 21-1-1987.

4.2 METABOLISME

4.2.1 Smelters

Er zijn arbeidsanalyses gemaakt van de werkzaamheden van een tweede en een vierde smelter gedurende een smeltcyclus (duur twee tot tweeënhalf uur).

Het werk van de smelters is wisselend van zwaarte. Tijdens de eerste fase van het smeltproces verblijven ze in de controleruimte en is er sprake van rust. Tijdens de tweede fase van het smeltproces worden door de smelters werkzaamheden rond de oven verricht waarbij perioden met matig tot zwaar werk (toevoegen van materialen, openbranden van geul) worden afgewisseld met korte perioden van rust.

Uit de arbeidsanalyses is in eerste instantie het gemiddelde metabolisme bepaald voor de twee genoemde fasen. Dit gaf de volgende resultaten:

2e smelter : rustperiode	58 W.m ⁻²
werkperiode	163 W.m ⁻²
4e smelter : rustperiode	58 W.m ⁻²
werkperiode	142 W.m ⁻²

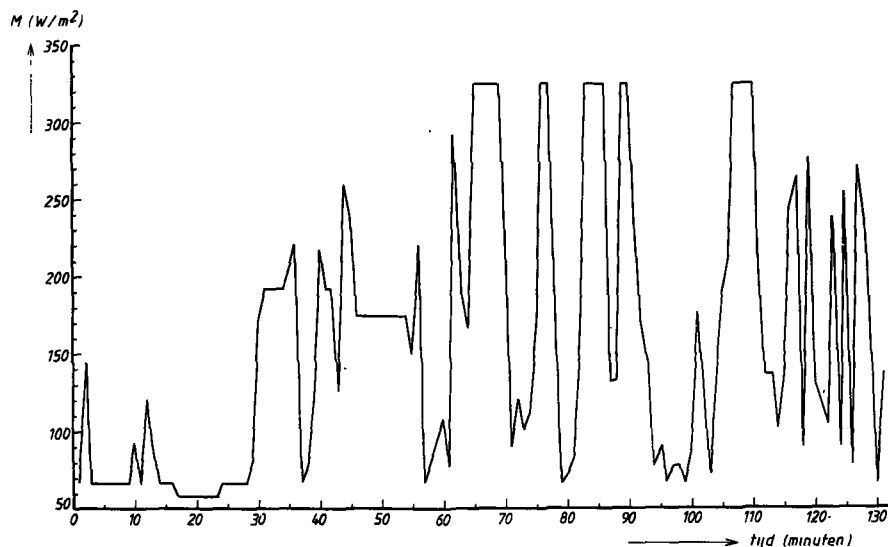
Voor de tweede smelter is het verloop van het metabolisme (minuutgemiddelde) tijdens de werkperiode bepaald en weergegeven in figuur 9. Tijdens het eerste en tweede half uur is er sprake van een gelijkmatig verloop van het metabolisme waarbij echter wel een hoger gemiddelde optreedt in het tweede half uur. In het tweede uur varieert het metabolisme sterk.

De volgende gemiddelde waarden zijn bepaald:

eerste uur :	135 W.m ⁻²
tweede uur :	187 W.m ⁻²

Bij de beoordeling van de thermische belasting van de tweede smelter zijn drie fasen onderscheiden:

fase 1 : M =	58 W.m ⁻²	(30 minuten)
fase 2 : M =	135 W.m ⁻²	(60 minuten)
fase 3 : M =	187 W.m ⁻²	(72 minuten)



Figuur 9. Verloop van het metabolisme als functie van de tijd (minuutgemiddelde) voor een 2e smelter tijdens de werkperiode.

4.2.2 Ovenbouwers

Er zijn arbeidsanalyses gemaakt van de werkzaamheden van de ovenbouwers tijdens het slopen van de ovenwand (duur 35 minuten) en het bouwen van de nieuwe ovenwand (duur 75 minuten).

Tijdens het slopen van de ovenwand konden drie fasen worden onderscheiden met de volgende gemiddelde waarden van het metabolisme:

fase 1, slopen : 274 W.m^{-2} (15 minuten)

fase 2, pauze : 58 W.m^{-2} (20 minuten)

fase 3, slopen : 238 W.m^{-2} (15 minuten)

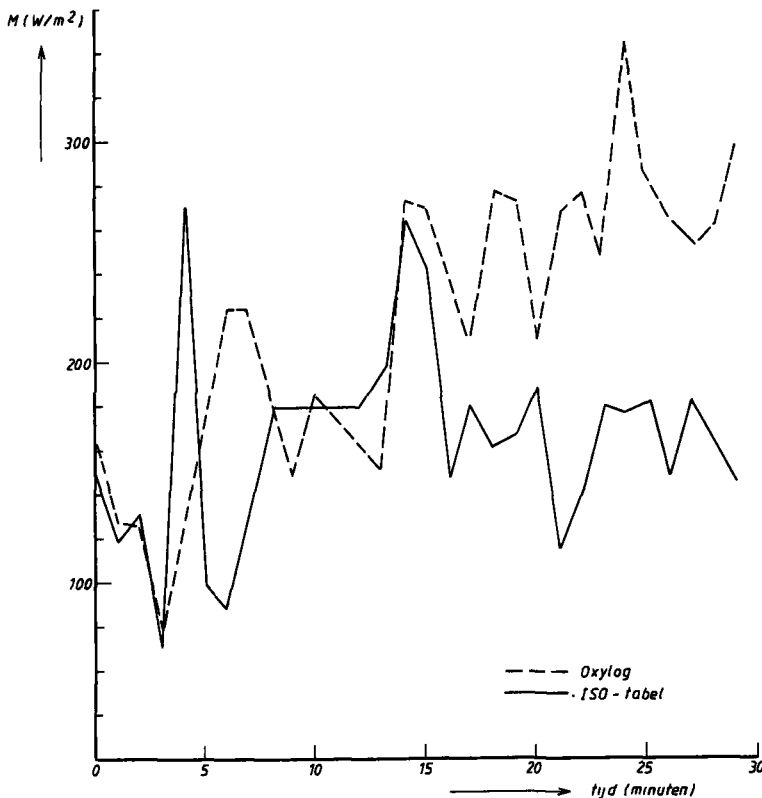
Tijdens het opbouwen van de nieuwe ovenwand konden twee fasen worden onderscheiden met volgende gemiddelde waarden van het metabolisme:

fase 1, bouwen : 149 W.m^{-2} (40 minuten)

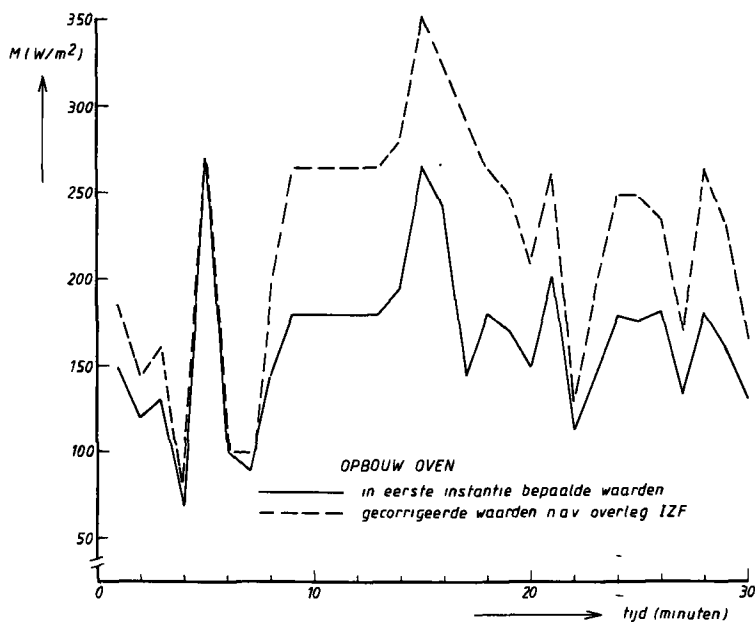
fase 2, pauze : 58 W.m^{-2} (30 minuten)

Voor het opbouwen van de wand is het verloop van het metabolisme (minuut-gemiddelden) bepaald en vergeleken met door IZF-TNO bepaalde waarden uit de meting van het zuurstofverbruik (meting Oxylog) [20].

In figuur 10 is het verloop van de gemeten en berekende waarden van het metabolisme gedurende een half uur weergegeven. Tussen de eerste en vijftiende minuut is er een goede overeenkomst tussen meting en berekening, vanaf de vijftiende minuut liggen de berekende waarden duidelijk onder de gemeten (referentie-)waarden. Deze onderschatting is waarschijnlijk een gevolg van de onderschatting van het aandeel en de zwaarte van de romparbeid. Op grond van het bovenstaande is de berekening van het metabolisme gecorrigeerd door een groter aandeel romparbeid in rekening te brengen. Hierdoor stijgt het gemiddelde metabolisme van 149 W.m^{-2} naar 196 W.m^{-2} . Het verloop van het metabolisme, zowel oorspronkelijke als gecorrigeerde waarden, als functie van de tijd wordt gegeven in figuur 11.



Figuur 10. Vergelijking van gemeten en berekende waarden van het metabolisme.



Figuur 11. Verloop van metabolisme (berekende waarden) als functie van de tijd.

4.3 KLEDINGISOLATIE

Op basis van de isolatiewaarde per kledingstuk (uitgaande van het percentage bedekt lichaamsoppervlak) en de gegevens over de gedragen kleding uit de enquête is voor elke ondervraagde smelter de kledingisolatie bepaald voor de zomer- en de wintersituatie. Uit de waarden voor de kledingisolatie per smelter is vervolgens de gemiddelde kledingisolatie van de smelters bepaald. In verband met de spatten en vonken dienen de smelters vlamdovende kleding en handschoenen te dragen. Alle smelters dragen de door het bedrijf verstrekte werkbroeck en werkjasje. In verband met het kraantransport is ook een helm verplicht.

Het hoge geluidniveau in de hal maakt het gebruik van oorbescherming noodzakelijk. Sommige smelters dragen oorkappen, anderen gebruiken oordopjes.

De volgende gemiddelde waarden van de kledingisolatie zijn bepaald:

winter: $I_{\text{clo, gem.}} = 1,18 \text{ clo}$ (standaarddeviatie 0,15 clo)

zomer : $I_{\text{clo, gem.}} = 0,95 \text{ clo}$ (standaarddeviatie 0,13 clo)

De bovenstaande waarden gelden voor stilstaande personen en dienen voor werkende mensen nog gecorrigeerd te worden voor houding, activiteit en be-

weging. Voor lopende personen is een verlaging van de kledingisolatie van 30% in rekening gebracht overeenkomstig memorandum IZF 1986/M21.

Voor werkende personen die niet lopen is de afname van de kledingisolatie als gevolg van het pompeffect met behulp van gegevens van Holmer [6] bepaald. Holmer stelt een afname van de kledingisolatie afhankelijk van het metabolisme voor die van 100 tot 200 $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ lineair toeneemt van 10 tot 25% en vanaf 200 $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ constant blijft op 25%. Opmerkelijk is de relatief hoge waarde van de gemiddelde kledingisolatie in de zomer, die deels verklaard kan worden door de hoge basisisolatie van werkjasje en werkbreek.

Voor de tijdens het slopen van de ovenwand geobserveerde ovenbouwer (voorman) is op identieke wijze de kledingisolatie bepaald. Voor de tijdens de bouw van de ovenwand geobserveerde ovenbouwer is de kledingisolatie bepaald door IZF-TNO [20] gehanteerd. Deze laatste waarde is gebaseerd op het gewicht van de kleding en het percentage bedekt oppervlak door respectievelijk één en twee of meer lagen.

De volgende waarden zijn bepaald:

ovenbouw, slopen : $I_{\text{clo}} = 1,2 \text{ clo}$

ovenbouw, opbouw : $I_{\text{clo}} = 1,5 \text{ clo}$

4.4 SUBJECTIEVE BEOORDELING

Onder 17 smelters is een enquête naar de subjectieve beoordeling van het klimaat uitgevoerd. Onderstaand worden de belangrijkste resultaten uit deze enquête gegeven.

Geen van de ondervraagden is ontevreden met zijn werk in algemene zin.

Van de geënquêteerde smelters beoordeelt 6% de temperatuur op de werkplek in de winter als heet, 18% als een beetje warm, 12% als niet koud en niet warm, 12% als een beetje koel, 23% als koel en 29% als koud. Hieruit kan een gemiddelde beoordeling "een beetje koel" worden afgeleid.

De grote spreiding in de temperatuurbeoordeling kan wellicht verklaard worden uit het feit dat sommigen hun oordeel baseren op de hoge stralingstemperaturen en andere op de lage luchttemperaturen en hoge luchtsnelheden.

Zoals verwacht kan worden is de spreiding in de beoordelingen van de temperatuur in de zomer aanzienlijk geringer.

Van de ondervraagden beoordeelt 47% de temperatuur in de zomer als heet, 47% als warm en 6% als een beetje warm. De gemiddelde beoordeling is warm tot heet.

Volgens 70% van de geënquêteerden is er vaak of altijd sprake van temperatuurwisselingen. Dertig procent vindt dat er af en toe sprake is van temperatuurwisselingen. Tocht treedt volgens vrijwel alle smelters (94%) vaak of altijd op. Er blijkt een duidelijke correlatie te bestaan in de mate waarin men tocht ervaart en de mate waarin men de temperatuur in de winter als koud beoordeeld.

4.5 THERMISCHE BELASTING - INVENTARISATIEPERIODE

Voor de beschouwde werkzaamheden zijn uitgaande van de gemeten klimaatparameters en de bepaalde waarden voor metabolisme en kledingisolatie waarden van de door de ISO voorgestelde thermische belastingsindices berekend. Waarden van de volgende indices, voor zover van toepassing, zijn bepaald.

- PMV-index op basis van het thermofysiologische model van Fanger (ISO 7730 [3]).
- Het percentage nat huidoppervlak (w_{req}) op basis van het model voor de benodigde zweetverdamping (ISO/DIS 7933 [7]).
- De benodigde kledingweerstand ($I_{cl,min}$ en $I_{cl,net}$) en de Wind Chill Index (WCI) op basis van het model voor de bepaling van de benodigde kledingweerstand en de Wind Chill Index (ISO/TC159/SC5/GT1/N129 [8]).
 $I_{cl,min}$ is de benodigde kledingisolatie om een te sterke afkoeling van het lichaam onder de gegeven omstandigheden te voorkomen. $I_{cl,net}$ is de maximum toelaatbare kledingisolatie om de zweetproductie op een zodanig niveau te beperken dat het nat worden van de kleding, met als gevolg daarvan een sterke afname van de isolatiewaarde, wordt voorkomen.

Voor nadere achtergronden van de modellen wordt verwezen naar de ISO publicaties [3, 7, 8] en rapport R 85/249a [9]. Voor de bepaling van de PMV-index wordt het toepassingsgebied gedefinieerd door de begrenzing van de invoerparameters. Voor de modellen voor de bepaling van de benodigde zweetverdamping 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. Deze modellen zijn toegepast voor die situaties die op grond van de PMV-index als warm of koud worden beoordeeld. Daarnaast zijn er enkele berekeningen gemaakt om de verschillende indices onderling te vergelijken.

De berekeningen van de indices zijn uitgevoerd voor de ongecorrigeerde waar-

den en de gecorrigeerde waarden van de kledingisolatie op basis van de activiteiten van de werknemers. De resultaten van de metingen worden gegeven in de tabellen 4 en 5.

4.5.1 Smelters

Bij de berekeningen van de waarden van de thermische belastingsindices voor de smelters is in verband met de geringe variaties uitgegaan van gemiddelden voor de luchttemperatuur en relatieve vochtigheid op de verschillende werkplekken. Voor de relatieve luchtsnelheid is, uitgaande van de arbeidsanalyse, een tijdgewogen gemiddelde bepaald van de luchtsnelheid tijdens lopen en de luchtsnelheid tijdens stilstand. Voor de gemiddelde stralingstemperatuur tijdens de verschillende fasen is uitgegaan van de bepaalde waarden van de "persoonlijke" stralingstemperatuur (zie 4.1.1).

In het model ter bepaling van de benodigde zweetverdamping kunnen meerdere fasen met verschillende waarden van de parameters worden onderscheiden. Een berekening van de belasting wordt uitgevoerd per fase en voor de hele beschouwde periode (gemiddelde van alle fasen).

Voor de 2e smelter zijn 3 fasen onderscheiden, voor de 4e smelter twee fasen. De resultaten worden gegeven in tabel 4.

Op basis van de modelberekening blijkt er voor de 2e en 4e smelter een geringe warmtebelasting in de beschouwde wintersituatie op te treden. De berekende waarden voor het vereiste percentage nat huidoppervlak corresponderen met de uitspraak comfortabel. Dit in redelijke overeenstemming met de gemiddelde subjectieve beoordeling van de smelters. De indicatieve waarden van de PMV komen ook redelijk overeen met de gemiddelde subjectieve beoordeling.

De invloed van het pompeffect van de kleding op de indexwaarden is matig. Opmerkelijk is dat het in sommige situaties, model negatieve waarden geeft voor het vereiste percentage nat huidoppervlak. Deze negatieve waarde heeft fysisch geen betekenis en een aanpassing van het model op dit punt is wenselijk. Er dient tevens gewezen te worden op het feit dat het model ter bepaling van de vereiste zweetverdamping een onderschatting van de belasting optreedt. Deze onderschatting is een gevolg van de hoge waarde voor de huidtemperatuur (36°C), die een relatief lage benodigde zweetverdamping (E_{req}), een relatief hoge maximale zweetverdamping (E_{max}) en dientengevolge een (te) lage waarde van het vereiste percentage nat huidoppervlak ($w_{req} = E_{req}/E_{max}$) oplevert. In de werkgroep "Heat Stress Indices" van de EGKS is dit feit onderkent en er worden voorstellen voor een aangepaste waarde van de huidtemperatuur gedaan [21].

Tabel 4 Overzicht van de berekende waarden van de thermische belastings-indices voor de smelters tijdens de inventarisatieperiode.

Fase	Duur (min)	M (W.m ⁻²)	W (W.m ⁻²)	I _{clo} (clo)	t _a (°C)	t _r (°C)	v (m.s ⁻²)	rv (%)	ISO-warm		ISO-moderate	
									w _{req} (-)	DLE (h)	PMV (-)	
2e smelter inclusief pompeffect kleding												
1	30	58	0	1,20	20,6	20,9	0,12	17	0,01	8	-0,6	
2	60	135	7	0,9	5	24	0,66	45	-0,01	8	(-1,3) ¹⁾	
3	72	187	18	0,9	5	44	0,68	45	0,14	8	(0,4) ¹⁾	
	gemiddelde								0,07	8		
2e smelter exclusief pompeffect kleding												
1	30	58	0	1,20	20,6	20,9	0,12	17	0,01	8	-0,6	
2	60	135	7	1,20	5	24	0,66	45	0,06	8	(-0,6) ¹⁾	
3	72	187	18	1,20	5	44	0,68	45	0,23	8	(0,9) ¹⁾	
	gemiddelde								0,14	8		
4e smelter inclusief pompeffect kleding												
1	55	58	0	1,20	20,6	20,9	0,12	17	0,01	8	-0,6	
2	55	142	7	0,9	5	23,5	0,69	45	0	8		
	gemiddelde								0	8		
4e smelter exclusief pompeffect kleding												
1	55	58	0	1,20	20,6	20,9	0,12	17	0,01	8	-0,6	
2	55	142	7	1,20	5	23,5	0,69	45	0,08	8		
	gemiddelde								0,05	8		

1) indicatieve waarde, parameters buiten geldigheidsgebied

M : metabolisme
 W : mechanische arbeid
 I_{clo} : intrinsieke kledingweerstand
 t_a : luchttemperatuur
 t_r : gem. stralingstemperatuur
 v : relatieve luchtsnelheid

rv : relatieve vochtigheid
 w_{req} : vereiste percentage nat huidoppervlak
 DLE : Duration Limited Exposure = toelaatbare blootstellingstijd voor een geacclimatiseerd persoon
 PMV : Predicted Mean Vote

Tabel 5 Overzicht van de berekende waarden van de thermische belastingsindices voor de ovenbouwers tijdens de inventarisatieperiode.

Fase	Duur (min)	M ($W \cdot m^{-2}$)	W ($W \cdot m^{-2}$)	I_{clo} (clo)	t_a ($^{\circ}C$)	t_r ($^{\circ}C$)	v ($m \cdot s^{-2}$)	rv (%)	ISO-warm		ISO-moderate		
									w_{req} (-)	DLE (h)	PMV (-)		
<u>slopen ovenwand inclusief pompeffect kleding</u>													
1	15	274	25	0,9	9,9	59	0,67	20	0,43	5h			
2	20	58	0	1,20	20,0	18,5	0,07	16	-0,02	8			
3	15	238	25	0,9	10,2	47	0,64	19	0,30	7h 10 min			
	gemiddeld									0,26	8		
<u>slopen ovenwand exclusief pompeffect kleding</u>													
1	15	274	25	1,20	9,9	59	0,67	20	0,53	4h 11 min			
2	20	58	0	1,20	20,0	18,5	0,07	16	-0,02	8			
3	15	238	25	1,20	10,2	47	0,64	19	0,39	6h 31 min			
	gemiddeld									0,32	8		
<u>bouw ovenwand inclusief pompeffect kleding</u>													
1	40	149	15	1,24	8,9	33,6	0,70	22	0,15	8			
		196	20	1,13					0,24	8			
2	30	58	0	1,5	18,1	16,3	0,09	16	-0,01	8			
	gemiddeld								149 $W \cdot m^{-2}$:	0,09	8		
									196 $W \cdot m^{-2}$:	0,16	8		
<u>bouw ovenwand exclusief pompeffect kleding</u>													
1	40	149	15	1,5	8,9	33,6	0,70	22	0,20	8			
		196	20	1,5					0,30	8			
2	30	58	0	1,5	18,1	16,3	0,09	16	-0,01	8			
	gemiddeld								149 $W \cdot m^{-2}$:	0,12	8		
									196 $W \cdot m^{-2}$:	0,19	8		

M	: metabolisme	rv	: relatieve vochtigheid
W	: mechanische arbeid	w_{req}	: vereiste percentage nat huidoppervlak
I_{clo}	: intrinsieke kledingweerstand	DLE	: Duration Limited Exposure = toelaatbare blootstellingstijd voor een geacclimatiseerd persoon
t_a	: luchttemperatuur		
t_r	: gem. stralingstemperatuur		
v	: relatieve luchtsnelheid	PMV	: Predicted Mean Vote

In de annex van ISO/DIS 7933 [7] is een beoordelingsmethode en een grenswaarde (gebaseerd op voorkomen van pijn of verbranding) voor de belasting door warmtestraling van een lokale bron opgenomen. De lokale netto-warmtestraling uit één richting mag maximaal 2000 W.m^{-2} bedragen. Uitgaande van een huidtemperatuur van 34°C komt dit overeen met een plane radiant temperatuur gelijk aan 188°C . Deze grenswaarde wordt tijdens enkele procesfasen op enkele werkplekken gedurende enige tijd overschreden.

De mate van belasting door de warmtestraling kan worden beoordeeld met de door Koten [10] en Hettinger et al. [12] gepresenteerde criteria.

Koten geeft een waardering van de stralingsbelasting op basis van de netto warmtestralingsuitwisseling tussen stralingsbron(nen) en onbedekte huid. Bij de smelters vormen gezicht en hals het enige onbedekte deel van de huid. Het gezicht (en ogen) worden gedeeltelijk beschermd door de veiligheidsbril bevestigd aan de klep van de helm.

De stralingsbelasting van de smelters overschrijdt de hindergrens in vrijwel alle gevallen terwijl in sommige gevallen ook de pijngrens wordt overschreden.

Hettinger et al. introduceerden het begrip effectieve bestralingssterkte, gedefinieerd als de netto warmtestralingsstroomdichtheid (W.m^{-2}) van de mens naar zijn omgeving, uitgaande van een huid- of oppervlaktetemperatuur van 32°C .

Op basis van de effectieve bestralingssterkte wordt de mate van belasting door de warmtestraling beoordeeld. Hierbij wordt in het algemeen uitgegaan van 8-uurgemiddelden, bij situaties met een sterke variatie van de effectieve bestralingssterkte, zoals bijvoorbeeld in geval van de smelters, dienen korte beoordelingstijden te worden toegepast. Op grond van de toetsing aan de beoordelingscriteria van Hettinger kan de belasting van de smelters door de stralingsbelasting als matig tot zwaar worden beoordeeld.

Naast bovengenoemde belasting door straling is er ook sprake van grote stralingsasymmetrie op de werkplekken rond de oven. Voor de stralingsasymmetrie bij industriële werkzaamheden zijn momenteel geen criteria beschikbaar en dientengevolge kan de stralingsasymmetrie niet in de beoordeling verwerkt worden.

Door vrijwel alle smelters wordt geklaagd over tocht. Deze klachten kunnen onder andere veroorzaakt worden door de tijdens korte werkonderbrekingen optredende after-exercise-chill en tocht tijdens het openen van de roldeuren. Ter indicatie is de Wind Chill Index bepaald voor de omstandigheden

op het bordes rond de ovens bij gesloten deuren. Dit levert de waarde 588 W.m^{-2} op, overeenkomend met de uitspraak koel.

Expliciete criteria voor de beoordeling van tocht op de werkplek in industriële bedrijven zijn niet opgenomen in de ISO-methoden.

4.5.2 Ovenbouwers

Bij de beoordeling van de thermische belasting van de ovenbouwers worden tijdens het slopen van de ovenwand drie fasen onderscheiden. Voor de klimaatparameters tijdens het werken in de oven is voor elke fase uitgegaan van de gemiddelden van de parameters voor en na de beschouwde fase. Bij de beoordeling van de thermische belasting tijdens het bouwen van de ovenwand worden twee fasen onderscheiden. De beoordeling is gemaakt uitgaande van de oorspronkelijke waarden van de gecorrigeerde waarde voor het metabolisme (zie 4.2.2).

De resultaten voor de beschouwde wintersituatie worden gegeven in tabel 5.

Bij het slopen van de ovenwand is er tijdens de werkperiodes sprake van een relatief hoge belasting gezien het vereiste percentage nat huidoppervlak (0,30 tot 0,43). Hierbij dient bedacht te worden dat met het model de belasting wordt onderschat (zie 4.5.1). Een zekere beperking van de blootstellingsuur is nodig, zoals reeds het geval is en in de gemiddelde waarde tot uitdrukking komt.

De gemiddelde thermische belasting tijdens de bouw van de ovenwand is beperkt, zowel bij de oorspronkelijke waarde van het metabolisme (149 W.m^{-2}) als de gecorrigeerde waarde (196 W.m^{-2}). Tijdens de werkperiode is er sprake van een matige belasting. In de beschouwde situatie is geen beperking van de werkduur noodzakelijk.

4.6 THERMISCHE BELASTING - ZOMER

Voor een beoordeling van de ernst van de thermische belasting is naast de beoordeling voor de inventarisatieperiode een beoordeling van de situaties bij andere weersomstandigheden noodzakelijk.

Voor een beoordeling van de thermische belasting bij andere weersomstandigheden dienen waarden voor de verschillende klimaatparameters bij die weersomstandigheden te worden bepaald.

Een mogelijkheid daartoe is het voorspellen van het binnenklimaat met behulp van een simulatiemodel voor de warmtehuishouding van een ruimte of gebouw (zie [16] en [17]). Met een dergelijk model kan de luchttemperatuur, afhankelijk van gebouweigenschappen, ventilatie, weer en proceswarmte, worden voorspeld. Een voorspelling van de stralingstemperatuur, met name de plaatselijk optredende stralingstemperaturen, is niet mogelijk.

Simulatie van de warmtehuishouding en binnenklimaat van hal waarin de elektro-ovens staan opgesteld is zeer complex, onder andere in verband met de grote afmetingen, het groot aantal processen en het variabele gebruik van het grote aantal deuren, waardoor een niet verantwoord grote tijdbesteding voor het opstellen van een model voor de hal nodig zou zijn. Op grond van bovenstaande redenen is afgezien van het toepassen van simulatieberekeningen.

Om toch een uitspraak over de thermische belasting van de smelters in de zomer te kunnen doen is voor onderstaande pragmatische benadering gekozen.

Uit de continue registraties van luchttemperatuur en vochtigheid (zie 4.1.3) zijn eenvoudige relaties tussen luchttemperatuur en absolute vochtigheid op het bordes rond de oven en temperatuur en absolute vochtigheid van de buitenlucht bepaald. Hierbij zijn voor de temperatuur en vochtigheid in de buitenlucht de gegevens van het dichtstbijzijnde KNMI-station, zijnde Rotterdam, gebruikt. De volgende relaties zijn afgeleid: luchttemperatuur bordes \sim luchttemperatuur buiten + 7 ($^{\circ}\text{C}$), absolute vochtigheid binnen \sim absolute vochtigheid buiten (g.kg^{-1}). De luchtsnelheid, die deels wordt bepaald door de loopsnelheid, wordt gelijk genomen aan de luchtsnelheid op het bordes tijdens de inventarisatieperiode.

Een benadering van de gemiddelde stralingstemperatuur is zeer moeilijk. Zij wordt enerzijds bepaald door de warmtstraling van de oven en anderzijds door de temperaturen van de diverse begrenzingen, die overigens ook beïnvloed worden door de stralingswarmte van de oven.

Er worden twee situaties beschouwd:

- i) stralingstemperatuur zomer = stralingstemperatuur inventarisatieperiode;
- ii) stralingstemperatuur zomer = stralingstemperatuur inventarisatieperiode + verhoging luchttemperatuur bordes in de zomer ten opzichte van de winter.

De belasting in de eerste situatie kan worden beschouwd als ondergrens, de belasting in de tweede situatie als de bovengrens van de band waarbinnen

de thermische belasting bij een bepaalde luchttemperatuur waarschijnlijk zal vallen.

Voor het klimaat in de controleruimte zijn de volgende aannamen gedaan:

- luchttemperatuur = luchttemperatuur bordes;
- luchttemperatuur = gemiddelde stralingstemperatuur;
- absolute vochtigheid = absolute vochtigheid bordes;
- luchtsnelheid = luchtsnelheid inventarisatieperiode

Er zijn berekeningen gemaakt voor een matige hoge luchttemperatuur buiten van 20°C en een extreme luchttemperatuur buiten van 28°C. De waarde van de kledingisolatie is bepaald uit de gegevens uit de enquête (zie 3.2.3 en 4.3).

Een overzicht van de invoergegevens en de resultaten van de berekeningen van het model voor de benodigde zweetverdamping worden gegeven in tabel 6.

Gezien de gedane aannamen worden voornamelijk kwalitatieve uitspraken gedaan op basis van de berekeningsresultaten. Opgemerkt wordt dat de verschillen tussen de minimale en maximale belasting bij de gedane aannamen van de minimale en maximale stralingstemperatuur relatief gering zijn. Dit maakt het mogelijk om concrete uitspraken over de mate van belasting te doen.

De gemiddelde thermische belasting, tijdens een smeltcyclus voor een 2e smelter is matig tot zwaar voor de beschouwde zomersituaties. De gemiddelde thermische belasting van de 4e smelter is matig.

De bovenstaande beoordeling is gebaseerd op de warmtebalans van het gehele lichaam. Daarnaast is er sprake van een belasting door de hoge stralingstemperaturen en mogelijk door after-exercise-chill, die in de beoordeling niet zijn verdisconteerd.

Tabel 6 Overzicht van de berekende waarden van de thermische belastingsindices voor de smelters tijdens de zomer.

Fase	Duur (min)	M (W.m ⁻²)	W (W.m ⁻²)	I _{clo} (clo)	t _a (°C)	t _r (°C)	v (m.s ⁻¹)	rv (%)	ISO-warm	
									w _{req} (-)	DLE (h)
<u>2e smelter inclusief pompeffect kleding</u>										
buitentemperatuur = 20°C										
1	30	58	0	0,95	27	27	0,12	50	0,11	8
2	60	135	7	0,70	27	24	0,66	50	0,19	8
						46			0,33	8
3	72	187	18	0,70	27	44	0,68	50	0,39	8
						66			0,52	8
									0,28	8
									(t _r =24/44°C)	
									0,40	8
									(t _r =46/66°C)	
<u>2e smelter inclusief pompeffect kleding</u>										
buitentemperatuur = 28°C										
1	30	58	0	0,95	35	35	0,12	50	0,37	8
2	60	135	7	0,70	35	24	0,66	50	0,37	8
						54			0,63	8
3	72	187	18	0,70	35	44	0,68	50	0,63	7h 53m
						74			0,89	4h 48m
									0,50	8
									(t _r =24/44°C)	
									0,73	7h 26m
									(t _r =54/74°C)	

Tabel 6 Overzicht van de berekende waarden van de thermische belastings-indices voor de smelters tijdens de zomer (vervolg).

Fase	Duur (min)	M (W.m ⁻²)	W (W.m ⁻²)	I _{clo} (clo)	t _a (°C)	t _r (°C)	v (m.s ⁻¹)	rv (%)	ISO-warm	
									w _{req} (-)	DLE (h)

4e smelter inclusief pompeffect kleding

buitentemperatuur = 20°C

1	55	58	0	0,95	27	27	0,12	50	0,11	8
2	55	142	7	0,70	27	24	0,69	50	0,21	8
						46			0,34	8
									0,17	8
									(t _r =24°C)	
									0,26	8
									(t _r =46°C)	

4e smelter inclusief pompeffect kleding

buitentemperatuur = 28°C

1	55	58	0	0,95	35	35	0,12	50	0,37	8
2	55	142	7	0,70	35	24	0,69	50	0,39	8
						54			0,64	8
									0,39	8
									(t _r =24°C)	
									0,54	8
									(t _r =54°C)	

M = metabolisme

W = mechanische arbeid

t_a = luchttemperatuur

t_r = gem. stralingstemperatuur

v = relatieve lichtsnelheid

rv = relatieve vochtigheid

w_{req} = vereiste percentage nat
huidoppervlak

DLE = Duration Limited Exposure =
toelaatbare blootstellingstijd
voor een geacclimatiseerd per-
soon

5. ERNST EN OMVANG VAN DE KLIMAATBELASTING

5.1 BEOORDELING VAN DE ERNST VAN DE KLIMAATBELASTING

Een beoordeling van de klimaatbelasting kan plaatsvinden op basis van de gemiddelde belasting of op basis van de extreme belasting. Hierbij kan de beoordeling gebaseerd zijn op de totale warmtebalans of op afzonderlijke klimaatparameters (luchtsnelheid en warmtestraling).

De objectieve beoordeling op basis van de ISO-modellen is een beoordeling van de gemiddelde belasting op basis van de warmtebalans van het gehele lichaam. Een uitzondering vormt de beoordeling op basis van de Wind Chill Index. De subjectieve beoordeling van personen kan zowel gebaseerd zijn op de gemiddelde belasting als op extreme belastingen en zowel gebaseerd zijn op de warmtebalans van het gehele lichaam als op de belasting door afzonderlijke klimaatparameters.

Van de drie beoordelingsmodellen van de ISO is feitelijk alleen het model van Fanger (PMV-berekening, ISO 7730) geschikt voor het afleiden van de mate van de klimaatbelasting. In mindere mate kan ook de Wind Chill Index uit het model voor de beoordeling van koude omgevingen worden gebruikt voor het bepalen van de mate van belasting. De modellen voor de bepaling van de vereiste zweetverdamping en de bepaling van de minimaal vereiste kledingisolatie geven aan of een beperking van de blootstellingduur noodzakelijk is. De beide modellen zijn toegespitst op extreme situaties en lenen zich daardoor niet voor een beoordeling van de mate van belasting. Dit komt ook naar voren in de aannames ten aanzien van de huidtemperatuur (respectievelijk 36°C en 30°C) waarbij, bij het model voor de bepaling van de benodigde zweetproduktie een onderschatting van de belasting optreedt. Bij de beoordeling van warme omgevingen kan eventueel het vereiste percentage nat huidoppervlak of de vereiste zweetproduktie als indicator voor de ernst van de klimaatbelasting worden gekozen. Criteria hiervoor dienen nog te worden bepaald.

Zoals reeds gezegd, is het mogelijk om op basis van de PMV-index een uitspraak te doen omtrent de mate van de klimaatbelasting. Er zijn echter op dit moment geen norm- of richtwaarden voor de PMV-index in bedrijfsruimten. In ISO 7730 wordt een klimaatbelasting als zijnde acceptabel beschouwd wanneer de PMV tussen -0,8 en +0,8 ligt. Deze bepaling is opgenomen in een bijlage en maakt geen deel uit van de norm.

De beoordeling van de ernst van een klimaatbelasting met behulp van de ISO-modellen is, zoals uit het voorafgaande blijkt, niet voor alle situaties mogelijk of eenduidig. Ondanks de genoemde bezwaren is voor de beschouwde arbeidssituaties in de staalfabriek getracht een uitspraak over de ernst van de klimaatbelasting te doen. Hierbij zijn ook de belasting door de afzonderlijke parameters, kwantitatief of kwalitatief, beschouwd.

5.2 ERNST VAN DE THERMISCHE BELASTING VAN SMELTERS EN OVENBOUWERS

Op basis van de warmtebalans van het gehele lichaam (model voor benodigde zweetverdamping) kan de thermische belasting van de smelters tijdens de inventarisatieperiode als gering beoordeeld worden. De belasting door de warmtestraling afzonderlijk is hoog. Met name de onbedekte huid van het gezicht en hals worden blootgesteld. Daarnaast kunnen ook de veelvuldige klimaatwisselingen en tocht, ten gevolge van de hoge luchtsnelheden en lage luchttemperaturen, vooral bij open deuren, tot een zekere belasting leiden, die echter niet gekwantificeerd kan worden.

In de zomer is sprake van een matige tot zware thermische belasting van de smelters.

In de staalfabriek werken 36 smelters.

Bij het slopen en bouwen van de ovenwand door de ovenbouwers was tijdens de inventarisatieperiode sprake van een matige thermische belasting. De ovenbouwwerkzaamheden worden verricht door circa 10 werknemers.

6. PRINCIPE OPLOSSINGEN VOOR DE KLIMAATPROBLEMEN

6.1 OPLOSSINGSSYSTEMATIEK

In de hoofdstukken 4 en 5 is beschreven welke klimaatproblemen er bij het werk rond de elektro-ovens in de staalfabriek optreden. Principe-oplossingen voor de klimaatproblemen zijn bepaald aan de hand van de in het evaluatierapport [16] beschreven oplossingsystematiek. Onderstaand wordt een korte samenvatting van de systematiek gegeven.

In figuur 12 is schematisch weergegeven hoe de klimaatbelasting in bedrijven wordt beïnvloed. Uitgangspunt hierbij vormt het productieproces dat kan worden beschouwd als de bron. Het thermisch klimaat dat optreedt in een bedrijf is een gevolg van dit proces en het samenspel van de volgende invloedsfactoren:

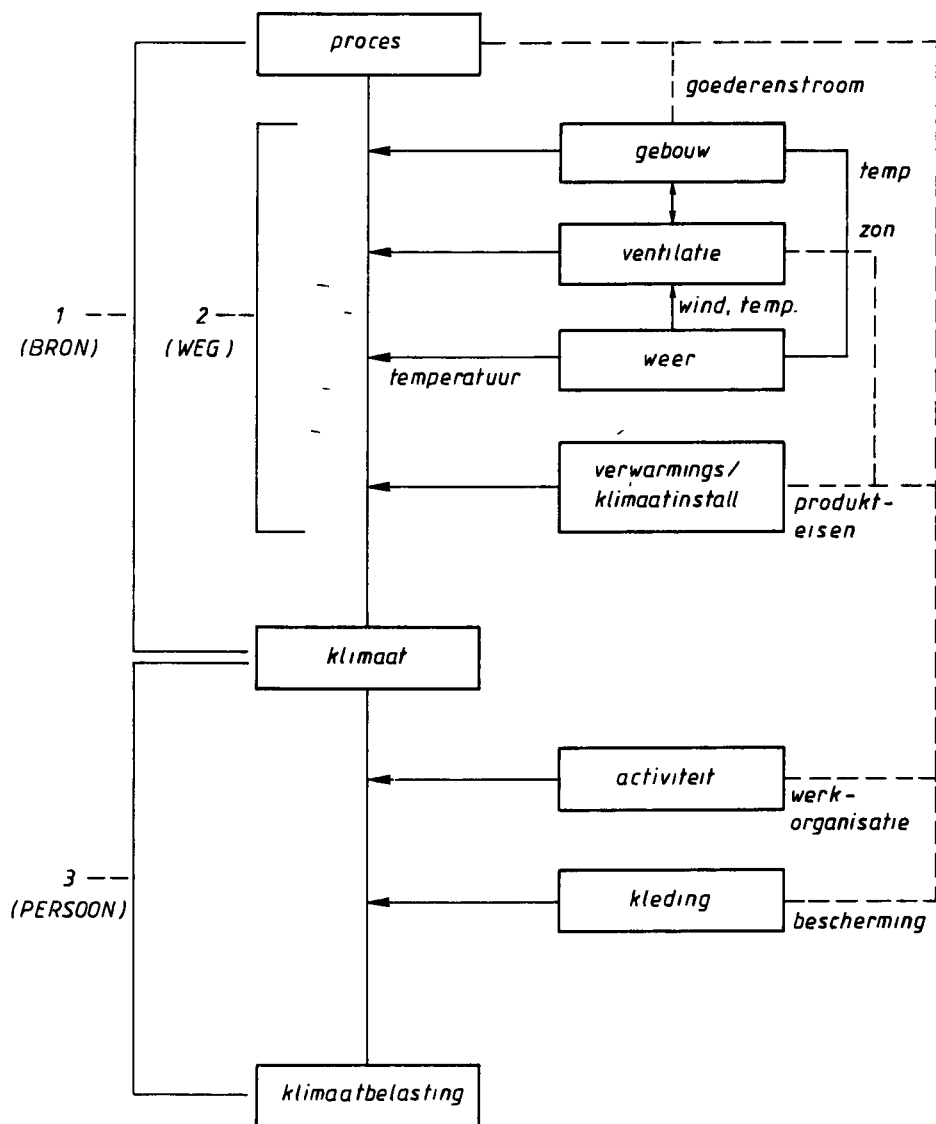
- gebouw;
- ventilatie;
- weersomstandigheden;
- klimaatbehandelingsinstallatie.

Tussen deze invloedsfactoren is ook weer sprake van een onderlinge beïnvloeding en spelen procesaspecten, zoals bijvoorbeeld de goederenstroom en producteisen, 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 maatregelen: aanpassing activiteit en kleding (3).

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

Het redelijkerwijs-principe houdt in dat alle mogelijke maatregelen, gezien de economische, technische en organisatorische beperkingen, zijn doorgevoerd. Bij de beoordeling van de doeltreffendheid wordt de invloed van de maatregelen op de klimaatbelasting bepaald.



Figuur 12. Schematisch overzicht van de invloedsfactoren, met hun onderlinge relaties, met betrekking tot de tot standkoming van een klimaatbelasting.

Een belangrijke invloedsfactor ten aanzien van het klimaat in een ruimte is de ventilatie. De eisen met betrekking tot de ventilatie verschillen sterk tussen zomer en winter. In de zomer is over het algemeen een hoge ventilatie gewenst in verband met het afvoeren van de proceswarmte. In de winter daarentegen is in verband met het op een redelijk niveau houden van de temperatuur vaak een lage ventilatie gewenst. Een uitzondering hierop vormen processen waarbij veel verontreinigingen vrijkomen die afgevoerd dienen te worden.

In de volgende paragraaf wordt aangegeven welke (principe-)oplossingen mogelijk zijn ter verlaging van de klimaatbelasting van de smelters en de ovenbouwers. Daarbij wordt ook een schatting gegeven van de kosten en worden eventuele organisatorische en technische knelpunten vermeld.

6.2 SMELTERS

Maatregelen bij de bron dienen tot doel te hebben de vermindering van vrijkomende warmte door convectie en straling. De mogelijke maatregelen zijn beperkt. Een vermindering van de stralingsafgifte kan worden bereikt door het zoveel mogelijk gesloten houden van de ovendeur, voor zover dit proces technisch mogelijk is. De ovendeur blijft vaak open ter visuele inspectie van het smeltproces, met name tijdens de laatste fase van het smeltproces. De kosten van deze maatregel zijn nihil.

De mogelijke maatregelen in de overdrachtsweg zijn iets uitgebreider.

In de winter kan tocht worden voorkomen dan wel beperkt door de roldeuren alleen te openen wanneer dit nodig is voor het transport. Er dienen wel op andere plaatsen in de hal, bijvoorbeeld op begane grondniveau, openingen aanwezig te zijn in verband met de aanvoer van toevoerlucht.

In de zomer kan een beperking van de luchttemperatuur worden bereikt door het opvoeren van de ventilatie. Een eenvoudige oplossing voor het vergroten van de ventilatie is mogelijk door het aanbrenge van extra openingen in het dak. Deze oplossing is bij de beschouwde fabriek niet mogelijk in verband met de vereiste filtering van de afgevoerde lucht. Vergroten van de hoeveelheid ventilatielucht kan worden gerealiseerd door het vergroten van de capaciteit van de afzuiginstallatie. Hiermee zijn evenwel zeer hoge kosten gemoeid waar slechts een geringe verbetering van het klimaat tegenover staat. Het op grotere schaal toepassen van stralingsschermen ter vermindering van de stralingsbelasting is niet mogelijk in verband met de belemme-

ring van de werkzaamheden die optreedt. Mogelijk kan wel een afscherming van de slakstroom en de staalstroom gerealiseerd worden. In deze fasen van het proces, die relatief kort duren, treden de hoogste stralingstemperaturen op. Deze maatregel heeft op de gemiddelde warmtebelasting geen grote invloed maar heeft wel een vermindering van extreme waarden van de warmtestraling tot gevolg.

Ten aanzien van de persoonlijke maatregelen kunnen maatregelen met betrekking tot de activiteiten en met betrekking tot de kleding worden onderscheiden.

Ten aanzien van de activiteit is een vermindering van de klimaatbelasting mogelijk door de blootstelling aan de warmtestraling van de oven zoveel mogelijk te beperken. Gezien de te verrichten werkzaamheden is dit alleen mogelijk door een verdere automatisering van het smeltproces. Dit zal ook een verlaging van het metabolisme tot gevolg hebben. Het is zonder verder onderzoek niet mogelijk een uitspraak te doen over de kosten gemoeid met een verdere automatisering en de te bereiken vermindering van de klimaatbelasting.

Een beperking van de stralingsbelasting kan worden verkregen door gebruik te maken van kleding met een warmte-reflecterend oppervlak (aluminium coating). Hierbij is echter wel noodzakelijk dat de kleding schoon blijft om de reflecterende eigenschappen te bewaren. Een tweede belangrijk aspect is de dampdoorlatendheid van de kleding. Nagegaan dient te worden in welke mate de coating het damptransport door de kleding belemmert. De indruk bestaat dat de thans door de smelters gebruikte werkkleding eveneens een relatief lage dampdoorlatendheid heeft.

Uitgaande van een emissiecoëfficiënt van de kleding van circa 0,2 wordt een verlaging van de belasting door de warmtestraling met circa 80% bereikt. De kosten voor dergelijke kleding bedragen ca. f70.000,- per jaar, uitgaande van 2 kledingpakketten per smelter. Een verlaging van de kledingisolatie in de zomersituatie door een beperking van de kleding is niet mogelijk in verband met de noodzakelijke bescherming tegen de warmtestraling, spatten en vonken.

6.3 OVENBOUWERS

Maatregelen bij de bron ter beperking van de thermische belasting van de ovenbouwers zijn voorzieningen die voor een zo sterk mogelijke afkoeling

van de ovenwand kunnen zorgen. De afkoeling van de ovenwand wordt nu gerealiseerd door het toepassen van een ventilator die lucht uit de hal via de ovendeur in de oven plaatst en het gebruik van de waterkoeling in de ovenwand. Nagegaan dient te worden of uitbreiding van de capaciteit van deze voorzieningen mogelijk is. De ventilator wordt alleen gebruikt gedurende de tijd tussen beëindiging van de laatste smeltcyclus op zaterdagavond en de aanvang van de sloopwerkzaamheden om de hinder door stof te beperken.

Maatregelen in de overdrachtsweg tussen bron en klimaat zijn slechts in beperkte mate mogelijk als gevolg van de geringe beschikbare ruimte en het probleem van de stofbelasting.

Persoonlijke maatregelen ter beperking van de thermische belasting van de ovenbouwers kunnen worden onderscheiden in maatregelen met betrekking tot de activiteit en maatregelen met betrekking tot de kleding.

Een beperking van de thermische belasting door een vermindering van het metabolisme in extreme situaties in de zomer, kan worden gerealiseerd door beperking van de werktijden in de oven.

Mechanisering van de arbeid kan tot een aanzienlijke verlaging van het metabolisme tijdens de werkzaamheden leiden. De te vervangen delen van de ovenwand zouden bijvoorbeeld als panelen kunnen worden uitgevoerd en met behulp van een kraan worden geplaatst en verwijderd. Hiermee kan naar schatting een halvering van het metabolisme tijdens de werkzaamheden worden bereikt. Het vereiste percentage nat huidoppervlak neemt hierdoor met circa 10% af.

Reflecterende kleding is voor de ovenbouwers minder efficiënt in verband met het geringere aandeel van de warmtestraling in de warmtebalans.

Bij extreme belastingen, zoals die in de zomer te verwachten zijn kan de thermische belasting van de ovenbouwers worden verlaagd door toepassing van met ijs gekoelde onderkleding [22]. Van belang is hierbij ook de acceptatie van deze onderkleding door de werknemers.

De kosten van dergelijke onderkleding bedragen circa f500,- per werknemer per kledingset.

7. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

De conclusies en aanbevelingen uit het onderzoek in de staalfabriek kunnen worden verdeeld in conclusies en aanbevelingen ten aanzien van de gehanteerde methodieken en die ten aanzien van de thermische belasting van de werknemers in de staalfabriek.

De volgende conclusies kunnen worden getrokken ten aanzien van de gehanteerde methodieken:

- De toegepaste meetapparatuur bepaling van de vier klimaatgrootheden voldoet redelijk. Een knelpunt vormt de meting van de gemiddelde stralingstemperatuur, één van de invoergrootheden in de ISO-modellen. Er is alleen een bepaling op indirecte wijze mogelijk uit de meting van de plane radiant temperatuur in zes richtingen en het bereik van de stralingssensor van de Bruel & Kjaer meetset is zeer beperkt.
- Een sensor waarmee een directe meting van de gemiddelde stralingstemperatuur mogelijk is, is wenselijk. Voor zover bekend is een dergelijke sensor - nog - niet in de handel verkrijgbaar. Naast de apparatuur voor de meting van de gemiddelde stralingstemperatuur is in verband met de beoordeling van de stralingsasymmetrie en de belasting door uit één richting invallende stralingswarmte apparatuur voor de meting van de plane radiant temperature met een ruim bereik belangrijk.
- De uitvoering van de arbeidsanalyse voor de bepaling van het metabolisme en de verblijftijden op de verschillende werkplekken tijdens de verschillende procesfasen (ter bepaling van het "persoonlijke" klimaat) vergt een zeer grote tijdsinvestering.
De bepaalde waarden voor het metabolisme van verschillende werknemers op basis van de arbeidsanalyse wijken tot 30 à 40% af van door IZF-TNO bepaalde waarden uit metingen. De verschillen kunnen deels worden verklaard door een onderschatting van de verrichte romparbeid.
- Het persoonlijke klimaat (waardoor een werknemer wordt belast), in geval van sterk wisselende werkplekken en sterk verschillende waarden van de klimaatparameters per werkplek en tijdens verschillende procesfasen, kan in eerste instantie worden afgeleid uit een registratie van de verblijftijden van een werknemer op de verschillende werkplekken

tijdens de verschillende procesfasen en metingen van de klimaatparameters op elke werkplek voor elke procesfase. Dit vergt veel tijd, zowel voor de metingen en de registratie als voor de analyse. De bepaling van het persoonlijke klimaat op bovenstaande wijze heeft slechts een beperkte nauwkeurigheid.

Een nauwkeuriger en snellere bepaling van de parameters is mogelijk door op de persoon aangebrachte continu registrerende sensoren. Voor zover bekend is dergelijke apparatuur nog niet commercieel verkrijgbaar.

- De beoordeling van het binnenklimaat door de werknemers geven ten aanzien van sommige aspecten een grote spreiding te zien. De objectieve beoordeling van de thermische belasting op basis van de thermofysiologische modellen komt redelijk overeen met de gemiddelde subjectieve beoordeling van de werknemers.
- Ten aanzien van het model voor de bepaling van de benodigde zweetverdamping worden de volgende opmerkingen gemaakt:
 - . een beoordeling van de mate van belasting is niet opgenomen in het model; in eerste instantie kan met het model worden nagegaan of een beperking van de blootstellingsduur noodzakelijk is; een beoordeling van de mate van de belasting kan eventueel gebeuren op grond van het vereiste percentage nat huidoppervlak of de vereiste zweetproductie, die met het model worden berekend, waarbij criteria nader dienen te worden bepaald;
 - . met het model in de huidige vorm is er sprake van onderschatting van de thermische belasting op basis van het vereiste percentage nat huidoppervlak of de vereiste zweetproductie als gevolg van de hoge aangenomen waarde van de huidtemperatuur (36°C) in het model.
- Bij de beoordeling van de thermische belasting met behulp van de ISO-modellen wordt uitgegaan van de warmtebalans van het gehele lichaam. Plaatselijk discomfort ten gevolge van afzonderlijke parameters, bijvoorbeeld door tocht of hoge waarden van warmtestraling, worden slechts in beperkte mate verdisconteerd. Hierdoor kunnen verschillen tussen objectieve en subjectieve beoordeling ontstaan. Een andere oorzaak voor afwijkingen tussen objectieve en subjectieve beoordeling van het klimaat ligt mogelijk in het feit dat de ISO-mo-

dellen statische modellen zijn waarbij wordt uitgegaan van gemiddelden voor de verschillende klimaatparameters. In de praktijk is er sprake van dynamische situaties met variërende parameters, zoals bij de smelters in de staalfabriek een wisselende stralingsbelasting en een wisselend metabolisme, waarbij er constant sprake is van adaptatie van het thermoregulatiesysteem aan een nieuwe situatie.

Ten aanzien van de klimaatbelasting van de smelters en de ovenbouwers worden de volgende conclusies getrokken:

- Het activiteitenniveau van de smelters is matig tot zwaar. Op basis van de totale warmtebalans is er sprake van een geringe thermische belasting van de smelters tijdens de inventarisatieperiode, mede als gevolg van de lage luchttemperaturen ten gevolge van de - zeer - lage buitentemperaturen. De belasting door de warmtestraling is hoog tot zeer hoog, waarbij tevens grote variaties in de stralingsbelasting optreden. Uit een benadering van de klimaatparameters in de zomersituatie blijkt dat de thermische belasting van de smelters in de zomer matig tot hoog is, ten gevolge van hoge lucht- en stralingstemperaturen.
- Een wezenlijke beperking van de klimaatbelasting van de smelters is mogelijk door mechanisering of automatisering van het smeltproces waardoor een beperking van het metabolisme en van de blootstelling aan de warmtestraling wordt bereikt. Daarnaast kan een vermindering van de thermische belasting worden bereikt door gebruik van reflecterende kleding waardoor bij benadering een halvering van de belasting door de warmtestraling kan worden gerealiseerd.
- Het activiteitenniveau van de ovenbouwers is zwaar. Tijdens de inventarisatieperiode is er sprake van een matige thermische belasting van de ovenbouwers, met relatief hoge stralingstemperaturen en lage luchttemperaturen ten gevolge van de lage buitentemperaturen.
- Een beperking van de klimaatbelasting van de ovenbouwers tijdens de sloop en bouw van de ovenwand kan worden bereikt door mechanisering van de arbeid die een lager activiteitenniveau tot gevolg heeft. Deze mechanisering van de arbeid kan worden bereikt door te vervangen delen van de ovenwand uit te voeren als panelen die met een kraan worden ge-

plaatst en verwijderd en buiten de oven worden samengesteld. Een vermindering van extreme thermische belasting kan daarnaast worden bereikt door gebruik van, met behulp van ijs, gekoelde kleding.

8. LITERATUUR

- [1] Determination of metabolic rate
International Organization for Standardization ISO/DIS 8996 1987.
NNI, Delft.
- [2] Estimation of the thermal characteristics of a clothing ensemble.
International Organization for Standardization, ISO/TC159/SC5/GT1/N68E,
1987. NNI, Delft.
- [3] Moderate thermal environments
Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort.
International Organization for Standardization, ISO 7730, 1985. NNI, Delft.
- [4] Olesen, B.W.
A new simpler method for estimating the thermal insulation of a clothing ensemble.
ASHRAE - Transactions 91 (1985), 2B, p. 478-492.
- [5] McCullough, E.A., B.W. Jones, P.E.J. Huck
A comprehensive data base for estimating clothing insulation.
ASHRAE - Transactions 91 (1985), 2A, p. 29-47.
- [6] Holmer, J.
Required Clothing Insulation (IREQ) as an analytical index of cold stress.
ASHRAE - Transactions 90 (1984), p. 1116-1128.
- [7] Ambiances chaudes
Détermination analytique et interprétation de la contrainte thermique fondées sur la calcul de la sudation requise.
Organisation Internationale de Normalisation, ISO /DIS 7933, 1986.
NNI, Delft.

- [8] Cold Environments
Determination of required clothing insulation and Wind Chill Index.
International Organization for Standardization, ISO/TC159/SC5/GT1/N129,
1986. NNI, Delft.
- [9] 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.
- [10] Koten, J.W.
Arts en Arbeid.
Maarten Kluwers Internationale Uitgeversonderneming, Antwerpen - Apel-
doorn, 1984.
- [11] Dongen, Drs. J.E.F. van
Persoonlijke communicatie.
NIPG-TNO.
- [12] Hettlinger, Th., B.H. Muller, H. Peters, J. Peters
Hitzarbeit - Untersuchung an ausgewählten Arbeitsplätzen der Eisen -
und Stahlindustrie.
Band I, IIA, IIB, III.
Bergische Universität - Gesamthochschule Wuppertal, 1983.
- [13] Dijkstra, A, H.P. van der Grinter, M.J.Th. Schlatmann, C.R. de Winter
Functioneren in de arbeidssituatie.
NIPG-TNO, september 1981.
- [14] Havenith, G.
Bepaling van het metabolisme in bedrijfssituaties.
Memorandum IZF 1986 M-21, juli 1986.
- [15] Havenith, G.
Bepaling van de kledingisolatie in bedrijfssituaties.
Memorandum IZF 1986 M-21, juli 1986.

- [16] Cox, C.
Proefinventarisatie deelrapport I.
Rapport R 87/197, mei 1987.
- [17] Cox, C.
Proefinventarisatie deelrapport II - Vaststelling van de klimaatbelasting van werknemers in een zuivelproduktenfabriek.
Rapport R 87/140, mei 1987.
- [18] Instruction Manual Indoor Climate Analyzer Type 1213.
Bruel & Kjaer Nederland B.V., Nieuwegein.
- [19] Middendorp, H. van
IZF warmtestralingsmeter.
Rapport IZF-1986 I-1,
- [20] Havenith, G.
Bepaling van kledingisolatie en metabolisme op de werkplek.
Rapport IZF-1987 C-16.
- [21] Bijeenkomst Working Group "Heat Stress Indices",
EGKS, januari 1987.
Mondelinge informatie.
- [22] Kamen, E. et al.
Readressing Personal Cooling with Ice.
American Industrial Hygiene Association Journal (47), May 1986, p.
293-298.

BIJLAGE A: BEPALING VAN HET METABOLISME OP BASIS VAN DE ARBEIDSANALYSE

Een schatting van het metabolisme is mogelijk op basis van gegevens ten aanzien van houding, beweging en type arbeid. Deze gegevens kunnen worden vastgelegd door het maken van een arbeidsanalyse.

Uitgaande van het basale metabolisme (circa 44 W.m^{-2} voor volwassen personen) wordt het totale metabolisme bepaald door daarbij het energieverbruik ten gevolge van houding, type arbeid en snelheid op te tellen.

De waarden voor het energieverbruik bij verschillende houdingen, typen arbeid en snelheden worden gegeven in de tabellen A1 t/m A3.

Tabel A1 Metabolisme in relatie tot houding en beweging (exclusief basaal metabolisme).

Lichaamspositie Lichaamsbeweging	Metabolisme (W.m^{-2})
zitten	10
knielen	20
hurken	20
staan	23
gebogen staan	30

Op bovenstaande wijze kan van de verschillende deelactiviteiten van een bepaalde taak het metabolisme worden afgeleid. Het gemiddelde metabolisme kan worden bepaald door het nemen van het tijdgewogen gemiddelde van de waarden van de verschillende deelactiviteiten.

Een voorbeeld van het gebruik van de methode wordt gegeven aan de hand van een analyse van het slopen van de ovenwand. De afleiding van het metabolisme van de deelactiviteiten wordt toegelicht in tabel A4. In tabel A5 wordt de bepaling van het gemiddelde metabolisme van de verschillende fasen gegeven.

Tabel A2 Metabolisme voor verschillende types arbeid (exclusief basaal metabolisme).

Type arbeid		Metabolisme (W.m ⁻²)
hand arbeid	: licht	10 - 22
	matig	22 - 34
	zwaar	34 - 46
arbeid met één arm	: licht	25 - 45
	matig	45 - 65
	zwaar	65 - 85
arbeid met twee armen:	licht	55 - 75
	matig	75 - 95
	zwaar	95 - 115
romparbeid	: licht	95 - 155
	matig	155 - 230
	zwaar	230 - 330

Tabel A3 Metabolisme in relatie tot arbeidssnelheid en zwaarte (exclusief basaal metabolisme).

Type arbeid	Metabolisme gerelateerd aan werktempo $\left(\frac{W \cdot m^{-2}}{m \cdot s^{-1}}\right)$
lopen (2-4,5 km.h ⁻¹)	60 - 135
omhoog lopen 3-5 km.h ⁻¹	
helling 5°	210
helling 10°	345
omlaag lopen 3-5 km.h ⁻¹	
helling 5°	67
helling 10°	56
trap oplopen	1900
trap aflopen	470
lopen met last op rug (3-5 km.h ⁻¹)	
10 kg last	130
30 kg last	195
50 kg last	230
schuine ladder omhoog klimmen	
zonder last	1680
met 10 kg	1890
met 50 kg	3360
verticale ladder omhoog klimmen	
zonder last	2040
met 10 kg	2330
met 50 kg	4770

Tabel A4 Voorbeeld van de bepaling van het metabolisme. Bepaling van het metabolisme per deelactiviteit voor het slopen van de ovenwand.

Deelactiviteit	Metabolisme ($W.m^{-2}$)			som
	basaal	lichaamshouding beweging	type arbeid	
- loshalen stenen met koevoet (gebukt, matige romparbeid)	44	30	190	264
- lopen ($0,5 m.s^{-1}$)	44	60		104
- trap op lopen				1900
- trap af dalen				470
- zitten	44	10		54
- stenen scheppen met spade, in container gooien (gebukt, zware romparbeid)	44	30	280	354
- staan	44	23		67

Tabel A5 Voorbeeld van de bepaling van het metabolisme. Bepaling van het gemiddelde metabolisme.

Activiteit: slopen van de ovenwand

Deelactiviteit	Plaats	Metabolisme ($W.m^{-2}$)	Duur (s)	Energieverbruik ($J.m^{-2}$)
<u>Fase 1</u>				
- loshalen van stenen met koevoet	oven	264	240	63360
- staan	oven	67	20	1340
- trap op lopen	oven	1900	5	9500
- trap afdalen	bordes	470	5	2350
- lopen	bordes	104	10	1040
gemiddelde fase 1		274 $W.m^{-2}$		
<u>Fase 2</u>				
- zitten	controle- ruimte	54	1160	62640
gemiddelde fase 2		54 $W.m^{-2}$		
<u>Fase 3</u>				
- loshalen stenen met koevoet	oven	264	20	5280
- staan	oven	67	100	6700
- stenen scheppen	oven	354	60	21240
- loshalen van stenen met koevoet	oven	264	450	118800
- staan	oven	67	60	4020
- trap oplopen	oven	1900	5	9500
- trap afdalen	bordes	470	5	2350
- lopen	bordes	104	10	1040
				+
		710		168930
gemiddelde fase 3		238 $W.m^{-2}$		

BIJLAGE B: BEPALING VAN DE KLEDINGISOLATIE

Voor een los kledingstuk kan de kledingisolatie worden bepaald op basis van het percentage van het lichaamsoppervlak dat door het kledingstuk wordt bedekt [15]:

$$I_{cl} = 0,00973 \times BSAC - 0,0832 \quad (\text{clo})$$

waarin: BSAC = bedekt lichaamsoppervlak in %

$$I_{cl} = (\text{intrinsieke}) \text{ kledingweerstand van een kledingstuk}$$

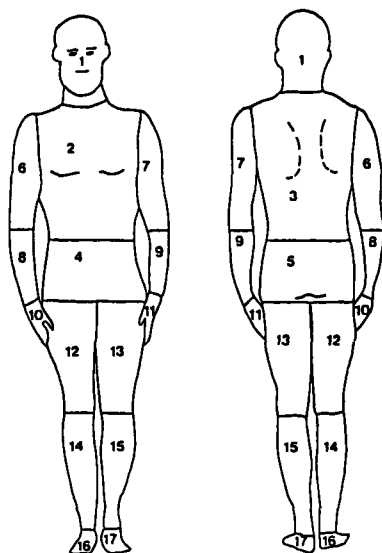
De isolatiewaarde van een kledingpakket kan worden bepaald uit de isolatiewaarden van de afzonderlijke kledingstukken met behulp van een sommatieformule:

$$I_{cl,tot} = 0,676 \times \sum I_{cl} + 0,117 \quad (\text{clo})$$

Voor een schatting van BSAC kan gebruik worden gemaakt van de segment-indeling van figuur B1 en de gegevens uit tabel B1.

Een voorbeeld van de bepaling van de kledingisolatie van een kledingstuk wordt gegeven aan de hand van een trui. De volgende delen van het lichaam zijn bedekt: borst, rug, boven- en onderarmen en de helft van buik en zitvlak. Dit levert voor BSAC 42% op. De kledingisolatie van de trui kan vervolgens worden bepaald en bedraagt 0,32 clo.

In tabel B2 wordt een overzicht gegeven van de bepaalde waarden van de kledingisolatie van de afzonderlijke kledingstukken.



Figuur B1. Segmentatie van het lichaam voor gebruik bij bedekt oppervlakte bepaling.

Tabel B1 Overzicht van het percentage lichaamsoppervlak per segment.

Lichaamssegment	% Totale oppervlak per segment
1 hoofd en nek	8,7
2 borst	10,2
3 rug	9,2
4 buik	6,1
5 zitvlak	6,6
6 rechter bovenarm	4,7
7 linker bovenarm	5,2
8 rechter onderarm	3,2
9 linker onderarm	3,0
10 rechter hand	2,5
11 linker hand	2,5
12 rechter dij	9,1
13 linker dij	9,3
14 rechter kuit	6,1
15 linker kuit	6,2
16 rechter voet	3,6
17 linker voet	3,8
totale lichaam	100

Tabel B2 Overzicht van de bepaalde waarden van de kledingisolatie van afzonderlijke kledingstukken.

Kledingstuk	Percentage bedekt lichaamsoppervlak (%)	Intrinsieke kledingisolatie (clo)
onderbroek kort	13	0,04
onderbroek lang	43	0,34
onderhemd	26	0,17
sokken kort	10	0,01
sokken lang	14	0,05
t-shirt	31	0,22
overhemd	42	0,32
trui/sweater	42	0,32
vest	40	0,30
jasje	37	0,27
korte broek	17	0,09
lange broek	43	0,34
werkbreek	43	0,34
werkjasje	37	0,27
overall	79	0,68
stofjas	55	0,46
helm	2	0,01*
handschoenen	5	0,05*
schoenen	7	0,04*

* gebaseerd op tabelwaarden [4]

BIJLAGE C: ENQUÊTE NAAR DE SUBJECTIEVE BEOORDELING

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

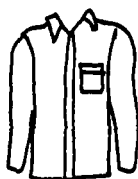


sokken
lang

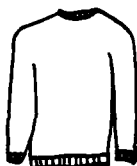
Bovenkleding



t-shirt



overhemd



trui



vest



jasje



korte broek



lange broek

Werkkleding



werkbroek
normaal



werkbroek
extra



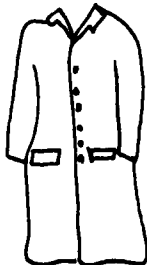
werkjasje



overall



voorschoot



stofjas



pet



helm



handschoenen



oorbescherming

Schoeisel



schoenen
laag



schoenen
hoog



laarzen



klompen

Speciale eigenschappen

vlamdovend

vochtwerend

B. Kleding in de zomer

Ondergoed



onderbroek
kort



onderbroek
lang



onderhemd



sokken
kort

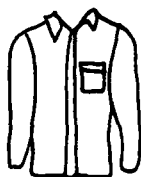


sokken
lang

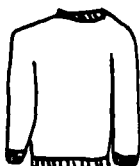
Bovenkleding



t-shirt



overhemd



trui



vest



jasje



korte broek



lange broek

Werkkleding



werkbroek
normaal



werkbroek
extra



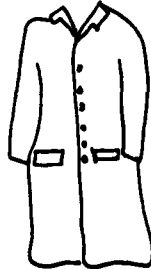
werkjasje



overall



voorschoot



stofjas



pet



helm



handschoenen



oorbescherming

Schoeisel



schoenen
laag



schoenen
hoog



laarzen



klompen

Speciale eigenschappen

vlamdovend

vochtwerend

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?

.....

.....

.....

Hartelijk dank voor uw medewerking !