

Arbeid in een warme omgeving¹

(Eerste deel)

Ter inleiding zal ik enkele woorden wijden aan de temperatuurregulatie bij de mens. Zoals U weet beschikt de mens, evenals sommige zoogdieren en ook vogels, over een regelmechanisme om de lichaamstemperatuur constant te houden. U weet dat er steeds warmte wordt geproduceerd voor de instandhouding van het menselijk organisme. Wij noemen dit de ruststofwisseling en die bedraagt ongeveer een kilo-calorie per minuut. Deze warmte wordt veroorzaakt door chemische processen, die zich o.m. in de lever, het hart, de ademhalingspijpen en de nieren afspelen. Alle energie, die door het hart wordt opgebracht, wordt door de weerstand in de vaten omgezet in warmte. Wordt er arbeid verricht, dan wordt aanzienlijk meer chemische energie omgezet, doch nu in warmte en mechanische energie. Dit gebeurt in een bepaalde verhouding, die afhankelijk is van de aard van het werk.

Als voorbeeld kan ik U noemen het fietsen, niet omdat dit in Nederland een zo algemeen gebruik is, maar omdat fietsen welhaast de meest efficiënte vorm is van arbeid. Nu moet U zich van die efficiëncy niet te veel voorstellen, want die bedraagt ongeveer 20%. Dat betekent dus dat indien worden omgezet 5 calorieën chemische energie per minuut, daarvan slechts 1 calorie in mechanische arbeid wordt omgezet en 4 calorieën als warmte vrijkomen.

Het is dus duidelijk dat het verrichten van intensieve arbeid moeilijkheden kan opleveren in een omgeving, waarin de mogelijkheid tot warmte-afvoer beperkt is.

Is daarentegen de warmte-afgifte groot en de productie van het lichaam gering; bv. bij staan in koude, dan komt de chemische warmteregeling in het geweer, d.w.z. extra voedingsstoffen worden verbrand om de lichaamstemperatuur constant te kunnen houden.

Daarnaast kent U in het koude klimaat wel het verschijnsel van het huiveren, sidderen of rillen. Ook dit is een manier van het lichaam om warmte te produceren.

Tegenover deze chemische warmteregeling staat de fysische warmteregeling en die speelt een veel belangrijker rol wanneer de temperatuur hoog is en wanneer warmte-afgifte van belang wordt. Deze fysische warmteregeling hangt zeer nauw samen met verschillende klimaatfactoren.

De warmte kan opgenomen en afgegeven worden door straling, door geleiding en door convectie.

Warmte kan afgegeven worden door verdamping en een duidelijk voorbeeld hiervan is de zg. desert-bag, een veldflas van textiel, die door verdamping het water koeler houdt dan de omgeving.

Als men alles wat er buiten en in het lichaam gebeurt samenvat, komt men tot de zg. warmtebalans. Voor het instandhouden van de constante lichaamstemperatuur is het nodig, dat er een evenwicht is tussen de warmteproductie en -opname enerzijds en de warmte-afgifte anderzijds. De opname of productie van warmte geschiedt door het gebruik van warm voedsel en drank, door geleiding en convectie, door straling, door de arbeids- en de ruststofwisseling. Het warmte-verlies komt door het gebruik van koud voedsel of koude dranken, de zweetverdamping,

¹ Inleiding voor de Commissie van Overleg inzake Veiligheid en Hygiëne op 21 Oct. 1954.

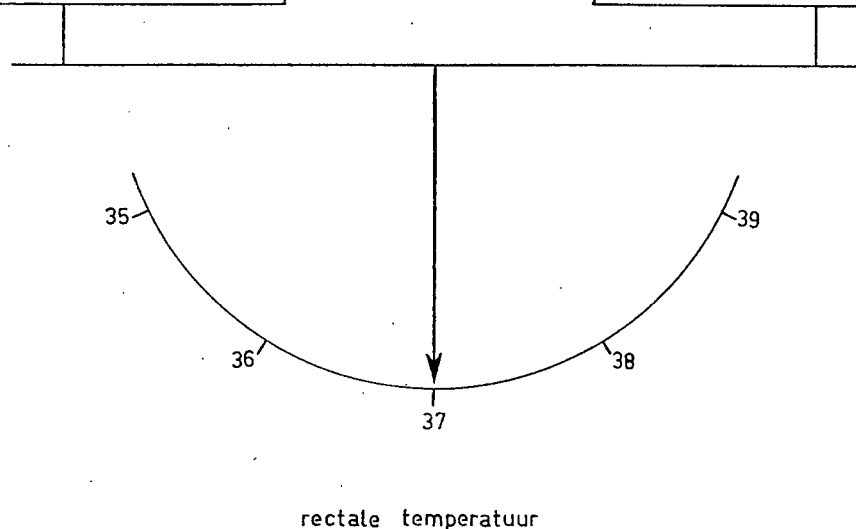
WARMTE

WINST

warm voedsel en drank
geleiding en conv. door warme lucht etc.
instraling
arbeidsstofwisseling
rust.stofwisseling

VERLIES

koud voedsel en drank
zweetverdamping (+ verdamping luchtwegen)
uitstraling
geleiding en convectie door koude lucht etc.



Afb. 1

de uitstraling, de geleiding en convectie via koude lucht tot stand. Als deze balans in evenwicht gehouden wordt, dan resulteert hij in een constante lichaamstemperatuur (afb. 1).

Al heb ik nu een eenvoudig schema van die warmtebalans getoond, wij weten dat het een zeer gecompliceerde zaak is. Er zijn verschillende hypothesen opgesteld om meer inzicht te krijgen en één ervan is het verdelen van het menselijk lichaam in een kern en een schil. Deze hypothese moet U ook met enige omzichtigheid stellen, want wanneer U over de schil spreekt, dan moet U volgens sommige

auteurs beginnen met de armen en benen en het hoofd ook bij de schil te rekenen. Verder is de schil dan de wand van de borstkas en buik en rug. De kern bevat dus in feite de organen in borstkas en buikholte. Voor het gemak stellen wij het gewicht van de kern en schil gelijk en wel op 35 kg.

De specifieke warmte van het menselijk lichaam, zowel kern als schil, wordt geschat op 0.8, dat wil zeggen dat één kg van de kern of de schil 0.8 calorie nodig heeft om één graad in temperatuur te stijgen.

Wat is nu het belang van die verdeling

in kern en schil? De schil kunt U beschouwen als een buffer. Het is nl. zo dat wanneer de temperatuur van de schil iets verandert, dit nog niet direct een grote storing in de physiologie van het organisme teweeg brengt. U kunt zich wel voorstellen dat de temperatuur van de schil een paar graden toe- of af kan nemen, zonder dat dit direct invloed heeft op de inwendige organen.

Wanneer wij nu even werken met die 35 kg. en het getal van 0.8 voor de specifieke warmte en wij laten de temperatuur stijgen van 33 tot 37 graden, dan betekent dit een warmte-opname van 112 calorieën. Nu is 33 graden ongeveer de temperatuur van de schil en het getal van 37 graden is gekozen om begrijpelijke redenen. Als de schiltemperatuur van 33 tot 37 °C stijgt, dan kunnen zonder schade voor het lichaam dus 112 calorieën worden opgenomen. Ook een kortdurende afkoeling is om diezelfde reden goed op te vangen.

Nu zit hier een praktische kant aan, en wel deze. Grote mensen hebben ook een grote schil en dat betekent dus, dat voor een werk, waarbij zeer veel afwisseling aanwezig is tussen warmte en koude — ik denk aan steenovens, waar men in de ovenkamer een kruiwagen laadt en deze er vervolgens uitkruit om de stenen buiten te lossen — men over het algemeen mensen moet kiezen met een grote schil. Daartegenover staat dat mensen, die lange tijd in warme omgevingen werken en niet aan wisselingen bloot staan, beter klein kunnen zijn, omdat de verhouding van hun oppervlakte tot hun volume gunstiger is.

Voor de warmte-afgifte is de geleiding van belang voor zover er contact is met koelere voorwerpen. De warmte-capaciteit van de lucht is klein en daarom is aanraking met lucht een niet zo belangrijke factor.

Voor de convectie is van belang hoe groot de luchtsnelheid is en vooral hoe hoog de temperatuur van de aangevoerde lucht is; is deze temperatuur hoger dan 37°C dan is dit een nadeel, daar dan steeds nieuwe warme lucht wordt aangevoerd.

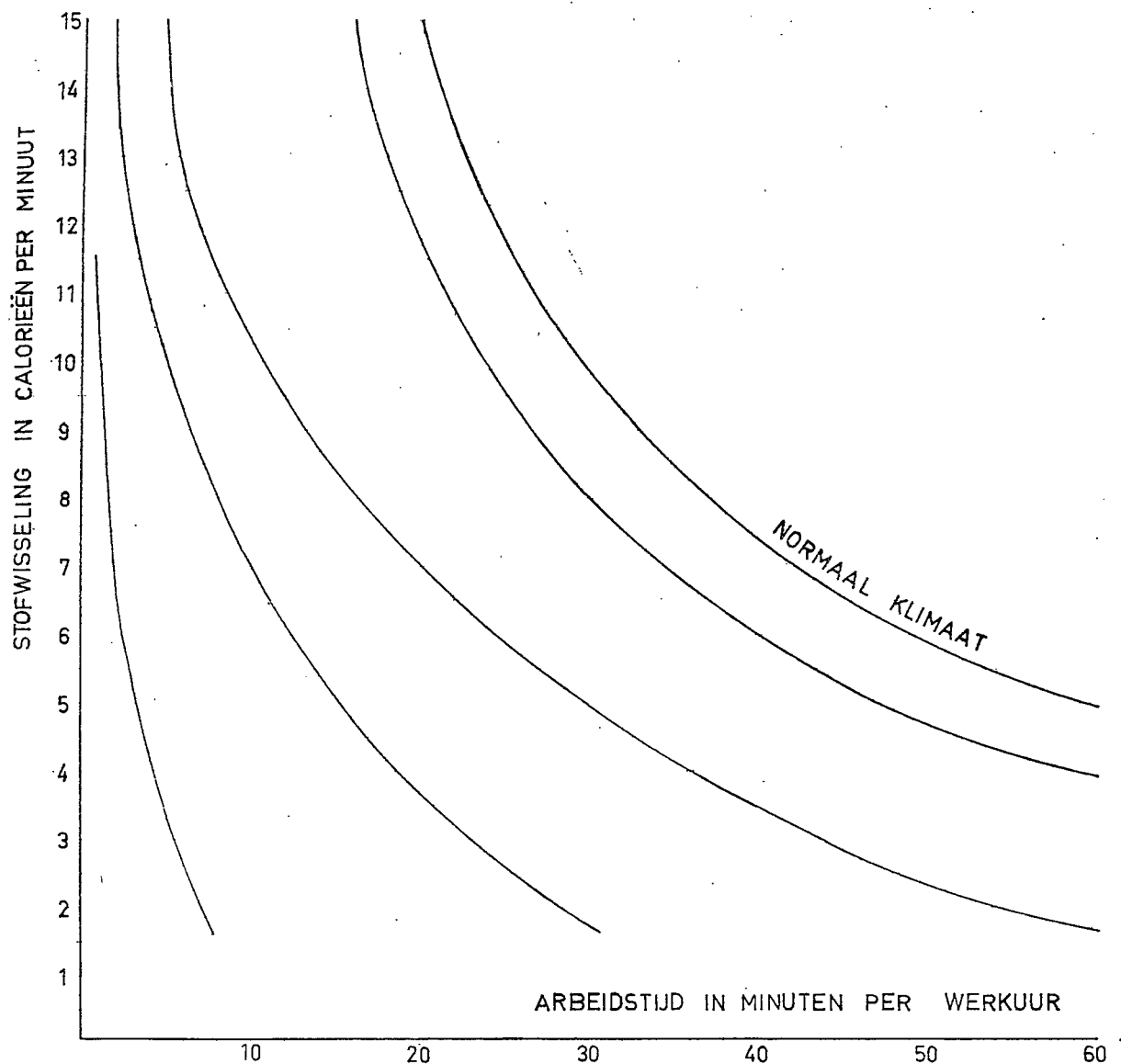
De straling is ook al besproken, doch er

is niet op gewezen, dat donkere voorwerpen veel meer warmte uitstralen dan lichte en ook meer kunnen opnemen. Het is dus wijs om in de tropen, wanneer men in de zon loopt, een licht pak te dragen, doch in de schaduw een donker pak aan te trekken. Dit laatste gebeurt echter meestal niet.

De verdamping is een heel belangrijke factor en het is zonder meer duidelijk dat bij temperaturen van 33, 34 graden, er geen mogelijkheid meer is voor het menselijk lichaam om via de andere factoren het grote aantal calorieën dat geproduceerd wordt, af te staan. De enige mogelijkheid is dan afgifte van warmte door verdamping. Het is duidelijk dat de relatieve vochtigheid van de lucht daarbij een grote rol speelt. Naarmate de vochtigheid toeneemt, zal de verdamping moeilijker gaan en loopt dit regel-mechanisme terug in belangrijkheid. Op dit gebied treft men ernstige conflicten aan in diepe mijnen, waar de luchttemperatuur hoog is en de stofbestrijding grote hoeveelheden water vraagt, waardoor de relatieve vochtigheid van de lucht zeer hoog is. Het enige mechanisme dat de mens daar nog over had voor de warmteregeling wordt teniet gedaan door het bestrijden van een ander euvel, zodat hier een probleem ligt dat moeilijk op te lossen is.

De verdamping moet U vooral niet gering schatten.

In een periode van 8 uur is het mogelijk om vele liters vocht te verliezen en dat brengt met zich mede de vraag of hier niets tegen gedaan moet worden in bijzondere omstandigheden. Hier komt naar voren de oude kwestie of men bij het drinken ook zout moet gebruiken. Hierover is al vrij veel gewerkt, de acten zijn nog niet gesloten, maar uit praktische overwegingen neemt men aan dat het verstandig is om de mens iets meer te laten drinken dan het dorstgevoel aangeeft. Ook hierover is nog verschil van mening, maar men vermoedt dat het dorstgevoel iets te kort schiet bij het aangeven van de behoefte aan vocht. Verder meent men dat alleen zout toegevoegd moet worden in de tropen; in West-Europa, ook bij



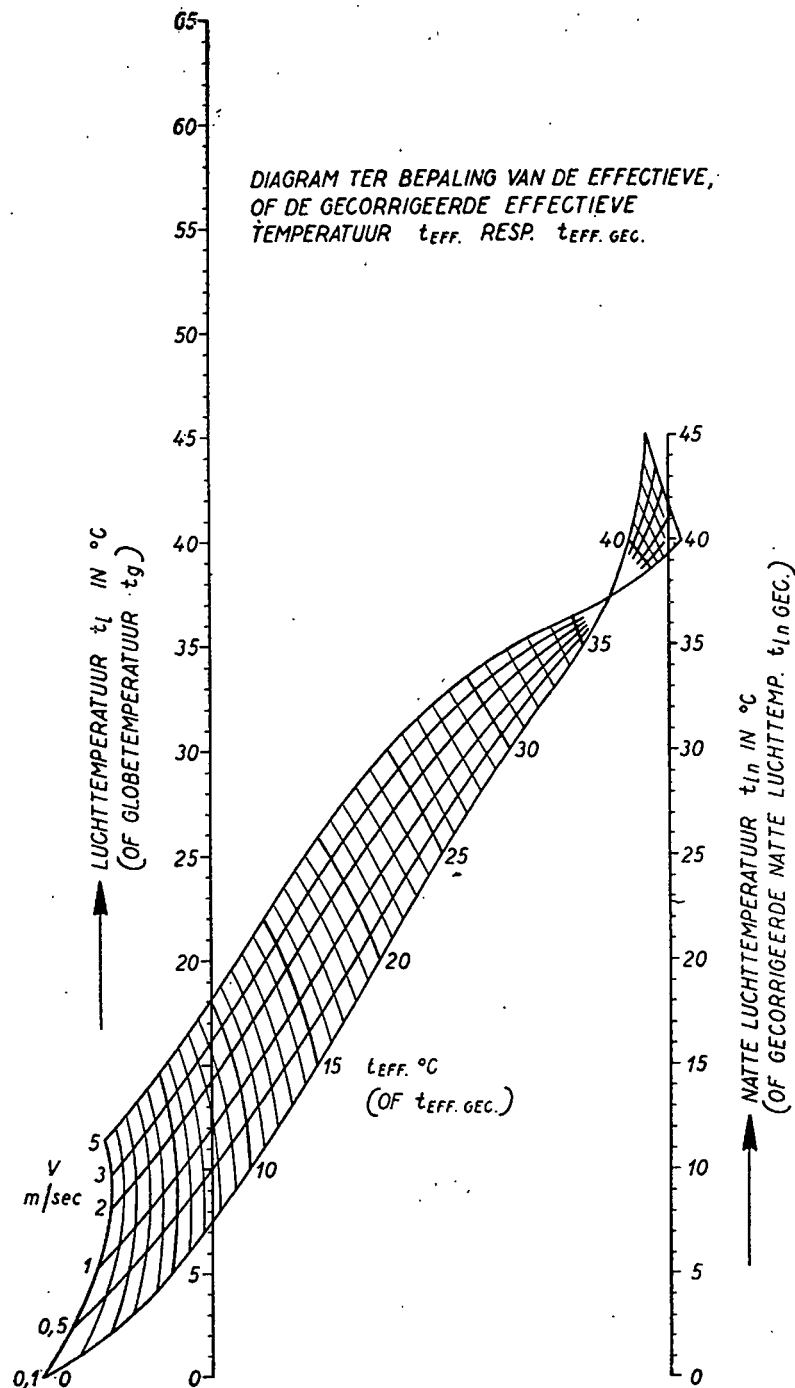
Afb. 2

zeer warme omstandigheden, meent men dat het niet nodig is. Het schijnt dat het toevoegen van zout zijn grootste populariteit verloren heeft.

U hebt wel begrepen dat er een zeer nauw verband bestaat tussen de mogelijke arbeidsproductie en de klimaatomstandigheden, waaronder gewerkt kan worden. Er zijn sinds enige jaren, in combinatie met de Afdeling Gezondheidstechniek T.N.O. en de Arbeidsinspectie, onderzoeken aan de gang om enig inzicht te krijgen in het hele warmte-probleem. Wij verwachten dat wij daarmee nog jaren bezig zullen zijn, maar het is mis-

schien goed om U even op het bord een soort schema te laten zien waarnaar wij willen streven (zie afb. 2).

Op de horizontale as is uitgezet de toelaatbare werktijd in minuten en verticaal de arbeidsstofwisseling in calorieën. Men zou nu bepaalde klimaatlijnen kunnen trekken (van hoog arbeidsvermogen naar hoge minuten tijd, die zich voordoen als hyperbolen), doch dan komt de moeilijkheid, dat wij het klimaat niet bevredigend kunnen uitdrukken in één enkel getal. Een zekere benadering daarvan geeft echter de effectieve temperatuur, zoals die in Amerika gebruikt wordt.



Afb. 3

Aan de hand van een lantaarnplaatje zal ik trachten uit te leggen, hoe men de effectieve temperatuur kan vinden met behulp van een nomogram (afb. 3).

Wanneer wij aannemen, dat het mogelijk zou zijn ieder van de lijnen in ons schema een bepaald klimaat te doen karakteriseren, dan zouden wij rechtstreeks kunnen aflezen, hoe lang een gegeven arbeids-

belasting bij een gegeven klimaat volgehouden kan worden om steeds dezelfde reactie van het menselijk organisme te geven. Maar zoals gezegd, daar zullen nog jaren onderzoek voor nodig zijn. Ook in het buitenland wordt hieraan gewerkt.

dr F. H. BONJER.

(Wordt vervolgd.)

heden was aangevangen. Twee meisjes van 17 en 19 jaar uit een ander bedrijf, die geregeld stof inademen dat 75% vrij kwarts en 24% zeep bevatte, overleden na respectievelijk $2\frac{3}{4}$ en $4\frac{1}{4}$ arbeidsjaren. In een in 1947 verschenen publicatie over een onderzoek in een zeer slecht ingerichte Duitse schuurmiddelenfabriek, waar het personeel was blootgesteld aan een stofmengsel dat 70-80% kwartsmeel en verder kiezelkrijt, kaoline en soda bevatte, bleek dat ruim 44% der arbeiders reeds na 11 maanden aan silicose leed, 71,5% na vier jaar en 100% na tien jaar.

Ook in Nederland zijn in schuurmiddelenbedrijven na een arbeid van 2-3 jaar dodelijke gevallen van silicose voorgekomen.

Men heeft wel gemeend dat door de toevoeging van alkalische stoffen (zeep, soda) aan de schuurpoeders die een hoog percentage vrij kwarts bevatten, het verloop der silicose wordt versneld; de meningen hierover zijn echter verdeeld.

Vele gevallen van acute silicose hebben zich ook voorgedaan bij *tunnelboorders*.

Beruchtheid verkregen de gevallen die zich voordeden bij de bouw van de Gauleij-Bridge-Tunnel in West-Virginia („de tunnel der 2000 doden”) in 1932. De 2000 negers en hun blanke opzichters die daar in een zeer kwartsrijk gesteente, zonder enige voorzorgsmaatregelen, 12 uur per dag boor- en springwerk verrichtten, kregen bijna allen een acute silicose; de meeste gevallen ontstonden na een arbeidstijd van 7-17 maanden.

Een groot aantal gevallen van acute silicose kwam ook voor bij het boren van tunnels in Zwitserland, vooral in en na de laatste oorlog. Van een groep van 24 Zwitserse tunnelboorders, die volkomen onvoldoende beveiligd in een ruim 71% kwartsbevattend gesteente, gedurende 10-36 maanden, wekelijks 60 uur werkten, leden na een expositietijd van 10 maanden tot 3 jaar allen aan een zware acute silicose, terwijl na $5\frac{3}{4}$ jaar er tien gestorven en de andere veertien invalide waren.

(Wordt vervolgd.)

F. BEZEMER, arts.

Arbeid in een warme omgeving¹

(Tweede deel)

Nu wil ik U een paar dingen noemen, die wij gewend zijn te meten, wanneer wij een onderzoek doen naar de physiologische condities van de man, die werkt in een warme omgeving, bv. een smederij, een walserij of een steenoven.

Allereerst zouden wij het gewicht van de man willen kennen voor en na het werk. U zult zeggen dat dit gemakkelijk is, doch in de practijk leidt dit nog tot technische moeilijkheden. Men moet nl. een gewicht tot 100 kg tot op enkele grammen nauwkeurig kunnen bepalen. Wij hebben op een weegschaal, die dit aan kan geven, enige

jaren moeten wachten. Het gewichtsverlies van de man, gekleed en wel, is een belangrijk gegeven, omdat het aangeeft het verlies aan werkelijk verdampt zweet. Het gaat niet om het zweet dat geproduceerd wordt, maar wel om wat werkelijk verdampt, omdat alleen dit effectief is voor het afstaan van warmte; wat in de kleren van de man komt, doet niet mee aan de warmte-afgifte. Als het een deel op de grond valt, maken wij een meetfout. Op die manier kunnen wij iets zeggen over de verdamping.

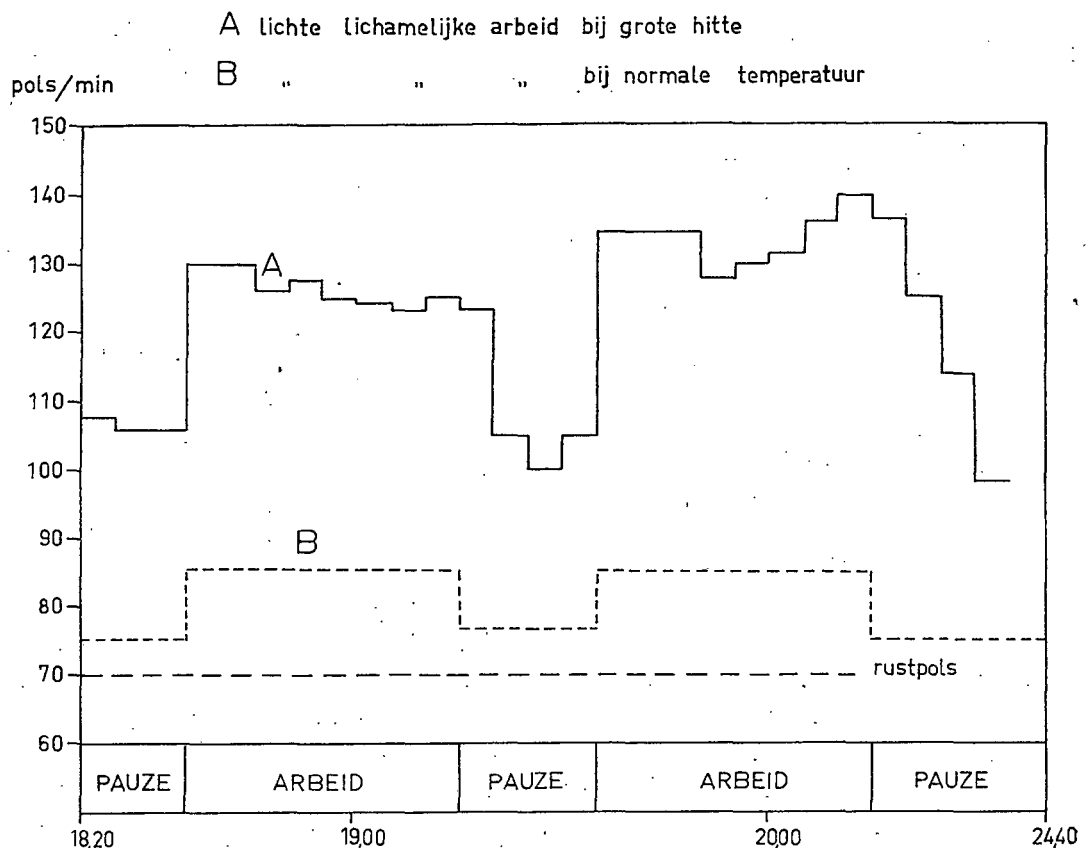
Het zal duidelijk zijn dat de schil- en de kerntemperatuur belangrijk zijn. De schiltemperatuur is van belang in zijn

¹ Inleiding voor de Commissie van Overleg inzake Veiligheid en Hygiëne op 21 Oct. 1954.

verhouding tot de omgeving, de kern-temperatuur is van belang als indicator van storingen in de warmtebalans. Wij zouden kunnen zeggen, dat, als de rectale temperatuur gelijk blijft, een goede balans blijkbaar nog mogelijk is. Metingen van deze temperatuur zijn echter niet goed te realiseren in de omstandigheden zoals die zich voordoen in industrieën en daarom hebben wij dringend behoefte aan een klimaatkamer, waar wij de groot-heden willekeurig kunnen instellen en waar het meten van de rectale temperatuur ook mogelijk wordt. In de bedrijven is dat niet zo eenvoudig, want er is een zekere schaamte bij de man te overwinnen. Wij meten momenteel de rectale temperatuur door gebruik te maken van de temperatuur van de geloosde urine. Dit passen wij nog

maar kort toe. Wij laten de urine lozen in een thermosfles, waarvan wij de warmte-capaciteit kennen en wij meten dan de temperatuur en de hoeveelheid van de urine, die er ingebracht is. Wij kunnen de rectale temperatuur ook met thermo-elementen meten, doch deze methode hebben wij nog slechts op ons zelf toe-gepast en ik weet niet of wij er gauw toe over zullen gaan deze in de bedrijven te gebruiken. Toch moeten wij er wel voor waken om te veel op ons zelf te gaan experimenteren, omdat het volstrekt niet onverschillig is of men gewend is in een bepaald klimaat te werken of er zo maar eens in terecht komt. Op den duur zul-len wij moeten werken met proefpersonen, die hun normale werk doen.

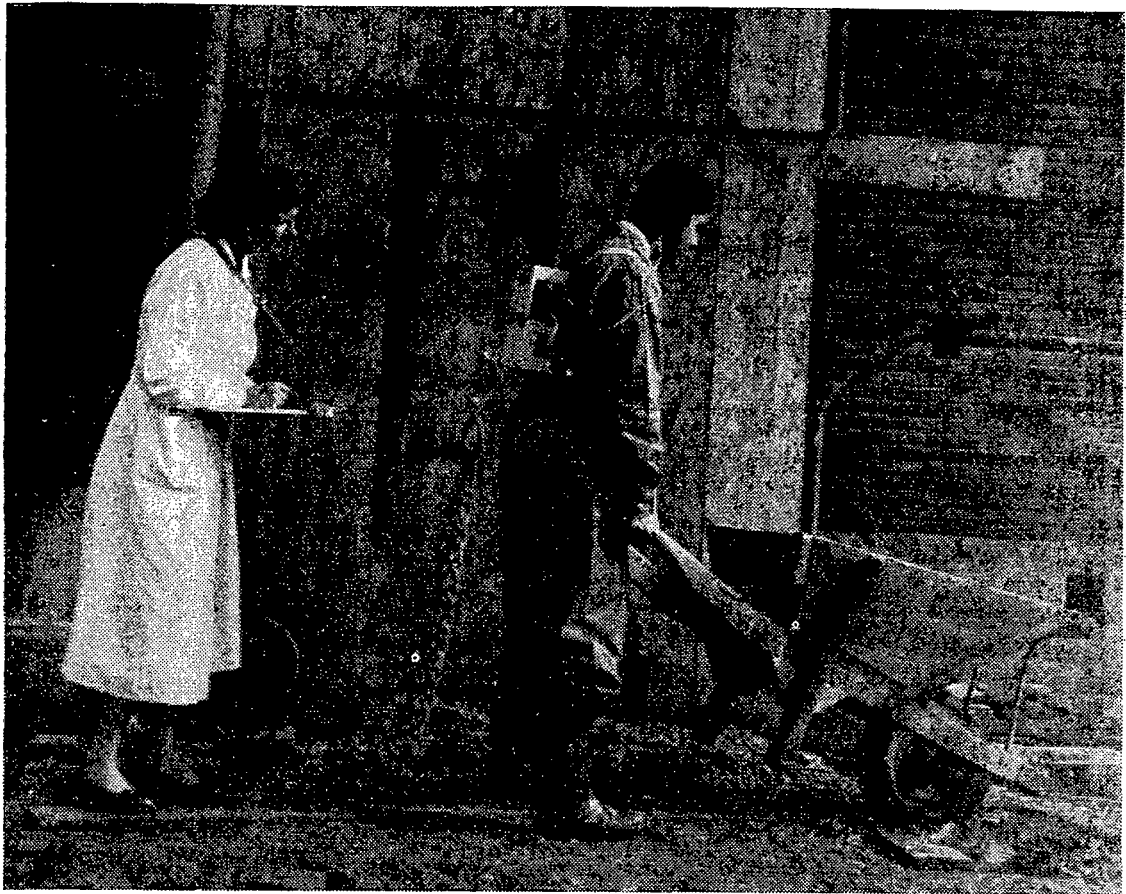
Dan wil ik U nog even noemen de



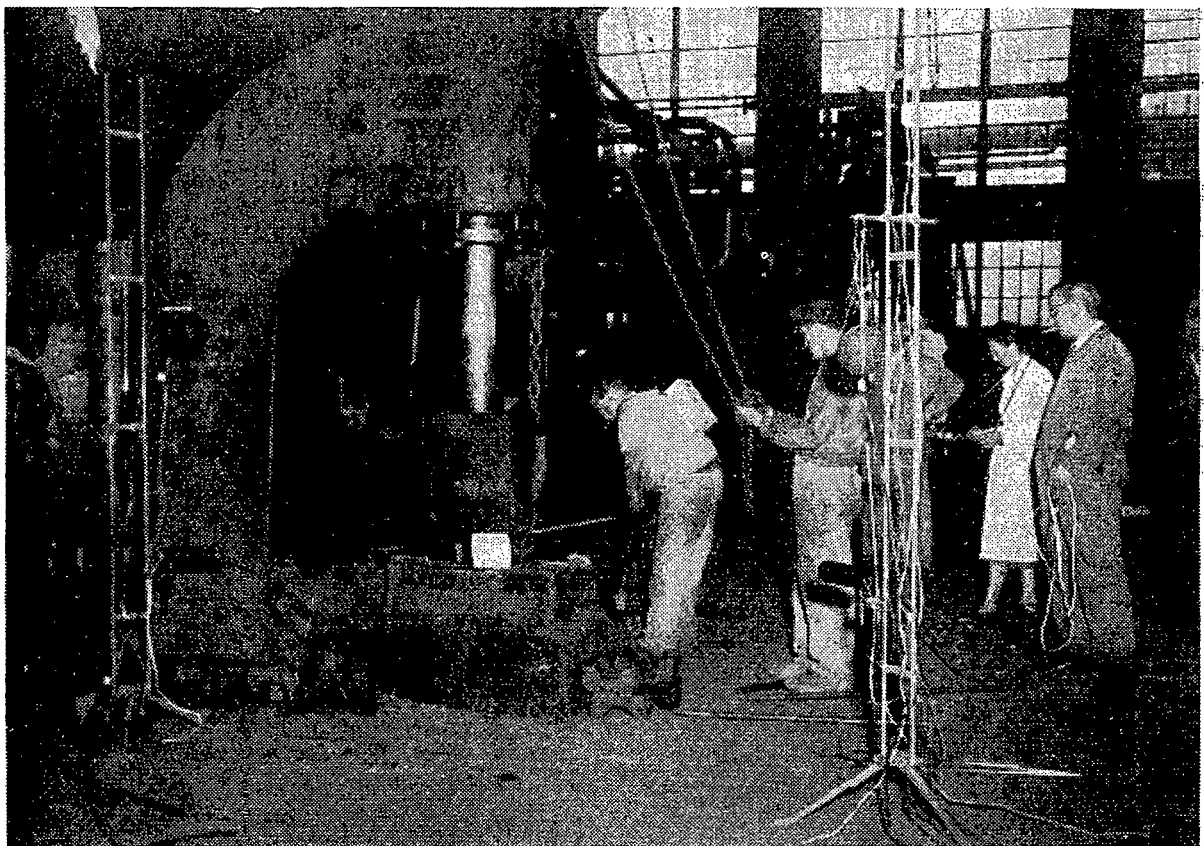
POLSFREQUENTIE BIJ DEZELFDE ARBEID MET EN ZONDER
HITTEBELASTING (OVENIST BIJ EEN WALSERIJ)

(volgens E. A. Müller)

Afb. 4.



Afb. 5.



Afb. 6.

metingen van de polsfrequentie en de stofwisseling. Het laatste is alleen van belang omdat wij graag willen weten hoe zwaar het werk is dat gedaan wordt. De opvatting dat de stofwisseling niet wordt beïnvloed door het klimaat blijkt na controle door metingen wel juist te zijn. De stofwisseling is uitsluitend gebonden aan de uitwendige arbeid, die gepresteerd wordt. Het stapelen van stenen op een kruiwagen voor de oven of buiten blijft voor de stofwisseling gelijk. Toch bepalen wij ook de stofwisseling steeds ten behoeve van de warmtebalans. De moeilijkheid daarbij is dat wij de efficiency van het werk niet of slecht kennen. Bij fietsen weten wij dat een vijfde van de bestede calorieën rendabel zijn, maar wij weten het niet voor het stapelen van stenen op een kruiwagen.

De polsfrequentie gedraagt zich geheel anders dan de stofwisseling en volgt de invloeden, zowel van de arbeidsbelasting als van de hittebelasting en sommeert deze belastingen als het ware. Aan de polsfrequentie als absoluut getal moeten wij dan ook een grote waarde toekennen. U hebt gezien dat het arbeidsvermogen en het klimaat beide belastende factoren zijn en uiteindelijk interesseert ons wat de arbeidsbelasting en de warmtebelasting samen betekenen en dit wordt goed aangegeven door de polsfrequentie. Vele auteurs geven als toelaatbaar aan een frequentie van 115 tot 130 slagen per minuut. Ook op dit terrein voelen wij ons echter helemaal nog niet safe en wij zullen proberen nadere cijfers vast te stellen. Aan de andere kant worden wij thans voor bepaalde warmte-problemen gesteld en moeten wij op korte termijn daarover advies geven. Dan moeten wij wel gebruik maken van de bekende maatstaven.

Wanneer ik U dan mag noemen wat gedaan kan worden tegen de warmte, dan is dat in de eerste plaats geschikte kleding. Het is uiteraard van belang om bij zware instraling ook zware kleding te dragen. Een klimaat, dat wel warm is, maar geen straling heeft, zal wel aanleiding zijn om zoveel mogelijk ontbloot te werken. De instraling blijkt doelmatig beperkt te kun-

nen worden door aluminium-schermen. Er zijn heel behoorlijke kappen voor het gelaat in gebruik.

Verder weet ik dat in ons land proeven gedaan zijn met aluminiumpakken, die echter nog praktische bezwaren hadden omdat zij bij mechanische arbeid gingen knellen op de buigplaatsen en uitwasming niet goed mogelijk was. Er bestaat bij de Amerikaanse luchtmacht nog een soort pakken met een plastic buizensysteem, waardoorheen lucht geblazen wordt. Het is misschien mogelijk dat hiervan een industriële toepassing gemaakt wordt, maar het is erg moeilijk een dergelijk pak voor proeven ter beschikking te krijgen.

Ik zou U dan tenslotte graag een paar lichtbeelden willen laten zien. Het eerste plaatje (afb. 5) heeft een dubbele betekenis, want het laat zien hoe de polsfrequentie tijdens het werk gemeten wordt, doch tevens is dit de bouwplaats van de nieuwe gehoorzaal van het Ned. Instituut v. Praeventieve Geneeskunde, waaruit U ziet dat ook daar aan gewerkt wordt. De polsslag wordt gemeten met een lampje en een foto-electrische cel aan het oor. Het elektrische signaal van de cel wordt versterkt, zodat aflezen van de polsfrequentie mogelijk wordt aan een telwerk. Een volgend plaatje geeft aan de polsfrequentie bij werken in een warme en in een normale omgeving (afb. 4). Er is een geweldig verschil in de hoogte van de arbeidspols bij hoge en lage temperaturen. Vooral het begin der rustpauzes is zeer effectief omdat de polsfrequentie aanvankelijk zeer snel daalt. Het is daarom van belang om veel pauzes te laten houden waarbij de afname van de polsfrequentie sterk wordt bevorderd door de rust te laten plaats vinden in een koel klimaat.

Tenslotte laat ik U een foto zien (afb. 6), die gemaakt is in een grote smederij in Amsterdam, waar de gehele apparatuur is opgesteld, ook die van de Afdeling Gezondheidstechniek van T.N.O.

dr F. H. BONJER.