

**BYGGFORSKNINGEN**

---

**Särtryck 2:1962**

**Varma rumsklimats inverkan  
på människans komfort  
och prestationsförmåga**

*av Börje E. Löfstedt*

---

**STOCKHOLM 1962**

7/13 april 6 7 1961

# **Varma rumsklimats inverkan på människans komfort och prestationsförmåga**

Med. kand. BÖRJE E. LÖFSTEDT

## Varma rumsklimats inverkan på människans komfort och prestationsförmåga

613.1

**M**änniskans anpassning till olika omgivningar och klimat är till väsentlig del beroende av tekniska och beteendemässiga faktorer. De rent fysiologiska skyddsmekanismerna är i många fall otillräckliga, och då de anlitas i för stor utsträckning minskas välbefinnande och arbetsförmåga. I ett samhälle, där kraven på kvalificerade och snabba prestationer ständigt ökar och misstag, felhandlingar och produktionsavbrott inom någon del av den komplicerade organisationen tenderar att få allt mera vittomfattande skadeverkningar, är det klokt och nödvändigt att så väl som möjligt anpassa miljön efter människans behov. Inom modern hygien tilldrager sig därför komfortproblemen ett allt större intresse vid sidan av de klassiska frågorna om vad som kan vara ett direkt hot mot liv och hälsa.

### Den fysiologiska värmeregleringen

Människokroppen kan liknas vid en förbränningsmaskin och den bildar vid sitt arbete värme som en biprodukt. I den organiska förbränningsmaskinens arbete ingår också en bearbetning av bränslet från råvara till de förädlade produkter som kan förbrännas i cellerna. Därför förbrukar maskinen energi och producerar värme också i vila, varvid värmebildningen för en vuxen man genomsnittligt uppgår till ca 90 kcal/tim. Vid extremt tunga fysiska arbeten kan den kortvarigt uppnå sex till åtta gånger detta värde. Man brukar räkna med en värmebildning för stillasittande arbete av 125, lätt arbete 180, måttligt arbete 270 och tungt arbete 400 kcal/tim.

För fullgod funktion är den mänskliga förbränningsmotorn beroende av en bestämd arbetstemperatur i de viktigaste organen. Den är utrustad med ett termostatsystem, som i hög grad nedbringar omgivningsklimatets inverkan på de livsviktigaste organens temperatur. Som i varje termostat sker dock en viss avdrift vid belastning, och den relativt konstanta temperaturen i kroppens kärna uppnås genom uppoffrande av konstan- sen i periferien, d. v. s. huden, framför allt på extremiteterna. Ett varmare klimat medför, om värmebild-

ningen är oförändrad, att balansen rubbas, så att en tendens till värmeackumulation och temperaturökning uppstår. Temperaturökningen registreras av "mätkroppar", temperaturreceptorer i olika delar av organismen och impulser från receptorerna går till en integrerande regulatorcentral i mellanhjärnan. Det viktigaste receptororganet tycks vara beläget i mellanhjärnan i anslutning till centrum och påverkas av det inkommande blodets temperatur. Genom blodblandningen från alla kroppsdelar i hjärtat blir denna temperatur ett gott medelvärde på kroppstemperaturen. Eftersom de viktigaste och känsligaste organsystemen har den största blodförbrukningen ger blodtemperaturen automatiskt ett ur denna synpunkt vägt medelvärde.

Från temperaturregleringscentrum utgår vid stigande kroppstemperatur impulser till hudens blodkärl, som vidgas, så att blodflödet ökar, hudtemperaturen stiger och betingelser för en ökad värmeavgång skapas. Ett särskilt automatiksystem för blodcirkulationen höjer därvid hjärtats slagvolym och -frekvens så att den per minut utpumpade blodvolymen blir tillräcklig för det förstörade blodkärlssystemet. Cirkulations-systemet skall inte bara svara för den värmereglerande funktionen. Det skall också transportera syre och bränsle till alla kroppens organ och förbränningsprodukter därifrån. Dess automatiksystem påverkas därför också av andra reflexmekanismer. Sålunda ökas exempelvis muskulaturens blodförsörjning i proportion till det utträttade muskelarbetet. Ju större del av hjärtats kapacitet, som förbrukas för temperaturregleringen, desto mindre återstår för arbete. Vid muskelarbete inställes kroppstemperaturen på ett i proportion till arbetet förhöjt värde, även om fullgoda avkylningsbetingelser föreligger. Sannolikt medför detta en ökad verkningsgrad.

Om en ökning av hudtemperaturen skulle vara otillräcklig för att åstadkomma den behövliga värmetransporten från hud till omgivning tillgripes en

andra och effektivare värmeregleringsåtgärd. Nervimpulser utgår till svettkörtlarna i huden, så att en svettavsöndring börjar. Svetten kan vid sin avdunstning från hudytan transportera bort betydande väremängder, 0,6 kcal/g. Vid maximal värmebelastning kan en ung frisk man under kortare tidsperioder (4 tim.) producera minst en liter svett per timme, motsvarande en värmetransport av 600 kcal/tim. P parallellt med svettsekretionen når därvid blodkärlsvidningen i huden maximala värden, så att cirkulationssystemets reservkapacitet är utnyttjad och ytterligare arbets- eller värmebelastning kan medföra kollaps. För svettproduktionen förbrukas framför allt vatten och koksalt. Om otillräcklig tillförsel av dessa ämnen under längre tid råder utarmas kroppens förråd. Uttorkningen leder till mindre blodmängd och ett mera trögflytande blod, vilket ytterligare försvårar cirkulationen. Ersättes vatten- men inte saltförlusten uppstår s. k. eldarekramper. Dessa risker är aktuella endast vid extremt höga värmebelastningar under lång tid.

### Omgivningsklimatet

De faktorer i omgivningens klimat, som avgör betingelserna för värmetransport, är temperaturen hos

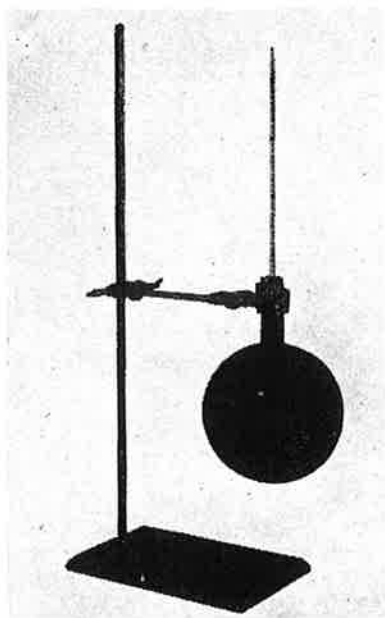


Fig. 1. Globtermometern består av ett slutet klot av svartmålade tunn kopparplåt, 15 cm i diameter. Temperaturen i dess centrum avläses med termometer och är i allmänhet ett bra summamått på luft- och strålningstemperatur.

*The globe thermometer consists of a closed sphere of black painted copper plate, 15 cm in diameter. The temperature in its centre is read off by thermometer and is in general a good sum measurement of air and radiation temperature.*

*Das Globusthermometer besteht aus einer geschlossenen Kugel aus schwarz angestrichenem dünnem Kupferblech mit einem Durchmesser von 15 cm. Im Zentrum der Kugel wird die Temperatur mittels Thermometer abgelesen und stellt im Allgemeinen einen guten Summenwert aus Luft- und Strahlungstemperatur dar.*

luft och rumsytor, luftfuktigheten och luftfuktigheten. Värmetransporten från huden följer vanliga fysikaliska lagar, och kan teoretiskt beräknas om hudtemperaturen och ovan angivna klimatdata är kända. Praktiskt reser sig emellertid vissa hinder. Värmeöverföringstalen för konvektion och strålning vid olika luft- och yttemperaturer och luftfuktighetsvärden kan anses tillräckligt väl kända, men på grund av människokroppens komplicerade form är det ofta nästan omöjligt att beräkna rymdvinkelfaktorernas inverkan på strålningsvärmeutbytet. Betydelsen av asymmetrier i strålningsvärmetransporten är också ofullständigt känd. För varma förhållanden kan den sammanlagda effekten av luft- och strålningstemperatur med för de flesta praktiska ändamål tillräcklig noggrannhet bedömas med hjälp av globtermometern (fig. 1) och luftfuktigheten.

Nämnvärd inverkan av luftfuktigheten råder endast under ganska varma förhållanden. Även vid lägre temperaturer sker ca 1/4 av värmetransporten genom avdunstning av vatten, dels i andningsvägarna, dels genom huden. Den skillnad, som finns mellan vattenångstrycket i fuktighetsmättad luft av 20° C temperatur och hudens vattenångstryck uppgår till 30 mm Hg. Den är stor i förhållande till skillnaden mellan tjugogradig luft med 100 respektive 50 % fuktighetsmättnad, 8,5 mm Hg. Drivkraften för avdunstningen är skillnaden i vattenångstryck och denna ändras som synes föga. (Av andra skäl, inverkan på luftvägarnas slemhinnor, fuktabsorption i beklädnaden etc. får luftfuktigheten dock inte heller vid låga lufttemperaturer negligeras.) Vid högre lufttemperaturer stiger vattenångens mättnadstryck mycket snabbt, och då den stora värmetransporten därvid avtager och eventuellt byter riktning, blir luftfuktigheten en dominerande klimatfaktor. Även luftfuktigheten är av betydelse för vattenavdunstningen. I stillastående atmosfär bindes kroppen en mantel av luft, som mäts med fuktighet så att avdunstningen försvåras. Är luftens temperatur högre än hudens ökar den torra värmetransporten till huden, varför slutresultatet ibland kan bli en med vindhastigheten stigande värmebelastning, trots förbättrad avdunstning.

### Beklädnaden

Beklädnaden är en faktor som ytterligare komplicerar värmeutbytessystemet, särskilt för varma förhållanden. Då omgivningens temperatur är lägre än hudens, minskar beklädnadens termiska isolation den torra värmeförlusten och ökar därmed värmebelastningen. Är omgivningen varmare än huden byter värmetransporten riktning, och isolationen sänker värmebelastningen.

Av större betydelse än värmeisolationen är ofta klädernas inverkan på den våta värmetransporten. Man



känner för närvarande ofullständigt de fysikaliska lagarna för fukttransport i porösa material, något som ibland, som bekant, kostar pengar och bekymmer för både byggnadsteknikens utövare och deras kunder. De viktigaste beklädnadstekniska faktorerna i komplexet vattenångstransport genom textilmaterial är permeabiliteten för vattenånga och fuktabsorptionsförmågan. Genom fuktabsorption och kapillär och hygroskopisk transport av vatten i beklädnaden kommer en viss del av svetten att bindas i materialet och undandras sin värmereglerande uppgift, och avdunstningen att delvis ske från klädytan i stället för hudytan. Kläd-isolationen kommer därför att reducera avdunstningens verkningsgrad, en reduktion som för normala kläder kan uppgå till 50 %. (1.) Ju lägre vattenångpermeabiliteten hos materialet är, desto högre vattenångtrycksgradient behövs det, för att en viss avdunstning per tidsenhet skall kunna ske. Fukttransportförmågan hos normala kostymtyger är av den ungefärliga storleksordningen 20 g/m<sup>2</sup> tim. mm Hg (2). För den ordinära kroppsytan, 1,8 m<sup>2</sup> och normal hudtemperatur vid svettningens början, 34° C, skulle alltså vid 30° och 50 % relativ luftfuktighet i omgivningen 864 g vatten kunna transporteras per timme. Närmare data om inverkan av olika beklädnadsegenskaper på värmebalansmöjligheterna i varma klimat saknas för närvarande.

### Klimatbedömningsskalor

Om man praktiskt vill bedöma ett klimats belastningsverkan gäller det, att på ett riktigt sätt väga och summera de ingående fysikaliska variablerna och ställa dessa i relation till den fysiologiska värmebildningen vars storlek bestäms av arbetsnivån. Dessutom måste man ta med i beräkningen hudtemperaturens variabilitet och dess inverkan på torr och våt värmetransport. Skall värmebelastningsbedömningen få en relevant fysiologisk och hygienisk innebörd skall den slutligen leda till kunskap om hur stor del av människans klimatförsvar, som måste engageras i den analyserande situationen. Eftersom här ingår både ganska komplicerade klimatologiska element och ett antal biologiska faktorer, som kan variera mellan individer, konstitutionstyper, åldersgrupper, kön, m. m., blir bedömningen alltid behäftad med osäkerhet i de enskilda fallen och baserad på en del mer eller mindre riktiga och bevisbara antaganden, som måste göras för att man praktiskt skall kunna genomföra analysen. Ett antal bedömningssystem för varma klimats stressverkan är för närvarande publicerade och i användning. Det är ett besvärligt problem att avgöra vilket som är bäst. Ofta får man välja mellan relativt enkla men approximativa index och mera invecklade bedömningssystem som knappast kan handhas av andra än klimatfysio-

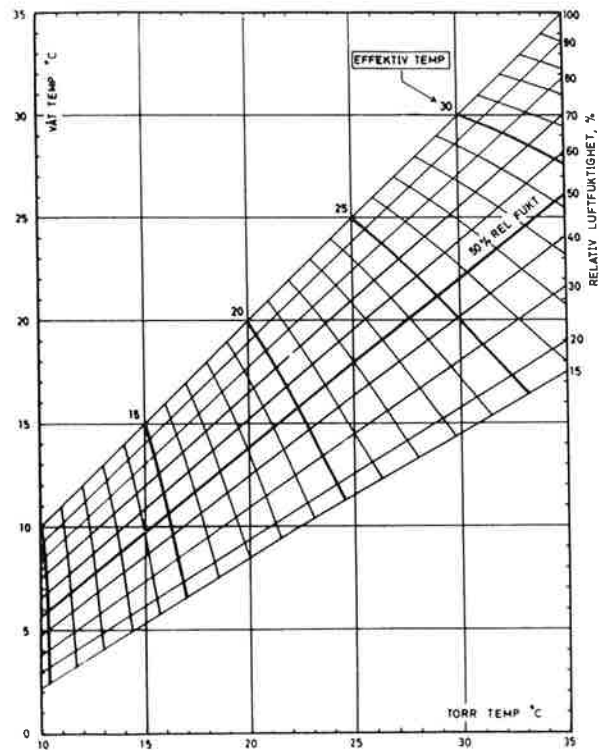


Fig. 2. Modifierat diagram över den effektiva temperaturskalan för klädd person och lufthastigheten 10 cm/sec. Läget i förhållande till de nedåt höger riktade effektiva temperaturlinjerna av den punkt som representerar rådande torr och våt temperatur, anger effektiva temperaturvärdet. De uppåt höger löpande linjerna indikerar relativa luftfuktigheten.

*A modified diagram over the effective temperature scale for a clothed person, and an air speed of 10 cm per sec. The situation in relation to the downwards to the right running effective temperature lines of the point which represents the current dry and wet temperature, gives the effective temperature value. The lines running upwards right indicate the relative humidity of the air.*

*Abgewandeltes Diagramm über die effektive Temperaturskala für eine bekleidete Person und Luftgeschwindigkeit von 10 cm/Sec. Die Lage des Punktes in Beziehung zu den nach rechts abwärts gerichteten effektiven Temperaturlinien, der die herrschende trockene und feuchte Temperatur repräsentiert, gibt den effektiven Temperaturwert an. Die nach rechts aufwärts laufenden Linien zeigen die relative Luftfeuchtigkeit an.*

logiska experter. Utvecklingen tycks alltmera gå i riktning mot de senare.

Det första mera allmänt accepterade klimatbedömningssystemet, är den av Houghten, Miller och Yaglou (3, 4) på 1920-talet utvecklade effektiva temperaturskalan (fig. 2). Den tar hänsyn till luftens temperatur, fuktighet och rörelsehastighet, men inte till de fysiologiska faktorerna eller strålningen. Diagram för nakna och för normalt inomhusbäddade personer finnes. Skalan bygger på den omedelbara subjektiva värmeuppfattningen hos försökspersoner som flyttades mellan olika klimat. Med effektiv temperatur hos ett klimat menar man den temperatur, som vid 100 % RF

ger samma omedelbara värmekänsla som provklimatet. Skalan har fått stor användning i USA men erfarenheten visar att den är inadekvat för bedömning av värmebalansen vid längre expositionstider (5, 6, 7). Vid lägre temperaturer övervärderas och vid högre undervärderas luftfuktighetens inverkan. Till en del kan detta förklaras av fuktabsorptionsfenomen i hud och beklädning (8). Den fysiologiska värmebildningsfaktorn negligeras och måste därför bedömas separat. En avsevärd förbättring av skalan gjordes av Bedford i London, när han i stället för lufttemperaturen introducerade globtemperaturen, så att strålningsförhållandena medtogs i bedömningen (9). Emellertid är inte heller Bedfords korrigerade effektiva temperaturskala ett bra värmebelastningsindex. Här i landet, där effektiva temperaturbegreppet inte på allvar slagit igenom, kan mycket förvirring på klimatfysiologiens område undvikas, om det får förbli oanvänt.

En jämfört med effektiva temperaturer avsevärt bättre bedömning av varma klimats belastningsverkan ger den engelska P4SR (Predicted 4 Hours' Sweat Rate) skalan från 1947. (10) Den är empiriskt grundad på ett tusental försök, där man i olika klimat har mätt svettning, kroppstemperatur och pulsfrekvens hos unga friska försökspersoner (militärpersonal) i vila och vid tunga arbeten samt med och utan kläder. De fysio-

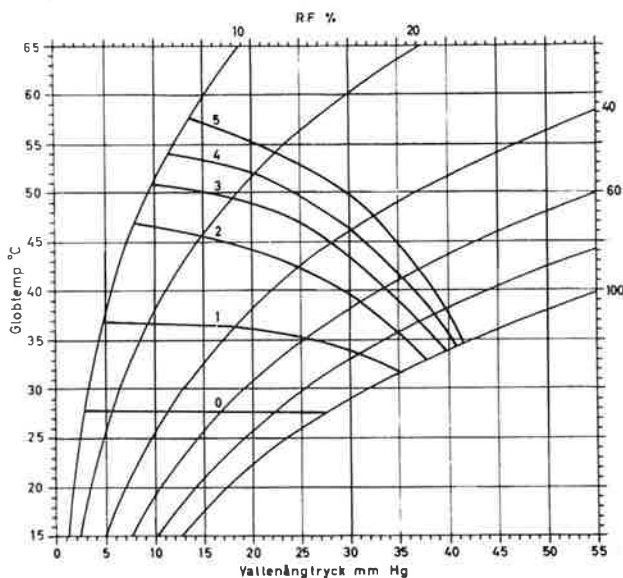


Fig. 3. P4SR-skala i  $t_p$ -diagram för klädd person i vila och luftfuktigheten 15 cm/sek. De nedåt höger böjda linjerna förenar temperatur och luftfuktigheter med lika värmebelastningsindex. De uppåt höger böjda linjerna anger relativa luftfuktigheten.

P4SR scale in  $t_p$  diagram for clothed person in repose, and an air temperature of 15 cm per sec. The lines bending downwards to the right combine temperatures and humidities with equal heat load index. The lines bending upwards give the relative humidity of the air.

P4SR-Skala im  $t_p$ -Diagramm für eine bekleidete Person in Ruhe bei einer Luftgeschwindigkeit von 15 cm/sek. Die nach rechts abwärts gebogenen Linien vereinigen Temperaturen und Luftfeuchtigkeiten mit gleichem Wärmebelastungsindex. Die nach rechts aufwärts gebogenen Linien geben die relative Luftfeuchtigkeit an.

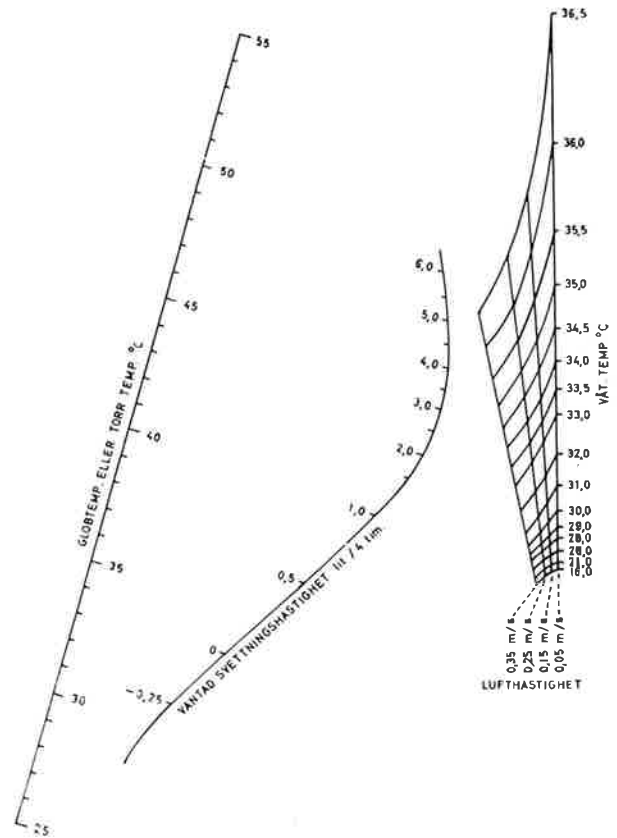


Fig. 4. Originalnomogrammet för beräkning av P4SR ur globtemperatur, våt temperatur och luftfuktighet. En linje från rådande globtemperatur (vänstra skalan) till rådande våt temperatur på den av de högra skalorna som svarar mot luftfuktigheten skär den i mitten belägna P4SR-skalan vid det sökta värdet. Enligt en särskild tabell korrigeras för arbete och beklädning m. m.

Original nomogram for the calculation of P4SR from the globe temperature, wet temperature and air speed. A line from the prevailing globe temperature (lefthand scale) to the prevailing wet temperature on the scale on the right that corresponds to the air speed will cut the P4SR scale in the middle at the sought value. Corrections for work and clothing etc. are made according to a special table.

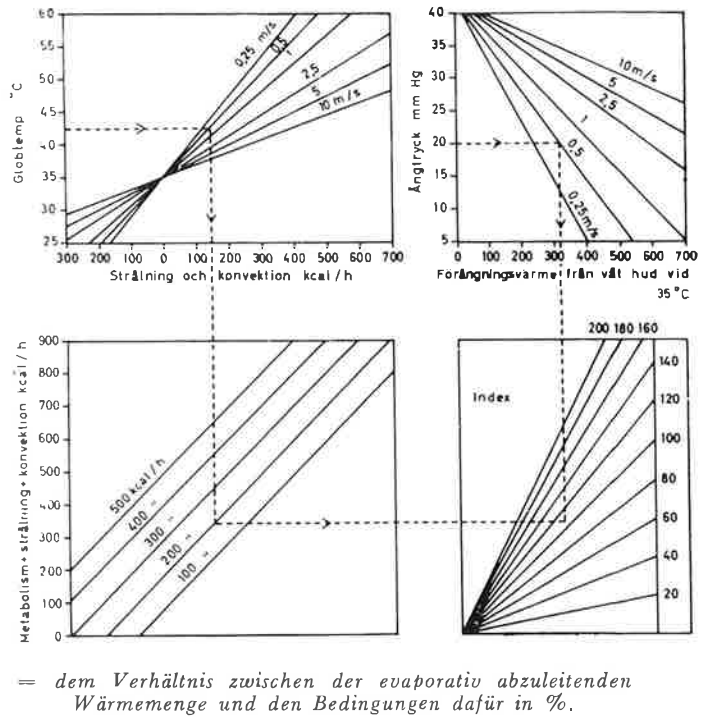
Originalnomogramm für die Berechnung von P4SR aus Globustemperatur, feuchter Temperatur und Luftgeschwindigkeit. Eine von der herrschenden Globustemperatur (linke Skala) zur herrschenden feuchten Temperatur auf derjenigen der rechten Skalen, die der Luftgeschwindigkeit entspricht, gezogene Linie schneidet die in der Mitte gelegene P4SR-Skala bei dem gesuchten Wert. Gemäss einer besonderen Tabelle erfolgt Korrektur hinsichtlich Arbeit und Bekleidung.

logiska reaktionerna, främst mängden producerad svett per 4 timmar (vilken har givit namn åt skalan) har korrelerats till klimatdata innefattande de väsentliga variablerna omgivningstemperatur (mätt som globtemperatur), luftfuktighet (våt temperatur) och luft rörelse hastighet. För en bestämd arbetsnivå, beklädning och luftfuktighet kan P4SR-skalan överskådligt presenteras i ett  $t_p$ -diagram enligt fig. 3. Den fullständiga skalan ges av författarna i ett (nödvändigtvis ganska komplicerat) nomogram enligt fig. 4. P4SR-skalan, som hittills är föga använd utanför Storbritan-

Fig. 5. Belding o. Hatch's "Heat Stress Index" skala. Den ur det övre vänstra diagrammet erhållna torra värmetransporten (bestämd av globtemperatur och lufthastighet), subtraheras eller adderas i den nedre vänstra till den fysiologiska värmeproduktionen. Det övre högra diagrammet ger ut vatten-, ångtrycks- och lufthastighetsvärdena betingelserna för evaporativ avkylning. Det nedre högra diagrammet ger det sökta index = förhållandet mellan den värmemängd som evaporativt skall bortföras och betingelserna därför i %.

*Belding and Hatch's Heat Stress Index scale. The dry heat transport obtained from the upper lefthand diagram (and determined by the globe temperature and the air speed) is subtracted or added in the lower lefthand diagram to the physiological heat production. The upper righthand diagram gives, from the water vapour pressure and air speed values, the conditions for evaporative cooling. The lower righthand diagram gives the required index, which equals the relation between the amount of heat to be evacuated by evaporation and the conditions for this in %.*

*Belding und Hatch's "Heat Stress Index" Skala. Der aus dem oberen linken Diagramm erhaltene Wärmetransport (bestimmt aus Globustemperatur und Luftgeschwindigkeit) wird von der physiologischen Wärmeproduktion im unteren linken Diagramm subtrahiert oder zu ihr addiert. Das obere rechte Diagramm gibt aus den Wasserdampfdruck- und Luftgeschwindigkeitswerten die Bedingungen für evaporative Kühlung. Das untere rechte Diagramm gibt den gesuchten Index*



niens gränser, kan anses ha bevisat sin användbarhet enligt flera efterundersökningar (11, 12, 13, 14). Det rent empiriska förfarandet vid dess konstruktion utsluter många felkällor i form av obestyrkta antaganden m. m. De erhållna siffrorna är ett adekvat mått på klimatets fysiologiska inverkan och ger direkt uppfattning om bl. a. erforderlig vätske- och salttillförsel. Nackdelar är, att skalan inte kan tillämpas på små värmebelastningar, där svettning inte förekommer, och att det är en relativt tidsödande procedur att med hjälp av nomogrammet och tillhörande korrektionstabeller utföra en klimatbedömning. Dessutom är det komplicerat att bedöma klimatfaktorernas inverkan var för sig.

En intressant bedömningsskala för värmebelastning har 1956 publicerats i USA av Belding och Hatch. (15) Den belyser utmärkt gången i en värmebalansbedömning. Fig. 5 visar det diagram i vilket skalan är sammanfattad. Ur omgivningstemperatur och lufthastighet beräknas storleken och riktningen av den torra värmetransporten, som sedan subtraheras från eller adderas till den fysiologiska värmebildningen, varigenom behovet av evaporativ avkylning erhålles. Med kännedom om lufthastighet och vattenångstryck i luften beräknas den maximalt möjliga transporten från huden genom avdunstning. Förhållandet i % mellan behovet av och möjligheterna för evaporativ kylning är det "Heat Stress Index", som skall ange värmebelastningen. Man bör observera, att dessa beräkningar förutsätter kännedom om hudtemperaturen, som vid dessa beräkningar förutsattes = 35° C. Detta är uppenbarligen en ganska grov approximation och kan med-

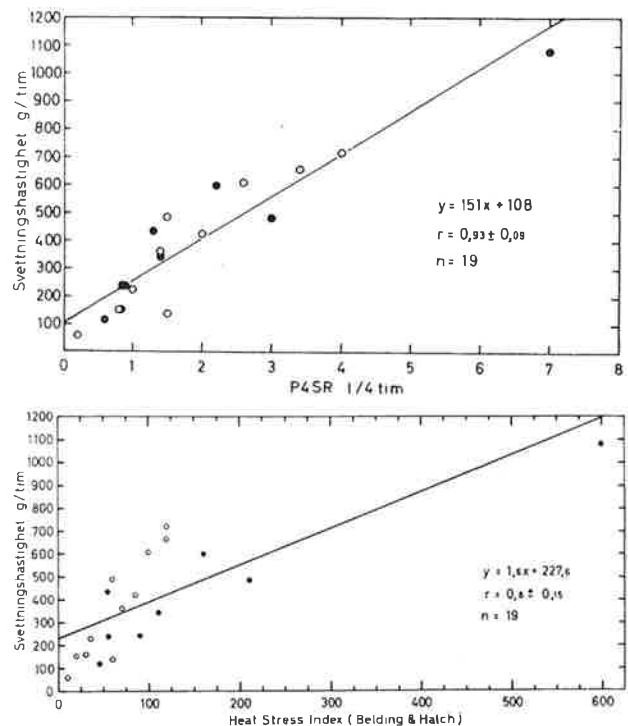


Fig. 6. Sambandet mellan a) P4SR, b) Belding-Hatch Index och experimentellt uppmätt svettning i en försöksserie. Fuktiga klimat (fyllda ringar) tycks med Belding-Hatch skalan i motsats till P4SR skilja sig från de torra.

*The relation between a) P4SR and b) the Belding-Hatch index and experimentally measured sweating in a test series. Humid climates (filled-in rings) seem to differ from dry ones according to the Belding-Hatch scale, as opposed to P4SR.*

*Zusammenhang zwischen a) P4SR, b) Belding-Hatch Index und experimentell gemessenem Schwitzen in einer Versuchsserie. Feuchte Klimata (gefüllte Ringe) scheinen mit der Belding-Hatch Skala im Gegensatz zu P4SR sich von den trockensten zu unterscheiden.*

föra avsevärda fel, eftersom vattenångans maximitryck i detta område varierar starkt med temperaturen (10 mm Hg från 32 till 37° C). Ingen hänsyn togs till svettningens variabla verkningsgrad, vilken är av betydelse vid stora värmebelastningar. Beklädnadsfaktorn anses vara negligibel, vilket den kan vara men inte alltid är. Föga erfarenhet finns ännu om skalans praktiska värde. Vissa egna undersökningar (13) antyder att den är något underlägsen P4SR-skalan (se fig. 6). Den är en teoretisk konstruktion, baserad på många tidigare undersökares arbeten, och saknar hittills full experimentell bekräftelse. Belding—Hatchskalans klarhet och lätthanterlighet är tilltalande och tillgängliga data tycks visa att den är åtminstone den effektiva temperaturskalan vida överlägsen. Den erbjuder goda möjligheter till eventuella modifikationer

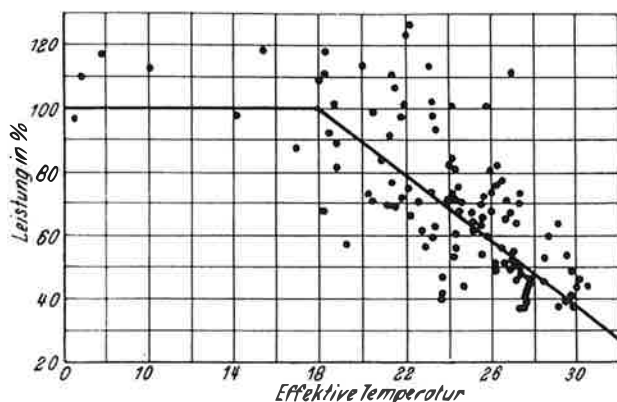


Fig. 7. Sambandet enligt Hasse (16) mellan effektiv temperatur (x-axeln) och fysisk prestationsförmåga (y-axeln).

Relation according to Hasse (16) between effective temperature (x axis) and physical performance (y axis).

Zusammenhang gemäss Hasse (16) zwischen effektiver Temperatur (x-Achse) und physischem Leistungsvermögen (y-Achse).

med hänsyn till kommande experimentella resultat. Under svettningsgränsen är den uppenbarligen inte användbar.

#### Klimatets inverkan på prestationsförmågan

Det viktigaste ledet i det klimatologiska arbetet är bedömningen av klimatets inverkan på komfort och prestationsförmågan, men härför fordras först och främst adekvata fysikaliska angivelser. Mycket av det arbete, som hittills nedlagts på detta område är svårt att fullt utnyttja, då den uppenbarligen inadekvata effektiva temperaturskalan varit dess grundval. Ett flertal undersökningar, bl. a. av Hasse (16), Vernon och Bedford (17) m. fl. visar att temperaturhöjning över en viss gräns sänker den fysikaliska prestationsförmågan. Det kritiska värdet uppges till 18—22° C effektiv temperatur. Se fig. 7. Av Vernon (refererad i 17) visades redan omkring 1920, att produktionen i

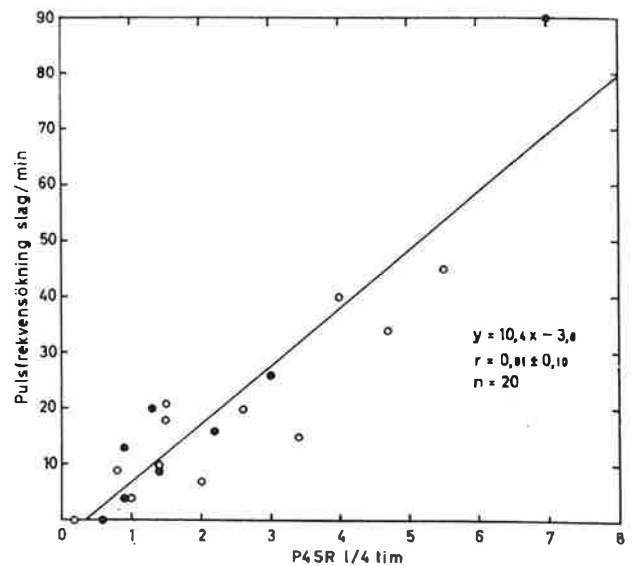


Fig. 8. Sambandet enligt egna försök (13) mellan pulsfrekvensökning från början till slutet av en 90 min. exposition och P4SR.

Relation according to writer's own experiments (13) between increase in pulse rate from beginning to end of a 90 minute exposure and P4SR.

Zusammenhang gemäss eigenen Versuchen (13) zwischen Pulsfrequenzhöhung von Anfang bis Ende einer 90-minütigen Exponierung und P4SR.

vissa varma industrier varierade med månadsmedeltemperaturen. Sälunda var i ett engelskt tunnplåtsvalsverk produktionen i augusti 10 % lägre än i december utan att annan rimlig förklaring än temperaturen kunde upplettas. I alla dessa undersökningar är klimatangivelserna tyvärr ofullständiga och arbetets tyngd icke fullt definierad, varför en närmare bedömning är omöjlig.

I egna undersökningar (13) studerades med utgångspunkt från P4SR-skalan klimatets inverkan på cirkulationssystemet. Resultatet av dessa undersökningar blev att märkbar påverkan på cirkulationssystemet förelåg om P4SR-värdet översteg 0,5—1. (Se fig. 8 och 9.) Med stigande P4SR-värde tilltog påverkan för att vid 4,5 nå sådan styrka, att kollaps hotade. Motsvarande resultat beträffande toleransgränsen anges också av P4SR-skalans upphovsmän och av forskare som senare använt den i industrihygieniskt arbete (18).

Toleransgränsen P4SR = 4,5 gäller för unga friska män (20—30 år) och måste reduceras för äldre personer. Vid högre ålder inträder nämligen svettning senare, så att värmeackumuleringen och därmed påfrestningen på cirkulationssystemet blir större. Detta kan direkt mätas i form av större blodflöde i huden hos äldre jämfört med yngre i samma klimat (19). Dessutom är troligen värmeteroleransen lägre hos fysiskt otränade än hos vältränade individer. Ett defekt cirkulationssystem exempelvis hos hjärtsjuka eller personer med högt blodtryck etc. är känsligare för extra



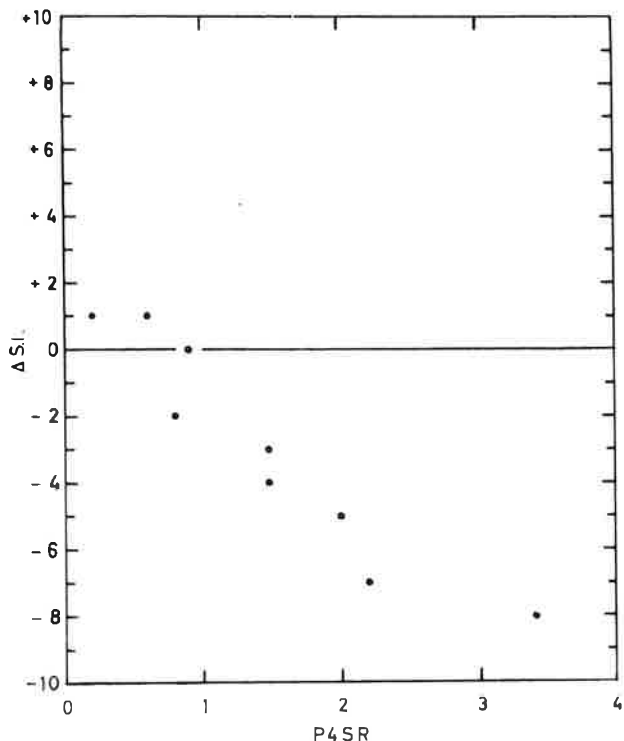


Fig. 9. Sambandet enligt egna försök (13) mellan ändringarna i fysisk prestationsförmåga ( $\Delta SI$ ) från början till slutet av en 90 min. exposition och P4SR. Prestationsförmågan anges av ett index så konstruerat, att 10 enheters sänkning innebär mycket uttalad prestationsnedsättning.

*Relation according to writer's own experiments (13) between change in physical performance ( $\Delta SI$ ) from beginning to end of a 90 minute exposure and P4SR. Performance was given by an index so designed that a decrease of 10 units indicates a very marked fall-off in performance.*

*Zusammenhang gemäss eigenen Versuchen (13) zwischen der Änderung im physischen Leistungsvermögen ( $\Delta SI$ ) von Anfang bis Ende einer 90-minütigen Exposition und P4SR. Die Leistungsfähigkeit ist durch einen Index angegeben, der so konstruiert ist, dass die Senkung um 10 Einheiten stark ausgesprochene Leistungsverminderung bedeutet.*

belastning, och också till detta måste man ta hänsyn. Från engelsk sida (18) har man föreslagit P4SR = 3 liter som en praktisk gräns för längre arbeten. Komfortgränsen kan anses ligga vid eller något under P4SR = 0 d. v. s. ingen svettning skall behöva förekomma.

Frågan om klimatets inverkan på den mentala prestationsförmågan är omstridd och svårlöst. Om inte intimt samarbete mellan psykologer och fysiologer upprätthålles vid arbete på detta område seglar man mellan Scylla i form av inadekvat klimatbedömning och Karybdis i form av bristfällig testteknik etc. Delvis på grund härav har litteraturen på detta område för närvarande ej sällan en viss karaktär av vrakgods. Med den reservation för egen del, som följer av ovanstående kan några resultat refereras. Studier av Mackworth (ref. i 17) över felslagsfrekvensen hos radiotelegrafister, som fick arbeta i olika klimat

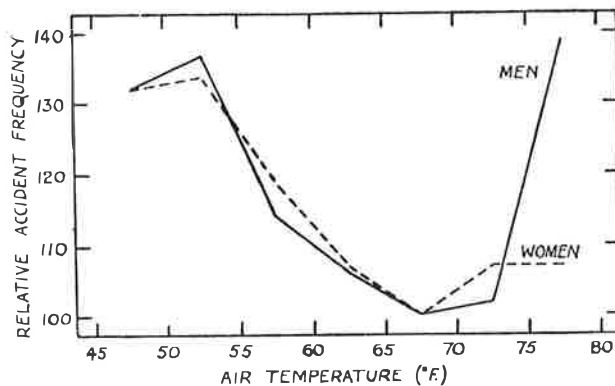


Fig. 10. Sambandet enligt Vernon (17) mellan olycksfallsfrekvens i relativt mått och lufttemperatur i engelska ammunitionfabriker under första världskriget.

*Relation according to Vernon (17) between frequency of accidents, in relative measures, and air temperature, in English munition factories during the first world war.*

*Zusammenhang gemäss Vernon (17) zwischen der Unglücksfallfrequenz in relativen Mass und Lufttemperatur in englischen Munitionsfabriken während des ersten Weltkrieges.*

visade, att denna vid höjning av den effektiva temperaturen från 20° C till 36° C steg från 12 till 95 fel per timme. De från början skickligaste individerna påverkades mindre (från 3 till 6 fel per timme) medan de minst skickliga påverkades starkt (från 31 till 175 fel per timme). Felslagsfrekvensen ökade med expositionstiden. En annan intressant studie på detta område är Vernons (ref. i 17) iakttagelse från engelska ammunitionfabriker under första världskriget, där olycksfallsfrekvensen visar en temperaturvariation och stiger på båda sidor om ett minimum vid 18—23° C rumstemperatur. Se fig. 10. Motsvarande tendens har senare konstaterats inom andra industrier. Ett antal undersökningar med olika psykologiska testmetoder har gjorts under de senaste åren, tyvärr med högst motsägande resultat. I närheten av den fysiologiska toleransgränsen visar praktiskt taget alla prestationsnedsättningar, jämförbara med dem, som massiv berusning ger. Vid låga värmebelastningar visar somliga ingen, andra betydande prestationsnedsättningar, allt beroende på olika metodik och försöksbetingelser. Mera komplicerade funktioner tycks drabbas snabbare och hårdare. Likaså tycks tendensen vara genomgående, att de från början skickligaste visar den minsta prestationsnedsättningen. En litteraturöversikt på detta område har nyligen publicerats av Provins i Oxford (20). Denne, som är psykolog samarbetar med fysiologerna vid Medical Research Councils institution för forskning över klimatverkan på arbetseffektiviteten. Det är att hoppas, att ur detta samarbete nya och säkrare rön med tiden skall resultera. Redan nu kan det anses otvivelaktigt, att värmebelastning inverkar menligt på de mentala prestationerna. Omfattningen och arten av inverkan behöver emellertid studeras åtskilligt mera för att klarläggas.

## Referenser:

1. *Givoni, B.*: Personligt meddelande.
2. *Löfstedt, B.*: Vindgenomsläpplighet, värmeisolation och fukttransmissionsförmåga hos beklädnadsmaterial. Manuskrift 1961.
3. *Houghten, F. C., Yaglou, C. P.*, Determining equal comfort lines. *Trans. Amer. Soc. Heat. and Ventil. Engrs.*: 29:163, 1923.
4. *Yaglou, C. P., Miller, W. E.*: Effective temperature with clothing. *Trans. Amer. Soc. Heat. and Ventil. Engrs.*: 31:89, 1925.
5. *Clickman, N., Inouye, T., Keeton, R., Fahnestock, M.*: Physiologic examination of the effective temperature index. *Trans. Amer. Soc. Heat. and Ventil. Engrs.* s. 1380, 1950.
6. *Robinson, S., Turrel, E. S., Gerking, S. D.*: *Amer. J. of Physiology* 142, 121, 1945.
7. *Eichna, L. W., Ashae, W. F., Bean, W. B., Shelley, W. B.*: *J. Industr. Hygiene*, 27:59, 1945.
8. *Ronge, H. E., Löfstedt, B. E.*: Luftfuktighetens värmeverkan och effektiv temperatur. Hur varma är kläder vid olika luftfuktighet? *VVS*, 9 resp. 11, 1957.
9. *Bedford, T.*: Environmental warmth and its measurements. War memorandum 17. His Majesty's Stationary Office, London, 1946.
10. *McArdle, B., Dunham, W., Holling, H. E., Ladell, W. S. S., Scott, J. W., Thomson, M. L., Weiner, J. S.*: The prediction of the physiological effects of warm and hot environments. *Roy. Nav. Pers. Res. Comm. Med. Res. Council*, London. Report no: 47—391, 1947
11. *Smith, F. E.*, Indices of Heat Stress. *Med. Res. Conc. Mem.* 29, Her Majesty's Stationary Office, London, 1955.
12. *Lind, A. R., Hellon, R. F.*: Assessment of physiological severity of hot climates. *J. appl. physiology* 1:35, 1957.
13. *Löfstedt, B. E.*: Människans tolerans för höga temperaturer och luftfuktigheter. En experimentell jämförelse av beklädnadsalternativ. *Nordisk Hygienisk Tidskrift*, Nov. 1961.
14. *Givoni, B.*: Personligt meddelande.
15. *Belding, H. S., Hatch, T. F.*: Index for evaluating heat stress in terms of resulting physiological strains. *Trans. Amer. Soc. Heat. and Ventil. Engrs.* 1956.
16. *Hasse, A.*: Citerad i *Lehman, G.*: *Praktische Arbeitsphysiologie*. Thieme, Stuttgart, 1953.
17. *Bedford, T.*: Basic principles of ventilation and heating. *Lewis*, London, 1948.
18. *Lind, A. R.*: The effect of heat on the industrial worker. *Ann. Occup. Hyg.*: 2:190—207, 1960. Pergamon Press, London, 1960.
19. *Hellon, R. F., Lind, A. R., Weiner, J. S.*: The physiological reactions of men of two age groups to a hot environment. *J. Physiol.* 133:132, 1956.
20. *Provins, K. A.*: Environmental conditions and driving efficiency: a review. *Ergonomics* 2:97, 1958.

## SUMMARY

UDC 613.1

LÖFSTEDT, B. E.: The effect of hot climates on human comfort and performance. *VVS* 32 (1961). No. 11. P. 391—398. 10 figures.

The modern study of hygiene is frequently concerned with the question of comfort. Heat loads that are bearable but beyond the limit of comfort lead to a reduction in performance. Research in this field is thus frequently called for also for economic reasons.

The most important physiological factor affecting heat load is the level of work. Between repose and heavy physical work the generation of heat varies from c. 90 to 400 kcal per hour. If the emission of heat is insufficient the temperature of the body and the blood rises. The body's temperature-regulating mechanism brings about first a widening of the blood vessels of the skin, and then a secretion of sweat. The latter can amount to 1 litre per hour, corresponding to 600 kcal per hour. At the same time the widening of the bloodvessels reaches a point where the reserve capacity of the circulation system is fully drawn on. Further work or additional heat load lead to a collapse.

The environmental factors concerned are the air and radiation temperatures, the sum of which is usually well given by the globe thermometer (Fig. 1), the speed of air movement, and the humidity of the air.

Humidity is of decisive importance at high temperatures, but without importance at low. The speed of air

movement can tend to raise or lower the heat load, depending whether the effect of increased evaporation or the effect of increased dry heat transport to the body (if the temperature of the air is higher than that of the body) predominates.

The thermal insulation of the clothing increases the heat load if the environmental temperature is lower, and decreases it if this temperature is higher than that of the body. The absorption of humidity in the textile fabric captures water that would otherwise be evaporated at once. The transport of humidity by capillary effect and hygroscopic absorption shifts the point of evaporation of this sweat to the surface of the clothing. As a result of the intervening thermal insulation, the thermal efficiency of the sweat can drop to 50 % (1). It is the permeability to water vapour that decides the maximum wet heat transport possible. In normal suiting fabrics one can expect a transport of 20 g water vapour per sq. m. per hour and mm Hg. (2).

A good scale for climatic assessment will include the relevant environmental, clothing and physiological factors. Schematisation and individual variations give an inevitable element of uncertainty. Effective temperature (3, 4), see Fig. 2, does not take into account the radiation of heat or the level of work. It overvalues the humidity of the air at low heat loads and undervalues it at high (5, 6, 7). This can be explained by the absorption phenomenon in skin and clothes (8). A definite, but insufficient, improvement is Bedford's (9) introduction of the globe temperature. See Figs. 3 and 4.

The P4SR scale (10), see Figs. 3 and 4, is purely empirical. It includes all the relevant variables. Its measure of load is the average sweat production during 4 hours of exposure. The reliability of the scale has been confirmed in several later experiments (11, 12, 13, 14). It cannot, however, be used for low heat loads.

Belding and Hatch's Heat Stress Index (15) is an interesting and modern theoretical construction. See Fig. 5. Index = the relation between required and possible evaporative cooling. The scale has certain didactic advantages. It ignores, however, the clothing factor and assumes a constant skin temperature, which can involve considerable error. Little experimental knowledge of this scale has been obtained. The writer's own studies (13) suggest its inferiority to the P4SR scale. See Fig. 6. It is clearly superior to effective temperature.

Earlier studies of the influence of heat load on physical performance are difficult to make use, as an inadequate criterion of climate, the effective temperature, was often used. They do, however, demonstrate that a performance-restricting effect exists (16, 17). This restriction seems to begin above an effective temperature of 18—22° C. See Fig. 7. Vernon (ref. in 17) showed as early as in 1920 that production in certain industries decreased with a rising temperature. The writer's own studies (13) on the basis of a P4SR scale show a fall in circulatory condition at P4SR > 0.5 and a very marked deterioration at P4SR > 4.5 See Figs. 8 and 9. P4SR = 3 is given as a practical limit of tolerance (18).

Older persons have a worse tolerance than younger (19), and physical condition probably plays some part. The limit of comfort can be considered to be  $P4SR = 0$ .

The influence of heat load on mental performance is difficult to assess, and cooperation between psychologists and experts on climatic physiology is needed. Some restriction of performance can be considered with fair certainty to exist. This is suggested by i.a. Mackworth's (ref. in 17) studies on percentages of error and speed in telegraphy and Vernon's studies on the dependence on temperature of the frequency of industrial accidents (ref. in 17). See Fig. 10. A number of studies with various kinds of artificial experiment point in the same direction, as is clear from Provins' survey of the literature in this field (20).

## AUSZUG IN KURZFASSUNG

DK 613.1

LÖFSTEDT, B. E.: Einwirkung warmen Luftklimas auf Wohlbefinden und Leistungsfähigkeit des Menschen. VVS (1961) Nr. 11, Seite 391-398. 8 Seiten, 10 Abbildungen.

Moderne Hygiene richtet sich häufig auf Probleme des Komforts. Wärmebelastungen, die im Rahmen des Erträglichen aber jenseits der Komfortgrenze liegen, führen zu Einschränkungen im menschlichen Leistungsvermögen. Hier liegt der Grund, weshalb Forschung auf diesem Sektor oft auch wirtschaftlich begründet ist.

Der wesentlichste auf die Wärmebelastung einwirkende physiologische Faktor ist das Arbeitsniveau. Die Wärmebildung schwankt zwischen Ruhe und schwerer körperlicher Arbeit von etwa 90 auf 400 kcal/Stunde. Bei unzureichender Wärmeabgabe steigt die Temperatur des Körperkernes und Blutes. Die die Temperatur regulierende Zentrale verursacht hierbei zuerst Erweiterung der Blutgefäße der Haut und anschliessend Schweißabscheidung. Letztere kann bis zu 1 Liter/Stunde betragen, was 600 kcal/Stunde entspricht. Gleichzeitig kommt die Erweiterung der Blutgefäße auf einen solchen Stand, dass die Reservekapazität des Kreislaufsystems voll ausgenutzt ist. Bei weiterer Arbeits- oder Wärmebelastung tritt Kollaps ein.

Die von der Umgebung her einwirkenden Faktoren sind Luft- und Strahlungstemperatur, die zumeist

vom Globusthermometer (Fig. 1) gemeinsam erfasst sind, sowie Geschwindigkeit der Luftbewegung und Luftfeuchtigkeit.

Während des, die Luftfeuchtigkeit bei hohen Temperaturen von beherrschender Bedeutung ist, ist sie bei niedrigen Temperaturen belanglos. Die Geschwindigkeit der Luftbewegung kann sich auf die Wärmebelastung sowohl erhöhend wie senkend auswirken, je nachdem, ob der Effekt verstärkter Verdunstung oder der Effekt erhöhten trockenen Wärmetransportes zum Körper überwiegt (wenn die Temperatur der Luft höher als die des Körpers ist). Die thermische Isolierung der Bekleidung erhöht die Wärmebelastung, wenn die Temperatur der Umgebung niedriger ist als sie, und sie senkt die Belastung, wenn genannte Temperatur höher ist als sie. Feuchtigkeitsabsorption im Textilmaterial entzieht Wasser der Verdunstung. Der Feuchtigkeitstransport infolge Kapillarwirkung und hygroskopischer Absorption verschiebt den Verdunstungspunkt für einen Teil des Schweißes zur Kleideroberfläche. Durch die zwischengeschaltete thermische Isolierung kann der thermische Wirkungsgrad des Schwitzens auf 50 % (1) absinken. Die Wasserdampfdurchlässigkeit bestimmt den maximal möglichen feuchten Wärmetransport. Bei normalen Kostümfällen kann man mit 20 g Wasserdampf/m<sup>2</sup> Stunde mm Hg (2) rechnen.

Eine gute Klimabeurteilungsskala soll die zutreffenden Umgebungs-, Bekleidungs- und physiologischen Faktoren einschliessen. Durch Schematisierung und individuelle Variationen ergibt sich eine gewisse unvermeidbare Unsicherheit. Die effektive Temperatur (3, 4), siehe Fig. 2, berücksichtigt nicht die Wärmestrahlung oder das Arbeitsniveau. Bei kleinen Wärmebelastungen überbewertet sie und bei grossen Wärmebelastungen unterbewertet sie die Luftfeuchtigkeit (5, 6, 7). Dies lässt sich durch das Absorptionsphänomen in der Haut und den Kleidern erklären (8). Eine gewisse, jedoch unzureichende Verbesserung bedeutet Bedford's (9) Einführung der Globustemperatur. Siehe Fig. 3 und 4.

Die P4SR-Skala (10), siehe Fig. 3 und 4, ist rein empirisch und schliesst sämtliche Variablen ein. Ihr Belastungsmass ist die durchschnittliche Schweißproduktion während 4-stündiger Exponierung. Die Zuverlässigkeit der Skala ist durch mehrere Nachuntersuchungen (11, 12, 13, 14) bekräftigt. Sie lässt sich nicht für niedrige Wärmebelastungen anwenden.

Bei Belding und Hatch's Heat Stress Index (15) handelt es sich um eine moderne und interessante theoretische Konstruktion. Siehe Fig. 5, Index = dem Verhältnis zwischen erforderlicher und möglicher evaporativer Kühlung. Die Skala hat didaktische Vorteile. Beträchtliche Fehler können dadurch entstehen, dass sie den Bekleidungsfaktor vernachlässigt und konstante Hauttemperatur annimmt. Es liegt nur geringe experimentelle Erfahrung vor. Eigene Untersuchungen (13) lassen auf ihre Unterlegenheit gegenüber P4SR schliessen. Siehe Fig. 6. Klar überlegen ist sie der effektiven Temperatur.

Ältere Untersuchungen der Einwirkung der Wärmebelastung auf das physische Leistungsvermögen lassen sich nur mit Schwierigkeit verwerten, da ihnen häufig inadäquate Klimabeurteilung, effektive Temperatur, zugrundeliegt. Sie zeigen jedoch, dass eine leistungseinschränkende Wirkung vorliegt (16, 17). Oberhalb der effektiven Temperatur 18–22° C scheint der Leistungsabfall einzusetzen. Siehe Fig. 7. Vernon (ref. in 17) wies bereits 1920 nach, dass in bestimmten Industrien die Produktion mit steigender Temperatur sank. Eigene, von der P4SR-Skala ausgehende Untersuchungen (13) zeigen eine Verschlechterung der Leistung des Kreislaufes bei  $P4SR > 0,5$  und eine starke Verschlechterung bei  $P4SR 4,5$ . Siehe Fig. 8 und 9. Als praktische Toleranzgrenze ist  $P4SR = 3$  (18) angegeben. Ältere Personen haben eine schlechtere Toleranz als jüngere (19), und vermutlich wirkt die physische Kondition ein. Als Komfortgrenze lässt sich  $P4SR = 0$  ansehen.

Die Einwirkung der Wärmebelastung auf das geistige Leistungsvermögen lässt sich nur schwer beurteilen. Notwendig ist Zusammenarbeit zwischen psychologischer und klimaphysiologischer Sachverständigenarbeit. Man kann mit Sicherheit annehmen, dass Leistungsverminderung vorliegt. Hierfür spricht u. a. das Ergebnis der Untersuchungen von Mackworth (ref. in 17) über Fehlerprozent und Geschwindigkeit bei Telegraphie sowie das Ergebnis der Untersuchungen von Vernon über den Zusammenhang zwischen Unglückshäufigkeit in der Industrie und der Temperatur (ref. in 17). Siehe Fig. 10. Wie aus Provins' Literaturübersicht hervorgeht, weist auch eine Reihe von Untersuchungen mit verschiedenen künstlichen Tests in diese Richtung.



- Särtryck Utgivare: Statens råd för byggnadsforskning
- 1957: 7. *Ronge, Hans och Löfstedt, Börje*. Strålningsdrag från kalla tak. Stockholm 1957. 8 s. Kr. 1:50.  
8. *Ronge, Hans och Löfstedt, Börje*. Luftfuktighetens värmeverkan och »effektiv temperatur». — Hur varma är kläder vid olika luftfuktighet? Stockholm 1957. 15 s. Kr. 2:50.  
11. *Klingberg, Lennart och Olsson, Eskil*. Krandagbok. En metod för arbetsstudier på tornsvängkranar. Stockholm 1957. 18 s. Kr. 2:—.
- 1958: 1. *Klingberg, Lennart, Olsson, Eskil m. fl.* Monterbara fasadställningar. Stockholm 1958. 27 s. Kr. 3:—.  
2. *Tynelius, Sven*. Parkeringsundersökning från luften med tillhjälp av stereobilder. Stockholm 1958. 13 s. Kr. 1:50.  
3. Uppsatser om golv. Stockholm 1958. 62 s. Kr. 3:—.  
6. *Saare, Erik*. Forskning om fukt i byggnadsmaterial. Stockholm 1958. 7 s. Kr. 2:—.
- 1959: 1. *Höglund, Ingemar m. fl.* Invändig ytbehandling i betonghus. Stockholm 1959. 11 s. Kr. 1:—  
2. *Backmark, Lennart, Blomgren, Boris, Jacobsson, Mejse och Månsson, Kurt*. Byggnadsverksamhet och bostadsförhållanden i Sovjetunionen. (Fyra artiklar.) Stockholm 1959. 48 s. Kr. 4:—.  
5. *Eneborg, Ingmar*. Driftundersökningar på små oljeeldade värmeanläggningar. Stockholm 1959. 7 s. Kr. 1:—.
- 1960: 2. *Jacobsson, Mejse*. Monteringsbyggeri i Europa. Stockholm 1960. 8 s. Kr. 1:50.  
3. *Mandorff, Sven*. Förinställningsberäkning — ett viktigt led i värmeanläggningens projektering. Stockholm 1960. 16 s. Kr. 3:—.  
4. *Eneborg, Ingmar*. Värmeutbytet vid sopeldning. (Två artiklar.) Stockholm 1960. 12 s. Kr. 3:—.  
5. *Westin, Olle*. Markeexploatering. Stockholm 1960. 7 s. Kr. 1:50.  
6. *Saare, Erik*. Åldringsbeständighet hos byggnadsmaterial av plast. Stockholm 1960. 8 s. Kr. 1:50.  
7. *Jacobsson, Mejse*. Byggnaders underhåll — ett viktigt forskningsområde. Stockholm 1960. 8 s. Kr. 2:—.  
8. *Tynelius, Sven*. Kan det äldre villabeståndet förnyas? Stockholm 1960. 4 s. Kr. 1:50.  
9. *Eneborg, Ingmar och Nilsson, Stig*. Problem kring soporna. Stockholm 1960. 7 s. Kr. 2:—.
- 1961: 2. *Nyquist, Ingemar resp. Jansson, Ingvar*. Den III internationella betongvarukongressen, Stockholm, 16—22 juni 1960. RILEM:s lättbetongsymposium, Göteborg, 20—23 juni 1960. (Två sammanfattningar.) Stockholm 1961. 8 s. Kr. 2:—.  
3. *Dirke, Lars*. Varmvattenförbrukning i lägenheter med och utan varmvattenmätare. Stockholm 1961. 12 s. Kr. 3:—.  
4. *Brandt, Ove*. Luft- och stegljudsisolering i monteringsbyggda bostadshus. Stockholm 1961. 8 s. Kr. 2:—.  
5. *Pleijel, Gunnar*. Fönsterglasens transmission av strålning från sol och himmel. Stockholm 1961. 8 s. Kr. 2:—.  
6. *Blomberg, Clas*. Matematisk-statistisk behandling av en stadsplaneprogno. Stockholm 1961. 4 s. Kr. 1:—.  
7. *Rasmussen, Poul*. 1. Försök med nersotning av en värmepanna. 2. Hur ofta lönar det sig att sota en värmepanna? — Nomogram för bestämning av optimala sotningsintervaller. Stockholm 1961. 5 + 7 s. Kr. 3:—.  
8. *Löfstedt, Börje*. Vertikal temperaturgradient och väggtemperatur — modellförsök i klimatkammare. Stockholm 1961. 8 s. Kr. 2:—.  
9. *Holm, Lennart*. Ett svenskt institut för byggnadsforskning. Stockholm 1961. 8 s. Kr. 1:—.  
11. *Brandt, Ove och Bring, Christer*. Stegljudsisolering och beständighet mot intryck hos golvbeläggningar på massivbjälklag av betong. Stockholm 1961. 13 s. Kr. 2:—.  
12. *Löfstedt, Börje och Ronge, Hans*. Strålningsdrag från en kall fönsteryta. Experimentell undersökning med värmeinflödesmätning. Stockholm 1961. 8 s. Kr. 2:—.  
13. *Trägårdh, Uno*. Korrosion på varmvattenrör inbäddade i betong. Stockholm 1961. 4 s. Kr. 2:—.
- 1962: 1. *Holm, Lennart*. Konsumtionsanpassade bostäder. Stockholm 1962. 11 s. Kr. 2:—.

**Pris kr. 2:—**

Distribueras av  
AB Svensk Byggtjänst  
Stockholm C · Pg. 540 33