

BOLIGOPVARMNINGSUDVALGETS MEDDELELSE NR. 10

VARMEAFGIVELSE VED
STRAALING OG KONVEKTION FRA
ET PAAKLÆDT MENNESKE

AF

LORENTS PEDERSEN

LABORATORIET FOR TEKNISK FYSIK
DANMARKS TEKNISKE HØJSKOLE

KØBENHAVN

1948

VARMEAFGIVELSE VED
STRAALING OG KONVEKTION FRA
ET PAAKLÆDT MENNESKE

AF

LORENTS PEDERSEN

Nærværende meddelelse nr. 10 om „Varmeafgivelse ved Straaling og Konvektion fra et paaklædt Menneske« er sammen med en afhandling om „Maaling med Termosøjle med «blank« Tragt« af det matematisk naturvidenskabelige Fakultet ved Københavns Universitet antaget til offentlig at forsvares for den filosofiske Doktorgrad.

KØBENHAVN

1948

Boligopvarmningsudvalgets Medlemmer
Members of the committee for the study of domestic heating.

Professor, dr. phil. August Krogh (formand),
Afdelingsingeniør Otto Juel Jørgensen (sekretær),
Professor F. C. Becker,
Overingeniør Carl Bruun,
Læge Sven Christiansen,
Civilingeniør J. Falck,
Direktør, Civilingeniør Gunnar Gregersen,
Vicedirektør, Civilingeniør P. Hempel,
Overlæge, Dr. phil. O. M. Henriques,
Professor E. S. Johansen,
Arkitekt Mogens Koch,
Civilingeniør A. von der Lieth,
Professor J. L. Mansa,
Direktør Niels Pedersen,
Overingeniør Carl U. Simonsen.

CONTRIBUTION NUMBER 10 FROM THE COMMITTEE FOR
THE STUDY OF DOMESTIC HEATING, COPENHAGEN

HEAT LOSS
BY RADIATION AND CONVECTION
FROM A CLOTHED MAN

BY

LORENTS PEDERSEN

COPENHAGEN

1948

Det i nærværende Beretning omhandlede Arbejde er fremkommet paa Initiativ af Civilingeniør Lorents Pedersen ved Teknologisk Institut, København, og er udarbejdet af denne paa Grundlag af de i Udvalgets Beretning Nr. 2 omtalte Undersøgelser.

Der er ikke i Udvalget fuld Enighed om Nøjagtighedsgraden af Arbejdets Hovedresultat, herunder Formlen $t_R = \frac{1,8 t_L + t_S}{2,8}$ og Størrelsen af den beregnede Straalingsoverflade for Termostaten J. H., men Udvalget ønsker at udtale, at Beretningen indeholder nye og interessante Betragtninger, der kan blive nyttige for fremtidig Forskning.

Udvalget ønsker derfor at offentliggøre dette Arbejde.

The investigation dealt with in this report has been undertaken by Mr. Lorents Pedersen, civil-engineer, of the Technological Institute, Copenhagen, on his own initiative and was worked out by him on the basis of the work described in the Committee's report no. 2.

The members of the Committee did not reach full agreement as to the exactness of the chief result of the report, viz. the formula $t_R = \frac{1,8 t_L + t_S}{2,8}$ and the dimension of the calculated radiating area of the thermostat, but the Committee wish to state that the report contains new and interesting ideas which may prove very useful to future research.

The Committee therefore wish to publish this report.

August Krogh

Formand.

Carl Bruun

Sven Christiansen

J. Falck

Gunnar Gregersen

P. Hempel

O. M. Henriques

E. S. Johansen

Otto Juel Jørgensen

Mogens Koch

A. von der Lieth

J. L. Mansa

Niels Pedersen

Carl U. Simonsen

Ovenstaaende er ikke tiltraadt af Professor *F. C. Becker*. Der henvises til Bemærkningerne Side 75.

INDHOLDSFORTEGNELSE

	Side
Forord	7
Afsnit 1. Varmeafgivelse ved Straaling og Konvektion fra Jernhenrik	9
Afsnit 2. Varmeafgivelse ved Straaling og Konvektion fra et paaklædt Menneske	23
Afsnit 3. Kortfattet Omtale af forskellige Undersøgelser vedrørende Varme- afgivelse af Straaling og Konvektion fra et Menneske	63
Resumé	68
Summary	70
Litteraturfortegnelse	74

Forord

Boligopvarmningsudvalget har lige fra sin Nedsættelse i 1938 betragtet det som en Hovedopgave at undersøge det for Boligopvarmningen saa fundamentale Spørgsmaal om Fordelingen af et Menneskes Varmeafgivelse paa Straaling og Konvektion.

Paa Grund af Krigen blev dette Spørgsmaal imidlertid ikke straks taget op til Undersøgelse, idet man fandt, at Krigssituationen gjorde det ønskeligt først at foretage en Række Undersøgelser vedrørende Isolering i Forbindelse med diskontinuerlig Opvarmning, saaledes som beskrevet i Boligopvarmningsudvalgets Meddelelse Nr. 2.

Disse Isoleringsforsøg i Forbindelse med nogle supplerende Forsøg, hvor alle Overflader i Forsøgsrummet var beklædt med Aluminiumsfolie, har imidlertid givet Grundlag for Udførelse af en Beregning af Varmeafgivelsen ved Straaling og Konvektion fra den til Maaling af Opvarmningstilstanden ved Forsøgene benyttede Termostat Jernhenrik.

Jeg vil gerne her rette en Tak til Boligopvarmningsudvalget bl. a. for dets Beredvillighed til at lade udføre de omtalte supplerende Forsøg, og særlig vil jeg takke de to Mænd, som fremfor nogen har været den drivende Kraft inden for Udvalget, nemlig dettes Formand Professor, Dr. phil. A. Krogh og dets Sekretær Afdelingsingeniør O. Juel Jørgensen. Endvidere ønsker jeg her at bringe Dr. phil. Marius Nielsen en Tak for at have bragt mig Forstaaelsen af, at det i høj Grad var paakrævet at udføre yderligere Undersøgelser af Spørgsmaalet om Varmeafgivelse ved Straaling og Konvektion bl. a. ved, efter Hjemkomsten fra en Studierejse i Amerika i 1939, at gøre opmærksom paa den Uoverensstemmelse, der var imellem Forsøgsresultaterne fra Du Bois' Laboratorium i New York og fra John B. Pierce Laboratoriet i New Haven.

Det er mit Haab, at nærværende Undersøgelse kan give et positivt Bidrag til Løsning af det behandlede Spørgsmaal; men jeg er klar over, at Spørgsmaalets Betydning for Boligopvarmningen gør Udførelse af yderligere Forsøg med Anvendelse af Forsøgspersoner ønskelig.

Lorents Pedersen.

Afsnit 1.

Varmeafgivelse ved Straaling og Konvektion fra Jernhenrik.

I Boligopvarmningsudvalgets Meddelelse Nr. 2 er der beskrevet en Række Forsøg i et Forsøgsrum, i hvilket man har varieret Lufttemperatur og Overfladetemperaturer (Straalingstemperaturer) i Forhold til hinanden, men saaledes at Rummets kaloriske Opvarmningstilstand med Hensyn til en midt i Rummet anbragt Termostat var den samme i alle Forsøgene. Termostaten, hvis Overflade var udformet som et Menneske med en Højde af 1,80 m, var paaklædt, og dens gennemsnitlige „Hudtemperatur“ blev under Forsøgene holdt konstant lig med $33,4^{\circ}$ C. Denne Termostat kaldet Jernhenrik er iøvrigt nærmere beskrevet i ovennævnte Meddelelse 2. Med disse Forsøg som Grundlag skal i det følgende beregnes den stedfundne Varmeafgivelse ved Straaling og Konvektion fra Jernhenrik.

Jernhenriks Klædedragt bestod af almindelig indendørs Herrebeklædning (Vinterklædedragt) med lange Underbenklæder og langærmet Undertrøje af Bomuld, Uldsokker, Bomuldsskjorte med blød Flip samt en Kamgarnshabit. Jernhenrik var ikke iført Fodtøj, men var anbragt staaende paa 2 Stk. 12 mm tykke Isoleeringsplader af Træfiber, der laa paa Forsøgsrummets Bræddegulv. Fig. 1 viser Jernhenrik anbragt i Forsøgsrummet.

Jernhenriks Hudtemperatur blev maalt med 20 Stk. Termoelementer, der var anbragt som vist i Fig. 2. Temperaturfordelingen fremgaar af Tabel 1, hvor der desuden er anført et Eksempel paa Hudtemperaturfordelingen*) paa et paaklædt og et nøgent Menneske under saadanne ydre Temperaturforhold, at

*) C. E. A. Winslow, L. P. Herrington and A. P. Gagge: „The relative influence of radiation and convection upon the temperature regulation of the clothed body“. Am. J. Physiol., 1938.



Fig. 1. Termostaten Jernhenrik.

Artificial man (thermostat) in test room.

den gennemsnitlige Hudtemperatur afvejet efter Arealernes Størrelse var $33,4^{\circ}$ C. Dette svarede til Rumtemperaturer paa ca. 24° C og ca. $29,5^{\circ}$ C, henholdsvis for det paaklædte og det nøgne Menneske.

Jernhenriks Overfladetemperatur uden paa Klædedragten er ikke blevet maalt ved alle de udførte Forsøg i Forsøgsrummet, men da saavel Jernhenriks „Hudtemperatur“ som Varmeafgivelse har været holdt konstante, og da der til samme Varmeafgivelse svarer samme Temperaturdifferens imellem Klædedragtens Inderside og Yderside, maa ogsaa Jernhenriks Overfladetemperatur uden paa Klædedragten have været den samme ved de forskellige Forsøg.

Maalesteder paa Jernhenrik

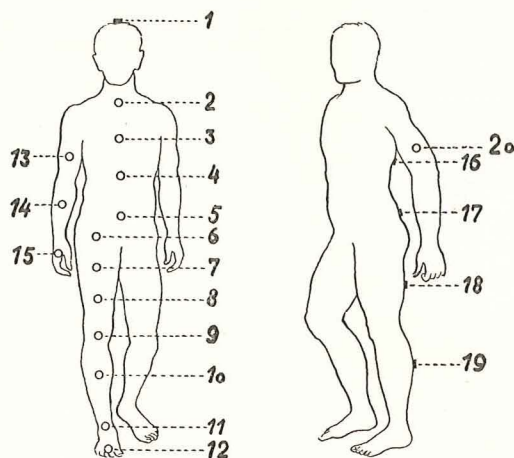


Fig. 2. Maalesteder under Klædedragten.
Application of thermocouples on J. H. (artificial man)

Man har ved tre Maalinger maalt de i Tabel 2 under I, II og III angivne Overfladetemperaturer paa Jernhenrik ved en „Hudtemperatur“ paa $33,4^{\circ}$ C og en Varmeafgivelse fra Jernhenrik paa $73,0$ kcal/h. Disse Maalinger udførtes ved Hjælp af en Termosøjle, hvis Galvanometerudslag blev sammenlignet med de Udslag, som forekom ved efterhaanden at sigte mod to Sortlegemer med forskellige, kendte Temperaturer, hvorved Overfladetemperaturen af Klædedragten kunde bestemmes*). Overfladetemperaturen blev maalt i 46 Maalefelter, hvis Placering fremgaar af Fig. 3, og hvis Størrelse var ca 20×20 cm².

Det fremgaar af Tabel 2, at Jernhenriks gennemsnitlige Overfladetemperatur var $23,6^{\circ}$ C.

Jernhenriks Varmeafgivelse Q_s ved Straaling kan bestemmes af:

$$Q_s = F_1 \cdot c_1 \left[\left(\frac{273 + t_{JH}}{100} \right)^4 - \left(\frac{273 + t_s}{100} \right)^4 \right] \text{ kcal/h} \dots \dots \dots (1)$$

hvor F_1 = Jernhenriks effektive Straalingsoverflade i m²,

c_1 = Overfladens Straalingstal i kcal/m²h (100° K)⁴,

t_{JH} = Jernhenriks Overfladetemperatur i °C og

t_s = Omgivelsernes Middelstraalingstemperatur maalt fra Jernhenrik i °C.

*) Se Boligopvarmningsudvalgets Meddelelse Nr. 7. Dr. phil. Marius Nielsen: Undersøgelser over Hudens Varmeudstraalingsevne. København 1948.

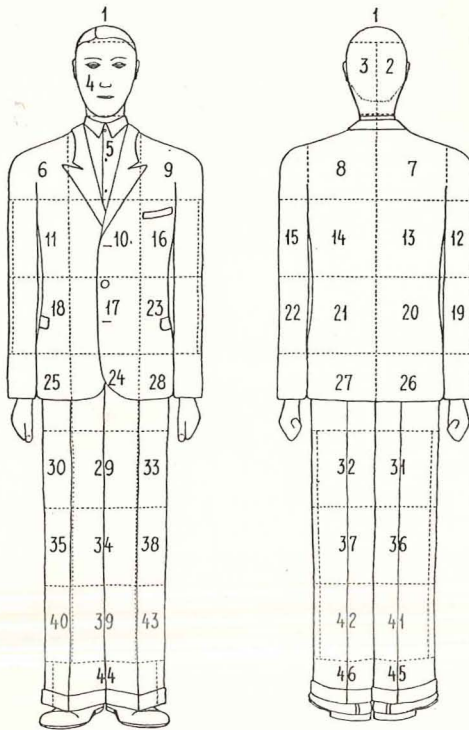


Fig. 3. Maalefelter for Maaling af Jernhenriks Overfladetemperatur.

Areas for measuring of surface temperature of clothing.

Klædedragtens Straalingstal er maalt efter den af Dr. phil. Marius Nielsen angivne Metode*) til ca. 95 % af et absolut sort Legemes Straalingstal, d. v. s. $c_1 = 4,71 \text{ kcal/m}^2 \text{ h (100}^\circ\text{K)}^4$.

Jernhenriks Varmeafgivelse Q_K ved Konvektion kan bestemmes af:

$$Q_K = F_2 \cdot \alpha_K (t_{JH} - t_L) \text{ kcal/h} \dots\dots\dots (2)$$

hvor $F_2 =$ Jernhenriks Konvektionsoverflade i m^2

$\alpha_K =$ Overgangstallet ved Konvektion i $\text{kcal/m}^2\text{h}^\circ \text{C}$.

$t_{JH} =$ Jernhenriks Overfladetemperatur i $^\circ\text{C}$ og

$t_L =$ Luftmiddeltemperaturen i $^\circ\text{C}$.

Arealet af den upaaklædte Jernhenrik er ved Planimetrering af den udfoldede Overflade opmaalt til $1,85 \text{ m}^2$. Uden paa Klædedragten er Overfladen opmaalt til $2,0 \text{ m}^2$. Denne Konvektionsoverflade kan dog ikke bestemmes med ret stor Sikkerhed, idet

*) Se Fodnoten Side 11.

man for flere Steders Vedkommende vanskeligt kan afgøre, hvor stor en Del af Overfladen der skal medregnes. Saaledes bør man maaske for visse Dele af Jakkens Skøder og Reverser medregne begge Sider af Tøjet til Konvektionsoverfladen, men dette er ikke sket ved Opmaalingen af den ovennævnte 2,0 m² store Overflade.

For at man skal kunne bestemme Varmeafgivelsen Q_s ved Straaling af Lign. 1, er det nødvendigt at kende Straalingsarealet

Tabel 1. Fordeling af „Hudtemperatur“ paa Jernhenrik og paa et Menneske.

Skintemperatures of artificial man and of the human body with and without clothing.

Omraade	Jernhenrik			Paaklædt Menneske	Nøgent Menneske
	Maaalested Nr.	Temp. ° C.	Middeltemp. ° C.	Middeltemp. ° C.	Middeltemp. ° C.
Hoved	1	28,9	28,9	34,3	33,6
Krop	2	34,7	36,3	34,9	34,1
	3	36,5			
	4	36,6			
	5	37,1			
	6	36,5			
	16	35,9			
Laar	17	36,6	34,7	32,3	32,5
	7	35,2			
	8	35,0			
Ben	18	33,8	30,0	32,3	32,5
	9	31,6			
	10	29,9			
Fod	11	29,9	30,0	32,3	32,5
	12	29,5			
Arme	13	35,0	32,7	33,2	33,9
	14	31,5			
	20	35,8			
Haand	15	28,5			
Middeltemperatur		33,4		33,4 *)	33,4 *)

*) Afvejnet efter Areal.

Tabel 2. Fordeling af Jernhenriks Overfladetemperatur.
 Surface temperatures of artificial man.
 (head = Hoved. Jacket = Jakke. Trousers = Benklæder)*

Maalested Fig. 3 Nr.	Temperatur				
	I °C.	II °C.	III °C.	Middel af III °C.	
1.	29,0	28,2	28,8	28,6. Hoved	
2.	28,5	28,0	28,6		
3.	28,7	28,6	28,7		
4.	28,2	28,2	28,3		
5.	25,8	25,8	25,6	23,7. Jakke	
6.	24,6	24,3	24,4		
7.	23,9	24,4	23,6		
8.	25,1	25,2	25,2		
9.	23,2	23,0	23,2		
10.	22,3	21,1	21,1		
11.	22,6	22,0	22,0		
12.	24,8	25,0	25,0		
13.	24,6	25,8	26,2		
14.	26,0	25,6	25,2		
15.	24,8	23,9	23,8		
16.	21,9	22,0	22,8		
17.	22,3	21,3	21,1		
18.	22,5	22,2	22,1		
19.	23,9	24,1	24,0		
20.	23,9	24,1	23,1		
21.	24,8	24,3	24,1		
22.	23,5	23,5	23,6		
23.	22,5	24,6	24,4		
24.	22,8	24,9	24,6		
25.	23,5	25,7	23,8		
26.	23,0	23,3	22,8		
27.	24,2	21,4	23,9		
28.	25,1	22,2	23,0		
29.	23,4	25,3	25,4		22,5. Benklæder
30.	25,3	23,2	23,0		
31.	25,0	24,2	24,7		
32.	24,7	25,6	24,1		
33.	23,6	24,0	24,4		
34.	22,4	22,8	24,3		
35.	21,8	21,8	21,7		
36.	23,1	23,4	23,1		
37.	22,6	23,9	22,9		
38.	21,3	21,5	21,3		
39.	20,9	20,7	20,9		
40.	20,9	20,8	20,9		
41.	22,1	21,8	22,0		
42.	21,9	22,7	22,6		
43.	20,4	20,6	21,0		
44.	21,6	21,4	20,5		
45.	20,9	21,2	21,6		
46.	20,7	20,5	20,4		
1—46	23,6	23,7	23,6		

F_1 , og for at man skal kunne bestemme Varmeafgivelsen Q_K ved Konvektion af Lign. 2, er det nødvendigt at kende Overgangstallet α_K . Vi vil nu bestemme disse ubekendte Størrelser ved Hjælp af de foran nævnte Forsøg i Forsøgsrummet, ved hvilke man har varieret Luft- og Overfladetemperaturer (Straalingstemperaturer) i Forhold til hinanden, men har haft samme kaloriske Opvarmningstilstand i Rummet i Forhold til Jernhenrik. Denne Opvarmningstilstand var som tidligere nævnt karakteriseret ved en Varmeafgivelse paa 73,0 kcal/h fra Jernhenrik ved en „Hudtemperatur“ paa 33,4° C.

Disse Forsøg viste, at Luft- og Straalingstemperaturer ved samme Opvarmningstilstand varierede i Forhold til hinanden paa lovbunden Maade, saaledes som det fremgaar af Fig. 4.

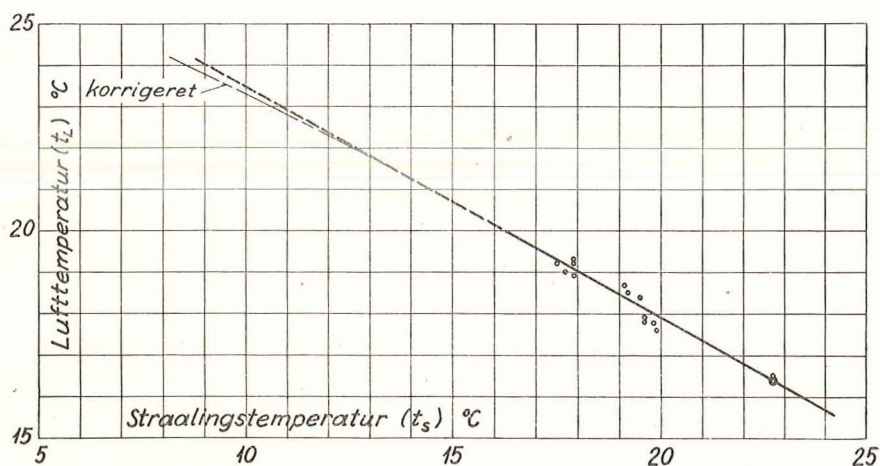


Fig. 4. Sammenhørende Værdier af Lufttemperatur og Straalingstemperatur ved en Varmeafgivelse paa 73,0 kcal/h fra Jernhenrik og en „Hudtemperatur“ paa 33,4° C.

Corresponding air temperature and radiation temperature at a heat transfer of 73,0 kcal/h from artificial man with a skintemperature of 33,4° C.

Man ser af Fig. 4, at der inden for Forsøgsområdet til en Ændring paa 1,0° C af Lufttemperaturen svarer en Ændring paa 1,8° C af Straalingstemperaturen. Jernhenriks Varmeafgivelse paavirkes altsaa 1,8 Gange saa meget af en given Ændring af Lufttemperaturen som af den samme Ændring af Straalingstemperaturen.

Til Bedømmelse af den Nøjagtighed, hvormed Kurven i Fig. 4 er bestemt, skal jeg iøvrigt oplyse følgende:

Alle Lufttemperaturerne er maalt med straalingsbeskyttede Termoelementer (Kobber-Konstantan), hvoraf der var anbragt 6 Stk. i forskellig Højde (se Boligopvarmningsudvalgets Meddelelse Nr. 2), og den i Fig. 4 anvendte Luftmiddeltemperatur er fundet ved Integration af Lufttemperaturkurven over Jernhenriks Højde (0—180 cm over Gulv). Straalingstemperaturerne er maalt med en Moll-Termosøjle, hvis Galvanometerudslag er sammenlignet med de Udslag, der fremkom ved at sigte imod to Sortlegemer med forskellige, kendte Temperaturer. Straalingstemperaturerne er altsaa bestemte som Sortstraaletemperaturer. Den i Fig. 4 anvendte Middelstraalingstemperatur er Middel af Straalingstemperaturerne maalt fra Jernhenrik i Forsøgsrummets seks Hovedretninger.

Gruppen af Maalepunkter længst til venstre i Fig. 4 hidrører fra Forsøg, hvor alle Overflader i Rummet var ca. 95 % sorte, og en Beregning af en Middeloverfladetemperatur ud fra en direkte Maaling af Vægtemperaturerne med Hensyntagen til Vinkelstraalingsforholdene imellem Jernhenrik og de paagældende Overflader viser, at denne Middeltemperatur kun afviger nogle faa Tiendedele Celsiusgrader fra den maalte Middelstraalingstemperatur. Straalingstemperaturen i den venstre Gruppe Maalepunkter er saaledes bestemt med en Nøjagtighed af ca. $\pm 0,2^{\circ}$ C.*).

Gruppen af Maalepunkter til højre i Fig. 4 hidrører fra Forsøg, hvor alle Overflader i Forsøgsrummet var beklædt med Aluminiumsfolie med Undtagelse af Jernhenrik og den under Loftet anbragte Varmeslange, der anvendtes til Rummets Opvarmning. Som Følge af disse Forhold var Straalingstemperaturen i Forhold til Jernhenrik ved disse Forsøg meget ensartet i alle Retninger, og der er derfor god Grund til at antage, at Middeltallet af Straalingsmaalingerne i de seks Hovedretninger ved disse Forsøg repræsenterer Rummets Middelstraalingstemperatur i Forhold til Jernhenrik med en Usikkerhed paa ikke over $\pm 0,2^{\circ}$ C.

Den midterste Gruppe Maalepunkter hidrører fra Forsøg, hvor Forsøgsrummets fire Vægge, men ikke Dør, Vindue, Gulv og Loft, var tapetseret med Aluminiumsfolie. Man kan forvente, at Middeltallet af Straalingsmaalingerne i de seks Hovedretninger her kan afvige mere fra den virkelige Middelstraalingstemperatur end for de to øvrige Grupper Vedkommende.

Det vilde have været meget ønskeligt at have haft Maalepunkter for sammenhørende høj Lufttemperatur (i Nærheden af Jern-

*) Jfr. Lorents Pedersen: „Varmestraaling med særligt Henblik paa Boligopvarmning“. København 1947.

henriks Overfladetemperatur) og lav Straalingstemperatur, men saadanne Maalepunkter kunde desværre ikke fremskaffes med den eksisterende Forsøgsanordning.

Man ser af Fig. 4, at der til en Straalingstemperatur paa $23,6^{\circ}$ C (J. H.'s Overfladetemp.) svarer en Lufttemperatur paa $15,9^{\circ}$ C. Da Jernhenriks Varmeafgivelse ved Straaling er Nul, naar Overfladetemperaturen er lig med Straalingstemperaturen, følger heraf, at Jernhenriks Varmeafgivelse ved Konvektion har været $73,0$ kcal/h ved en Lufttemperatur paa $15,9^{\circ}$ C. Ved Indsættelse i Lign. 2 finder man da:

$$\text{hvoraf } \begin{aligned} 73,0 &= 2,0 \cdot \alpha_K \cdot (23,6 - 15,9), \\ \alpha_K &= 4,74 \text{ kcal/m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}. \end{aligned}$$

Jernhenriks Varmeafgivelse ved Straaling varierer inden for Forsøgsomraadet retlinet med Straalingstemperaturen, idet $\left(\frac{273 + t_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{273 + t_2}{100}\right)^4 \sim t_1 - t_2$ for Temperaturer imellem ca. 13° og ca. 25° C.

Da Kurven i Fig. 4 er retlinet inden for Forsøgsomraadet, følger heraf, at ogsaa Konvektionsvarmeafgivelsen inden for dette Omraade er proportional med Temperaturforskellen i første Potens mellem Jernhenriks Overfladetemperatur og Lufttemperaturen

Det fundne $\alpha_K = 4,74$ er altsaa konstant inden for Forsøgsomraadet og svarer til en Lufthastighed i Nærheden af Jernhenrik paa ca. 8 cm/sek., idet man ved forskellige Forsøg har maalt en Luftbevægelse af denne Størrelse ved Jernhenriks Overflade. Luftbevægelsen maalt med et Varmetraadsanemometer, der var anbragt i nogle faa cm's Afstand fra J.H. i fire forskellige Højder baade langs Forsiden og Rygsiden.

Det er i Virkeligheden Produktet $F_2 \cdot \alpha_K$, der er bestemt ved Kurven i Fig. 4, og den Nøjagtighed, hvormed α_K er bestemt, vil derfor afhænge af, hvor nøjagtigt Konvektionsfladen F_2 er bestemt.

Da en given Ændring af Lufttemperaturen iflg. Fig. 4 fremkalder $1,8$ Gange saa stor en Ændring af Jernhenriks Varmeafgivelse, som den samme Ændring af Straalingstemperaturen bevirker, faar man ved Division af Lign. 1 med Lign. 2 efter heri at have indsat samme Temperaturdifferencer:

$$\frac{\Delta Q}{1,8 \Delta Q} = \frac{F_1 \cdot c_1}{F_2 \cdot \alpha_K} = \frac{F_1 \cdot 4,71}{2,0 \cdot 4,74}$$

hvoraf man finder $F_1 = 1,12 \text{ m}^2$

Jernhenriks Straalingsareal kan ogsaa bestemmes ved, at man paa Kurven i Fig. 4 opsøger den Straalingstemperatur, der svarer til en Lufttemperatur paa $23,6^{\circ}$ C., og derefter indsætter den fundne Straalingstemperatur i Lign. 1. Q_s er i dette Tilfælde lig med 73,0 kcal/h.

Da $\left(\frac{272 + t_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{273 + t_2}{100}\right)^4$ ikke for alle Værdier af t_1 og t_2 kan erstattes med $t_1 - t_2$, men derimod kan skrives som

$$\left(\frac{273 + t_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{273 + t_2}{100}\right)^4 = k_1 \cdot t_1 - k_2 \cdot t_2 \dots \dots \dots (3)$$

hvor Konstanterne k_1 og k_2 kan bestemmes af Fig. 5, maa man først korrigere Kurven i Fig. 4 i Overensstemmelse hermed, inden man bestemmer den til $23,6^{\circ}$ Lufttemperatur hørende Straalingstemperatur. Den korrigerede Kurve er indtegnet i Fig. 4, og man ser, at den søgte Straalingstemperatur er $9,4^{\circ}$ C. Ved Indsættelse i Lign. 1 finder man:

$$73,0 = F_1 \cdot 4,71 \left[\left(\frac{273 + 23,6}{100}\right)^4 - \left(\frac{273 + 9,4}{100}\right)^4 \right]$$

hvoraf findes $F_1 = 1,12 \text{ m}^2$.

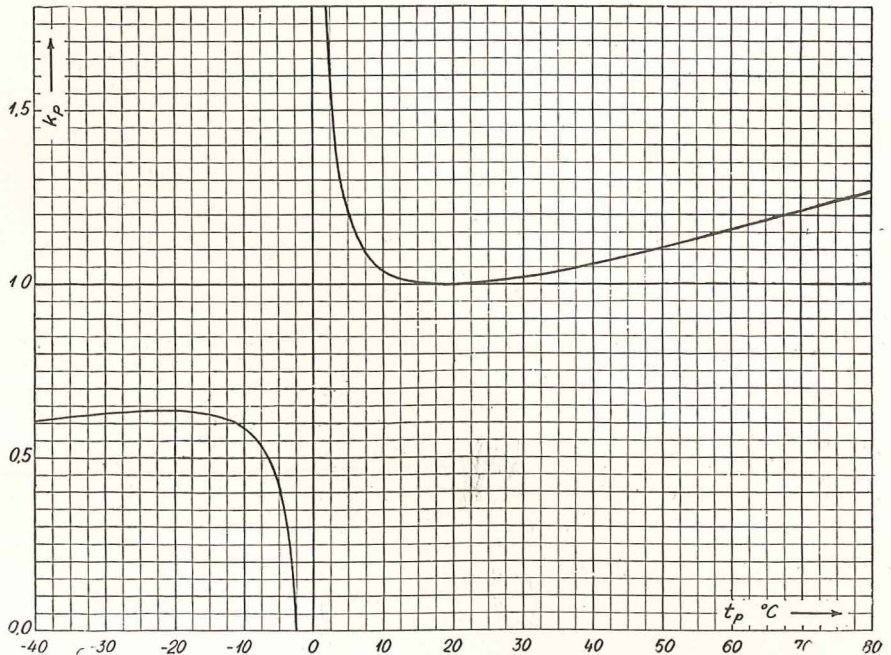


Fig. 5. Konstanterne k i Lign. 3 i Afhængighed af Temperaturerne t .
The constant k in equation 3 in relation to the temperature t° C.

Jernhenriks Varmeafgivelse Q_s ved Straaling kan herefter bestemmes af:

$$Q_s = 1,12 \cdot 4,71 \left[\left(\frac{273 + t_{JH}}{100} \right)^4 - \left(\frac{273 + t_s}{100} \right)^4 \right] \text{ kcal/h} \dots (4)$$

Varmeafgivelsen Q_K ved Konvektion kan findes af:

$$Q_K = 2,0 \cdot 4,74 (t_{JH} - t_L) \text{ kcal/h} \dots \dots \dots (5)$$

Heri er

t_{JH} = Jernhenriks Overfladetemperatur i °C maalt uden paa Klædedragten.

t_s = Straalingstemperaturen i Forhold til Jernhenrik i °C.

t_L = Lufttemperaturen i °C.

Ved samme Straalings- og Lufttemperatur = 18,65° C er Jernhenriks Varmeafgivelse ved Straaling 36 % og ved Konvektion 64 % af den totale Varmeafgivelse ved Straaling plus Konvektion.

Af den i Fig. 4 fundne Sammenhæng imellem Luft- og Straalingstemperatur kan man i Forbindelse med Lign. 3 danne en resulterende Rumtemperatur, $t_{\text{Result.}}$ bestemt paa følgende Maade:

$$t_{\text{Result.}} = \frac{1,8 \cdot t_L + k \cdot t_s}{2,8} \text{ } ^\circ\text{C} \dots \dots \dots (6)$$

hvor t_L og t_s er henholdsvis Luft- og Straalingstemperatur i °C., og hvor Konstanten k er bestemt ved Fig. 5.

Saafernt Jernhenriks Overfladetemperatur er højere end ca. 25° C, tilkommer der et Korrektionsled herfor. Den resulterende Temperatur for vilkaarlige Straalingstemperaturer og vilkaarlig Overfladetemperatur af Jernhenrik bliver da:

$$t_{\text{Result}} = \frac{1,8 t_L + k_1 \cdot t_s - (k_2 - 1) \cdot t_{\text{Kld.}}}{2,8} \text{ } ^\circ\text{C} \dots \dots \dots (7)$$

Konstanterne k_1 og k_2 for henholdsvis Straalingstemperatur og Jernhenriks Overfladetemperatur bestemmes af Fig. 5. $t_{\text{Kld.}}$ betegner Middeltemperaturen i °C maalt uden paa Klædedragt +Hud.

Ved de i almindelige, opvarmede Rum forekommende Straalingstemperaturer er $k = 1,0$, og for saadanne Rum er:

$$t_{\text{Result}} = \frac{1,8 \cdot t_L + t_s}{2,8} \text{ } ^\circ\text{C} \dots \dots \dots (8)$$

Lign. 5—8 gælder kun under Forudsætning af, at Lufthastigheden er ca. 8 cm/Sek., hvilket svarer til den Lufthastighed, som Jernhenrik eller et stillesiddende Menneske vil fremkalde i et

Rum med udelukkende termisk betingede Luftstrømme. I Rum med større Lufthastighed, f. Eks. som Følge af kunstig Ventilation, bliver α_K større end 4,74, og Lufttemperaturen faar større Indflydelse paa den resulterende Temperatur, end det fremgaar af Lign. 6—8.

Under den nævnte Forudsætning kan Jernhenriks totale Varmeafgivelse ved Straaling plus Konvektion Q_{S+K} udtrykkes ved:

$$Q_{S+K} = 14,75 (t_{JH} - t_{Result}) \text{ kcal/h} \dots\dots\dots (9)$$

Den ovenfor fundne effektive Straalingsoverflade (1,12 m²) af Jernhenrik udgør 56 % af Konvektionsoverfladen (2,0 m²). For et staaende, nøgent Menneske har *Hardy og Du Bois**) fundet Straalingsoverfladen til 78 % af Konvektionsoverfladen, idet Straalingsoverfladen blev fastsat som Overfladen af det mumiebeviklede Legeme. Dette maa imidlertid give en lidt for stor Straalingsoverflade, idet der finder gensidig Straaling Sted imellem Hoved og Krop og imellem Fødder og Ben.

*Winslow, Herrington og Gagge****) har ad eksperimentel Vej bestemt Straalingsoverfladen for et nøgent, siddende Menneske (tilbagelænet i en aaben Stol) og har for 4 forskellige Forsøgspersoner fundet henholdsvis 85 %, 69 %, 74 % og 75 % af Konvektionsoverfladen. For 2 paaklædte Forsøgspersoner er fundet 85 % og 66 %. Dette var de samme to Forsøgspersoner, som upaaklædte havde en Straalingsoverflade paa henholdsvis 85 % og 69 % af Konvektionsoverfladen. (Se iøvrigt Omtalen Side 26).

Den i nærværende Undersøgelse fundne Straalingsoverflade for Jernhenrik, 1,12 m², lig med 56 % af Konvektionsoverfladen, 2,0 m², udgør saaledes en væsentlig mindre Procentdel af den totale Overflade end de af de ovennævnte amerikanske Forskere fundne Straalingsoverflader.

Ved en umiddelbar Betragtning maa den for J. H. fundne Straalingsoverflade forekomme overraskende lille, og det vil derfor være rimeligt at undersøge Muligheden for, om en saa lille Straalingsoverflade i det hele taget kan være rigtigt bestemt. De efterfølgende Overvejelser kan formentlig tjene til Belysning af dette Spørgsmaal.

Vi vil tænke os J.H.'s Overflade samlet i den krumme Cylinderoverflade og den ene Endebund i en 1,8 m høj Cylinder (svarende til Højden af J.H.), i hvilket Tilfælde Straalingsoverfladen maa

*) J. D. Hardy and Du Bois. „The technic of measuring radiation and convection“. The Journal of Nutrition No. 5, 1938.

**) C. E. A. Winslow, L. P. Herrington and A. P. Gagge: „The influence of clothing on the physiological reactions of the human body to varying environmental temperatures.“ The American Journal of Physiology No. 1, 1938.

være lig med den totale Overflade. Vi vil derefter bestemme Cylinderdiametren saaledes, at den nævnte Overflade bliver lig med $1,12 \text{ m}^2$.

Man faar da:

$$\frac{1}{4} \pi d^2 + 1,8 \pi \cdot d = 1,12,$$

hvoraf findes:

$$d = 0,194 \text{ m} = 19,4 \text{ cm}$$

Til Sammenligning hermed vil vi undersøge, hvor stor Diameteren er af en $1,8 \text{ m}$ høj Cylinder med en Vægt af 70 kg og med en Vægtfylde paa $1,0 \text{ kg}$ pr. Liter (svarende til en $1,8 \text{ m}$ høj Mand med en Vægt af 70 kg).

Den søgte Diameter kan bestemmes af:

$$\frac{1}{4} \pi d^2 \cdot 18 = 70,$$

hvoraf findes: $d = 2,22 \text{ dm} = 22,2 \text{ cm}$

Arealet af Cylinderoverfladen + 1 Endebund udgør $1,28 \text{ m}^2$.

Vi vil dernæst bestemme Overfladen af en Kugle med Vægtfylde 1 kg pr. Liter og med en Vægt paa 70 kg .

Først bestemmes Kuglens Diameter af:

$$\frac{1}{6} \pi d^3 = 70,$$

der giver $d = 5,11 \text{ dm} = 0,511 \text{ m}$.

Kuglens Overflade O bliver da:

$$O = \pi d^2 = 0,82 \text{ m}^2$$

Det vil ikke være urimeligt at antage, at den effektive Straalingsoverflade af en $1,8 \text{ m}$ høj Mand med en Vægt paa 70 kg vil ligge imellem den i ovenstaaende Eksempler fundne Overflade for den betragtede slanke Cylinder ($1,28 \text{ m}^2$) og for en Kugle ($0,82 \text{ m}^2$), men nærmest ved Cylinderoverfladen, da Formen af et Menneske ganske godt svarer til Formen af Cylinderen.

Set paa denne Baggrund forekommer den fundne Straalingsoverflade af J.H. ($1,12 \text{ m}^2$) ikke helt usandsynlig.

Paa den anden Side foreligger dog den Mulighed, at Jernhenriks Overfladetemperatur kan være maalt lidt for høj, idet Tilstedeværelsen af den Person, der har foretaget Maalingerne (med Termosøjle), kan have foraarsaget en Stigning af Overfladetemperaturen paa J.H.s Klædedragt paa Grund af hemmet Udstraa- ling fra denne under Maalingen. Da saavel Klædedragtens Varmekapacitet som dens Varmeledningsevne er lille, vil dette give Mulighed for en hurtig Ændring af Overfladetemperaturen.

Til Bedømmelse af den Fejl, som en forkert Bestemmelse af Overfladetemperaturen vil foraarsage paa Straalingsarealet, kan

eksempelvis oplyses, at en Overfladetemperatur paa $23,0^\circ$ (i Stedet for $23,6^\circ$) vilde medføre et Straalingsareal paa $1,27 \text{ m}^2$.

Af det ovenstaaende fremgaar det, at man ikke med Sikkerhed kan angive Nøjagtighedsgraden af det fundne Straalingsareal.

Paa den anden Side, ser man ogsaa, at en eventuel Fejlbestemmelse af dette Areal ikke behøver at influere paa Rigtigheden af den fundne Fordeling af Varmeafgivelsen ved Straaling og Konvektion, idet denne Fordeling er fundet uafhængig af Jernhensriks gennemsnitlige Overfladetemperatur, medens en Bestemmelse af Straalingsarealet forudsætter Kendskab til denne Overfladetemperatur, som vanskeligt kan bestemmes med fuld Sikkerhed, bl. a. fordi den gennemsnitlige Overfladetemperatur, der bestemmer Varmeafgivelsen ved Straaling ikke kan paaregnes at være lig med den gennemsnitlige Overfladetemperatur, der er bestemt for Varmeafgivelsen ved Konvektion.

I mange Tilfælde vil det være af Betydning at have Kendskab til Straalingsarealets Størrelse, men dette er dog kun af sekundær Betydning i Sammenligning med Kendskab til Varmeafgivelsens Fordeling paa Straaling og Konvektion eller Betydningen af Omgivelsernes Straalingstemperatur i Forhold til Lufttemperaturen, og dette er for J.H.s Vedkommende bestemt med god Sikkerhedsgrad ved Hjælp af Fig. 4.

Der kan maaske være Grund til her at nævne, at H. Heid og A. Kollmar i „Die Strahlungsheizung“, Halle 1939, angiver Straalingstallet for Bomuld, Silke og Uld til $c = 3,86 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}(100^\circ \text{ K})^4$, medens P. Kristiansen og Lorents Pedersen efter Marius Nielsens Metode (8) har maalt Straalingstallet for Kamgarnstøj til $c = 4,71 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}(100^\circ \text{ K})^4$ ved en Temperatur af 20° til 30° C . (D. v. s. 95 pCt. „sort“).

Et Straalingstal $c = 3,86$ for Klædedragten (d. v. s. ca. 78 pCt. „sort“) vilde medføre en effektiv Straalingsoverflade paa ca. 68 pCt. af den totale Overflade, men Rigtigheden af dette lave Straalingstal, der som nævnt angives af Heid og Kollmar, maa dog betvivles.

W. H. Rees angiver, at Tøj er ca. 98 pCt. „sort“ i Temperaturområdet omkring Stuetemperatur. („The protective value of clothing“, The Journal of the Textile Institute, Vol. XXXVII, No. 7, 1946).

I det følgende Afsnit skal foretages en Undersøgelse af, hvordan de i dette Afsnit fundne Ligninger 4 og 5 til Bestemmelse af Varmeafgivelsen henholdsvis ved Straaling og Konvektion samt Lign. 6 til Bestemmelse af den resulterende Rumtemperatur (effektive Rumtemperatur) stemmer overens med amerikanske Forsøg (Pierce-Laboratoriet) med paaklædte Forsøgspersoner i et Forsøgsrum, hvor man har varieret Luft- og Straalingstemperaturer i Forhold til hinanden inden for meget vide Grænser.

Afsnit 2.

Varmeafgivelse ved Straaling og Konvektion fra et paaklædt Menneske.

Kendskabet til, hvorledes et Menneskes Varmeafgivelse ved Straaling plus Konvektion fordeler sig paa de to Komponenter under forskellige Forhold, har stor Betydning saavel fra et lægevidenskabeligt som fra et opvarmningsteknisk Synspunkt, og det er derfor ganske naturligt, at dette Spørgsmaal i Tidens Løb har været gjort til Genstand for talrige Undersøgelser.

Saadanne Undersøgelser er bl. a. udført af Rubner (1), Aldrich (2), Bohnenkamp (3), Hardy (4), Bedford (5), Sven Christiansen og Tage Larsen (6), Hardy og Du Bois (7) og Marius Nielsen (8). Jfr. iøvrigt Afsnit 3.

De nyeste og mest omfattende Forsøg til eksperimentel Bestemmelse af et Menneskes Varmeafgivelse ved Straaling og Konvektion er udført af Winslow, Herrington og Gagge (9) paa John B. Pierce-Laboratoriet i New Haven, Connecticut. Paa dette Laboratorium raader man over et særligt indrettet Forsøgsrum, i hvilket man er i Stand til at variere Luft- og Straalingstemperaturer uafhængigt af hinanden inden for meget vide Grænser, og hvor man derfor har Mulighed for ad eksperimentel Vej at bestemme Varmeafgivelsen ved Straaling og Konvektion hver for sig.

Forsøgsrummet, der er vist i Fig. 6, har Vægge samt Gulv og Loft af blank Kobberplade, og Rummets Straalingstemperatur kan derfor uafhængig af Lufttemperaturen reguleres ved Hjælp af Varmelegemerne A, der er anbragt i Reflektorer, som sender Varmestraalerne ind paa Forsøgsrummets Vægge. Varmestraalingen i Rummet maales med Termosøjlen D, hvis Tragt „ser“ den under Loftet anbragte blanke Halvkugle E. Selve Forsøgsboksen, der har Aabninger foroven og forneden, er anbragt i et Rum, hvis Lufttemperatur og Fugtighed reguleres af et Luftkonditioneringsanlæg. J er Skrueventilatorer til Regulering af Luftbevægelsen i

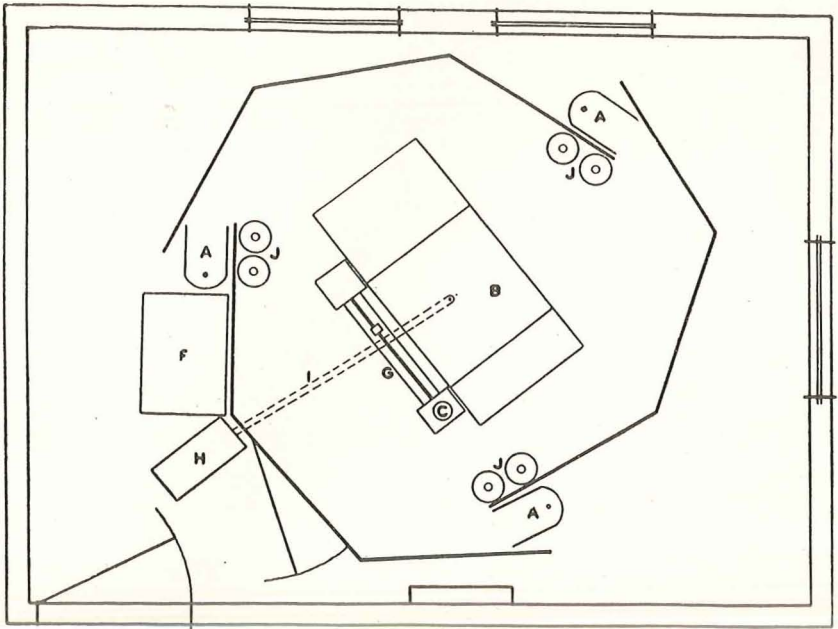


Fig. 6 a. Vandret Snit gennem Forsøgsrum (Pierce-Lab.).
Horizontal cut through the test room (Pierce-Lab.).

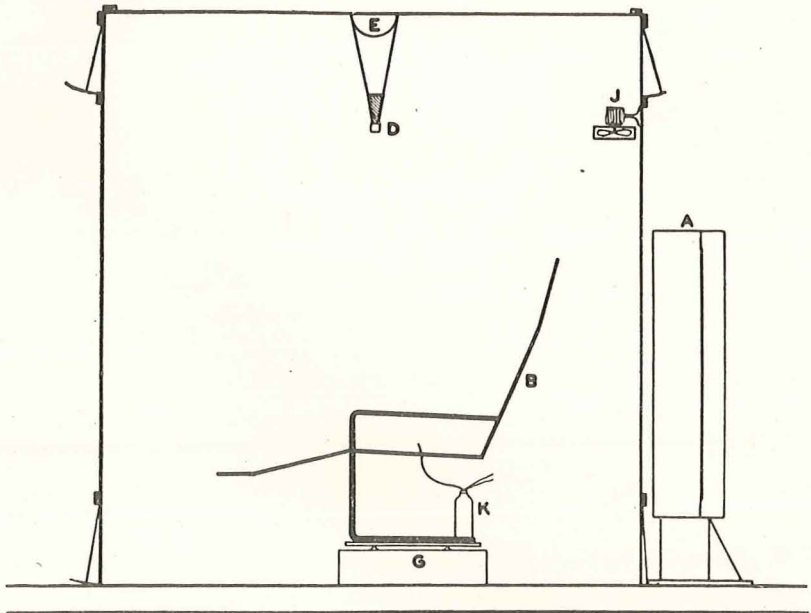


Fig. 6 b. Lodret Snit gennem Forsøgsrum (Pierce-Lab.).
Vertical cut through the test room (Pierce-Lab.).

Forsøgsrummet. Lufttemperaturen maalttes med Termoelementer, og Luftbevægelsen maalttes med et Varmetraadsanemometer.

Dette Forsøgsrum har den Fordel fremfor det i Afsnit 1 omtalte Forsøgsrum, at man her kan variere Luft- og Straalingstemperatur mere i Forhold til hinanden, end der var Mulighed for ved de i Afsnit 1 omtalte Forsøg, men man har dog, saavidt vides, ikke paa Pierce-Laboratoriet udført Forsøg med Varmeafgivelse fra Mennesker under saadanne Forhold, at Straalingstemperaturen var mindre end Lufttemperaturen.

Forsøgene med Jernhenrik har den Fordel fremfor Forsøg med Mennesker, at Varmeafgivelsen ved Straaling plus Konvektion fra Jernhenrik kan bestemmes med meget stor Sikkerhed (ca. $\pm 0,3\%$), medens den tilsvarende Bestemmelse af et Menneskes Varmeafgivelse rummer flere Fejlkilder. Varmeafgivelsen ved Straaling plus Konvektion fra et Menneske bestemmes nemlig som Varmeproduktionen $Q_{Prd.}$ minus Varmeafgivelsen ved Fordampning Q_D og Varmeakkumuleringen Q_{Akk} , hvilket kan udtrykkes i følgende Ligning:

$$Q_S + Q_K = Q_{Prd.} - Q_D - Q_{Akk} \dots \dots \dots (9a)$$

hvor Q_{Akk} her regnes positiv for en Stigning i Legemets Varmehold og negativ for en Aftagen af Legemets Varmehold.

Varmeproduktionen bestemmes ved Maaling af Iltoptagelsen. Varmeafgivelsen ved Fordampning bestemmes ved Vejning (Vægttab pr. Min.) med Korrektion for Iltoptagelse og Afgivelse af Kultveilte. Den akkumulerede Varmemængde (regnet med For-tegn) bestemmes ved Maalinger af Legemets Temperaturændringer i Forbindelse med dets Vandværdi. Det er navnlig Bestemmelsen af den akkumulerede Varmemængde, der rummer betydelige Muligheder for Fejl.

I det følgende skal omtales nogle af de paa Pierce-Laboratoriet fundne Resultater samt foretages en Sammenligning mellem disse og de i Afsnit 1 udledte Resultater af Forsøgene med Jernhenrik.

Undersøgelserne omfatter Forsøg baade med nøgne og paa-klædte Forsøgspersoner. Man har benyttet faa Forsøgspersoner, men der er udført et stort Antal Forsøg med hver.

Forsøgspersonerne var anbragt stillesiddende i en aaben Stol.

Den ved Forsøg med fire Forsøgspersoner fundne Fordeling af Varmeafgivelsen paa Straaling og Konvektion fremgaar af Tabel 3, der hidrører fra „Contribution Nr. 22, from the John B. Pierce Laboratory of Hygiene“ (9 f). Tabel 3 indeholder desuden Oplys-

ninger om Forsøgspersonernes Størrelse og Vægt. Du Bois-Arealet er den totale Overflade beregnet efter en af Du Bois opstillet empirisk Formel. Straalingsoverfladen er bestemt ad eksperimentel Vej, idet man har tilstræbt konstant Differens mellem Legemets Overfladetemperatur og Lufttemperaturen og har varieret Differensen mellem Legemets Overfladetemperatur og Straalings-temperaturen. D. v. s. en lignende Fremgangsmaade som den, der er beskrevet i Afsnit 1. Paa Grundlag af den fundne Straalingsoverflade er Varmeafgivelsen ved Straaling beregnet, og Varmeafgivelsen ved Konvektion er derefter bestemt som Differens (Lign. 9a).

Tabel 3. Characteristics of subjects.

Subject	Height	Weight	Du Bois Area	Radiation area	Convection constant k_c	Radiation constant k_R	Environmental constant k_o	% Convection *)	% Radiation *)
	m	kg	m ²	m ²	kcal/h°C	kcal/h°C	kcal/h°C	k_c/k_o	k_R/k_o
Clothed									
VII	1,88	79	1,92	1,63	6,84	8,82	15,66	44	56
IX	1,72	62,5	1,60	1,05	4,68	5,76	10,44	45	55
Nude									
VII	1,88	79	1,92	1,63	10,08	8,82	18,90	53	47
IX	1,72	62,5	1,60	1,10	6,30	5,94	12,24	52	48
I	1,70	105	2,13	1,58	9,18	8,82	18,00	51	49
II	1,65	47,5	1,49	1,11	7,38	6,30	13,68	53	47

*) Per cent of total loss by radiation plus convection where wall and air temperatures are the same and when air movement is 5 meters per minute.

Man ser af Tabel 3, at Varmeafgivelsen ved Straaling fra de paaklædte Forsøgspersoner er større end Varmeafgivelsen ved Konvektion for samme Luft- og Vægttemperatur, medens det omvendte er Tilfældet for de nøgne Forsøgspersoner. Man ser endvidere, at baade Straalingsareal og Konvektionsareal er lige store for et nøgent og et paaklædt Menneske, medens man skulde vente, at i hvert Fald Konvektionsarealet var størst for det paaklædte Menneske. Dette behøver dog ganske vist ikke at have nogen reel Betydning, idet det er Produktet af Areal og Overgangstal (ved Konvektion), altsaa k_c , der bestemmer Varmeafgivelsen ved Konvektion; men hvis man udtrykker Straalingsarealet i Procent af Konvektionsarealet, kan man herved faa et forkert Billede af de virkelige Forhold.

I Tabel 4, der hidrører fra „Contribution No. 23, from the John B. Pierce Laboratory of Hygiene“ (9 g), er gengivet Resultaterne af 3 Serier Forsøg med en paaklædt Forsøgsperson (Fp. VII). I før-

ste Forsøgsserie, Low radiation, var Luft- og Straalingstemperatur omtrent lige store. I anden Serie, Medium radiation, var Straalingstemperaturen fra 6,5° til 15,5° C højere end Lufttemperaturen. I tredje Forsøgsserie, High radiation, var Straalingstemperaturen fra 17° til 34,5° C højere end Lufttemperaturen. De tre Forsøgsserier er i det følgende betegnet som henholdsvis Gruppe I, II og III. Hver vandret Linie i Tabel 4 repræsenterer Middeltal af 6 Forsøg under samme Forsøgsbetingelser. Formålet med denne Undersøgelse var at bestemme Lufttemperaturens og Vægttemperaturens (Straalingstemp.) Indvirkning paa Hudtemperaturen.

Den operative Temperatur t_o er paa Grundlag af de fundne Konstanter i Tabel 3 udregnet paa følgende Maade for Fp. VII:

$$t_o = \frac{6,84 \cdot t_A + 8,82 \cdot t_W}{15,66} \text{ } ^\circ\text{C} \dots\dots\dots (10)$$

hvor t_A er Lufttemperaturen og t_W er Straalingstemperaturen.

Den operative Temperatur repræsenterer saaledes en Gennemsnitstemperatur af Luft- og Straalingstemperaturen afvejet i Forhold til den realtive Betydning af Konvektion og Straaling.

Winslow, Herrington og Gagge, der som nævnt har udført Forsøgene, finder følgende Forbindelse imellem Hudtemperaturen t_{sk} , Lufttemperaturen t_A og Straalingstemperaturen t_W :

$$t_{sk} = 0,29 t_A + 0,14 t_W + 0,11 M + 0,08 E + 19,52 \dots\dots (11)$$

hvor Temperaturerne indsættes i °C og Varmeproduktionen M og Fordampningen E i kcal/m² h.

Winslow, Herrington og Gagge har altsaa, som det fremgaar af Tabel 3, fundet, at Straalingstemperaturen har noget større Indflydelse paa Varmeafgivelsen (Straaling + Konvektion), end Lufttemperaturen har, medens Lufttemperaturen derimod influerer dobbelt saa meget paa Hudtemperaturen, som Straalingstemperaturen gør, jvf. Lign. 11. Den samme Forbindelse imellem Hudtemperatur og Luft- og Straalingstemperatur, som er udtrykt i Lign. 11, der gælder for et paaklædt Menneske (Fp. VII), har Winslow, Herrington og Gagge ogsaa fundet for et nøgent Menneske (9 d).

Winslow, Herrington og Gagge forklarer den tilsyneladende Uoverensstemmelse imellem Lufttemperaturens forskellige Indflydelse paa Varmeafgivelsen og paa Hudtemperaturen paa følgende Maade:

Naar Hudtemperaturen ved en given operativ Temperatur t_o er mindre ved lav end ved høj Lufttemperatur, skyldes det sand-

Tabel 4. Subject

Experiment	T_O operative temperature	T_A air temperature	T_W wall temperature	T_H head temperature	T_U upper extremities	T_T trunk temperature	T_L lower extremities
	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$
Low							
21	37,1	37,1	37,1	37,2	36,4	36,3	36,3
13	32,1	32,1	32,1	35,8	35,6	36,2	35,6
9	27,1	26,2	27,8	34,3	34,5	35,2	33,8
1	22,0	22,0	22,0	33,6	32,8	34,3	30,7
5	16,3	15,3	17,2	32,1	28,2	33,9	27,2
17	10,6	10,4	10,6	29,9	26,9	33,3	25,4
25	5,4	5,4	5,4	26,3	24,2	32,3	22,2
Medium							
22	38,9	32,7	43,7	36,6	35,4	36,4	36,1
14	33,6	27,0	38,5	35,8	35,2	35,8	34,7
10	28,4	21,5	33,6	34,8	33,4	34,8	32,5
2	22,3	15,7	27,3	33,7	30,7	33,8	28,2
6	16,4	9,7	21,4	32,2	26,6	33,7	25,5
18	12,7	4,7	18,7	27,8	23,9	32,1	22,2
High							
23	40,4	27,7	50,0	37,1	35,7	36,7	36,3
24	39,9	21,7	53,7	37,2	35,8	36,9	35,9
16	35,2	15,6	50,1	36,2	34,6	36,9	34,9
15	34,3	21,6	43,9	34,4	34,6	35,8	34,9
11	30,4	16,9	40,6	33,1	33,3	35,8	32,8
12	29,8	11,4	43,6	35,5	33,8	35,7	32,7
4	23,9	5,4	37,9	33,6	29,8	34,5	27,2
3	22,5	10,0	31,9	34,5	29,2	34,3	27,2
7	17,8	5,4	27,1	32,1	25,9	33,6	25,3
19	12,2	0,1	21,3	28,7	24,3	31,5	25,0

The basic observed data are: T_O , the operative temperature in $^{\circ}C$; T^H , the mean skin temperature of head in $^{\circ}C$; T_U , the mean skin temperature of upper extremities in $^{\circ}C$; T_T , the mean skin temperature of trunk in $^{\circ}C$; T_L , the mean skin temperature of lower extremities in $^{\circ}C$; T_S , the mean skin temperature found by averaging T_H , T_U , T_T , and T_L weighted by the factors 7, 21, 31 and 41, respectively; T_B , the rectal temperature in $^{\circ}C$; T_{Cl} , the mean temperature of the exposed clothing and skin surfaces over the entire body in $^{\circ}C$, weighted as

VII Clothed.

Mean T_S mean skin tempera- ture	Mean T_{Cl} mean clo- thing	T_B rectal tempera- ture	M metabo- lism	S storage	E evapo- ration	R radiation	C convection
$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	kgm. cal./m ² hr.	kgm. cal./m ² hr.	kgm. cal./m ² hr.	kgm. cal./m ² hr.	kgm. cal./m ² hr.

radiation.

36,4	37,9	37,6	51	17	-59	-6	-3
35,3	35,2	37,6	49	13	-35	-16	-11
34,4	32,9	37,2	47	17	-14	-26	-24
32,6	30,5	37,1	47	32	-11	-37	-30
29,8	26,9	37,3	45	51	-12	-43	-41
28,5	24,0	37,3	45	66	-9	-54	-48
26,1	20,9	37,1	52	74	-10	-61	-55

radiation.

36,1	36,6	37,4	49	-7	-65	37	-14
35,2	34,8	37,5	47	0	-39	19	-27
33,6	32,3	36,8	47	0	-14	5	-38
30,8	28,4	36,8	45	14	-19	5	-45
28,7	24,7	37,2	47	33	-14	-13	-53
26,0	21,4	36,9	52	25	-7	-11	-59

radiation.

36,3	36,9	36,9	47	-19	-63	67	-32
36,3	36,2	37,4	48	-21	-64	88	-51
35,6	33,5	37,3	45	-35	-34	87	-63
35,1	33,9	37,2	48	-13	-43	51	-43
33,8	31,4	37,2	43	-21	-18	47	-51
34,1	31,4	37,2	46	-17	-20	61	-70
30,4	28,1	37,1	45	1	-14	48	-80
30,3	27,3	37,2	45	9	-16	23	-61
28,5	24,7	37,3	48	22	-12	10	-68
27,1	21,1	37,1	51	32	-10	1	-74

in the case of T_S ; M, the metabolism expressed in kgm cal/m² hr., E, the total evaporation loss, expressed in kgm cal/m² hr.

The derived data are: R, radiation exchange in kgm cal/m² hr. between mean exposed skin-clothing surface and environment. When positive, R denotes a gain in heat from the environment, when negative, a loss. C, convection loss in kgm cal/m² hr. from the exposed skin-clothing surface to the ambient air. S, storage, or rate of body cooling when positive; body heating, when negative; the value of S is so chosen that $M + S$ equals the net heat exchange between $E + R + C$.

synligvis, at den kolde Luft lokalt, f. Eks. gennem Indaandingsorganerne, har igangsat en vasomotorisk Regulering af Hudens Blodgennemstrømning, hvorved Hudtemperaturen ændres mere end det, der svarer til den af Lufttemperaturen fremkaldte Varmeafgivelse.

Der er udført særlige Forsøg med lokal Afkøling ved Hjælp af Is, og disse Forsøg kan tydes som Støtte for den nævnte Teori.

En nærmere Undersøgelse af Tabel 4 viser dog, at denne For-
klaring ikke kan være rigtig. Thi hvis en given Ændring af Hud-
temperaturen, fremkaldt af en given Lufttemperaturændring (men
samme t_o), ikke nøje svarer til Ændringen i Varmetab, men der-
imod er fremkaldt ved Hudens Selvregulering, maa Hudtempera-
turændringen være større end Ændringen af Temperaturen maalt
uden paa Klædedragten. Tabel 4 viser, at det omvendte er Tilfæl-
det, idet en given Ændring af Lufttemperaturen giver en større
Ændring af Overfladetemperaturen paa Klædedragten end af Hud-
temperaturen (jvf. ogsaa Fig. 7). Med den lavere Lufttemperatur
for samme t_o følger altsaa ikke alene en lavere Hudtemperatur,
men der følger ogsaa en større Differens imellem Hudtemperatur
og Overfladetemperatur, altsaa et større Varmetab.

Det her anførte kan eksempelvis illustreres med følgende Temperaturværdier
fra Tabel 4:

T_o	T_s	T_{cl}	T_A	$T_s - T_{cl}$
16,3	29,8	26,9	15,3	2,9
16,4	28,7	24,7	9,7	4,0
	$\Delta T_s = 1,1$	$\Delta T_{cl} = 2,1$	$\Delta T_A = 5,6$	
T_o	T_s	T_{cl}	T_A	$T_s - T_{cl}$
22,3	30,8	28,4	15,7	2,4
22,5	30,3	27,3	10,0	3,0
	$\Delta T_s = 0,5$	$\Delta T_{cl} = 1,1$	$\Delta T_A = 5,7$	

*Heraf følger, at den af Winslow, Herrington og Gagge bestemte operative Temperatur og altsaa ogsaa den fundne Fordeling af Varmeafgivelsen paa Straaling og Konvektion ikke kan være kor-
rekt bestemt.*

Som tidligere nævnt er Konstanterne i Tabel 3 for Fordelingen af Varmeafgivelsen ved Straaling og Konvektion bestemt paa Grundlag af Maalinger af Varmeproduktionen og Fordampningen samt Beregninger af Varmeakkumuleringen, og disse Beregninger af Akkumuleringen er behæftet med betydelig Usikkerhed.

Ved de Maalinger, der danner Grundlaget for Tabel 4, blev Forsøgsrummets Ventilatorer (jfr. Fig. 6 a og b) ikke benyttede, og Lufthastigheden, der blev maalt til 8 cm/Sek., svarer ganske til den Luftbevægelse, som fandtes ved Forsøgene med Jernhenrik (jfr. Afsnit 1). Pierce-Laboratoriets Forsøg viste iøvrigt ligesom Forsøgene med J. H., at Varmeafgivelsen ved Konvektion var proportional med første Potens af Differensen mellem Klædedragtstemperaturen og Lufttemperaturen. Dette Resultat fandt man ved at holde konstant Differens imellem Klædedragts-temperatur og Straalingstemperatur og variere Forskellen imellem Klædedragts- og Lufttemperatur.

Da den foran omtalte Undersøgelse af, om den af Pierce-Laboratoriet fundne Fordeling af Varmeafgivelsen ved Straaling og Konvektion stemmer overens med Temperaturmaalingerne i Tabel 4, synes at vise, at dette ikke er Tilfældet, skal der i det følgende foretages en mere indgaaende Undersøgelse af dette Spørgsmaal.

I Fig. 7 er den maalte Klædedragtstemperatur og Rektaltemperatur afsat i Relation til den maalte Hudtemperatur. Man ser heraf, at samme Hudtemperatur svarer til samme Klædedragts-temperatur i alle tre Forsøgsserier. Da endvidere samme Hudtemperatur svarer til samme Fordampning i alle tre Serier, som det fremgaar af Fig. 8, maa Klædedragts Varmeledningsevne for en given Hudtemperatur være ens i alle tre Forsøgsgrupper. (Den relative Luftfugtighed i Forsøgsrummet var ved disse Forsøg 40 til 50 pCt.). Heraf følger imidlertid, at en given Hudtemperatur svarer til den samme Varmestrøm igennem Klædedragten i alle tre Forsøgsserier.

Da Klædedragten dækker ca. 90 pCt. af den totale Overflade, kan man ikke begaa nogen stor Fejl ved at regne med, at den totale Varmeafgivelse ved Straaling plus Konvektion fra hele Overfladen er lige stor ved alle Forsøgsbetingelser, som giver samme Varmeafgivelse ved Straaling plus Konvektion fra Klædedragten (samme Varmestrøm igennem Klædedragten). Som Følge heraf er Varmeafgivelsen ved Straaling plus Konvektion den samme i alle tre Forsøgsserier ved samme Hudtemperatur.

Enhver Kombination af Omgivelsernes Luft- og Straalingstemperatur, som fremkalder samme Hudtemperatur, vil altsaa ogsaa medføre samme Varmeafgivelse ved Konvektion plus Straaling, hvilket vil sige, at Luft- og Straalingstemperaturen har samme relative Indflydelse paa Varmeafgivelsen ved Konvektion plus Straaling, som de har paa Hudtemperaturen. Af Lign. 11 frem-

gaar det imidlertid, at Lufttemperaturen influerer dobbelt saa meget paa Hudtemperaturen, som Straalingstemperaturen gør, idet Koefficienten til t_A er dobbelt saa stor som Koefficienten til t_W , og Lufttemperaturen maa derfor ogsaa iflg. ovenstaaende

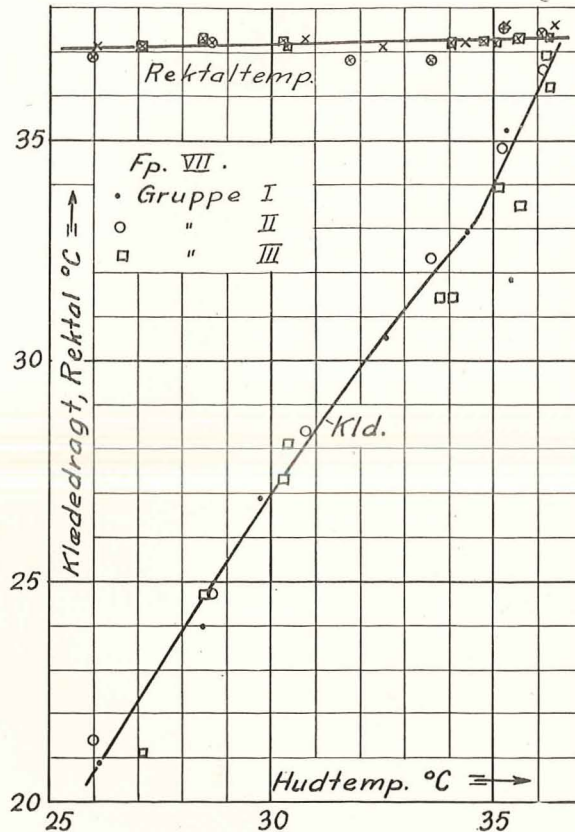


Fig. 7. Klædedragtstemperatur og Rektaltemperatur i Relation til Hudtemperaturen.

Temperature of clothing (Kld.) and body at various temperatures of the skin (Hudtemp.).

Redegørelse have dobbelt saa stor Indflydelse paa Varmeafgivelsen som Straalingstemperaturen har.

Dette Resultat er i god Overensstemmelse med den med Termostaten J. H. fundne Fordeling af Varmeafgivelsen ved Straaling og Konvektion, nemlig 36 pCt. ved Straaling og 64 pCt. ved Konvektion ved samme Luft- og Straalingstemperatur, jfr. Afsnit 1.

I det følgende skal jeg derfor til yderligere Belysning af dette Spørgsmaal foretage en Undersøgelse af, hvordan den med J.H. fundne Fordeling af Varmeafgivelsen stemmer overens med Temperaturmaalingerne i Tabel 4, og til Sammenligning undersøges, hvorledes den af Pierce-Laboratoriet fundne Fordeling stemmer overens dermed.

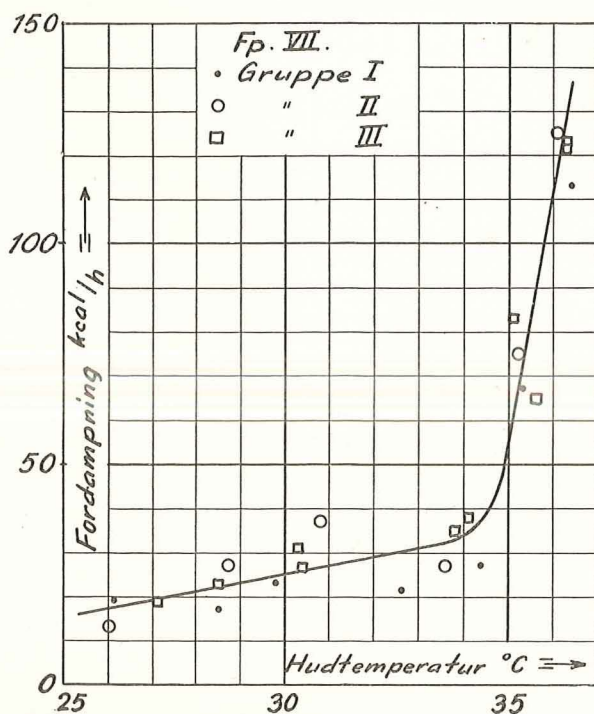


Fig. 8. Varmeafgivelse ved Fordampning i Relation til Hudtemperaturen.
Heat loss by evaporation at various temperatures of the skin (Hudtemperatur).

Med dette som Formaal har jeg i de følgende Fig. 7—22 optegnet de ved Forsøgene paa Pierce-Laboratoriet fundne Resultater i Kurveform, idet jeg dels har udført Beregningerne med direkte Anvendelse af de af Winslow, Herrington og Gagge fundne Konstanter og dels har benyttet den med J. H. fundne Fordeling, men i begge Tilfælde med Benyttelse af de amerikanske Temperaturmaalingen i Tabel 4 fra Forsøg med Fp. VII. Da denne Forsøgsperson har samme Højde og samme nøgne Overflade som Jernhenrik (jfr. Afsnit 1 og Tabel 3), og derfor ogsaa maa antages at have samme Klædedragtsoverflade, har jeg be-

Tabel 5*). Maalinger af Temperaturer samt Beregninger af Varmeafgivelse ved Straaling og Konvektion.

Measured temperatures (confer table 4) and calculated heat loss by radiation (Q_s) and convection (Q_k).

Gruppe	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	t_L	t_S	t_{Hud}	$t_{Kld.}$	$t_{Les\ gene}$	$t_{Res\ sult}$	Q_s	Q_k	Q_s+Q_k
Nr.	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	kcal/h		
I	37,1	37,1	36,4	(37,9)?	37,6				
	32,1	32,1	35,3	35,2	37,6	31,9	19,0	29,4	48,4
	26,1	27,8	34,4	32,9	37,2	26,5	29,5	64,5	94,0
	22,0	22,0	32,6	30,5	37,1	21,8	48,0	80,6	128,6
	15,3	17,2	29,8	26,9	37,3	16,0	52,7	110,0	162,7
	10,4	10,6	28,5	24,0	37,3	10,5	70,6	129,0	199,6
	5,4	5,4	26,1	20,9	37,1	5,7	76,4	146,0	223,3
II	32,7	43,7	36,1	36,6	37,4	37,2	— 45,8	37,0	— 8,8
	27,0	38,5	35,2	34,8	37,5	31,3	— 22,7	74,0	51,3
	21,5	33,6	33,6	32,3	36,8	25,9	— 7,4	102,4	95,0
	15,7	27,3	30,8	28,4	36,8	19,8	5,8	120,4	126,2
	9,7	21,4	28,7	24,7	37,2	13,9	17,4	142,2	159,6
	4,7	18,7	26,0	21,4	36,9	9,7	14,2	158,3	172,5
III	27,7	50,0	36,3	36,9	36,9	37,0	— 88,0	87,2	— 0,8
	21,7	53,7	36,3	36,2	37,4	34,9	— 118,6	137,5	18,9
	15,6	50,1	35,6	33,5	37,3	29,4	— 108,6	169,7	61,1
	21,6	43,9	35,1	33,9	37,2	30,4	— 64,3	116,6	52,3
	16,9	40,6	33,8	31,4	37,2	26,0	— 57,4	137,5	80,1
	11,4	43,6	34,1	31,4	37,2	23,8	— 77,0	189,6	112,6
	5,4	37,9	30,4	28,1	37,1	17,5	— 59,0	215,1	156,1
	10,0	31,9	30,3	27,3	37,2	18,0	— 26,9	164,0	137,1
	5,4	27,1	28,5	24,7	37,3	13,7	— 13,7	183,0	169,3
	0,1	21,3	27,1	21,1	37,1	7,7	— 1,1	199,2	198,1

*) Kolonne 1—5 er lig med henholdsvis T_A , T_W , Mean T_S , Mean T_{Cl} og T_B fra Tabel 4. Kolonne 6—9 er beregnet paa Grundlag af disse Temperaturmaalinger med Anvendelse af de ved Forsøg med Jernhenrik fundne Konstanter.

nyttet de for Jernhenrik fundne Konstanter ved Udregningen af Varmeafgivelsen ved Straaling og Konvektion i de Figurer, der har Betegnelsen „egne Beregninger“. Den resulterende Temperatur er udregnet efter Lign. 7 ved Indsættelse af Temperaturerne i Tabel 4.

Den saaledes beregnede resulterende Rumtemperatur samt Varmeafgivelsen ved Straaling og Konvektion udregnet efter Lign. 4 og 5 er opført i Tabel 5, hvor der desuden er angivet Pierce-Laboratoriets Temperaturmaalinger.

Den i Tabel 4 beregnede Varmeafgivelse ved Straaling og Konvektion er angivet pr. m^2 af Overfladen, men i Fig. 7—22 har jeg ligesom i Tabel 5 anvendt den pr. Time totalt afgivne Varmemængde ved Straaling og Konvektion, idet jeg dels har anvendt

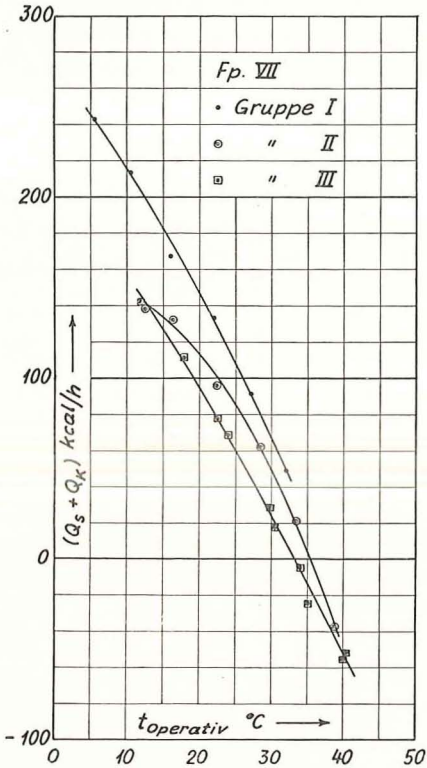


Fig. 9. Varmeafgivelse ved Straaling plus Konvektion (beregnet efter Winslow, Herrington og Gagge) i Relation til t_{operativ} .

Heat transfer by radiation and convection (by W., H. and G.) in relation to $t_{\text{operative}}$.

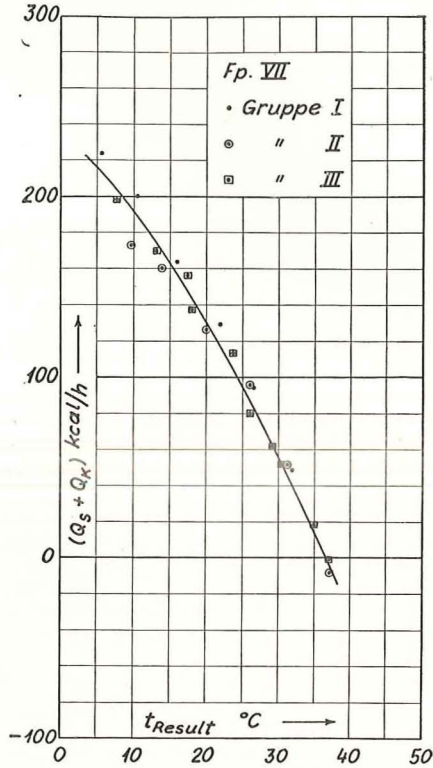


Fig. 10. Varmeafgivelse ved Straaling plus Konvektion (egne Beregninger) i Relation til t_{Result} .

Heat transfer by radiation and convection (calculated by the author) in relation to t_{result} .

Konstanterne k_c og k_r fra Tabel 3 og dels de tilsvarende Konstanter for J.H.

Jeg gør iøvrigt her opmærksom paa, at der i Contribution no. 23, from the John B. Pierce Laboratory (9g), er optegnet Kurver, der viser Relationen imellem operativ Temperatur og henholdsvis Hudtemperatur, conductance og Behagelighedsgrad. (Ved-

rørende de to sidstnævnte Begreber henvises til Omtalen af Tabel 6).

Af Fig. 9 ser man, at den af de amerikanske Forskere Winslow, Herrington og Gagge fundne operative Temperatur ikke egner

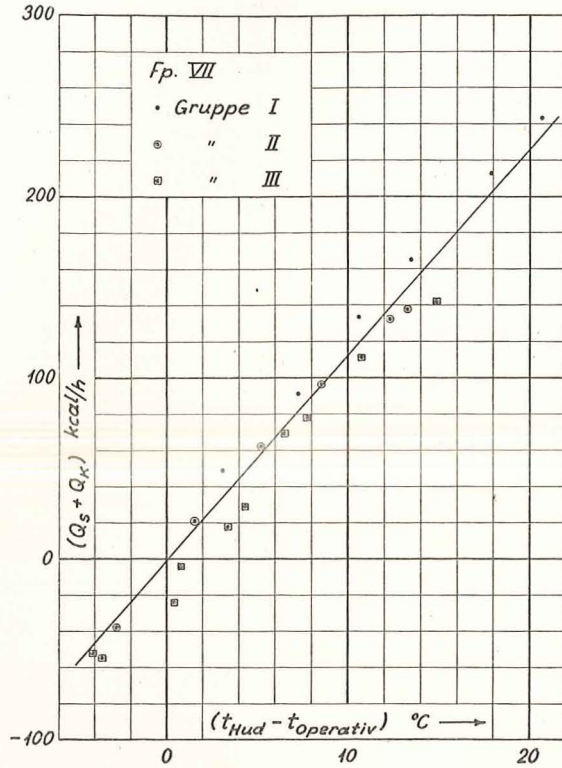


Fig. 11. Varmeafgivelse ved Straaling plus Konvektion (beregnet efter Winslow, Herrington og Gagge) i Relation til $t_{\text{Hud}} - t_{\text{operativ}}$.

Heat transfer by radiation and convection (by W., H. and G.) in relation to $t_{\text{skin}} - t_{\text{operative}}$.

sig særlig godt til Angivelse af et Rums Opvarmningstilstand, idet Varmeafgivelsen for de tre Forsøgsseriers Vedkommende ligger tydeligt adskilt paa de tre forskellige Kurver. Af Fig. 10 ser man, at den resulterende Temperatur, der er beregnet paa Grundlag af Forsøgene med Jernhenrik, giver et godt Billede af et Rums Opvarmningstilstand, idet Punkterne fra alle tre Forsøgsserier grupperer sig ret tæt omkring samme Kurve.

I Fig. 11 og 12 er Varmeafgivelsen afsat i Relation til Forskel-
len imellem Hudtemperatur og operativ Temperatur, henholdsvis
resulterende Temperatur. Man ser, at de to forskellige Bereg-
ningsmaader ikke giver nogen stor Forskel i Punkternes Grup-
pering om en ret Linie; dog viser Fig. 11 lidt større Spredning af
Punkterne end Fig. 12, og endvidere viser Fig. 11 i to Tilfælde

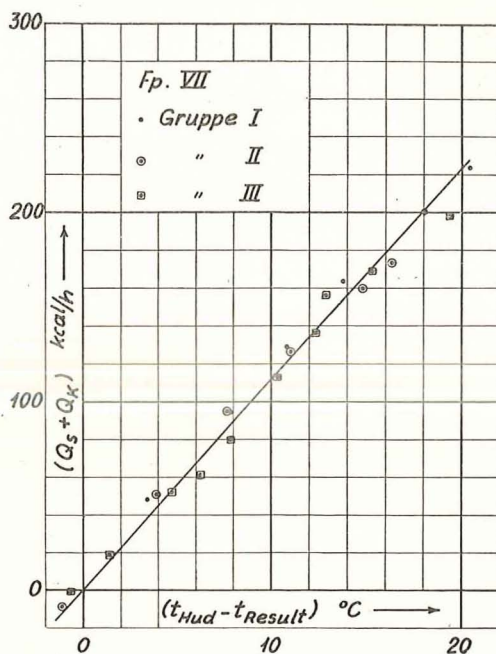


Fig. 12. Varmeafgivelse ved Straaling plus
Konvektion (egne Beregninger) i Relation
til $t_{Hud} - t_{Result}$

Heat transfer by radiation and con-
vection (calculated by the author)
in relation to $t_{skin} - t_{result}$

negativ Varmeafgivelse for positiv Differens mellem Hud- og
operativ Temperatur, hvilket ikke kan finde Sted ved en rigtig
Beregning af Rumtemperaturen. Liniens Hældning i Fig. 11 og 12
kan opfattes som et Udtryk for Klædedragtens Transmissionstal
 k' (regnet fra Hudoverflade til Rum), men man maa dog være
opmærksom paa, at ikke hele Legemets Overflade (Hoved og
Hænder) er dækket af Klædedragten. Fig. 11 giver $k = 5,65$ kcal/
 $m^2h^{\circ} C.$, og Fig. 12 giver $k' = 5,55$ kcal/ $m^2h^{\circ} C.$, idet Overfladen
regnes lig med $2,0 m^2$.

Klædedragten bestod af todelt Bomuldsundertøj, Bomulds-skjorte uden Slips, Sokker, lave Lædersko og mørk, graa enkelt-radet Habit med $\frac{3}{4}$ -foret Jakke og helforet Vest.

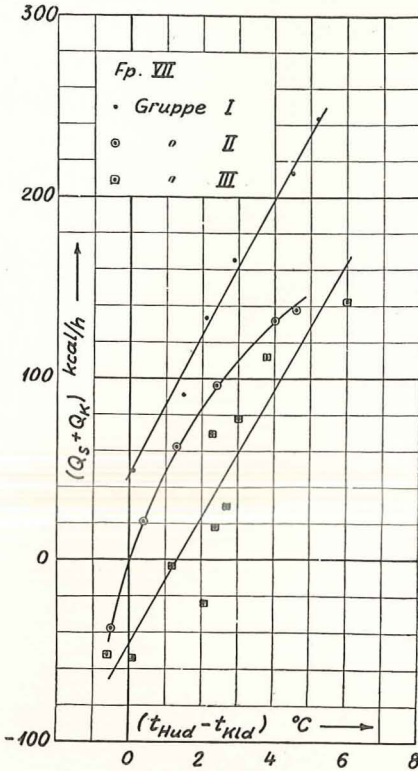


Fig. 13. Varmeafgivelse ved Straaling plus Konvektion (beregnet efter Winslow, Herrington og Gagge) i Relation til $t_{Hud} - t_{Kld}$.

Heat transfer by radiation and convection (by W., H. and G.) in relation to $t_{skin} - t_{clothing}$.

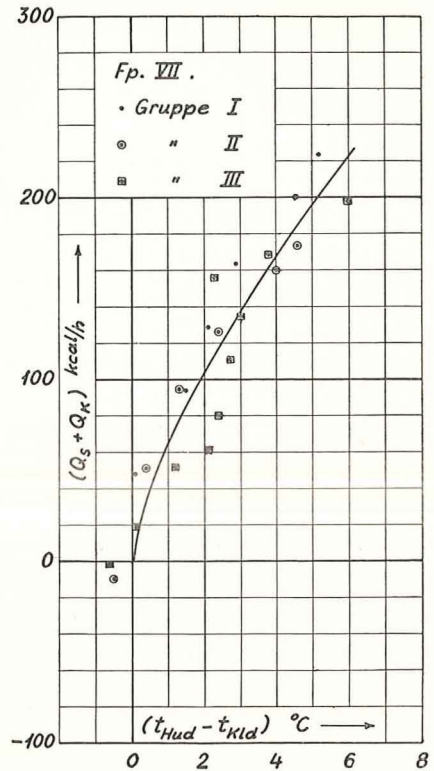


Fig. 14. Varmeafgivelse ved Straaling plus Konvektion (egne Beregninger) i Relation til $t_{Hud} - t_{Kld}$.

Heat transfer by radiation and convection (calculated by the author) in relation to $t_{skin} - t_{clothing}$.

Jernhenriks Klædedragt er beskrevet i Afsnit 1, Side 9, Trans-missionstallet for denne er $k' = \frac{73,0}{2,0 \cdot (33,4 - 18,65)} = 2,48 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ \text{C}$. Jernhenriks Klædedragt har altsaa været betydeligt mere isolerende end den ved de amerikanske Forsøg benyttede Klæde-dragt.

I Fig. 13 og 14 er Varmeafgivelsen afsat i Relation til Tempe-

raturforskellen mellem Hud og Klædedragt. Man ser, at Punkterne i Fig. 13 grupperer sig om tre forskellige Kurver, der svarer til hver sin af de tre Forsøgsserier. I Fig. 14 grupperer Punkterne fra alle tre Forsøgsserier sig omkring een Linie, men der er dog ret stor Spredning af Punkterne omkring denne Linie. Det fremgaar

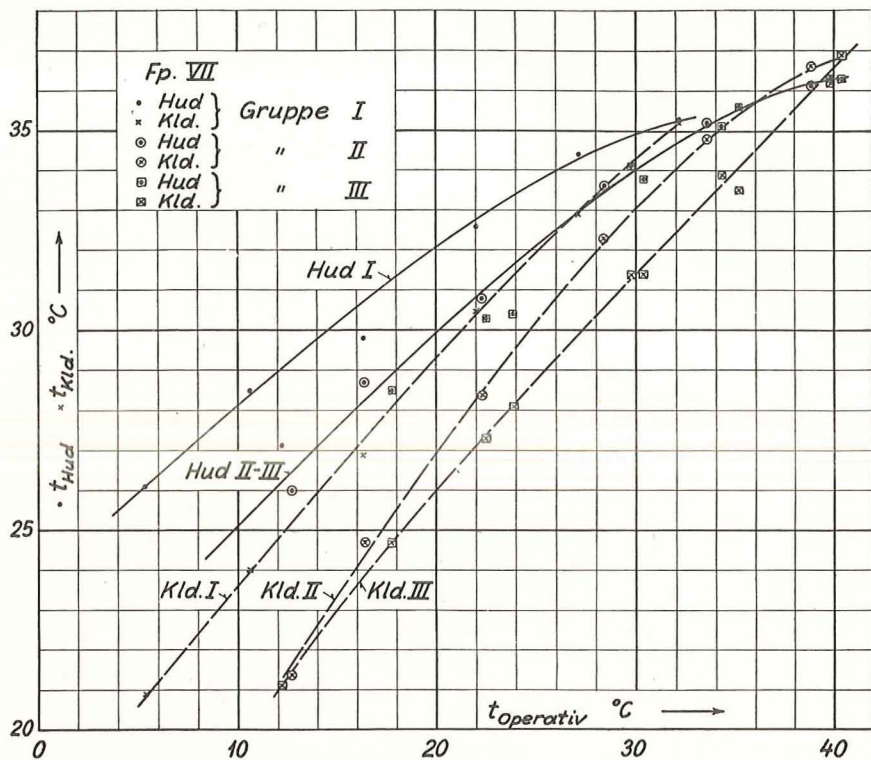


Fig. 15 Hud- og Klædedragtstemperatur i Relation til t_{operativ} (beregnet efter Winslow, Herrington og Gagge).

Skintemperature and clothingtemperature in relation to $t_{\text{operative}}$
(by W., H. and G.).

imidlertid tydeligt, at Varmeafgivelsen beregnet paa Grundlag af Forsøgene med Jernhenrik stemmer langt bedre overens med den maalte Differens mellem Hud- og Klædedragtstemperatur, end Varmeafgivelsen beregnet efter de af Winslow, Herrington og Gagge fundne Konstanter gør.

I Fig. 15 er Hud- og Klædedragtstemperatur afsat i Relation til den af Winslow, Herrington og Gagge beregnede operative Temperatur. I Fig. 16 er Hud- og Klædedragtstemperatur (maalt af Winslow, Herrington og Gagge) afsat i Relation til den resulterende Temperatur beregnet efter Lign. 7.

Man ser af Fig. 15, at Hudtemperaturerne fra Forsøgsserie I samler sig om en Kurve, medens Hudtemperaturerne fra Serie II og III samler sig om en anden Kurve. Klædedragtstemperaturerne fra de tre Maaleserier ligger omkring hver sin Kurve. Ved den operative Temperatur, der er bestemt ved Skæringen mellem to sammenhørende Kurver for Hud- og Klædedragtstemperatur, er Varmeafgivelsen 0. For Serie I, II og III finder man henholdsvis ca. 32°, ca. 36° og ca. 39° C. Dette stemmer imidlertid ikke overens med Fig. 9, der for de samme Serier i den nævnte Rækkefølge giver ca. 37°, ca. 36° og ca. 33° C. Ved rigtig Bestemmelse af Rumtemperaturen skulde Nulpunktet for Varmeafgivelsen ved Straaling plus Konvektion falde sammen for alle tre Grupper.

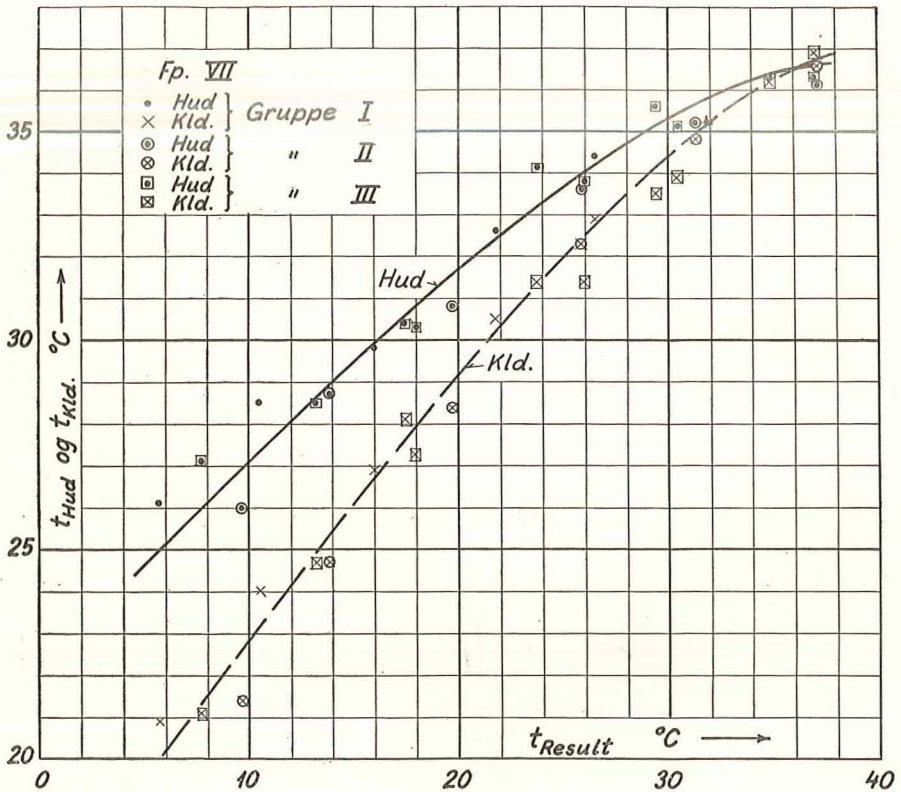


Fig. 16 Hud- og Klædedragtstemperatur i Relation til t_{Result} (egne Beregninger).

Skintemperature and clothingtemperature in relation to t_{result}
(calculated by the author).

Dette er Tilfældet for Fig. 16's Vedkommende, hvor Hudtemperaturerne fra alle tre Forsøgsserier, omend med nogen Spredning, grupperer sig omkring samme Kurve, og Klædedragtstemperaturerne fra alle tre Serier ligger ligeledes omkring een Kurve. De to Kurver skærer hinanden ved en resulterende Temperatur

Tabel 6. Operativ Temperatur, Behagelighedstilstand (comfort vote) og Conductance. Fp. VII.

$T_{operative}$ °C	Behageligheds- tilstand	Conductance K kcal/m ² h °C
37,1	4,3	58,4
32,1	4,0	27,2
27,1	1,7	23,1
22,0	2,0	17,3
16,3	3,0	12,3
10,6	3,7	12,6
5,4	4,0	11,0
38,9	3,1	30,3
33,6	3,3	20,7
28,4	1,8	14,4
22,3	3,0	9,8
16,4	3,6	9,3
12,7	4,2	7,0
40,4	4,0	46,7
39,9	4,0	23,2
35,2	3,5	5,8
34,3	3,7	17,1
30,4	2,0	6,3
29,8	2,0	14,1
23,9	2,0	6,8
22,5	3,4	8,3
17,8	3,7	7,9
12,2	5,0	8,3

paa ca. 37° C., hvilket er i Overensstemmelse med, at Varmeafgivelsen i Fig. 10 er 0 for $t_{Result} = ca. 37° C.$

Forsøgene paa Pierce-Laboratoriet har foruden Maalingerne af Temperaturer og Varmeafgivelse ogsaa omfattet en Undersøgelse af Forsøgspersonernes subjektive Fornemmelser af Behagelighedstilstanden. Den anvendte Behagelighedsskala var: 1 = meget behageligt, 2 = behageligt, 3 = indifferent, 4 = ubehageligt og 5 = meget ubehageligt.

Fp. VII's Udtalelser om Behagelighedstilstanden ved de i Tabel 4 beskrevne Forsøg fremgaar af ovenstaaende Tabel 6.

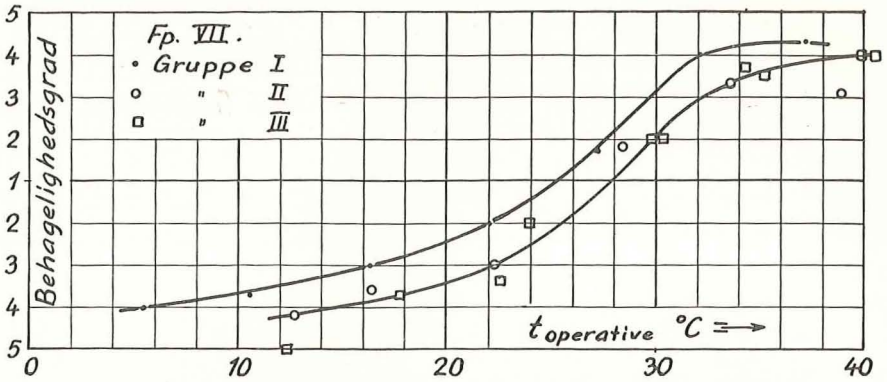


Fig. 17. Behagelighedsfølelse i Relation til operativ Temperatur.
Sensations of pleasantness at various operative temperatures.

I Fig. 17 er den subjektive Behagelighedsfølelse optegnet i Relation til den operative Temperatur, og man ser, at der for samme operative Temperatur er en tydelig Forskel paa Behagelighedsfølelsen i Forsøgsgruppe I og i de to andre Forsøgsgrupper.

I Fig. 18 er Behagelighedsfølelsen udtrykt i Relation til den resulterende Temperatur, og man ser, at Udtalelserne om Behagelighedsfølelsen for alle tre Forsøgsgruppers Vedkommende stemmer ret godt overens med den resulterende Temperatur. Den resulterende Temperatur er altsaa et bedre Udtryk for et Rums Behagelighedstilstand end den operative Temperatur er.

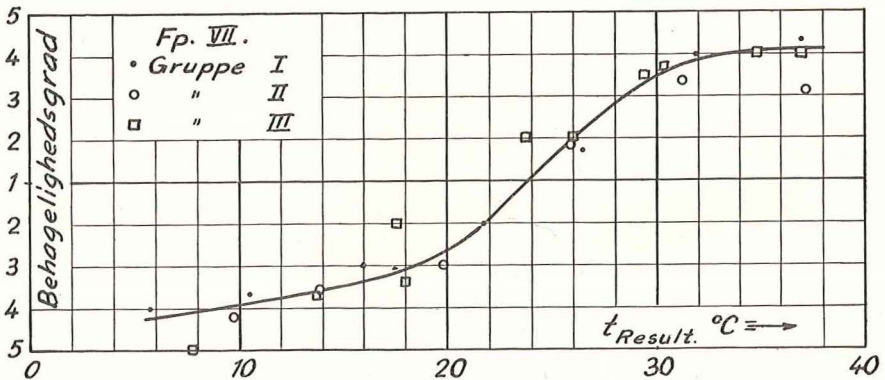


Fig. 18. Behagelighedsfølelse i Relation til resulterende Temperatur.
Sensations of pleasantness at various resulting temperatures.

I sidste Kolonne i Tabel 6 er gengivet en af Pierce-Laboratoriet angiven Størrelse, der kan opfattes som et Udtryk for Varmeledningen, conductance, gennem Menneskelegemets ydre Væv. Denne Størrelse K er beregnet som Summen af Varmeafgivelsen ved Straaling, Konvektion og Fordampning pr. m² Overflade divideret med Forskellen mellem Rektaltemperatur og gennemsnitlig Hudtemperatur.

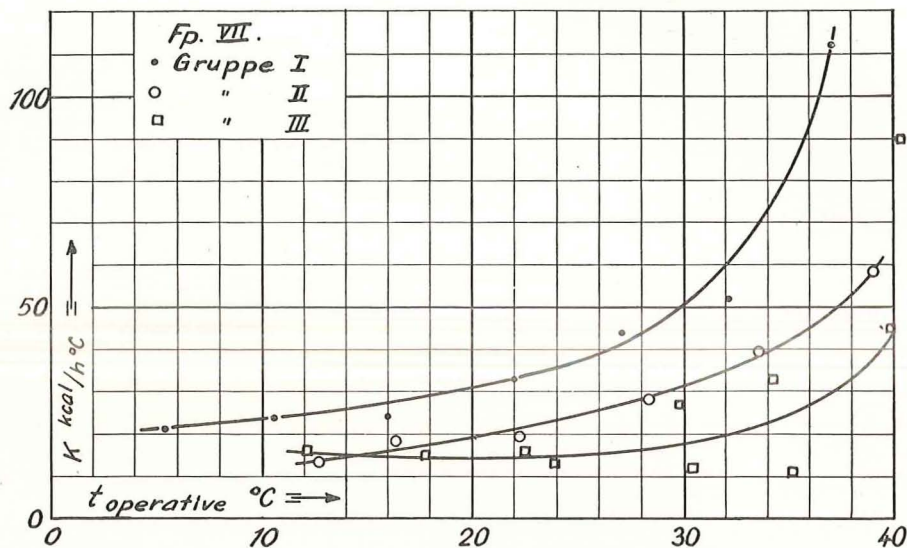


Fig. 19. Conductance K i Relation til den operative Temperatur.

$$K = 1,92 \frac{R + C + E}{T_{\text{Rektal}} - T_{\text{Hud}}}$$

Conductance plotted against operative temperature.

I Fig. 19 er K afsat i Relation til den operative Temperatur, idet K i Figuren er omregnet til hele Overfladen af Fp. VII ved Multiplikation af Værdierne i Tabel 6 med 1,92. I Fig. 20 er conductance K_1 afsat i Relation til den resulterende Temperatur, og K_1 er i denne Figur beregnet som Varmeafgivelsen ved Straaling og Konvektion med Anvendelse af Konstanterne for J. H. (Kolonne 9 i Tabel 5) plus Fordampningen, $1,92 \cdot E$ fra Tabel 4, divideret med Differensen mellem Rektal- og Hudtemperatur.

Af Fig. 19 ser man, at Legemets Varmeledning pr. Grads Temperaturfald tydeligt grupperer sig om hver sin Kurve for de tre forskellige Grupper af Forsøg, naar K beregnes i Overensstemmelse med den operative Temperatur og afsættes i Relation til denne.

Af Fig. 20 ser man, at Legemets Varmeledning pr. Grads Temperaturfald grupperer sig om samme Kurve for alle tre Forsøgs-serier, naar K_1 beregnes i Overensstemmelse med den resulterende Temperatur og afsættes i Relation til denne.

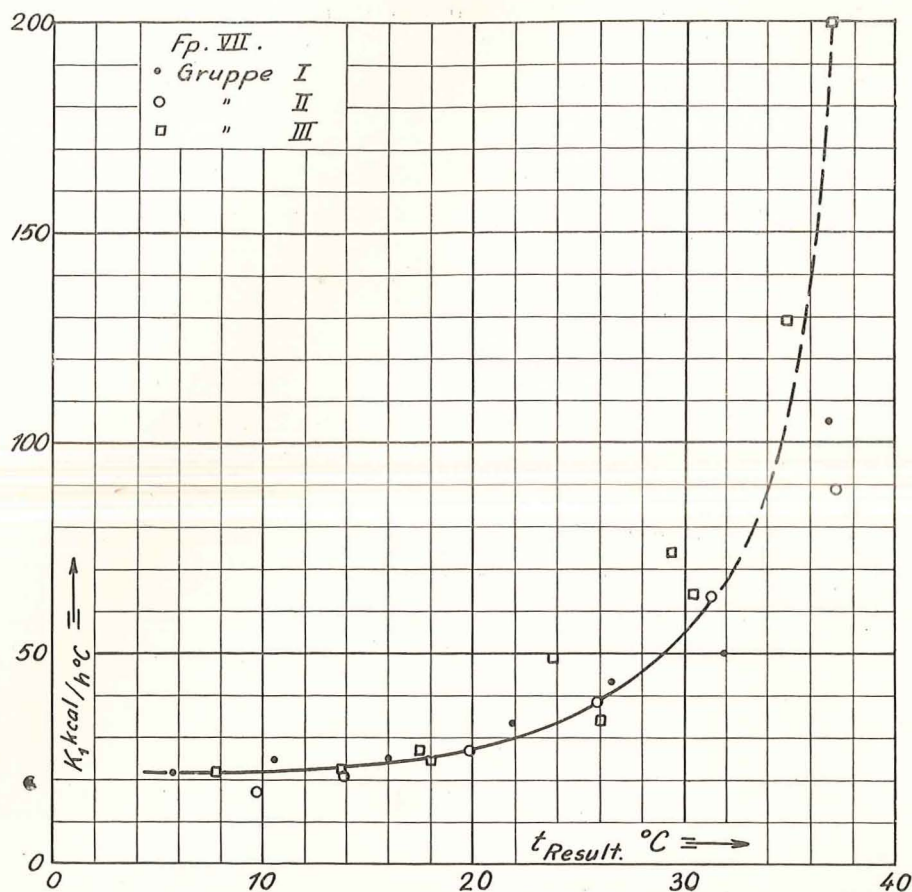


Fig. 20. Conductance K_1 i Relation til den resulterende Temperatur.

$$K_1 = \frac{Q_s + Q_k + 1,92 \cdot E}{T_{Rektal} - T_{Hud}}$$

Conductance plotted against resulting temperature.

Ved Betragtning af Fig. 20 ser man, at der ved stigende resulterende Temperatur foregaar en Stigning i Varmeledningen pr. Grads Temperaturfald igennem Vævene. Denne Stigning af Varmeledningen maa, saaledes som ogsaa Winslow, Herrington og Gagge gør opmærksom paa (9c), staa i Forbindelse med en

Forøgelse af Blodgennemstrømningen, da selve Varmelednings-
evnen af Vævene maa betragtes som konstant.

Da det er sandsynligt, at den ved Fordampning afgivne Varme-
mængde er beregnet for høj ved de højeste Rumtemperaturer
(jfr. S. 61), er det ligeledes sandsynligt, at conductance ved disse
Temperaturer ikke stiger saa meget, som Kurverne viser.

Ved Pierce-Laboratoriets Bestemmelse af Fordelingen af Var-
meafgivelsen ved Straaling og Konvektion (jfr. Tabel 3) har man
som omtalt Side 25 beregnet Akkumuleringen paa Grundlag af
de maalte Ændringer af Rektal- og Hudtemperatur. I Tabel 4 er
den angivne Akkumulering, storage, imidlertid som bemærket i
Fodnoten beregnet som Differens imellem Varmeproduktionen
og den maalte Fordampning plus den beregnede Varmeafgivelse
ved Straaling og Konvektion. (I Tabel 4 er Akkumuleringen reg-
net positiv for en Aftagen i Legemets Varmeindhold). Saafremt
Varmeafgivelsen ved Straaling plus Konvektion beregnes rigtigt,
skal den som Restled bestemte Akkumulering stemme overens
med den Akkumulering, man kan beregne direkte paa Grundlag
af Ændringerne i Rektal- og Hudtemperatur, og herved kan man
faa en Kontrol paa Rigtigheden af den fundne Fordeling.

J. D. Hardy og E. F. Du Bois har paa Grundlag af Kalorimeter-
forsøg (7b) fundet, at Akkumuleringen bedst bestemmes som

$$Q_{\text{Akk}} = \Delta t \cdot 0,83 \cdot P.$$

hvor $\Delta t = 0,8 \cdot \Delta T_{\text{Rektal}} + 0,2 \Delta T_{\text{Hud}}$, 0,83 er Legemets speci-
fikke Varmefylde i kcal/kg og P er Forsøgspersonens Vægt i kg.

Da man ikke i de omtalte Forsøgsresultater fra Pierce-Labora-
toriet (Tabel 4) kan se Ændringerne i Rektal- og Hudtemperatur
i Løbet af Forsøgstiden, kan man ikke beregne den virkelige Ak-
kumulering, men hvis man gaar ud fra, at Forsøgspersonens Be-
gyndelsestilstand har været den samme før Forsøgenes Begyn-
delse, jfr. S. 48, har man tilstrækkeligt Grundlag for en Sammen-
ligning af den akkumulerede Varmemængde ved de forskellige
Forsøg.

Af Fig. 7 ser man, at Rektaltemperaturen kun falder nogle faa
Tiendedele Grader fra de varmeste til de koldeste Omgivelser
(svarende til Hudtemperaturer fra ca. 36° til ca. 26°).

Akkumuleringen vil derfor i væsentlig Grad være afhængig af
Hudtemperaturen, og da Rektaltemperaturen, som det ses af Fig.
7, ligger ensartet for alle tre Forsøgsgrupper, skal ogsaa Akkumu-
leringen for samme Hudtemperatur være den samme for alle tre
Forsøgs-serier.

For at undersøge om dette er Tilfældet, har jeg i Fig. 21 og Fig. 22 optegnet den som Differens beregnede Akkumulering i Relation til Hudtemperaturen. (Akkumuleringen er her regnet positiv for en Opvarmning af Legemet og negativ for en Afkø-

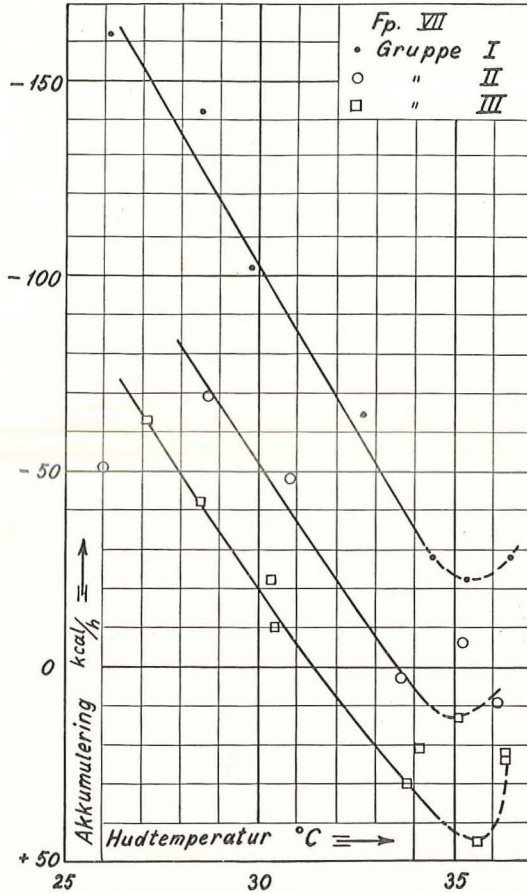


Fig. 21. Akkumuleringen (beregnet som Differens)

i Relation til Hudtemperaturen. Beregnet efter W., H. og G.

Storage calculated as a difference and plotted against the temperature of the skin. Calculated by W., H. and G.

ling). Den i Fig. 21 afsatte Akkumulering er beregnet med Anvendelse af Straalings- og Konvektionskonstanterne fra Tabel 3 til Bestemmelse af Varmeafgivelsen ved Straaling og Konvektion, medens den benyttede Varmeafgivelse ved Fordampning er 1,92 Gange E i Tabel 4. Ved Udregningen af den i Fig. 22 afsatte

Akkumulering er benyttet de for J. H. fundne Konstanter for Varmeafgivelsen ved Straaling og Konvektion, og Fordampningen er beregnet som foran angivet.

Man ser af Fig. 21, at den som Differens beregnede Akkumulering for samme Hudtemperatur er meget forskellig for de tre Forsøgs-serier, naar man ved Beregningerne benytter de amerikanske Konstanter for Varmeafgivelsen ved Straaling og Konvektion.

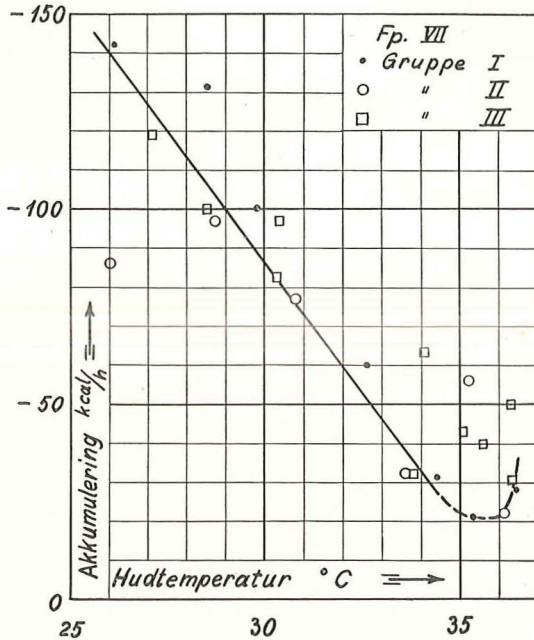


Fig. 22. Akkumuleringen (beregnet som Differens) i Relation til Hudtemperaturen. Egne Beregninger.

Storage calculated as a difference and plotted against the temperature of the skin. Calculated by the author.

Da Pierce-Laboratoriets Bestemmelse af Varmeafgivelsens Forde-ling paa Straaling og Konvektion som nævnt bygger paa en Beregning af Akkumuleringen paa Grundlag af Rektal- og Hud-temperatur, er det givet, at en saadan Beregning af Akkumulering ved de i Tabel 4 beskrevne Forsøg skal give Overensstem-melse med den som Differens beregnede Akkumulering, saafremt Varmeafgivelsen ved Straaling og Konvektion er beregnet rigtigt.

Selv om Tabel 4 ikke giver tilstrækkelige Oplysninger til, at man kan beregne den absolutte Størrelse af Akkumuleringen

direkte, kan man dog med Sikkerhed fastslaa, at Akkumuleringen for samme Hudtemperatur maa være den samme i alle tre Forsøgsserier, da der til samme Hudtemperatur svarer samme Rektaltemperatur, jfr. Fig. 7, og altsaa ogsaa samme Forskel mellem Legems- og Hudtemperatur i alle tre Forsøgsserier, og disse Temperaturer i Forbindelse med Forsøgspersonens Begyndelsestilstand bestemmer Akkumuleringens Størrelse. Ganske vist kender man som nævnt ikke Forsøgspersonens Begyndelsestilstand, men da Forsøgene i de tre Grupper i Rækkefølge er blandet imellem hinanden, og da Forsøgspersonen har opholdt sig i et Rum med ensartet Temperatur et vist Stykke Tid før Forsøgenes Begyndelse, kan der ikke have været nogen systematisk Forskel paa Begyndelsestilstanden ved de forskellige Forsøg. Da det er den paa Pierce-Laboratoriet fundne Fordeling af Varmeafgivelsen ved Straaling og Konvektion, der har givet den i Fig. 21 viste Forskel paa Akkumuleringen i de tre Forsøgsserier følger heraf, at denne Fordeling mellem Straaling og Konvektion ikke kan være rigtig.

Fig. 22 viser, at naar man bestemmer Akkumuleringen som Differens og benytter den for J. H. fundne Fordeling imellem Straaling og Konvektion ved Udregningen af Varmeafgivelsen, er den beregnede Akkumulering omtrent sammenfaldende paa een Kurve for alle tre Forsøgsserier. Det vil heraf være berettiget at slutte, at den med J. H. fundne Fordeling af Varmeafgivelsen ved Straaling og Konvektion er omtrent rigtig, idet en rigtig Fordeling af Varmeafgivelsen ved Straaling og Konvektion er en Betingelse for, at den som Differens bestemte Akkumulering kan blive sammenfaldende for alle tre Forsøgsgrupper ved samme Hudtemperatur.

Fig. 9, 11, 13, 15, 17, 19 og 21 viser, at den paa Grundlag af de amerikanske Konstanter (Tabel 3) beregnede operative Temperatur fører til en Række Resultater, der paa flere Punkter er i Modstrid med hinanden, hvorfor den operative Temperatur og altsaa ogsaa den af Pierce-Laboratoriet bestemte Fordeling af Varmeafgivelsen ved Straaling og Konvektion ikke kan være rigtigt bestemt, saaledes som det er nærmere begrundet ved Omtalen af de enkelte Figurer.

Fig. 7, 8, 10, 16, 18, 20 og 22 viser, at *en given resulterende Temperatur for alle tre Forsøgsserier giver samme Hudtemperatur, samme Klædedragtstemperatur, samme Forskel mellem Rektal- og Hudtemperatur, samme Varmeafgivelse ved Straaling*

plus Konvektion, samme Varmeafgivelse ved Fordampning, samme Behagelighedsgrad, samme conductance og samme Akkumulering. Disse Resultater viser tilsammen, som nærmere begrundet ved Omtalen af de enkelte Figurer, at den resulterende Temperatur og dermed ogsaa Fordelingen af Varmeafgivelsen ved Straaling og Konvektion i det væsentlige er rigtigt bestemt for Fp. VII ved de for J. H. gældende Konstanter. I de fleste af de Figurer, der er optegnet i Relation til den resulterende Temperatur, kan man dog se, at de tre Forsøgsserier ikke er fuldstændigt sammenfaldende, og Grunden hertil er, at den resulterende Temperatur i Gruppe II og III er beregnet lidt for høj. D. v. s., at der er taget lidt for meget Hensyn til Straalingstemperaturen. Det ser saaledes ud til, at Varmeafgivelsen fra stillesiddende Personer fordeler sig med lidt mere ved Konvektion og lidt mindre ved Straaling end Tilfældet er for Jernhenriks Vedkommende. Da Straalingsarealet er mindre for en siddende end for en staaende Person, og da endvidere Forsøgspersonen har bevæget sig noget, maa det ogsaa forventes, at Resultatet vilde gaa i denne Retning.

Ved Omtalen af Fig. 7 er det nævnt, at Varmeafgivelsen ved Straaling plus Konvektion maa være proportional med Temperaturfaldet igennem Klædedragten. Under Forudsætning af, at der er retlinet Temperaturfald igennem Klædedragten, og at dennes Varmeledningsevne er konstant, har man derfor:

$$Q_{S+K} = k_1 (t_{\text{Hud}} - t_{\text{Kld}}) \text{ kcal/h} \dots\dots\dots (12)$$

hvor k_1 er en Konstant.

Varmeafgivelsen ved Straaling plus Konvektion er imidlertid ogsaa proportional med Forskellen imellem Klædedragtstemperatur og resulterende Temperatur (eller operativ Temperatur), og man har da:

$$Q_{S+K} = k_2 (t_{\text{Kld}} - t_{\text{Result}}) \text{ kcal/h} \dots\dots\dots (13)$$

hvor k_2 er en Konstant.

$$\text{D. v. s. } \frac{t_{\text{Kld}} - t_{\text{Result}}}{t_{\text{Hud}} - t_{\text{Kld}}} = k \dots\dots\dots (14)$$

$$\text{og } \frac{t_{\text{Kld}} - t_{\text{operative}}}{t_{\text{Hud}} - t_{\text{Kld}}} = k \dots\dots\dots (14a)$$

$$\text{hvor } k = \frac{k_1}{k_2} = \text{Konstant}$$

Ved Indsættelse i Lighed 14 og 14a af de respektive Temperaturer fra Tabel 4 samt de beregnede resulterende Temperaturer

(jfr. Tabel 5) kan man undersøge Rigtigheden af den operative henholdsvis den resulterende Temperatur. De efter Lign. 14 og 14a beregnede k_2 -Værdier er opførte i Tabel 7. Da der ved 34° Hudtemperatur sætter en særlig stor Fordampning ind, og da man maa forvente, at der, naar Svedsekretion finder Sted, ikke vil være et retlinet Temperaturfald igennem Klædedragten, er alle Forsøg fra Tabel 4 med Hudtemperatur højere eller lig med 34° udskudt. Foruden de beregnede k_2 -Værdier er i Tabel 7 angivet Hudtemperaturen og Klædedragtstemperaturen samt den operative og den resulterende Temperatur.

Tabel 7.
Beregnede k_2 -Værdier efter Lign. 14 og 14 a. Fp. VII.

Forsøgsgruppe	t_{Hud} °C	t_{Kld} °C	$t_{\text{operative}}$ °C	t_{Result} °C	$\frac{t_{\text{Kld}} - t_{\text{operative}}}{t_{\text{Hud}} - t_{\text{Kld}}} = k$	Middel	$\frac{t_{\text{Kld}} - t_{\text{Result}}}{t_{\text{Hud}} - t_{\text{Kld}}} = k$	Middel
I	32,6	30,5	22,0	21,8	4,0	3,4	4,1	3,5
	29,8	26,9	16,3	16,0	3,7		3,8	
	28,5	24,0	10,6	10,5	3,0		3,0	
	26,1	20,9	5,4	5,7	3,0		2,9	
II	33,6	32,3	28,4	25,9	3,0	2,4	4,9	3,4
	30,8	28,4	22,3	19,8	2,5		3,6	
	28,7	24,7	16,4	13,9	2,1		2,7	
	26,0	21,4	12,7	9,7	1,9		2,5	
III	33,8	31,4	30,4	26,0	(0,4)	1,9	(2,3)	3,2
	30,4	28,1	23,9	17,5	1,8		4,6	
	30,3	27,3	22,5	18,0	2,3		3,1	
	28,5	24,7	17,8	13,7	1,8		2,9	
	27,1	21,1	12,2	7,7	1,5		2,2	

Af Tabel 7 ser man straks, at de beregnede „Konstanter“ langt fra er konstante. Indenfor hver enkelt Forsøgsgruppe aftager de med aftagende Hudtemperatur, og naar Konstanterne er beregnet paa Grundlag af den operative Temperatur, aftager de ogsaa fra Gruppe til Gruppe.

Grundene til Variationen af k_2 -Værdierne kan enten være, at den operative henholdsvis den resulterende Temperatur er bestemt forkert, eller at Klædedragtens Varmeledningsevne og dermed k_1 i Lign. 12 ikke er konstant, og endelig kan der være Fejl paa Temperaturmaalingerne.

For Gruppe I's Vedkommende maa saavel den operative Tem-

peratur som den resulterende Temperatur være bestemt med tilfredsstillende Nøjagtighed, da Luft- og Straalingstemperaturerne er ens i denne Forsøgsgruppe. Hvis man antager, at der ikke findes en systematisk Maalefejl med Hensyn til de anvendte Temperaturer fra denne Gruppe, maa det i saa Fald være den aftagende Fugtighed i Klædedragten, der er Skyld i, at de beregnede k -Værdier aftager med aftagende Hudtemperatur. Dette er i Overensstemmelse med, at Varmeledningsevnen aftager med aftagende Fugtighedsindhold; men paa den anden Side er Variationen i k -Værdierne saa stor, at den næppe udelukkende kan skyldes den Ændring i Klædedragtens Varmeledningsevne, som foraarsages af den beskedne Variation af Fugtighedsindholdet, der kan være Tale om i dette Temperaturomraade. Man har iøvrigt i en anden Forsøgsrække paa Pierce-Laboratoriet fundet, at Klædedragtens Varmeledningsevne var konstant i dette Temperaturomraade (9 f). Det synes derfor sandsynligt, at der forekommer en systematisk Maalefejl paa Hudtemperaturen eller Klædedragtstemperaturen. Man kan f. Eks. tænke sig, at Straalemaaleren, der er benyttet til Maaling af Klædedragtstemperaturen, har været presset for haardt imod Klædedragten under Maalingen. Dette vil medføre, at Klædedragtstemperaturen maales lidt for høj, og en saadan Fejlmaaling vil gøre sig særlig stærkt gældende ved de smaa Differenser imellem Hud- og Klædedragtstemperatur og derfor medføre en Variation af k -Værdierne i samme Retning, som den i Tabel 7 forekommende.

En eventuel Maalefejl af Klædedragtstemperaturen vil naturligvis have Betydning for Forløbet af de Kurver, der optegnes i Relation til Forskellen imellem Hud- og Klædedragtstemperatur, men for den her foretagne Undersøgelse af Varmefordelingens Overensstemmelse med Temperaturmaalingerne spiller en saadan Maalefejl som Helhed kun en mindre Rolle.

Saafernt der forekommer en systematisk Maalefejl af den ovennævnte Grund af Klædedragtstemperaturen, maa denne Fejl antages at være den samme for samme Hudtemperatur i alle tre Forsøgsserier. Da endvidere Fordampningen ved samme Hudtemperatur er den samme i alle tre Forsøgsgrupper, maa man forvente, at de beregnede k -Værdier er ens i alle tre Grupper for samme Hudtemperatur, saafremt den operative henholdsvis den resulterende Temperatur er rigtigt bestemt. Naar man i Tabel 7 foretager en saadan Sammenligning, ser man, at den operative Temperatur ikke kan være rigtigt beregnet, medens den resul-

Tabel 8*). Subject

Experiment	T _O operative temperature	T _A air temperature	T _W wall temperature	T _H head temperature	T _U upper extremities	T _T trunk temperature	T _L lower extremities
	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
Low							
21	37,9	37,9	37,9	37,9	36,7	36,7	36,6
13	31,9	31,9	31,9	35,7	35,4	35,7	35,3
9	26,1	25,8	26,4	34,4	34,5	35,2	34,3
1	22,3	22,3	22,3	33,1	32,8	34,6	32,4
5	15,1	15,1	15,1	31,5	29,1	33,7	29,3
17	9,9	9,9	9,9	30,2	27,4	32,6	27,5
25	5,4	5,3	5,4	28,8	26,1	32,5	27,0
Medium							
22	38,8	32,9	43,7	37,3	36,1	36,2	35,5
38	36,3	27,2	43,8	36,5	35,6	35,7	34,6
39	35,2	31,4	38,2	36,6	35,8	35,7	34,9
14	34,2	27,8	39,4	35,6	35,3	36,2	34,8
41	31,0	27,5	33,9	35,6	35,1	35,3	34,0
42	30,1	21,4	37,1	35,7	34,2	33,6	32,3
10	28,3	21,1	34,2	34,2	33,8	34,7	33,3
2	22,6	15,8	28,2	32,6	30,6	34,1	29,7
6	16,5	9,7	22,1	30,9	27,3	33,3	27,7
18	12,5	4,4	19,1	30,3	25,7	32,9	27,3
High							
23	39,6	26,9	49,9	37,1	35,8	36,2	34,8
24	39,0	21,8	53,1	36,8	35,3	36,4	35,2
37	36,6	21,7	48,7	36,3	35,9	36,6	35,3
15	34,6	22,2	44,7	35,1	34,9	35,8	34,6
16	33,3	15,9	47,4	35,9	35,1	35,6	33,4
40	31,1	15,7	43,6	35,6	34,4	34,3	32,3
12	28,7	10,7	43,3	34,3	31,7	34,3	30,7
11	27,6	15,4	37,6	33,7	32,7	34,4	32,2
4	23,4	5,3	38,2	32,2	29,7	34,2	30,2
3	22,4	9,9	32,7	30,9	29,8	33,9	28,7
7	17,2	5,3	26,9	30,2	28,1	33,8	27,6
19	12,6	0,8	22,3		25,8	32,8	26,0

*) Se Fodnote til Tabel 4.

IX Clothed.

Mean T_S mean skin tempera- ture	Mean T_{Cl} Mean clo- thing	T_B rectal tempera- ture	M metabo- lism	S storage	E evapora- tion	R radiation	C convection
° C.	° C.	° C.	kgm. cal./m ² hr.	kgm cal./m ² hr.	kgm. cal./m ² hr.	kgm. cal./m ² hr.	kgm. cal./m ² hr.

radiation

36,7	38,3	37,7	54	14	-65	- 2	- 1
35,5	34,9	37,1	49	11	-41	-10	- 9
34,6	32,9	37,0	53	4	-12	-24	-21
33,2	30,7	37,0	50	17	-13	-29	-25
30,7	27,3	36,7	56	20	- 9	-41	-36
29,2	24,2	36,4	58	39	- 9	-45	-43
28,6	22,3	36,4	67	45	- 9	-53	-50

radiation

35,9	37,4	37,2	48	15	-74	24	-13
35,3	35,9	37,1	48	1	-53	30	-26
35,3	36,3	37,1	52	10	-54	6	-14
35,4	35,1	37,2	48	2	-41	16	-21
34,2	34,3	37,1	45	8	-31	- 2	-20
33,3	33,9	36,7	46	4	-23	10	-37
33,9	32,9	36,8	50	-7	-12	4	-35
31,4	28,4	36,7	52	3	-16	- 2	-37
29,6	25,5	36,7	53	16	-11	-11	-47
28,9	22,1	36,6	66	6	-10	- 9	-53

radiation

35,6	37,3	37,3	47	- 2	-64	50	-31
35,7	36,4	37,4	55	-10	-70	69	-44
35,9	35,3	37,3	52	-14	-51	54	-41
35,1	34,4	36,8	51	- 9	-37	42	-37
34,6	34,6	37,1	49	-21	-24	51	-55
33,6	33,6	36,7	46	-11	-21	39	-53
32,3	30,5	36,6	46	-24	-12	49	-59
33,1	31,4	36,7	55	-15	-16	23	-47
31,5	28,6	36,8	59	-10	-15	35	-69
30,8	27,7	36,7	49	- 3	-11	18	-53
29,8	24,8	36,5	58	3	-10	8	-58
28,4	22,6	36,4	65	16	-15	1	-67

terende Temperatur giver god Overensstemmelse imellem saavel Enkeltværdierne af k for samme Hudtemperatur som af Middelværdierne for de tre Grupper. Første Række i Gruppe III viser dog en betydelig Afvigelse, men dette skyldes rimeligvis en tilfældig Usikkerhed paa Temperaturmaalingerne, idet Fig. 16 viser, at Differensen imellem Hud- og Klædedragtstemperatur for en resulterende Temperatur paa 26° er væsentlig større, naar man benytter de maalte Temperaturer, end naar man anvender de ved Kurverne bestemte Middelværdier. Første Række i Gruppe III er derfor ikke medtaget ved Udregning af Middelværdien af k .

Da den operative Temperatur som nævnt er rigtigt bestemt for Gruppe I, maa den for Gruppe II og III være beregnet for høj, hvilket vil sige, at Straalingstemperaturen er medtaget med for stor og Lufttemperaturen med for lille Vægt.

Tabel 7 tyder paa, ligesom de Figurer der er optegnet i Relation til den resulterende Temperatur, at der ved Beregningen af denne er lagt *lidt* for stor Vægt paa Straalingstemperaturen paa Bekostning af Lufttemperaturen.

I Tabel 8, der ligesom Tabel 4 hidrører fra „Contribution No. 23, from the John B. Pierce Laboratory of Hygiene“, er gengivet Maaleresultater fra Forsøg med den i Tabel 3 nævnte Forsøgsperson IX. Forsøgsperson IX's Klædedragt var nøjagtig samme Slags som Fp. VII's Klædedragt, der er beskrevet Side 38.

Det fremgaar af Tabel 3, at Fp. IX er mindre end Fp. VII og altsaa ogsaa mindre end J. H., hvorfor man ikke direkte kan anvende de for J. H. fundne Konstanter for Varmeafgivelse ved Straaling og Konvektion paa Fp. IX. Man maa imidlertid antage, at den procentiske Fordeling af Varmeafgivelsen ved Straaling og Konvektion kun i mindre Grad er paavirket af Forsøgspersonens Størrelse, navnlig indenfor saa beskedne Variationer, som de der her er Tale om.

I det følgende skal der derfor foretages en Undersøgelse af, hvordan den ved Hjælp af J. H. fundne Fordeling imellem Varmeafgivelsen ved Straaling og Konvektion stemmer overens med Temperaturmaalingerne i Tabel 8 fra Forsøg med Fp. IX.

Den resulterende Temperatur beregnes i Overensstemmelse med Lign. 7. De saaledes beregnede Værdier er opførte i Tabel 9 tilligemed de paa Grundlag heraf beregnede Størrelser af Varmeafgivelsen ved Straaling plus Konvektion. Ved Udregningen af denne Varmeafgivelse er iøvrigt benyttet den i Tabel 3 angivne „environmental constant“ $k = 10,44 \text{ kcal/h}^{\circ} \text{ C}$. Denne Kon-

Tabel 9.

Resulterende Temperatur og den paa Grundlag heraf beregnede Varmeafgivelse ved Straaling plus Konvektion samt den akkumulerede Varmemængde for Fp. IX, jfr. Tabel. 8.

Gruppe	t_{Result}	$Q_S + Q_K$	E	$Q_S + Q_K + E$	$Q_{\text{Produc.}}$	Q_{Akk}
Nr.	°C	kcal/h	kcal/h	kcal/h	kcal/h	kcal/h
I	31,8	32	66	98	78	— 20
	25,7	75	19	94	85	— 9
	22,2	89	21	110	80	— 30
	15,1	128	14	142	90	— 52
	10,0	148	14	162	93	— 69
	5,7	173	14	187	107	— 80
II	37,0	4	119	123	77	— 46
	33,9	21	85	106	77	— 29
	34,0	24	86	110	83	— 27
	32,3	29	66	95	77	— 18
	29,8	47	50	97	72	— 25
	27,3	69	37	106	74	— 32
	25,8	74	19	93	80	— 13
	20,2	86	26	112	83	— 29
	14,1	119	18	137	85	— 52
9,6	131	16	147	106	— 41	
III	36,2	12	103	115	75	— 40
	34,7	18	112	130	88	— 42
	32,4	30	82	112	83	— 29
	31,2	33	59	92	82	— 10
	28,2	67	38	105	78	— 27
	26,4	75	34	109	74	— 35
	23,2	76	19	95	74	— 21
	23,8	79	26	105	88	— 17
	17,5	116	24	140	94	— 46
	18,2	99	18	117	78	— 39
	13,1	122	16	138	93	— 45
8,5	147	24	171	104	— 67	

stant maa, saafremt den iøvrigt er rigtigt bestemt, være uafhængig af den fundne Fordeling af Varmeafgivelsen ved Straaling og Konvektion, idet den jo bl. a. ogsaa gælder for ens Straalings- og Lufttemperatur (Gruppe I). Ved Behandlingen af Forsøgsresultaterne for Fp. VII svarer Udregningen efter den paa Pierce-Laboratoriet fundne Fordeling til $k_0 = 15,66 \text{ kcal/h}^\circ \text{C}$, medens den foretagne Udregning efter den med J. H. fundne Fordeling svarer til $k_0 = 14,75 \text{ kcal/h}^\circ \text{C}$ (Lign. 9). Det er ikke usandsynligt,

at den sidstnævnte Konstant er lidt for lille paa Grund af en forkert Bestemmelse af J. H.'s Klædedragtstemperatur (jfr. S. 21 f. n.). I Virkeligheden skal Kurverne for Varmeafgivelse for Forsøgsgruppe I være identiske for begge de to Beregningsmaader.

I Tabel 9 er desuden opført den ved Fordampning afgivne Varmemængde samt Varmeproduktionen, begge lig med 1,60 Gange de tilsvarende Værdier i Tabel 8. Endelig er angivet den som Differens (efter Lign. 9 a) beregnede Varmeakkumulering, der regnes negativ for en Aftagen af Legemets Varmeindhold.

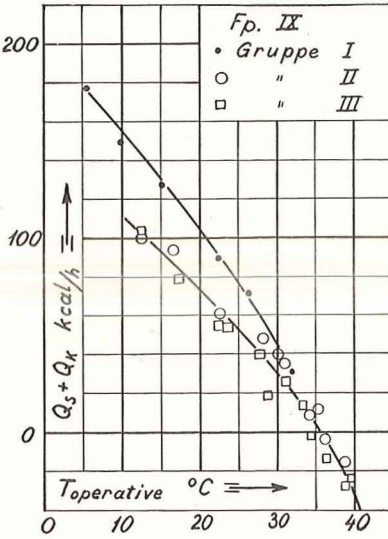


Fig. 23. Varmeafgivelse ved Straaling plus Konvektion (beregnet efter Winslow, Herrington og Gagge) i Relation til $t_{\text{operative}}$
Heat transfer by radiation and convection (by W., H. and G.) in relation to $t_{\text{operative}}$.

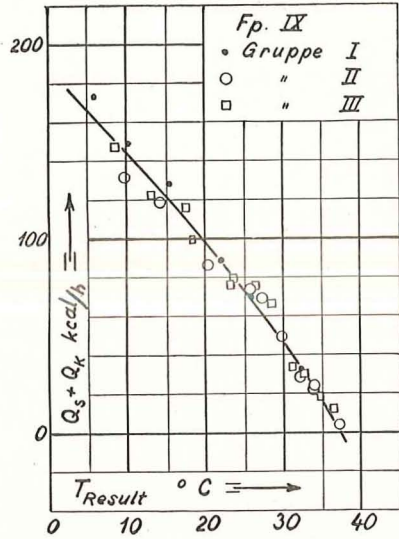


Fig. 24. Varmeafgivelse ved Straaling plus Konvektion (egne Beregninger) i Relation til t_{Result} .
Heat transfer by radiation and convection (calculated by the author) in relation to t_{Result} .

I Fig. 23 er den for Fp. IX paa Grundlag af den operative Temperatur (Tabel 8) og $k_o = 10,44 \text{ kcal/h}^\circ \text{C}$ (Tabel 3) beregnede Varmeafgivelse ved Straaling plus Konvektion afsat i Relation til den operative Temperatur. I Fig. 24 er den tilsvarende Varmeafgivelse, beregnet efter den med J. H. fundne Fordeling, afsat i Relation til den resulterende Temperatur. Man ser heraf, at den operative Temperatur ikke giver et tilfredsstillende Udtryk for et Rums kaloriske Opvarmningstilstand med Hensyn til et stille-

siddende paaklædt Menneske (the calorie demand of the environment). Derimod giver den resulterende Temperatur et direkte Maal for Opvarmningstilstanden.

I Fig. 25 og 26 er den maalte Hud- og Klædedragtstemperatur for Fp. IX afsat i Relation til henholdsvis den operative og den resulterende Temperatur. Man ser, at Hud- og Klædedragtstem-

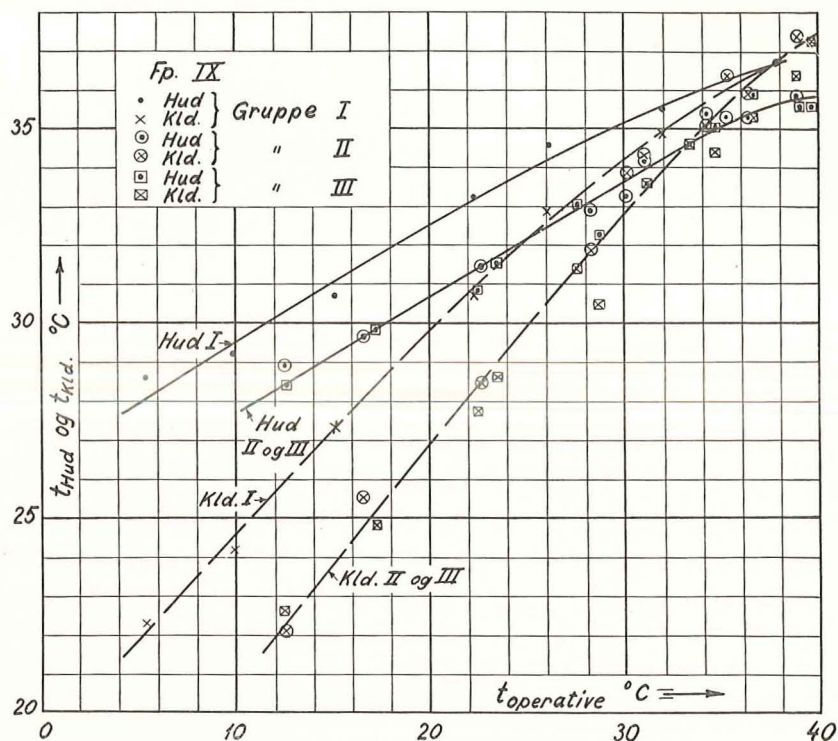


Fig. 25. Hud- og Klædedragtstemperatur i Relation til t_{operativ} .
Skintemperature and clothingtemperature in relation to t_{operativ} .

peratur ligesom for Fp. VII (Fig. 15 og 16) ligger paa forskellige Kurver for de forskellige Forsøgsgrupper, naar disse Temperaturer afsættes i Relation til den operative Temperatur, medens de grupperer sig omkring een Kurve for Hudtemperaturer og een for Klædedragtstemperaturer, naar man anvender den resulterende Temperatur.

Selv om der navnlig ved de højere Temperaturer er en ret stor Spredning af Punkterne, er det dog tydeligt, at baade Hudtemperatur og Klædedragtstemperatur paa ensartet Maade for alle

tre Forsøgsgrupper Vedkommende følger den resulterende Temperatur.

I Fig. 27 er den i Relation til Hudtemperaturen afsatte Akkumulering beregnet paa Grundlag af Pierce Laboratoriets Konstanter for Fordelingen af Varmeafgivelsen ved Straaling og Konvektion. Man ser, at Akkumuleringen for Gruppe I ligger paa en Kurve og for Gruppe II og III paa en anden Kurve med en Af-

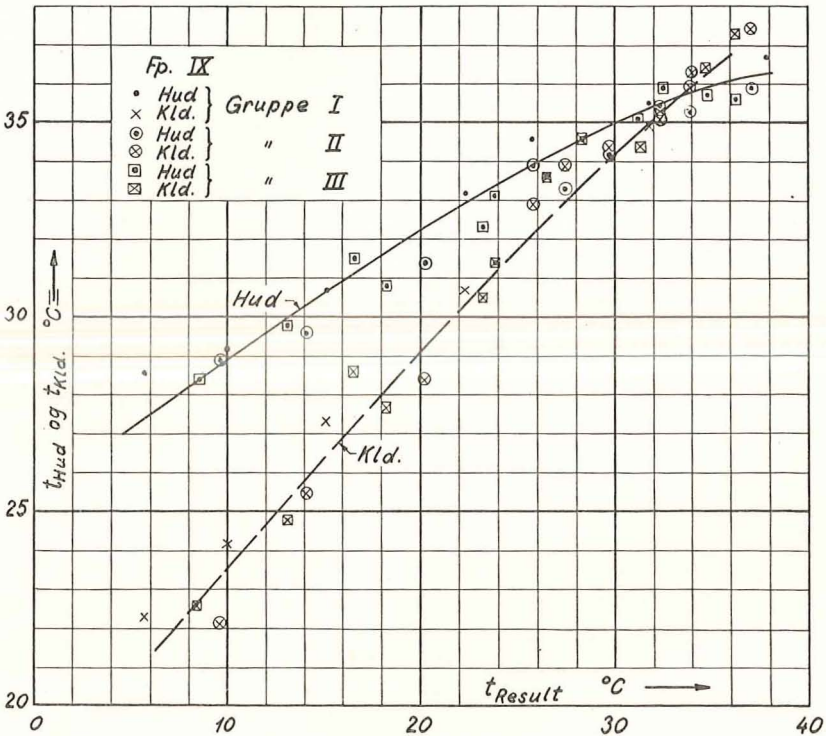


Fig. 26. Hud- og Klædedragtstemperatur i Relation til t_{Result} .
Skintemperature and clothingtemperature in relation to t_{Result} .

stand paa ca. 60 kcal/h fra den første for samme Hudtemperatur. Saafrømt den benyttede Fordeling imellem Varmeafgivelsen ved Straaling og Konvektion havde været rigtig, skulde Kurverne have været sammenfaldende for alle tre Grupper, saaledes som det er nærmere begrundet ved Omtalen af de tilsvarende Kurver (Fig. 21) for Fp. VII.

Den i Fig. 28 afsatte Akkumulering er den i Tabel 9 beregnede, der som nævnt er beregnet paa Grundlag af den med J. H. fundne

Fordeling ved Straaling og Konvektion. Man ser, at den for Gruppe I beregnede Akkumulering ligger paa en Kurve, medens Akkumuleringen for Gruppe II og III samler sig omkring en anden Kurve med en Afstand af ca. 12—15 kcal/h fra den første. D. v. s., at Afstanden imellem Kurverne er formindsket til ca. en Femtedel ved at anvende den med J. H. fundne Fordeling i Stedet for den af Pierce-Laboratoriet fundne Fordeling af Varme-

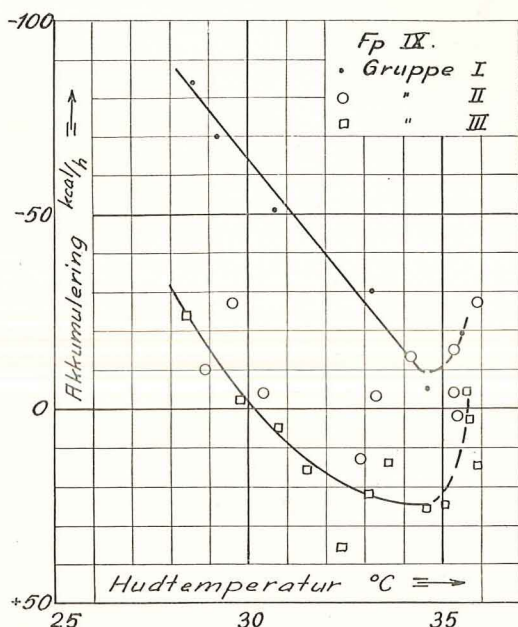


Fig. 27. Akkumuleringen (beregnet som Differens) i Relation til Hudtemperaturen. Beregnet efter W., H. og G.

Storage calculated as a difference and plotted against the temperature of the skin. Calculated by W., H. and G.

afgivelsen ved Straaling og Konvektion. Den med J. H. fundne Fordeling er altsaa i væsentlig bedre Overensstemmelse med Temperaturmaalingerne i Tabel 8, end den af Pierce-Laboratoriet bestemte Fordeling er, men Fp. IX har dog, som Fig. 28 viser, haft forholdsvis større Varmeafgivelse ved Konvektion og mindre ved Straaling, end Tilfældet har været for J. H.'s Vedkommende.

Baade Fig. 27 og 28 viser stor Spredning af den beregnede Akkumulering ved Hudtemperaturer omkring 34°, og det kan være vanskeligt at afgøre, hvorledes Kurverne skal tegnes i dette Omraade. Ved Betragtning af Fig. 21, 22, 27 og 28 viser der sig dog en

udpræget Tendens henimod, at Akkumuleringskurverne (som maaske rettere burde kaldes Varmeunderskuds-Kurverne) har et Minimum ved en Hudtemperatur paa ca. 35° . Dette er ogsaa i Overensstemmelse med Hardy's og Du Bois' Forsøg (7 b), ved hvilke man for to nøgne Forsøgspersoner, der var anbragt i et Kalorimeter, fandt et Minimum for Akkumuleringskurven ved en Hudtemperatur paa $34,5^{\circ}$. Ved denne Temperatur var Akkumuleringen næsten Nul.

Baade Fig. 22 og Fig. 28, der er baseret paa den med J. H. fundne Fordeling, viser, at der selv ved saa varme Omgivelser,

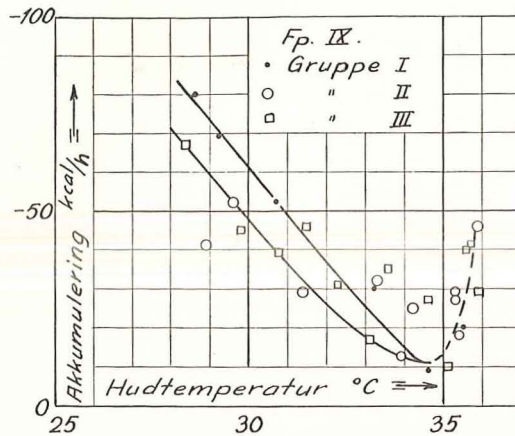


Fig. 28. Akkumuleringen (beregnet som Differens) i Relation til Hudtemperaturen. Egne Beregninger.

Storage calculated as a difference and plotted against the temperature of the skin. Calculated by the author.

som svarer til en Hudtemperatur paa ca. 35° , endnu foregaar en betydelig Afkøling af Legemet, og det samme er Tilfældet for Forsøgsserie I's Vedkommende, naar man anvender Pierce-Laboratoriets Bestemmelse af Akkumuleringen (Fig. 21 og 27). Dette kan imidlertid ikke være i Overensstemmelse med de virkelige Forhold, idet der maa indtræde en Ligevægtstilstand imellem Varmeproduktionen og den totale Varmeafgivelse, og denne Ligevægtstilstand maa indtræde desto hurtigere jo varmere Omgivelserne er (her ses bort fra saa varme Omgivelser, som vil medføre en væsentlig Opvarmning af Legemet).

Naar den beregnede Akkumulering for Pierce-Laboratoriets Forsøg som omtalt ikke bliver Nul selv for høje Hudtempera-

turer (og som nævnt gælder dette for Gruppe I, uanset om man anvender den amerikanske Beregningsmaade, eller om man baserer Beregningerne paa den med J. H. fundne Fordeling) kan dette skyldes, at Varmeproduktionen ved disse Forsøg er blevet bestemt for lav. Dette sandsynliggøres derved, at Varmeproduktionen ikke er blevet bestemt kontinuerligt, men kun er maalt to Gange med ca. 1 Times Mellemrum i Løbet af Forsøgsperioden (9 a), og Forsøgspersonen har imellem disse Maalinger foretaget nogen Bevægelse bl. a. nødvendiggjort af, at Fp. selv har rettet Straalemaaleren imod de 15 Maalesteder til Bestemmelse af den gennemsnitlige Klædedragtstemperatur.

Det kan heller ikke være rigtigt, at Akkumuleringskurverne skal have et Minimum ved ca. 35° Hudtemperatur, men det tilsyneladende Minimum kan eventuelt skyldes, at man regner med, at hele den afgivne Vandmængde er afgivet i Dampform, medens en Del heraf i Virkeligheden afgives i Vædskeform ved de høje Temperaturer.

Til Trods for den Usikkerhed, som saaledes gør sig gældende ved Bestemmelsen af Akkumuleringen, maa det som foran anført være berettiget at slutte, at en Sammenfalden af Akkumuleringskurverne for de tre Forsøgsserier betyder, at den ved Beregningerne anvendte *Fordeling* af Varmeafgivelsen ved Straaling og Konvektion maa være omtrent rigtig, og en Udskillelse af Kurverne fra hinanden betyder, at den anvendte *Fordeling* ikke kan have været rigtig.

I Tabel 10 er de for Fp. IX efter Lign. 14 og 14 a beregnede k -Værdier opførte. Med samme Motivering, som anført ved Omtalen af Tabel 7, er alle Maalinger, der svarer til Hudtemperaturer paa 34° og derover, udskudt.

Tabel 10 viser ligesom Tabel 7 aftagende k -Værdier indenfor de enkelte Maalegrupper. Da første Række i Gruppe II og III har omtrent sammenfaldende Hud- og Klædedragtstemperatur, vil en lille Usikkerhed paa disse Maalinger gøre sig for stærkt gældende, og derfor medregnes de i Parentes angivne Værdier ikke.

Tabel 10 viser iøvrigt ligesom Tabel 7, at den operative Temperatur, der er beregnet paa Grundlag af Pierce-Laboratoriets Bestemmelse af Varmeafgivelsen ved Straaling og Konvektion, ikke kan være rigtig, da de forskellige Forsøgsgrupper ikke giver samme k -Værdi for samme Hudtemperatur.

Derimod giver den resulterende Temperatur, der er beregnet

Tabel 10.

Beregnete k -Værdier efter Lign. 14 og 14 a. Fp. IX.

Forsøgs gruppe	t_{Hud} °C	$t_{\text{Kld.}}$ °C	$t_{\text{operative}}$ °C.	t_{Result} °C	$\frac{t_{\text{Kld.}} - t_{\text{operative}}}{t_{\text{Hud}} - t_{\text{Kld.}}} = k$	Middel	$\frac{t_{\text{Kld.}} - t_{\text{Result}}}{t_{\text{Hud}} - t_{\text{Kld.}}} = k$	Middel
I	33,2	30,7	22,3	22,2	3,4	3,2	3,4	3,1
	30,7	27,3	15,1	15,1	3,6		3,6	
	29,2	24,2	9,9	10,0	2,9		2,8	
	28,6	22,3	5,4	5,7	2,7		2,6	
II	33,3	33,9	30,1	27,3	(-6,3)	2,5	(-11,0)	3,8
	33,9	32,9	28,3	25,8	4,6		7,1	
	31,4	28,4	22,6	20,2	1,9		2,7	
	29,6	25,5	16,5	14,1	2,2		2,8	
	28,9	22,1	12,5	9,6	1,4		1,8	
III	33,6	33,6	31,1	26,4	(∞)	1,7	(∞)	3,4
	32,3	30,5	28,7	23,2	1,0		4,0	
	33,1	31,4	27,6	23,8	2,2		4,5	
	31,5	28,6	23,4	17,5	1,8		3,8	
	30,8	27,7	22,4	18,2	1,7		3,1	
	29,8	24,8	17,2	13,1	1,5		2,3	
	28,4	22,6	12,6	8,5	1,7		2,4	

paa Grundlag af den med J. H. fundne Fordeling af Varmeafgivelsen ved Straaling og Konvektion tilfredsstillende Overensstemmelse mellem k -Værdierne i de forskellige Grupper for samme Hudtemperatur.

Som Resultat af den her foretagne Undersøgelse fremgaar det, at den med Jernhenrik fundne Fordeling af Varmeafgivelsen ved Straaling og Konvektion giver god Overensstemmelse med Temperaturmaalingerne i Tabel 4 og 8, der som omtalt hidrører fra Pierce-Laboratoriets Forsøg med to paaklædte, stillesiddende Forsøgs personer. Den af Pierce-Laboratoriet fundne Fordeling imellem Straaling og Konvektion er derimod paa flere Punkter i Modstrid med de her omtalte Forsøg, og denne Fordeling kan derfor ikke være rigtig.

Den foretagne Undersøgelse viser derimod, at den med J. H. fundne Fordeling i det væsentlige ogsaa gælder for stillesiddende, paaklædte Personer, naar Lufthastigheden er omkring 8 cm/Sek. svarende til en udelukkende termisk betinget Luftstrøm, og iøvrigt med Luft- og Straalingstemperaturer varieret i Forhold til hinanden indenfor meget vide Grænser.

Afsnit 3.

Kortfattet Omtale af forskellige Undersøgelser vedrørende Varmeafgivelse ved Straaling og Konvektion fra et Menneske.

Nogle af de tidligste Undersøgelser vedrørende et Menneskes Varmeafgivelse ved Straaling og Konvektion er udført af Tyskeren *Max Rubner* (1), der finder, at Varmeafgivelsen ved Straaling plus Konvektion udgør ca. 75 % af Varmeproduktionen under normale Forhold (ikke arbejdende Individider), og af denne Del af Varmeafgivelsen udgør Straalingen ca. 59 % og Konvektionen ca. 41 %.

Rubner beregnede Varmeafgivelsen ved Straaling som Produktet af Overflade, Straalingstal og Temperaturdifferens. Straalingsoverfladens Størrelse regnedes til ca. 91 % af den totale Overflade og Straalingstallet til $4,11 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$. Varmeafgivelsen ved Konvektion blev bestemt som Differens imellem Varmeproduktionen og Varmeafgivelsen ved Straaling, Fordampning, Udaanding og Opvarmning af den indtagne Føde.

Rigtigheden af det fundne Forhold imellem Varmeafgivelsen ved Straaling og Konvektion vil saaledes afhænge af den Nøjagtighed, hvormed Straalingsoverfladen er skønnet, samt af den Nøjagtighed, hvormed de øvrige Størrelser i Varmebalancen er bestemt.

L. B. Aldrich (2) finder praktisk talt samme Fordeling mellem Straaling og Konvektion, som Rubner finder, hvilket er en simpel Følge af, at Straalingsoverfladen i begge Tilfælde skønnes at udgøre samme Procentdel af den totale Overflade.

H. Bohnenkamp og *W. Pasquay* (3) har udført Forsøg til Bestemmelse af et Menneskes effektive Straalingsoverflade. Den af Forfatterne angivne Metode gaar ud paa at bestemme den elektriske Kapacitet C cm, hvorefter Straalingsoverfladen O skulde kunne

bestemmes som $O = 4\pi C^2 \text{ cm}^2$. Forfatterne angiver, at naar den saaledes fundne Overflade benyttes ved Beregning af Varmeafgivelsen ved Straaling i Overensstemmelse med Stefan-Boltzmanns Lov, finder man god Overensstemmelse imellem Varmeafgivelse og Varmeproduktion, men Forfatterne regner med, at ca. 70 % af den totale Varmeafgivelse sker ved Straaling og kun 3—5 % ved Ledning og Konvektion. Da en saa stor Varmeafgivelse ved Straaling maa anses for at være usandsynlig, kan den fundne Overensstemmelse snarere tyde paa, at Kapacitetsmaalinger vil give en for stor Straalingsoverflade.

Undersøgelser af *Rosendal* og *Trier* viser iøvrigt, at Kapaciteten er afhængig af Hudens Fugtighed.

James D. Hardy (4) har konstrueret et „Radiometer“ (Termosøjle) til Maaling af Hudens Temperatur og Udstraalingsevne. Hardy efterviser, at Hudtemperaturmaalinger med Termoelement i Almindelighed er behæftet med betydelige Fejl, og finder, at en absolut Nøjagtighed paa $\pm 1,0^\circ \text{ C}$ er det bedste, man kan forvente at opnaa ved Maaling med Termoelement, medens Maaling med Radiometer giver en Nøjagtighed af $\pm 0,1^\circ \text{ C}$. Hardy finder, at Hudens Udstraalingsevne er praktisk talt den samme som Udstraalingsevnen af et absolut sort Legeme med samme Temperatur.

T. Bedford (5) paapeger, at den af *Bohnenkamp* og *Pasquay* anvendte elektriske Kapacitetsmetode til Bestemmelse af Straalingsoverfladen ikke er korrekt, idet den for en Stilling med udsprede Arme og Ben giver et Straalingsareal, der er større end den totale Overflade, og for en sammenkrøben Stilling giver et Straalingsareal, der er mindre end Overfladen af en Kugle med samme Vægt og samme Vægtfylde som det undersøgte Menneske.

Bedford beregner Straalingsoverfladen af et Menneske paa Grundlag af Maalinger af Omkredsen et passende Antal Steder og finder paa denne Maade, at Straalingsoverfladen af et nøgent Menneske udgør ca. 80 % af den totale Overflade (*Du Bois-Overfladen*).

Sven Christiansen og *Tage Larsen* (6) har maalt Hudens Udstraalingsevne ved Hjælp af en Termosøjle (*Cobet* og *Bramigh*) og finder, at Hudens Udstraalingsevne er væsentlig mindre end Udstraalingsevnen fra et absolut sort Legeme med samme Temperatur. Disse Forsøg bør dog i Overensstemmelse med de Syns-

punkter, der er lagt til Grund for nedennævnte Forsøg af Marius Nielsen, gøres til Genstand for en anden Fortolkning, hvorefter Huden straalers omtrent som et absolut sort Legeme (8).

James D. Hardy og E. F. Du Bois (7 a og b) har udført Kalorimeterforsøg til Bestemmelse af et Menneskes Varmeafgivelse ved Straaling og Konvektion. Den samlede Varmeafgivelse til Kalorimetret maales, og endvidere maales den afgivne Varmemængde ved Fordampning (Vejning af absorberet Vandmængde). Varmeafgivelsen ved Straaling blev beregnet paa Grundlag af de maalte Straalingstemperaturer (maalt med Termosøjle), og Varmeafgivelsen ved Konvektion fandtes som Differens. Kalorimetertemperaturen blev varieret fra 22 til 35° C., og inden for dette Omraade fandt man, at Konvektionen kun udgjorde en meget lille Del af den totale Varmeafgivelse. Ved en Luft- og Straalingstemperatur paa 26° C. og en Hudtemperatur paa ca. 32° C. fandt man eksempelvis, at Straalingen udgjorde 65 %, Fordampningen 23 % og Konvektionen 12 % af den totale Varmeafgivelse fra et liggende, nøgent Menneske. D. v. s., at Straalingen udgjorde 84 % og Konvektionen 16 % af Varmeafgivelsen ved Straaling plus Konvektion.

Disse Resultater vedrørende Fordelingen af Varmeafgivelsen paa Straaling og Konvektion er i Uoverensstemmelse med det store Erfaringsmateriale, der inden for Varmeteknikken er samlet vedrørende Varmeafgivelse ved Straaling og Konvektion. Iflg. disse Erfaringer kan man regne med, at Varmeafgivelsen Q ved Konvektion fra en glat Overflade mindst er: $Q_K = 2,2 (\Delta t)^{5/4}$ kcal/m²h (Nusselt). D. v. s., at man ved Temperaturdifferenser svarende til ovennævnte Forsøg kunde vente, at Straalingen udgjorde ca. 59 % og Konvektionen ca. 41 % af Varmeafgivelsen ved Straaling plus Konvektion fra et Legeme med samme Straalingsoverflade og Konvektionsoverflade og med samme Temperatur af den omgivende Luft som af de omgivende Vægge. Da man imidlertid ved, at et Menneskes Straalingsoverflade er mindre end Konvektionsoverfladen, maa man vente, at Straalingen vil udgøre en mindre og Konvektionen en større Procentdel end ovenfor anført.

Den usædvanlig lille Varmeafgivelse ved Konvektion, som Hardy og Du Bois har fundet, kan enten skyldes, at Luftcirkulationen har været hemmet paa Grund af snævre Pladsforhold, eller at Varmeafgivelsen ved Straaling er blevet beregnet for høj.

Det benyttede Kalorimeter angives at være saa stort, at For-

søgspersonen med Seng netop bekvemt kan være deri. Kalorimetrets Vægge er udført af Kobberplader, og af en Forsøgsrapport fremgaar det, at Straalingstemperaturen i et bestemt Forsøg var ca. 5° C. højere end Vandtemperaturen (Vægtemperaturen), hvoraf man kan slutte, at Væggene har været stærkt reflekterende. Da Straalingstemperaturen som nævnt er maalt med en Termosøjle, og da der er snævre Pladsforhold, er det ikke usandsynligt, at Straalingstemperaturen er maalt med en Fejl, der gaar i Retning af Termosøjleens egen Temperatur. (Ved Maaling paa denne Maade af en absolut reflekterende Flades Straalingstemperatur vil man finde, at denne er lig med Termosøjleens Temperatur, naar Termosøjleens Tragt under Maalingen holdes helt hen imod Maaleobjektet). Det er derfor sandsynligt, at Straalingstemperaturen i Hardy og Du Bois' Forsøg er maalt for lille paa Grund af, at Væggene var stærkt reflekterende, og at Varmeafgivelsen ved Straaling derfor er beregnet for stor og Konvektionsvarmeafgivelsen for lille.

Hardy og Du Bois regner med, at Menneskets effektive Straalingsoverflade er lig med Overfladen af det mumiebeviklede Legeme, hvilken Overflade de finder udgør 78 % af den totale Overflade. Den saaledes bestemte Straalingsoverflade maa dog som omtalt i Afsnit I antages at være for stor, da der finder gensidig Straalingsudveksling Sted mellem forskellige Dele af denne Overflade, f. Eks. imellem Hoved og Skulderparti.

Marius Nielsen (8) har angivet en Metode til Bestemmelse af Hudens Varmeudstraalingsevne, hvorved det ikke er nødvendigt at kende Hudens absolutte Temperatur. Bestemmelsen af Udstraalingsevnen sker efter denne Metode ved Hjælp af en Termosøjle, hvis Temperatur varieres, medens Hudtemperaturen forbliver konstant (evt. Variationer i Hudtemperaturen maales med Termoelement). Galvanometerudslagene afsættes i Relation til de maalte Temperaturændringer af Straalemaaleren (korrigeret for evt. Ændringer i Hudtemperaturen), og en tilsvarende Kurve optegnes for Maalinger imod et absolut sort Legeme. Ved passende smaa Temperaturdifferenser er disse Kurver rette Linier, og Hudens „Sorthedsgrad“ kan derfor bestemmes som Forholdet imellem Hældningen af Linien for Huden og Hældningen af Linien for Sortlegemet. *Marius Nielsen* har efter denne Metode bestemt Udstraalingsevnen af den normale Hud til 98,5 % af Udstraalingsevnen for et absolut sort Legeme, hvilket er i Overensstemmelse med *J. D. Hardys* Maalinger.

Det fremgaar af det foranstaaende, at ingen af de nævnte Forskere har bestemt Forholdet imellem Varmeafgivelsen ved Straa-
ling og Konvektion ad eksperimentel Vej. Saadanne Forsøg er,
saa vidt vides, kun blevet udført paa Pierce-Laboratoriet af C. E.
A. Winslow, L. P. Herrington og A. P. Gagge (9 a—h), og disse
Forsøg er udførligt omtalt i Afsnit 2.

Resumé.

Der er beskrevet nogle Forsøg med en Termostat (Jernhenrik), der var udformet som et Menneske og iført Herreklædedragt. Termostatens „Hudtemperatur“ holdtes konstant paa et Niveau, der svarede til Hudtemperaturen hos et Menneske, og Forsøgsrummets Opvarmningstilstand med Hensyn til Termostaten holdtes ligeledes konstant (samme Varmeafgivelse fra Jernhenrik), medens Luft- og Straalingstemperaturer varieredes i Forhold til hinanden.

Forsøgene viste, at Termostatens Varmeafgivelse ved Straaling plus Konvektion fordelte sig med 36 % paa Straaling og 64 % paa Konvektion ved samme Luft- og Straalingstemperatur.

Den resulterende Rumtemperatur kunde herefter udtrykkes ved:

$$t_{\text{Result}} = \frac{1,8t_L + k_1 t_S - (k_2 - 1) t_{\text{Kld.}}}{2,8}$$

hvor t_L = Lufttemperaturen, t_S = Straalingstemperaturen og $t_{\text{Kld.}}$ = Klædedragtens Overfladetemperatur i °C; k_1 og k_2 er Konstanter, der kan findes af Fig. 5.

Endvidere er der omtalt en paa Pierce-Laboratoriet udført Forsøgsrække, hvis Formaal var at undersøge, hvorledes Temperaturen hos paaklædte Forsøgspersoner varierede med Omgivelsernes Luft- og Straalingstemperatur. Disse Temperaturer varieredes uafhængigt af hinanden indenfor meget vide Grænser, og Forsøgene viste, at Straalingstemperaturen skulde ændres dobbelt saa meget som Lufttemperaturen for at fremkalde en given Ændring i Hudtemperaturen.

Det omtales endvidere, at man paa Pierce-Laboratoriet har fundet, at Varmeafgivelsen fra et paaklædt siddende Menneske fordeles sig med ca. 55 pCt. ved Straaling og ca. 45 pCt. ved Konvektion (excl. Varmeafgivelse ved Fordampning) ved samme Luft- og Straalingstemperatur.

Med Pierce-Laboratoriets Temperaturmaalinger som Grundlag, er der dernæst foretaget en Sammenligning af, hvordan den paa

Pierce-Laboratoriet og den med Jernhenrik fundne Fordeling af Varmeafgivelsen ved Straaling og Konvektion stemmer overens med de nævnte Temperaturmaalinger for to paaklædte Forsøgs personer. Denne Undersøgelse viser, at den paa Pierce-Laboratoriet fundne Fordeling af Varmeafgivelsen ikke kan være rigtig, idet denne Fordeling medfører, at Varmeafgivelsen i tre forskellige Forsøgsserier, hvor Straalingstemperaturen er varieret i Forhold til Lufttemperaturen, bliver forskellig, til Trods for at Hudtemperaturen er den samme, og at der er samme Temperaturfald igennem Klædedragten. Da Fordampningen er den samme i de tre Tilfælde, maa ogsaa Klædedragtens Varmeledning være den samme, og den totale Varmeafgivelse maa derfor ogsaa være den samme.

Naar Varmeafgivelsen ved Straaling og Konvektion beregnes efter de paa Pierce-Laboratoriet fundne Konstanter, og man dernæst ud fra den maalte Varmeproduktion og den maalte Fordampning bestemmer Akkumuleringen som Restled, giver ogsaa dette Uoverensstemmelse for de tre Forsøgsserier med den Akkumulering, som direkte kan beregnes paa Grundlag af de maalte Hud- og Rektaltemperaturer.

Den med J. H. fundne Fordeling af Varmeafgivelsen ved Straaling og Konvektion giver derimod god Overensstemmelse imellem den beregnede Varmeafgivelse og det maalte Temperaturfald igennem Klædedragten, og ligeledes er den paa Grundlag af denne Fordeling beregnede Akkumulering i Overensstemmelse med Hudtemperaturen i de forskellige Forsøgsserier.

Den foretagne Undersøgelse viser endvidere, at samme resulterende Temperatur (beregnet efter den med J. H. fundne Fordeling) for alle tre Forsøgsserier giver samme Hudtemperatur, samme Klædedragtstemperatur, samme Forskel mellem Rektal- og Hudtemperatur, samme Varmeafgivelse ved Straaling plus Konvektion, samme Varmeafgivelse ved Fordampning, samme conductance og samme Akkumulering.

Endelig er der givet en kort Oversigt over forskellige Forskers Undersøgelser vedrørende Varmeafgivelsen ved Straaling og Konvektion fra et Menneske.

Som det fremgaar af nærværende Beretning, er Angivelserne af Fordelingen af et Menneskes Varmeafgivelse paa Straaling og Konvektion stærkt divergerende, og da Kendskab til denne Fordeling er af fundamental Betydning, vil det i høj Grad være ønskeligt, at der yderligere udføres omfattende Forsøg med Mennesker til Belysning af dette Spørgsmaal.

Summary.

A description is given of some experiments with a thermostat (called Jernhenrik), which had the shape of a man and was dressed in cotton underwear in two pieces with long sleeves and legs, woolen socks, and an ordinary suit consisting of trousers and fully lined waistcoat and jacket. The „skin temperature“ of the thermostat was kept constant throughout all experiments on a level of 33,4° C., while air and wall temperatures (radiating temperatures) were varied in proportion to each other in such a manner, that the heat transfer from the artificial man was constant throughout all experiments.

The experiments showed that the heat loss from the thermostat amounted to 36 % by radiation and 64 % by convection at the same air and wall temperature.

The resulting temperature of the room with regard to the thermostat can therefore be expressed by:

$$t_{\text{Result}} = \frac{1,8 \cdot t_L + t_s}{2,8} \text{ } ^\circ\text{C}$$

where t_L is the air temperature and
 t_s is the wall temperature (radiating temperature).

By extreme wall temperatures it will be necessary to introduce a correction to t_s (cf. equation no. 7) because the radiating heat is not strictly proportional to the temperature difference.

Further is given a summary of a series of experiments performed at the John B. Pierce Laboratory of Hygiene, New Haven, by C. E. A. Winslow, L. P. Herrington, and A. P. Gagge. These investigators found that the heat loss by radiation and convection from a clothed body was distributed with 55 % on radiation and 45 % on convection at the same air and wall temperature.

The author of this publication has undertaken a comparison between the distribution on radiation and convection of the heat loss found in experiments on two clothed persons in the Pierce

Laboratory and the corresponding distribution found on the above mentioned clothed thermostat, and the relation of those distributions to the actual temperature measurements in the American experiments. These experiments were carried out in the Pierce Laboratory to state "the relative influence of radiation and convection upon the temperature regulation of the clothed body". The temperature measurements are rendered in table 4 and 8.

The study of the relation of the distribution of the heat loss by radiation and convection to the temperature measurements is expressed in figs. 7 to 28.

In alle the figures marked "by W., H. and G", the heat loss and (or) the operative temperature are calculated in accordance with the constants for heat loss by radiation and convection as found by Winslow, Herrington and Gagge (confer table 3).

In all the figures marked "calculated by the author", the heat loss and (or) the resulting temperature are calculated in accordance with the distribution of heat loss found by means of the thermostat Jernhenrik.

Tables 4 and 8 show that the experiments are carried out in three series viz: I = low radiation, II = medium radiation and III = high radiation, and figs. 9, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25 and 27 show generally that when the calculations are based on the american constants (table 3) the points are distributed on three distinct curves, one for each serie. The figs. 10, 14, 16, 18, 20, 22, 24 and 26 show, that when the calculations are based on the distribution found by means of the thermostat the points are grouped along one single curve. Fig. 28 show two curves, but at a much smaller distance than the corresponding curves in fig. 27.

From fig. 7 it will be seen, that in all three series there is a practically constant relation between the skin temperature and the surface temperature of the clothing, and as the conductivity of the clothing must be constant for a given skin temperature (because of the same evaporation) the loss of heat must also be the same for a given skin temperature in all the three series. This involves that the air- and wall temperature must have just the same influence on the heat loss as on the skin temperature, and this means, as will be seen from equation 11, that the air temperature must influence the heat loss twice as much as the radiating temperature does, because the coefficient for T_A is practically just double that for T_w .

The above mentioned distribution with 55 pCt. to radiation and 45 pCt. to convection as found by the Pierce Laboratory does not correspond with this, and this is the cause why the calculations based on the american distribution give two or three curves instead of one in the figs. 9, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25 and 27.

As on the other hand the distribution found by means of the thermostat practically correspond to the influence of air and wall temperature upon the skin temperature, there will also be correspondance between the resulting temperature (based on this distribution) and the temperature of skin and clothing (figs. 16 and 26) in all the tree series. Furthermore the heat loss will correspond to the resulting temperature (figs. 10 and 24) and to the difference between skin and clothing temperature (fig. 14) in the three series of experiments.

The storage may either be calculated directly from the measured temperatures of body and skin (Du Bois) or it may be determined as a difference between metabolism and heat loss by radiation, convection and evaporation. The last mentioned way of determination of storage is used in figs. 21, 22, 27 and 28.

As the constants for radiation and convection, table 3, are based on a direct calculation of the storage on the basis of the measured rectal and skin temperature one should expect also to get the same storage for a given skin temperature (and a given rectal temperature) when the storage is determined as a difference between metabolism and total heat loss, where the heat loss by radiation and convection is calculated in accordance with the above mentioned constants from table 3. Figs. 21 and 27 show that this is not the case, although the rectal temperature is the same in all three series of experiments at the same skin temperature (fig. 7). This means that the storage in figs. 21 and 27 cannot have been determined correctly and this is caused by an incorrect determination of the operative temperature for the various groups of experiments. In the first group however the operative temperature must be correct as air and wall temperature in this group are the same, and accordingly the storage determination for this group also must have been nearly correct. In group II and III the storage should have been the same as in group I for the same skin temperature, and to reach this it will be necessary in calculating the operative temperature to give more weight to air temperature and less to wall temperature. By using the determination found by the thermostat one gets the curves in figs. 22

and 28, and as the points for all three series are grouped about one curve in fig. 22 and along two curves at a small distance in fig. 28, it follows from this, that the distribution found by means of the thermostat must be nearly correct also for clothed persons in the sitting position.

Taken together the figs. 7 to 28 show that the distribution of heat loss by radiation and convection as found in the John B. Pierce Laboratory cannot be correctly determined, whereas the distribution, 35 pCt. by radiation and 64 pCt. by convection, as determined by means of the above mentioned clothed thermostat, must be nearly correct. This distribution involves in all the three series of experiments for a given resulting temperature the same skin temperature, the same temperature of clothing, the same heat loss by radiation plus convection, the same heat loss by evaporation, the same conductance and the same storage.

LITTERATURFORTEGNELSE

1. M. Rubner: „Zur Bilanz unserer Wärmeökonomie.“ Arch. für Hyg. Vol. 27, p. 69, 1896.
2. L. B. Aldrich: „A study of body radiation.“ Smithsonian Misc. Collections, Vol. 81, Nr. 6, 1928.
3. H. Bohnenkamp und W. Pasquay: „Ein neuer Weg zur Bestimmung der für die Wärmestrahlung massgebenden Oberfläche des Menschen.“ Arch. f. d. ges. Physiol., Vol. 228, p. 79, 1931.
4. James D. Hardy: „The radiation of heat from the human body.“ J. of Clinical Investigation, Vol. 13, p. 593, 1934.
5. T. Bedford: „The effective radiating surface of the human body.“ J. of Hygiene, Vol. 35, p. 303, 1935.
6. Sven Christiansen og Tage Larsen: „On the heat radiating capacity of the human skin.“ Skand. Arch. für Physiologie, Vol. 72, p. 11, 1935.
7. a. J. D. Hardy and E. F. Du Bois: „The technic of measuring radiation and convection.“ J. of Nutrition, Vol. 15, p. 461, 1938.
b. J. D. Hardy and E. F. Du Bois: „Basal metabolism, radiation, convection and vaporization at temperatures of 22 to 35° C.“ J. of Nutrition, Vol. 15, p. 477, 1938.
8. Marius Nielsen: „Undersøgelser over Hudens Varmdeudstralingsevne.“ Boligopvarmningsudvalgets Meddelelse Nr. 7, 1948.
9. C. E. A. Winslow, L. P. Herrington and A. P. Gagge:
 - a. „A new method of partitional calorimetry.“ Am. J. Physiol., Vol. 116, p. 641, 1936.
 - b. „The determination of radiation and convection exchanges by partitional calorimetry.“ Am. J. Physiol., Vol. 116, p. 669, 1936.
 - c. „Physiological reactions of the human body to varying environmental temperatures.“ Am. J. Physiol. Vol. 120, p. 1, 1937.
 - d. „The relative influence of radiation and convection upon vasomotor temperature regulation.“ Am. J. Physiol. Vol. 120, p. 133, 1937.
 - e. „Thermal interchanges between the human body and its atmospheric environment.“ Am. J. Hygiene, Vol. 26, p. 84, 1937.
 - f. „The influence of clothing on the physiological reactions of the human body to varying environmental temperatures.“ Am. J. Physiol., Vol. 124, p. 30, 1938.
 - g. „The relative influence of radiation and convection upon the temperature regulation of the clothed body.“ Am. J. Physiol., Vol. 124, p. 51, 1938.
 - h. „The influence of air movement upon heat losses from the clothed human body.“ Am. J. Physiol., Vol. 127, p. 505, 1939.
10. Lorents Pedersen: „Varmetekniske Undersøgelser i et Forsøgsrum“. Boligopvarmningsudvalgets Meddelelse Nr. 2, 1948.
11. Lorents Pedersen: „Varmestraaling med særligt Henblik paa Boligopvarmning“. København 1948.

*Bemærkninger af Professor F. C. Becker til nærværende
Meddelelse Nr. 10.*

En Fraktion af Boligopvarmningsudvalget — bestaaende af underskrevne Professor ved Teknisk Højskole — bemærker følgende:

Forf. indleder sin Meddelelse med Paastanden om, at Fordelingen af et Menneskes Varmeafgivelse ved Straaling og ved Konvektion er det „for Boligopvarmningen saa fundamentale Spørgsmaal“, men Forf. søger ikke at begrunde eller dog sandsynliggøre Rigtigheden af denne Paastand.

Vedrørende nævnte Fordeling af to af den menneskelige Varmeafgivelses tre Komponenter, nemlig Varmetab ved Straaling, Konvektion og Fordampning, vides, at Fordelingen mellem førstnævnte to Tab — der er Genstanden for heromhandlede Meddelelses Undersøgelser — skifter for samme Menneske under almindelige Boligforhold væsenlig og uafbrudt, bestemt ved Menneskets Beskæftigelse, Paaklædning, Plads i Værelset, Værelsets bygningstekniske Ejendommeligheder, Temperaturforhold o. lign.; for flere Mennesker understreges dette Forhold yderligere alt efter disses Alder (legende Børn, stillesiddende Gamlinge), Køn (væsenlig afvigende Klædedragt) o. lign.

Fordelingen af nævnte to Varmetab fra Mennesker under almindelige Boligforhold kan følgelig ikke udtrykkes ved et Talforhold med fast Værdi, men kun ved Talforhold med stadig skiftende Værdier.

Forf. anstiller ikke selv Iagttagelser paa Mennesker, men træffer den Hoveddisposition at iagttage Fordelingen af nævnte to Tab alene gennem Maaleresultater paa Grundlag af et dødt Objekt (en Dukke staaende i Retstilling i Midten af et Værelse).

Sluttelig gennemgaar Forf. Maaleresultater fra fremmede Undersøgelser med Mennesker, der har været holdt i Ro under Maalingerne.

Forf.'s egne Undersøgelser viser følgende iøjnespringende Træk: Dukkens Varmetab ved Straaling, Q , er rigtigt givet ved (1), hvilket Udtryk under heromhandlede snævre Temperaturomraader ($14 < t_s < 24$ og $t_{\text{H}} = 23,6$) kan erstattes ved

$$Q_s = F_1 \cdot c_1 \cdot \frac{185 + t_s}{200} \cdot (t_{\text{H}} - t_s) \quad (1a)$$

Dukkens Varmetab ved Konvektion, Q_k , er fejlagtigt givet ved (2), som rettelig skal være

$$Q_k = F_2 \cdot \alpha_k \cdot (t_{\text{H}} - t_L)^n \quad (2a)$$

Det udvendige Overfladeareal (Totalarealet) af den paaklædte Dukke (incl. Hoved og Hænder) er maalt at være $2,0 \text{ m}^2$. Herefter kan man umiddelbart — og med Støtte i Fig. 3 — skønne, at Dukkens effektive Straalingsoverflade maa have et Areal $F_1 = \text{ca. } 0,8 \cdot 2,0 = 1,6 \text{ m}^2$, og at Dukkens effektive Konvektionsoverflade maa have et Areal, F_2 , der ligger mellem F_1 og Totalarealet, eller $\text{ca. } 0,9 \cdot 2,0 = 1,8 \text{ m}^2$.

I Meddelelsens Side 13—17 gennemfører Forf. visse Betragtninger, der leder til, at Dukkens effektive Straalingsoverflade har Arealet $F_1 = 1,12 \text{ m}^2$. Dette fejlagtige Resultat er muliggjort ved, at Forf. i Fig. 4 har været saa uforsigtig at ekstrapolere over et Omraade, der er 2 Gange saa stort som Maaleomraadet og i denne Figur at afbilde Funktionen $f(t_s, t_L)$ som en ret Linie gaaende gennem Punktet ($t_s = 23,6$, $t_L = 15,9$), medens Funktionen i Virkeligheden maa fremstilles ved en krum Kurve, der hænger mellem Punkterne ($t_s = 23,6$, $t_L = \text{ca. } 14,8$) og ($t_s = \text{ca. } 14,2$, $t_L = 23,6$), saaledes som det fremgaar nedenfor.

Ved $t_s = t_L = 18,65$ (svarende omtrentlig til Maaleresultaternes Tyngdepunkt) findes (2a) at være tilfredsstillet ved $\alpha_k = 2,4$ og $n = 1,3$, hvilke Værdier (hvad man paa Forhaand kunde vente) er kun lidt højere end de for lodrette plane Vægge kendte Værdier, nemlig $\alpha_k = 2,2$ og $n = 1,25$.

Ved nævnte Temperaturer er $Q_s = \text{ca. } 53 \text{ pCt.}$ og $Q_k = \text{ca. } 47 \text{ pCt.}$ af det totale Varmetab, Q_{s+k} , og ikke som angivet af Forf. 36 pCt. og 64 pCt.

Af (1a) og (2a) finder man fremdeles følgende sammenhørende Værdier $t_s = 23,6$ og $t_L = \text{ca. } 14,8$ samt $t_L = 23,6$ og $t_s = \text{ca. } 14,2$.

Fejlagtig bliver ligeledes Forf.'s Paastand om, at en given Ændring af Lufttemp. fremkalder 1,8 Gange saa stor Ændring af Dukkens Varmetab, som den samme Ændring af Straalingstemp.

bevirker; det vil fremgaa af det foranstaaende, at en given Ændring af Lufttemp. fremkalder en Ændring af Dukkens Varmetab af lignende Størrelsesorden, som samme Ændring af Straalingstemp. bevirker, alt naturligvis under heromhandlede Temperaturomraade.

Fejlagtig er Forf.'s Angivelse af en „resulterende Rumtemperatur“ bestemt ved Lign. (6), (7) og (8); den resulterende Rumtemperatur i Forhold til Dukken kan udtrykkes ved

$$t_{\text{Result.}} = \frac{0,0222 \cdot (185 + t_s) \cdot t_s + 2,54 \cdot (23,6 - t_L)^{0,3} \cdot t_L}{0,0222 \cdot (185 + t_s) + 2,54 \cdot (23,6 - t_L)^{0,3}} \quad (6a)$$

Fejlagtig er sluttelig Forf.'s Angivelse af Dukkens totale Varmeafgivelse bestemt ved Lign. (9); af det foranstaaende fremgaar, at Dukkens totale Varmetab kan udtrykkes ved

$$Q_{S+K} = 0,038 \cdot (185 + t_s) \cdot (23,6 - t_s) + 4,32 \cdot (23,6 - t_L)^{1,3} \quad (9a)$$

Paa Grundlag af Meddelelsens Lign. (4), (5) og (6) gennemgaar Forf. dernæst kritisk visse fremmede Undersøgelser; men da nævnte Lign. i Henhold til foranstaaende er fejlagtige, mangler Kritiken fornødent Grundlag og synker sammen.

Da heromhandlede Meddelelse saavel i sin Hoveddisposition som i sine Enkeltheder er forfejlet, mener nærværende Fraktion af Boligopvarmningsudvalget ikke at kunne anbefale Meddelelsen til Offentliggørelse.

F. C. Becker.

Svar paa Professor F. C. Beckers Bemærkninger.

Professor Beckers indledende Bemærkninger om, at Fordelingen af et Menneskes Varmetab ved Straaling og Konvektion skifter væsentligt ved forskellige Bevægelsesforhold m. m. er indlysende rigtige, men forekommer mig ogsaa under den fremsatte Synsvinkel at være fuldkommen overflødige.

Samtidig med at de ændrede Bevægelsesforhold vil medføre en Ændring af Fordelingen af Varmetabet imellem Straaling og Konvektion, vil de jo nemlig ogsaa medføre en Ændring af Menneskets totale Varmetab (Straalingen er omtrent konstant), men ingen vil dog af den Grund fuldstændig opgive at opvarme Boligen.

Til Trods for denne Skiften af Varmetabets Fordeling imellem de nævnte to Komponenter ved forskellig Bevægelse og den deraf følgende Ændring i Varmetabets Størrelse, viser det sig — heldigvis — i Praksis, at man alligevel kan skabe tilfredsstillende Opvarmningsforhold i Boliger. Hvis man nu f. Eks. ønsker at vide, om Straaleopvarmning vil være mere fordelagtig end Luftopvarmning, vil det, for at man kan afgøre dette, være nødvendigt, at man har Kendskab til Fordelingen af Menneskets Varmeafgivelse ved Straaling og Konvektion under almindelige Forhold, og naar man skal bestemme den søgte Fordeling, vil det være nærliggende at begynde med en Bestemmelse af Forholdet for stillesiddende Mennesker.

I sine kritiske Bemærkninger udtaler Professor Becker videre, at den af mig angivne Formel (2) er fejlagtig, og at man rettelig burde anvende Formel (2a). I Virkeligheden er Formel (2) og (2a) ganske den samme Formel for Varmeafgivelse ved Konvektion, og den af mig benyttede Form er den sædvanligt anvendte, hvor man i Almindelighed for fri Konvektion har $\alpha_K = k \cdot (\Delta t)^m$. Foruden den fri Konvektion vil der som Regel desuden finde en tvungen Konvektion Sted, og dette sker ogsaa i nærværende Tilfælde, hvor Konvektionsvarmeafgivelsen fra J. H. foruden af den fri Konvektion er paavirket af de almindelige Luftstrømninger i Forsøgsrummet. Det er paa Side 17 nærmere begrundet, hvorfor α_K maa regnes at være konstant indenfor Forsøgsomraadet.

Paa Grundlag af et løst Skøn — og med Støtte i Fig. 3 — fastsætter Professor Becker derefter Arealerne af Konvektionsoverfladen og Straalingsoverfladen af J. H. saaledes, at sidstnævnte Areal udgør 89 pCt. af førstnævnte. Den benyttede Fremgangsmaade giver ikke Tillid til Resultatets Rigtighed.

Vedrørende den af mig fundne Straalingsoverflade af Termosstaten J. H. udtaler Professor Becker, at denne Bestemmelse har givet et fejlagtigt Resultat paa Grund af en uforsigtig stor Ekstrapolation. Professor Becker har imidlertid her overset, at Straalingsarealet ogsaa er blevet bestemt uden Ekstrapolation, jfr. Side 17 f.n., og Professor Beckers Begrundelse for en eventuel Fejlbestemmelse af dette Areal er derfor ikke rigtig.

Professor Becker bestemmer derefter α_K og n af Lign. (2a). Da der imidlertid i Lign. (2a), naar Q_K er bestemt (Becker angiver ikke, hvordan Q_K er bestemt) endnu findes de nævnte to Ubekendte, har (2a) uendelig mange Løsninger, og Professor Becker vælger heraf uden nærmere Begrundelse et Løsningssæt, som

ikke tilfredsstilles af Forsøgspunkterne (med Undtagelse af $t_L = t_S = 18,65^\circ$), og som derfor maa betegnes som vilkaarligt, hvorfor man heller ikke tør fæste Lid til Resultatet.

Paa dette Grundlag gaar Professor Becker videre og angiver en Formel (6 a) for den resulterende Rumtemperatur og en Formel (9 a) for den totale Varmeafgivelse fra J. H.

Formel (9 a) giver for $t_L = 16,4^\circ \text{ C}$ og $t_S = 22,7^\circ \text{ C}$ et Varmetab fra J. H. paa 62,5 kcal/h, medens Maalingerne viste et Varmetab paa 73 kcal/h ved de nævnte Temperaturer. Altsaa en meget stor Uoverensstemmelse.

Professor Beckers kritiske Bemærkninger hviler paa en Række Postulater, hvis Rigtighed Professoren ikke har eftervist, medens derimod de udførte Forsøg viser en væsentlig Uoverensstemmelse dermed.

I Afsnit 2 er der foretaget en Undersøgelse af, dels hvordan den paa Pierce Laboratoriet fundne Fordeling af Varmeafgivelsen ved Straaling og Konvektion fra et paaklædt Menneske og dels den med J. H. fundne Fordeling stemmer overens med en lang Række Temperaturmaalinge (med meget varierede Luft- og Straalingstemperaturer), der er udført paa Pierce Laboratoriet ved Forsøg med to paaklædte, stillesiddende Forsøgspersoner.

Den foretagne Undersøgelse viser, at den af Pierce Laboratoriet fundne Fordeling af Varmeafgivelsen med 55 pCt. ved Straaling og 45 pCt. ved Konvektion for samme Straalings- og Lufttemperatur ikke kan være rigtig, medens den med J. H. fundne Fordeling (36 pCt. ved Straaling og 64 pCt. ved Konvektion) giver god Overensstemmelse med de amerikanske Temperaturmaalinge. Saaledes giver samme resulterende Temperatur (beregnet efter den med J. H. fundne Fordeling) for alle tre Forsøgsserier samme Hudtemperatur, samme Klædedragtstemperatur, samme Forskel mellem Rektal- og Hudtemperatur, samme Varmeafgivelse ved Straaling plus Konvektion, samme Varmeafgivelse ved Fordampning, samme conductance og samme Akkumulering. Dette kan, som nærmere begrundet ved Omtalen af de enkelte Figurer 7—28, kun være Tilfældet, naar Fordelingen af Varmeafgivelsen ved Straaling og Konvektion er rigtigt bestemt.

Der er derfor god Grund til at antage, at den med J. H. fundne Fordeling af Varmeafgivelsen ogsaa i det væsentlige er rigtig for stillesiddende, paaklædte Mennesker ved smaa Lufthastigheder, der svarer til termisk betingede Luftstrømme i almindelige Opholdsrum.

Lorents Pedersen.



NIELSEN & LYDICHE (M. SIMMELKJÆR)
KØBENHAVN