

BYGGFORSKNINGEN

Särtryck 15:1962

Värmebehaglighet hos golv

av *Christer Bring*

STOCKHOLM 1962

10 dec. 62
M

Värmebehaglighet hos golv

av

Civilingenjör Christer Bring

Institutionen för Byggnadsteknik, KTH

Tillägg

Måttsystemet i uppsatsen är Internationella Enhetsystemet. Med hänsyn till att detta ännu inte används av alla byggfackmän ges här några omräkningsfaktorer, som eventuellt kan användas vid läsningen. Materialvikt per volymenhet, som i bygglitteratur brukar kallas volymvikt (γ), benämnes i Internationella Enhetsystemet densitet (ρ).

$$\begin{aligned} 1 \text{ W} &= 0,86 \text{ kcal/h} && \text{(effekt)} \\ 1 \text{ Ws} &= 0,00024 \text{ kcal} && \text{(energi)} \\ 1 \text{ kWh} &= 860 \text{ kcal} && \text{(energi)} \end{aligned}$$

$$1 \frac{W_s^{\frac{1}{2}}}{m^2 \text{ } ^\circ C} = 0,0143 \frac{\text{kcal}}{m^2 h^{\frac{1}{2}} \text{ } ^\circ C} \quad \text{(värmetröghet)}$$

$$1 \frac{W}{m^2} = 0,86 \frac{\text{kcal}}{m^2 h} \quad \text{(värmeflöde)}$$

$$1 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C} = 0,86 \frac{\text{kcal}}{m^2 h \text{ } ^\circ C} \quad \text{(värme genomsläppstal)}$$

$$1 \frac{kWs}{m^2} = 0,24 \frac{\text{kcal}}{m^2} \quad \text{(värmemängd)}$$

Ett förslag till norm för provning av värmebehaglighet hos kalla golv har sedan uppsatsen skrevs publicerats i Tyskland: DIN 52614, "Bestimmung der Wärmeableitung von Fussböden" (Entwurf Juni 1962). I detta förslag finns bl.a. en motsvarighet till tabell 4 i uppsatsen. Kraven har dock mildrats något, varför värdena återges här, dels i kcal/m² enligt DIN 52614, dels omräknade till kWs/m².

Behaglighets- klass	Värmemängd avgiven efter			
	1 min		10 min	
	kcal/m ²	kWs/m ²	kcal/m ²	kWs/m ²
I	< 9	< 38	< 45	< 188
II	9—12	38—50	45—70	188—294
III	12—15	50—63	70—95	294—398
IV	> 15	> 63	> 95	> 398



Värmebehaglighet hos golv

Civilingenjör Christer Bring, Stockholm*

613.16 : 69.025

Det subjektiva intrycket att ett golv känns kallt eller varmt påverkas av flera faktorer. Dessa kan vara personlig känslighet, fotbeklädningen, lufttemperaturen, golvtemperaturen, uppvärmningssystemet, eventuellt golvdrag, golvets temperaturledningsförmåga m.m. Intrycket påverkas även av om man går, står eller sitter i rummet. Problem i samband med värmebehaglighet hos golv har studerats på många håll under det senaste decenniet, framförallt i Tyskland.

Temperaturreglering i foten

Temperaturen i kroppens olika delar regleras med hjälp av blodets cirkulation. Ett system av artärer på ca 1 mm djup under hudens yta avger värme både utåt och inåt, fig. 1. Vid hastig avkylning av fötterna sjunker deras yttemperatur till en början därför att erforderlig värme inte snabbt nog hinner tillföras. Under 30—60 s sedan en har fot satts ned, påverkas endast hudens ytskikt av låg golvtemperatur². Först därefter ökas genomblödningen i fötterna för att rätt temperatur skall återställas. Blir avkylningen varaktig strävar kroppen i första hand att hålla de centrala partierna varma. Vid behov minskas i sådana fall blodtillförseln till benen.

Fottemperatur och behaglighetskänsla vid

* Artikeln har tillkommit med stöd av anslag från Statens Råd för Byggnadsforskning.

Tabell 1. Mätvärden på fottemperatur och omdömen om värmebehaglighet enligt olika författare^{2, 4, 5, 6, 7, 8}; försökspersoner i vila under 1—6 h vid olika lufttemperaturer; golvtemperaturen i stort sett lika med lufttemperaturen vid golv

	Omdöme beträffande behaglighet		
	För kallt	Godtagbart	För varmt
Bar fot (naken, liggande försöksperson).			
Vid lufttemperatur °C	19	23—25	27—30
erhölls fottemperatur °C	22	24—29	33
Beklädd fot (påklädd, sittande försöksperson).			
Vid lufttemperatur vid golv °C	13—15	18—24	24
erhölls fottemperatur °C	20—25	22—33	32—34

olika yttre betingelser har studerats av flera olika författare^{2, 4, 5, 6, 7, 8, 9}. Deras erfarenheter visar, att det främst är temperaturen hos omgivande luft och kroppens totala värmebalans, som bestämmer temperatur och behaglighet för fötter i vila, tabell 1. Golvdrag kan emellertid medföra att fottemperaturen sjunker avsevärt.

Beräkning och mätning av värmebehaglighet

Försök har gjorts att beräkna värmebehagligheten hos golv. Metoderna är emellertid än så

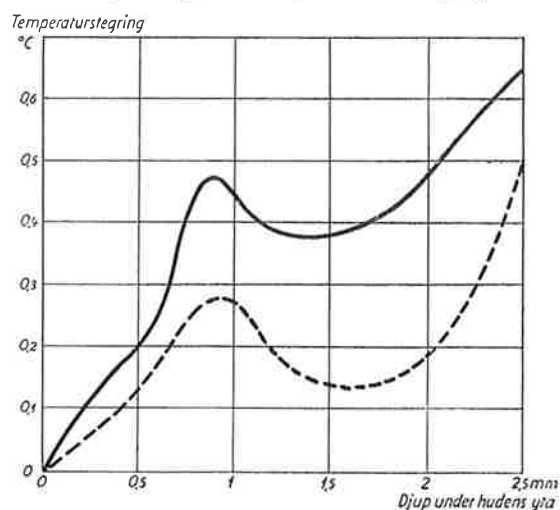
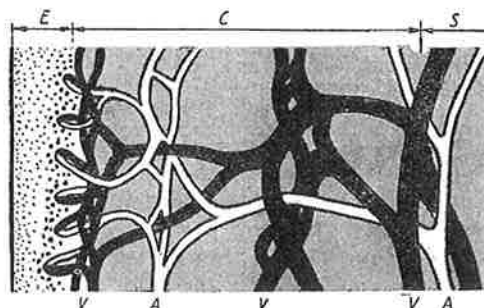


Fig. 1. Exempel på temperaturstegring under hudens yta vid — kraftig och - - - svag genombloodning¹; A artärer, V vener, E överhud, C läderhud, S underhud (artärerna på ca 1 mm djup avger värme både utåt och åt längre in belägna vener).

länge tämligen osäkra^{4, 10}. Däremot kan man med tillräcklig noggrannhet mäta värmeflödet från foten eller temperaturen under fotsulan. Det förra mäts lämpligen med en värmeflödesmätare enligt hjälpväggsprincipen, fig. 2, och det senare med hjälp av termoelement, som fästs vid sulan. Det har visat sig att värmeflödesmätaren bör bestå av en 0,3 mm tjock hårdplastfolie med $3 \times 3 \text{ cm}^2$ yta^{11, 12}.

För tillräckligt tjocka, icke skiktade golvmaterial kan värmebehagligheten dock uppskattas med hjälp av "värmetrögheten" b (tyska: "Wärmeeindringzahl", engelska: "thermal inertia").

$$b = \sqrt{\lambda \cdot c \cdot \varrho} = \frac{\lambda}{\sqrt{a}} \frac{W_s^{\frac{1}{2}}}{m^2 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

Därvid mäts värmeledningsförmåga λ , specifikt värme c och densitet ϱ , tabell 2; $a = \frac{\lambda}{c\varrho}$ är temperaturledningsförmågan; b bör vara mindre än ca 700 för att golvet skall kännas behagligt för bara fötter vid rumstemperatur. Står man högst 5—10 min på samma ställe kan t.ex. 1—2 cm kork och 3—5 cm betong anses tillräckligt tjockt för en sådan uppskattning⁴. Temperaturen i kontaktytan (t_k) mellan golv G och en bar fot F , omedelbart sedan den satts ned kan approximativt beräknas enligt formeln^{13, 14, 4}

$$t_k = \frac{b_F \cdot t_F + b_G \cdot t_G}{b_F + b_G}$$

där b_F kan antas vara $108 \frac{W_s^{\frac{1}{2}}}{m^2 \text{ } ^\circ\text{C}}$

Beklädd fot

Kalla golv. Värmebehagligheten hos golv, som beträds med skor och strumpor, då golvet har lägre temperatur än rumsluften har studerats experimentellt^{16, 10}. För försök valdes betonggolv och trägolv, som erfarenhetsmässigt ansågs vara "kalla" resp. "varma". Sex manliga individer med olika kropps-konstitution och i åldrar mellan 20 och 49 år var försökspersoner. De hade perlonstrumpor och skor med 9 mm tjocka sulor (6 mm läder + normala iso-

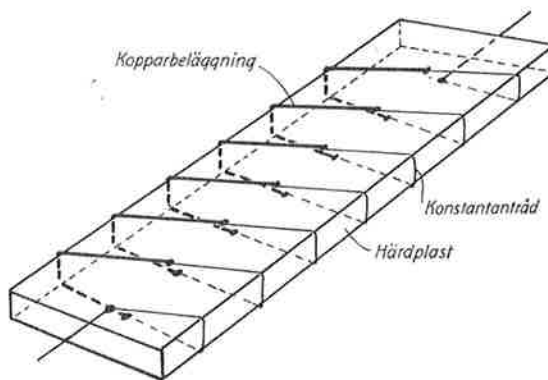


Fig. 2. Skiss av värmeflödesmätare enligt hjälpväggsprincipen¹²; kopparbeläggningen anbringas på galvanisk väg (lämplig tjocklek för här avsett ändamål är 0,3 mm och ytans mått $3 \times 3 \text{ cm}$).

lerings- och andra skikt) på fötterna. Fotbeklädnadens värmegenomsläppstal $\Lambda = \frac{\lambda}{\delta}$ ("Wärmedurchlasszahl"), i vilket man inte tar hänsyn till övergångsmotståndet, var omkring $10 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ\text{C}}$; δ betecknar sulans tjocklek. Stationära förhållanden rådde beträffande rumsuppvärmning och golvtemperatur.

Efter en halvtimmes förberedelser, varvid fotsulan gavs utgångstemperaturen 34°C , pågick varje försök i 4 h. Försökspersonen kunde därvid sitta, stå stilla eller gå några steg på golvytan, vars storlek var $2,4 \times 2,4 \text{ m}$, dvs. ungefär motsvarande ett kontorsrum. Foten fick hållas på samma plats på golvet högst 10 min. Dessa försöksbetingelser och det sätt, på vilket kroppsvärmen regleras, medför, att stationära förhållanden för värmeströmmen från foten inte uppnåddes.

Under hela försöksperioden mättes temperaturen under fotsulan och värmeflödet från foten till golvet. Samtidigt skulle försökspersonen tala om sina subjektiva känslor av behaglighet eller obehag i fötterna. Fötternas tillstånd betecknades som "kallt" när han kände behov att gå för att motverka vidare avkylning och "iskallt" när han av denna anledning snarast ville avbryta försöket.

Tabell 2. Data för golvmaterial

Golvmaterial	ϱ kg/m ³	λ kcal m h °C	c kcal kg °C	$b = \sqrt{\lambda c \varrho}$ kcal m ² h ^{1/2} °C	$b = \sqrt{\lambda c \varrho}$ Ws ^{1/2} m ² °C
Marmor	2 700	2,5	0,2	37	2 600
Betong	2 200	1,5	0,25	29	2 000
Gjutasfalt	2 100	0,7	0,3	21	1 500
Keramiska plattor	2 200	0,9	0,2	20	1 400
Vinylplast	1 600—1 800	0,20—0,35	0,3	10—14	700—1 000
Linoleum	1 200	0,15	0,4	8,5	600
Hårda träfiberskivor	1 000	0,11	0,4	6,5	450
Ekparkett	700	0,14	0,5	7	500
Furubräder	500	0,12	0,5	5,5	380
Korkplattor	500	0,07	0,5	4	280

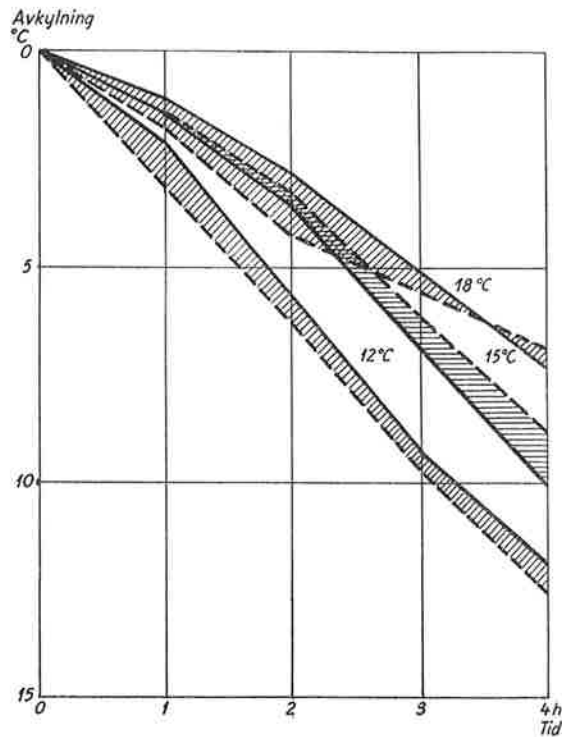


Fig. 3. Avkylning av fotsulan som funktion av tiden för en och samma manliga försöksperson på golv med olika temperaturer; - - - betonggolv, — trägolv, huvudsakligen sittande ställning; fotbeklädnad perlonstrumpor och relativt grova skor; 20°C lufttemperatur.

Vid tidigare studier har golvtemperaturen avvikit endast obetydligt från lufttemperaturen, tabell 1. I detta fall gjordes däremot försök vid 12°, 15° och 18°C golvtemperatur och 20°C lufttemperatur. Därvid kyldes fotsulan successivt, fig. 3, i stort sett linjärt och ungefär lika mycket på betonggolv som på trägolv. Värme-flödet från fot till golv blev också ungefär det-samma för båda golvtyperna och minskade successivt, fig. 4. Känsla av obehag uppstod när foten avgav mer än 2 W, vilket motsvarar ca $150 \frac{W}{m^2}$. Golvmateriallets egenskaper visade

sig vara nästan utan inverkan på värmebehag-ligheten för fötter iklädda de vid försöken använda relativt grova herrskorna och herr-strumporna. Däremot var vid den använda lufttemperaturen golvets temperatur avgörande i detta hänseende. Resultaten har samman-ställts i ett par diagram, där värmebehaglig-heten satts i relation till golv- och lufttempe-ratur samt uppehållstid, fig. 5 och fig. 6. Låg golvtemperatur kan tydligen i viss mån kom-penseras genom höjning av lufttemperaturen.

Diagrammen i fig. 3—6 avser som nämnts undersökningar på män i huvudsakligen sittan-de ställning. De strumpor och skor, som använts, är betydligt kraftigare, än man brukar använda inomhus. Kvinnor har vanligen föt-terna sämre värmeisolerade och torde därför snabbare än män känna obehag av golv med låg temperatur. Från givna data kan beräknas att för en damsko med 2—3 mm tjock sula in-klusive tunn strumpa är värmegenomsläppsta-

let ca $60 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$. Med hänsyn härtill torde något högre temperaturer än enligt försöksresultaten krävas, och dessutom torde golvmateriallets egenskaper inverka på värmebehagligheten. Å andra sidan torde kraven vara lägre för perso-ner med rörligt arbete. Båda dessa varianter av problemet borde studeras närmare.

Vid intervjuer och mätningar i hyreshus i Tyskland¹⁷ ansågs så gott som samtliga golv med 16°C och lägre temperatur kalla. Vid 19°C och högre temperatur förekom inga klagomål, medan åsikterna om värmebehaglighet varie-rade, där temperaturen låg mellan 16 och 19°C.

Varma golv. Behaglighet hos varma golv har studerats av flera forskare^{9, 18, 19, 20}. Avsikten har främst varit att finna den högsta yttemperatur, vid vilken golv känns behagliga för människor, som uppehåller sig en eller flera timmar på dem. Såväl manliga som kvinnliga försökspersoner i olika ålder har fått ge sina omdömen. De har haft sina egna skodon på fötterna. Av beskrivningarna att döma gäller det normala herr- och damskor. Försökslokalerna har varit så beskaffade att golvtemperaturen kunnat hål-las konstant på olika nivåer, och lufttempera-turen har varierat högst några grader.

Resultaten från de olika undersökningarna skiljer sig avsevärt från varandra. Samman-fattningsvis har två europeiska forskare kom-mit till att golvtemperaturen bör vara högst 25—26°C vid 18—21°C lufttemperatur^{18, 19}. Vid högre lufttemperatur bör golvtemperaturen va-

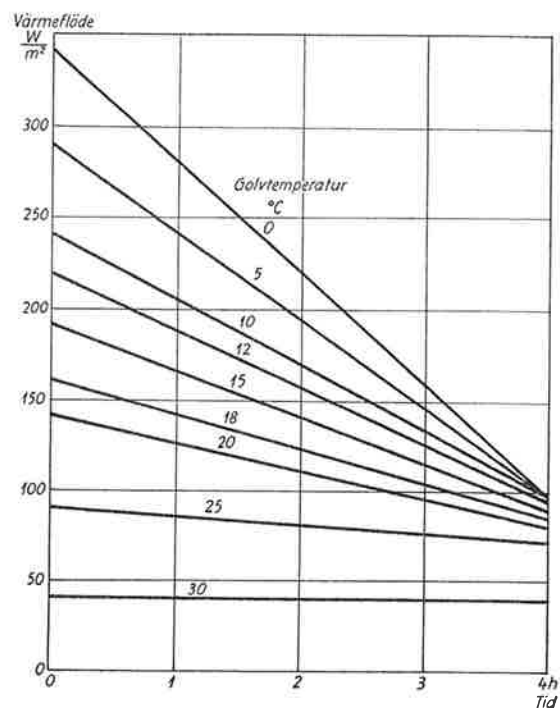


Fig. 4. Värmefflöde från sulan av en fot som funk-tion av uppehållstid vid 20°C lufttemperatur och golvtemperaturen som parameter; mätningar på män med perlonstrumpor och relativt grova skor¹⁸ (18—20°C golvtemperatur anses tillräcklig vid högst 4 h uppehållstid).

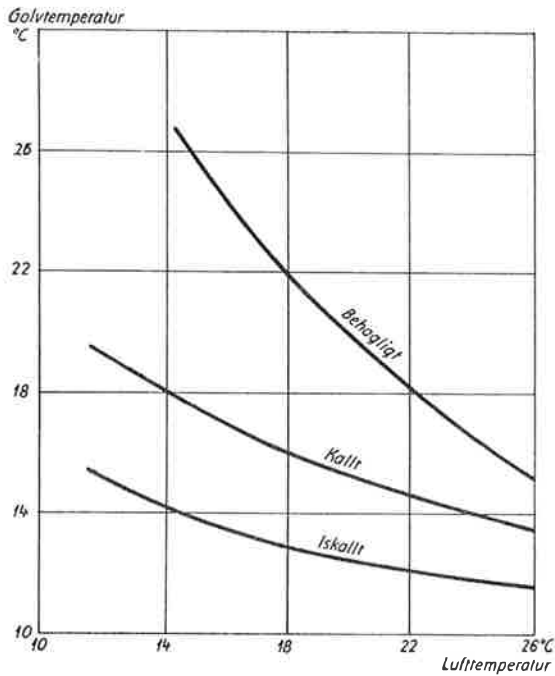


Fig. 5. Värmebehaglighet hos golv i försöksrum som funktion av lufttemperatur och golvttemperatur; försökspersoner män som vistats 4 h i rummet huvudsakligen sittande¹⁵ (fotbeklädnad perlonstrumpor och relativt grova skor).

ra lägre¹⁹. Två amerikanare har däremot funnit att ända till 35°C golvttemperatur är tillräckligt behaglig vid 24–27°C lufttemperatur²⁰. En dansk forskare intar en mellanställning⁹. Han har funnit att upp till 30°C (högre temperatur användes ej vid försöken) golvttemperatur är tillräckligt behaglig vid 21°C lufttemperatur. Han anser det dock meningslöst att använda golvuppvärmning eftersom man enklast höjer fottemperaturen genom att minska värmeavgivningen från hela kroppen.

Försöksbetingelserna har inte varit helt likartade i de olika undersökningarna. Man har bl.a. haft olika långa försökstider, t.ex. 1 h, 3 2/3 h och icke angiven tid. Försökspersonerna har haft sittande ställning, i ett fall¹⁰ dessutom långsamt gående. Den totala värmeavgivningen från kroppen genom strålning och konvektion hölls konstant i en av undersökningarna⁹. Det är tänkbart att amerikanska försökspersoner finner även relativt höga golvttemperaturer acceptabla på grund av att de är vana vid höga inomhustemperaturer. De upplysningar som lämnas i redogörelserna förefaller emellertid inte tillräckliga för att förklara skillnaderna i resultat. Innan man genom mer inträngande studier funnit orsaken här till torde det vara klokt att undvika högre yttemperaturer på golv än 25–27°C.

Försök har gjorts att med hjälp av en konstgjord fot finna en förklaring till känslan av obehag på alltför varma golv¹⁸. Värmeavgivningen från fötterna ökar med golvttemperaturen, vilket kan tyckas egendomligt med hänsyn till resultaten i fig. 4. Emellertid avges en allt

större del av värmets uppåt genom strålning, konvektion och avdunstning. Har man bara fötter eller sandaler avkyls fötterna främst genom svettning och ångbildning. Obehag av varma golv kan då bero på att man använder illa ventilerade skor, i vilka luftfuktigheten blir hög och avdunstningen går långsamt.

Bar fot

Fysiologiska mätningar. Värmefflöde från respektive temperatur under fotsulorna har studerats på försökspersoner²¹. Dessa reaktionsprovades till att börja med, varvid personer som hade från de övriga kraftigt avvikande

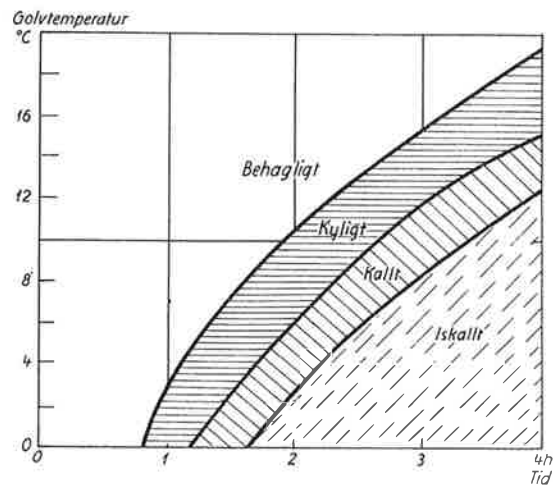


Fig. 6. Värmebehaglighet hos golv som funktion av golvttemperatur och tid för vistelsen¹⁵; 20°C lufttemperatur (mätningar på män med perlonstrumpor och relativt grova skor på fötterna).

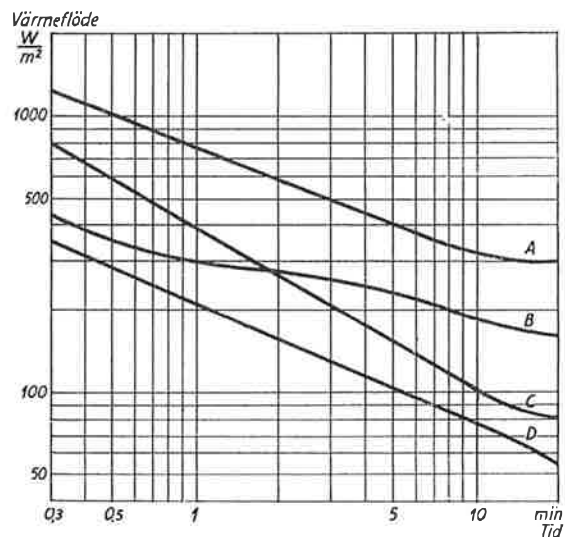


Fig. 7. Värmefflöde från en bar fot på en och samma försöksperson, som stått på olika golv²¹; A betong, B 1 mm vinylplast + 3 mm filt på betong, C hård PVC, D trägolv på betong (för tjocka, homogena golv är funktionskurvorna intill 10 min försökstid i det närmaste räta linjer i ett dubbellogaritmiskt diagram, för skiktade golv märks inverkan av de undre skikten efter någon minut).

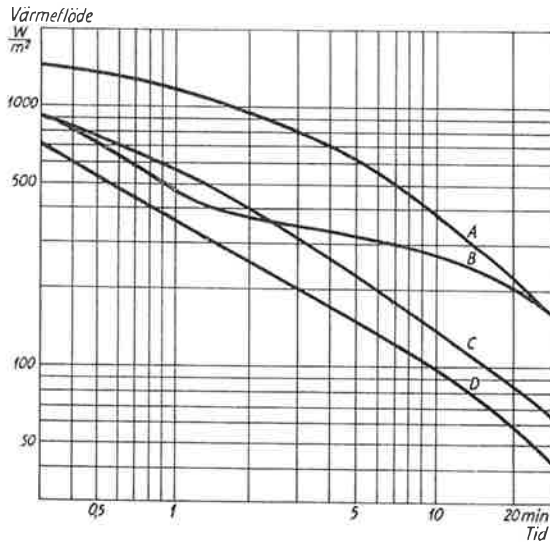


Fig. 8. Värmeledning från en konstgjord fot på olika golv²¹; A betong, B gummiplatta på kork, C hård PVC, D trägolv på betong (funktionskurvorna löper något annorlunda än på fig. 7, men den inbördes relationen mellan materialen blir i stort sett densamma i båda fallen).

värden gallrades bort. Män och kvinnor i olika åldrar och med olika kroppsvikt studerades. För att undersökningarna skulle ge reproducerbara resultat, måste försökspersonerna förberedas genom att ges lämplig klädsel, genom att vila i klimatrum och genom att fottemperaturen hölls konstant.

Värmeledet mättes då försökspersonen där efter stod på provgolvet, som i förväg hade getts en bestämd, jämnt fördelad temperatur, lägre än fottemperaturen. En värmeledesmätning varade 20–30 min, varvid värmeledet successivt minskade, vilket är naturligt med hänsyn till att fottemperaturen sjönk under försökets gång, fig. 7. Temperaturen variation från det ögonblick foten sattes i golvet mättes under 10 min. Den sjönk omedelbart några grader, medan förloppet därefter bestämdes av golvet egenskaper, fig. 9.

Mätningar med konstgjord "fot". Eftersom det är svårt att få reproducerbara försöksbetingelser när man mäter på människor, har man strä-

vat efter ett fysikaliskt undersökningsförfarande, där resultaten är likvärdiga med dem från försökspersoner. Man har därvid använt sig av konstgjorda "fötter" med temperaturförhållanden, som liknar den mänskliga fotens. Med dessa har såväl värmeledning som temperatur mätts på motsvarande sätt. Det har visat sig att man på detta sätt kan få resultat, som i huvudsak överensstämmer med dem från de fysiologiska mätningarna, vilka därför numera närmast används för att kalibrera apparaturen^{21, 20}, fig. 7, 8 och 9 samt tabell 3.

Konstgjorda fötter för studium av värmebehaglighet hos golv finns i flera versioner, som skiljer sig något från varandra. För värmeledesmätningen används en cylindrisk dosa med 15 cm diameter, med väggar och lock av aluminium och med botten av 0,3 mm tjock gummiduk. På locket sitter en omrörare och en termostad. Väggarna är på insidan försedda med ribbor, med vars hjälp vattnet blandas även i vertikalled under försöket, och utsidan isoleras med 1 cm tjock bomullsfilt²¹.

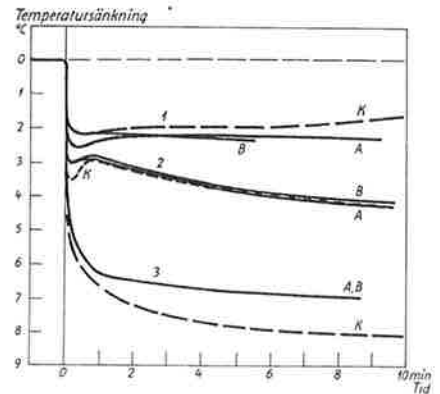


Fig. 9. Temperatursänkning under sulan på en konstgjord fot, K, i jämförelse med motsvarande förlopp för två försökspersoner, A och B, när foten sattes ned på tre olika golvmaterial²⁵; 1 trä, 2 1 mm vinylplast + 3 mm filt på betong, 3 betong.

Tabell 3. Jämförelse mellan fysiologiskt och fysikaliskt värmeledning på två olika golvmaterial i förhållande till motsvarande flöde på en jämförelseplatta av icke mjukgjord polyvinylklorid²¹

Golvkonstruktion	Multiplikationsfaktor för värmeledet i jämförelse med flödet på hård polyvinylklorid efter tiden				
	0,5	1	5	10	20 min
Mätning på försökspersoner					
15 cm betong	1,8	2,0	2,7	3,2	3,5
22 mm furugolv på betong	0,5	0,5	0,7	0,7	0,7
Mätning på fysikalisk apparatur					
15 cm betong	1,8	2,1	2,8	2,9	2,6
22 mm furugolv på betong	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7

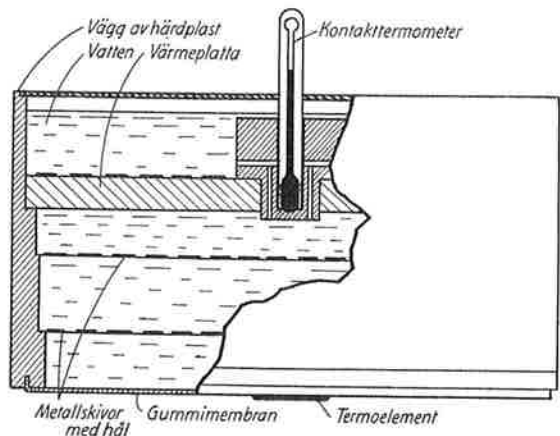


Fig. 10. Skiss av konstgjord "fot", i Tyskland föreslagen som norm för temperaturmätning av värmebehaglighet hos golv²².

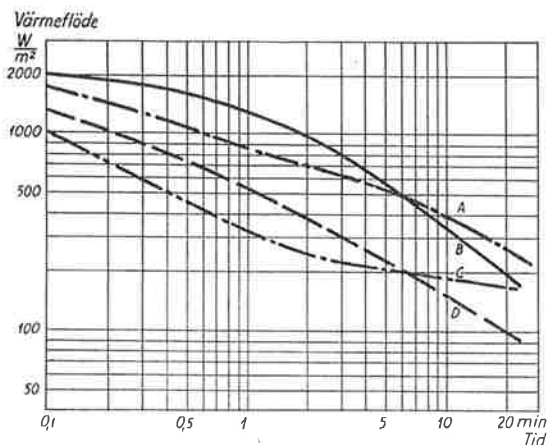


Fig. 11. Värmeledning från konstgjord fot på fyra olika golvtyper. A 1 mm vinylplast + 1,5 mm kork på 5 cm betongundergolv, B 5 cm betong, C 5 mm kork på 5 cm betong, D 20 mm lövträ på betong.

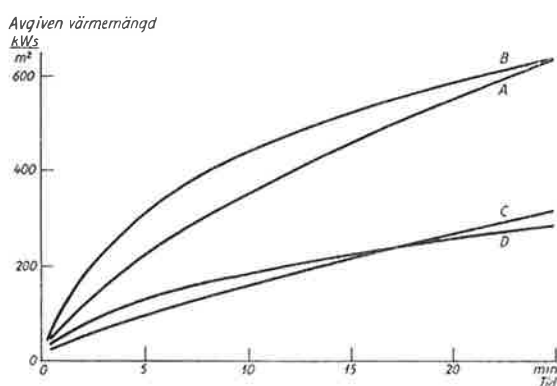


Fig. 12. Från konstgjord fot avgiven värmemängd som funktion av tiden och avseende samma försökstyper som i fig. 11.

För temperaturmätningarna används en liknande fot. Sedan tre olika alternativa utföranden studerats, har man valt en cylindrisk dosa med väggar av hårdplast och botten av gummiduk. I dosan finns en horisontell, eluppvärmd platta och två horisontella metallskivor med stora hål, fig. 10. Dessa skall bl.a. förhindra alltför kraftig blandning av vattnet, när man flyttar dosan. Avståndet mellan dem har valts så, att denna konstgjorda fot ger mätvärden, som liknar dem man får med en naturlig fot²², fig. 9. Om termoelementet fästs så att det inte får direkt kontakt med golvet, registreras en långsammare temperatursänkning, när foten sätts ned.

För såväl värmelednings- som temperaturmätning av värmebehaglighet hos golv har i Tyskland normerade förfaranden föreslagits. Värmeledningsmätning bör ske vid 18°C golvtemperatur, men kan genomföras även vid andra temperaturer, eftersom mätvärdena enkelt kan reduceras till 18°C. Metoden är av denna anledning användbar vid mätning i färdiga hus. Temperaturen skall vara jämnt fördelad genom hela bjälklaget. Mätfotens utgångstemperatur skall vara 33°C, och mätningen skall pågå un-

der 10 min. Till grund för bedömningen skall läggas totalt avgiven värmemängd efter 1 och 10 min, tabell 4.

Exempel på mätvärden som kan ha intresse i Sverige är sammanställda i figurerna 11 och 12 samt i tabell 5²³.

Som resultat av mätningarna kan man ange följande. Trä, korkplattor och korklinoleum känns behagliga för bara fötter, som vilar högst några minuter på samma ställe. Linoleum och vinylplast måste läggas på t.ex. underlagspapp för att kunna anses behagliga om undergolvet består av betong. Alternativt kan man välja undergolv med lägre densitet än 1 000 kg/m³, vilka dock inte alltid har tillräcklig hållfasthet. Stengolv känns kalla för bara fötter, såvida man inte har golvvärme. Det är givet att undergolvet kommer att inverka vid de längre försökstiderna, speciellt när man har tunna golvbeläggningar. Golv i nybyggda hus kan kännas kallare än normalt på grund av att undergolven ännu har hög fukthalt.

Temperaturmätning av värmebehaglighet²² sker från det ögonblick mätfoten sätts ned i 10 min. Rums- och golvtemperaturen skall vara

Tabell 4. Förslag till schema för klassificering av golv med hänsyn till avgiven värmemängd²³; (utgångstemperatur hos "foten" + 33°C och hos golvet + 18°C)

Betyg	Behaglighetsklass	Avgiven värmemängd i $\frac{kWs}{m^2}$ efter		
		1 min	10 min	20 min
Särskilt god värmebehaglighet	I	< 36	< 172	< 255
God värmebehaglighet	II	36—46	172—264	255—419
Ej tillräcklig värmebehaglighet	III	46—59	264—360	419—585
Kallt för fötter	IV	> 59	> 360	> 585

Tabell 5. Exempel på mätvärden på avgiven värmemängd från konstgjord fot på olika golvkonstruktioner²³; (de romerska siffrorna anger behaglighetsklass enl. tabell 4)

Golvkonstruktion	Golvets temperatur vid mätningen °C	Avgiven värmemängd i $\frac{kWs}{m^2}$ vid 18°C efter		
		1 min	10 min	20 min
22 mm furubräder på regler, lagda utan fyllning på betongbjälklag	16,4	30,2	131	201
		I	I	I
2,5 mm linoleum på betongbjälklag	17,8	50,2	329	584
		III	III	III
2,5 mm linoleum på 1,5 mm grålumppapp på betongbjälklag	17,8	41,9	172	264
		II	II	II
0,7 mm PVC-skikt på 6,5 mm fillmatta och 0,1 mm polyetenfolie på betongbjälklag	21,3	29,3	104	171
		I	I	I
9 mm keramiska plattor på 3,5 cm betong på 2 cm styrenskumplast	7,9	60,6	394	655
		IV	IV	IV
	20,2	75,3	511	853
4 cm natursten på betongbjälklag		IV	IV	IV

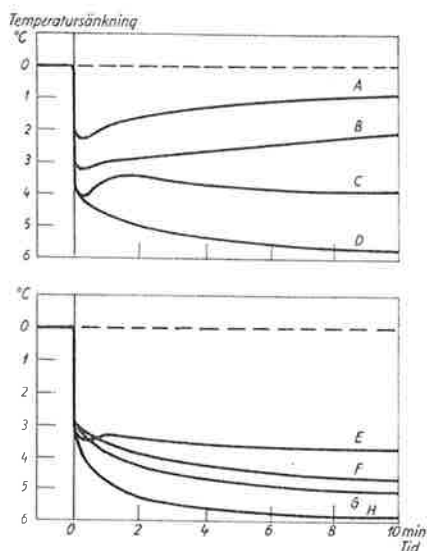


Fig. 13. Resultat av temperaturmätningar med konstgjord fot på olika, ofta förekommande golvtyper²⁶. A 8 mm kork, B 24 mm bokträ, C 2 mm linoleum + 1 mm grålumppapp, D 2 mm linoleum, E 2 mm vinylplast + 1 mm grålumppapp, F 0,5 mm vinylplast + 1 mm grålumppapp, G 2 mm vinylplast, H 0,5 mm vinylplast (Beläggningarna var i samtliga fall lagda på betongundergolv. Underlagspappen motsvarar ungefär svensk L 400).

18°C, värmeplattan 37°C och fotens undersida 30°C, fig. 10. Dessa förhållanden kan i allmänhet endast erhållas vid laborieförsök, varför metoden anses begränsad till sådana. Man har funnit att resultaten kan bedömas enligt tabell 6. Mätresultat av intresse för svenska förhållanden visas i fig. 9 och fig. 13.

Jämförelse mellan värmeledsmätning och temperaturmätning. De båda tyska mätmotoderna har jämförts genom mätning på samma golv under jämförbara betingelser²¹. Av mätvärdena att döma torde man kunna anse dem likvärdiga, tabell 7. Även vid jämförelse av detaljer i kurvorna har man fått ungefär samma utslag. Temperaturkurvorna torde vara lättast att bedöma för en ovan person. Förfarandet med värmeledsmätning kan emellertid använ-

Tabell 7. Jämförelse mellan värmeleds- och temperaturmätning på samma golv²¹; (värdena inom parentes är relationstal vid jämförelse med betonggolv)

Golvkonstruktion	Mättid 1 min		Mättid 10 min	
	Värme- mängd kWs m ²	Temperatur- sänkning °C	Värme- mängd kWs m ²	Temperatur- sänkning °C
5 cm betong	94,2 (100)	6,2 (100)	444 (100)	6,7 (100)
5 mm korkplatta på 5 cm betong . .	35,6 (38)	1,6 (36)	134 (30)	1,8 (27)
20 mm lövträ på 5 cm betong	50,3 (53,5)	2,8 (45)	180 (40,5)	2,1 (31,5)
1 mm vinylplast + + 1,5 mm kork på 5 cm betong	71,2 (75)	3,8 (61)	343 (77)	5,2 (77,5)

Tabell 6. Förslag till bedömningsgrund för resultat från temperaturmätning av värmebehaglighet för bara fötter²²; (tiden intill 1 min anses utslagsgivande för personer som går på golvet och tiden från 2 till 10 min för fötter, som vilar på golvet; korta underskridanden (< 1 min) av gränserna efter 2 min kan lämnas obeaktade)

Temperatur- sänkning på under- sidan av "foten" °C	Betyg
< 3	varmt för fötter
3—4	ännu tillräckligt behagligt
4—5	ej tillräckligt behagligt
> 5	kallt för fötter

das utan att man varje gång ger golvet en och samma utgångstemperatur, varför det lämpar sig för användning även utanför laboratoriet. Det förefaller därför som om denna metod skulle komma att standardiseras i Tyskland.

Värmebehaglighet för beklädd och bar fot

Flera forskare har konstaterat att temperaturen har avgörande betydelse för den beklädda fotens värmebehaglighet, medan för en bar fot främst golvmaterialens egenskaper men även temperaturen är utslagsgivande. En direkt jämförelse har gjorts²⁰, fig. 14. Att värmeförlusten

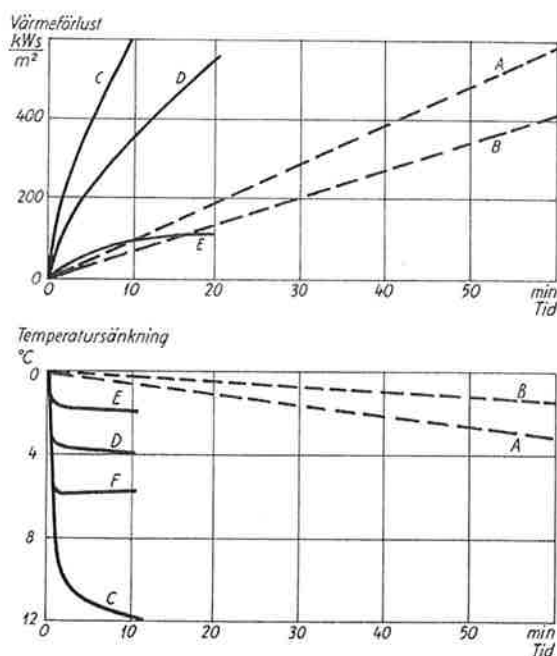


Fig. 14. Värmeförlust och temperatursänkning för beklädd och bar fot, som funktion av tiden²⁰; (vid 12°C temperatur varade försöken endast 10 min för att försökspersonerna inte skulle ta skada). A betong och trä, 12°C, beklädd fot, B betong och trä, 20°C, beklädd fot, C betong, 12°C, bar fot, D betong, 20°C, bar fot, E trä, 20°C, bar fot, F trä, 12°C, bar fot.

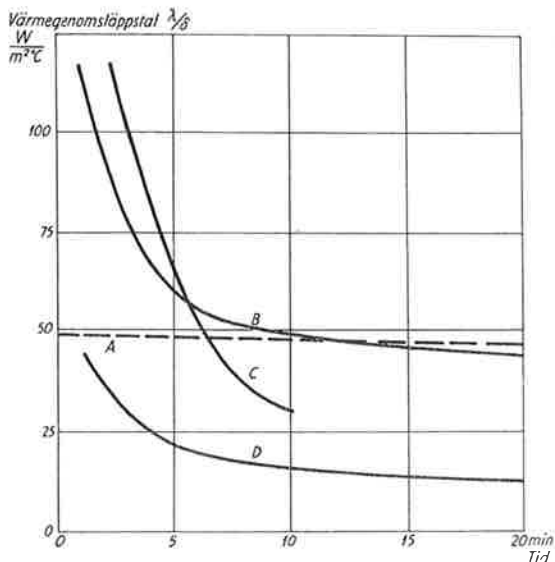


Fig. 15. Förändring med tiden för värme genomsläppstalet λ/δ för bar och beklädd fotsula på trä och betong⁶; A betong och trä, beklädd fot, B betong, 20°C, bar fot, C betong, 12°C, bar fot, D trä, 20°C, bar fot.

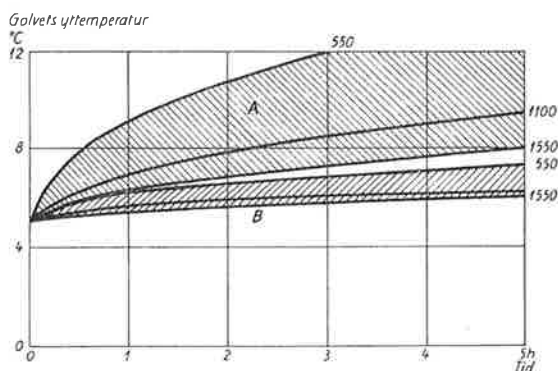


Fig. 16. Yttertemperatur som funktion av tiden hos golvet i ett rum med 4×5 m golvyta, 2,5 m höjd och 5 m^2 fönsteryta, som värmts upp från 5°C utgångstemperatur inomhus vid -10°C temperatur utomhus²⁴; temperaturen beror på tillfört värme, uppvärmningstid och golvet's värmetröghet. A gäller för värmeeffekten 3,49 kW (3 000 kcal/h) och B för 1,16 kW (1 000 kcal/h). Värdena 550, 1 100 och 1 550 anger golvet's värmetröghet.

för en bar fot på trä efter ca 15 min blir lägre än för en beklädd fot beror på att värme flödet minskar, när fottemperatur sänks. Den bara fotens temperatur sjunker snabbt, medan den beklädda foten avkyls långsamt. Värme genomsläppstalet λ/δ för fotsulan är inte konstant för en bar fot, fig. 15. För den beklädda foten blir detta värde däremot i stort sett konstant.

Behaglighetskänslan beror förutom på avkylningen också på avkylningens hastighet, tabell 8. Sålunda känns en avkylning av $11,5^\circ\text{C}$ under 4 h lika obehaglig för en beklädd fot som ca 12°C avkylning känns för en bar fot på 10 min. I förra fallet avges $2,3 \cdot 10^6$ Ws, medan $6,3 \cdot 10^5$ Ws ger samma verkan i senare fallet.

Tabell 8. Samband mellan avkylning av fotsulan, värmeförlust och behaglighetskänsla för beklädd och bar fot¹⁶

Beklädd fot		Bar fot		Subjektiv värmebehaglighet
Avkylning av fotsulan under 4 h	Avgiven värmemängd under 4 h $\frac{\text{kWs}}{\text{m}^2}$	Avkylning av fotsulan under 10 min	Avgiven värmemängd under 10 min $\frac{\text{kWs}}{\text{m}^2}$	
$^\circ\text{C}$		$^\circ\text{C}$		
< 6	$< 1\,460$	< 4	< 350	behagligt
6—9	1 460—1 880	4—6	350—500	ännu behagligt till
9—11,5	1 880—2 300	6—12	500—630	kylligt
$> 11,5$	$> 2\,300$	> 12	> 630	kallt
				iskallt till smärt-
				smält

Kontinuerlig och intermitterande uppvärmning

Om värmeanläggningen i ett hus har tillräcklig kapacitet och huset är tillräckligt värmeisolerat är två viktiga förutsättningar för behagliga golv uppfyllda, i de fall man också har kontinuerlig uppvärmning. Vid intermitterande uppvärmning krävs dessutom att golvet's övre skikt har sådana fysikaliska egenskaper, att de snabbt kan värmas upp. Den golvtemperatur, som inställer sig under uppvärmningsperioden, beror på värmekapacitet och värmeledningsförmåga hos ytskiktet²⁴. Är golvbeläggningen tunn inverkar även undergolvet.

Uppvärmning av kalla byggnadsdelar har behandlats analytiskt²⁵. Resultaten har tillämpats på golv där b är 550, 1 100 och 1 550 i rum av normal storlek, fig. 16—18. Vill man att golvet skall kännas behagligt under uppvärmningsperioden bör materialet ha lågt värde på b

$\left(\sqrt{\lambda c \rho} \frac{\text{Ws}^{\frac{1}{2}}}{\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}} \right)$. Eventuellt värmeisoleringsmate-

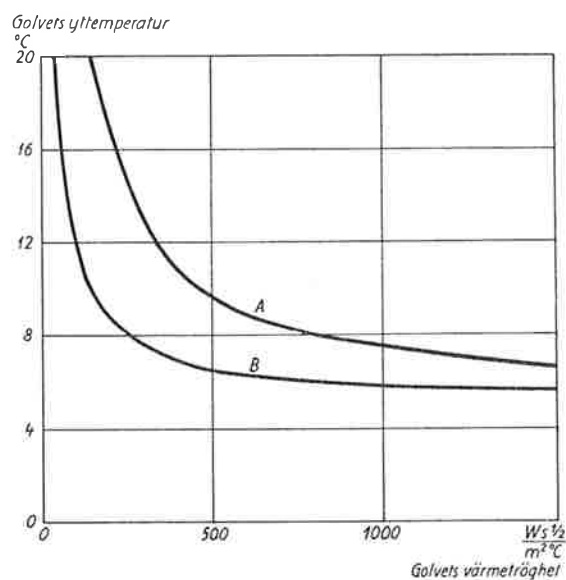


Fig. 17. Yttertemperatur som funktion av värmetrögheten hos samma golv som i fig. 16 efter en timmes uppvärmningstid; A och B är enligt fig. 16.

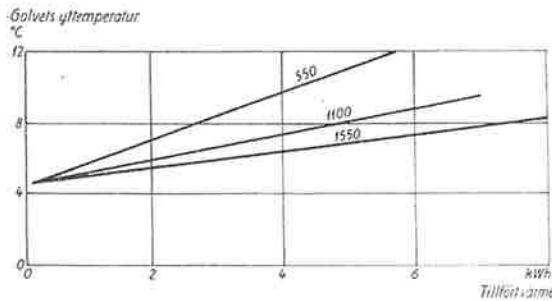


Fig. 18. Yttertemperatur som funktion av tillförd värme hos samma golv som i fig. 16.

rial bör av samma anledning läggas så nära golvytan som möjligt. För t.ex. flytande betonggolv blir förbättringen dock obetydlig²⁴.

Litteratur

1. Bazelt, H C: *Temperature sense in man. Temperature, its measurement and control in science and industry.* New York 1941.
2. Cammerer, J S: *Ein physiologisches Prüfverfahren der Wärmeableitung von Fussböden.* Die Bauwirtschaft 1956 h. 15, s. 385—389.
3. Sheard, C, William, M M D & Horton, B T: *Skin temperatures of the extremities and effective temperature.* Heating, Piping & Air Cond. April 1939, s. 352—354.
4. Schüle, W: *Untersuchungen über die Hauttemperatur des Fusses beim Stehen auf verschiedenartigen Fussböden.* Gesundheits-Ing. 75 (1954) h. 23—24, s. 380—386.
5. Nielsen, M: *Undersøgelser over Relationen mellem Behagelighedsfølelser, Opvarmningstilstand og fysiologiske Reaktionen ved stillesiddende Arbejde.* Boligopvarmningsudvalgets Medd. 3. Köpenhamn 1947.
6. Nielsen, M: *Undersøgelser over Betydningen af Gulvopvarmning for Behagelighedsfølelser og Fodtemperaturer.* Boligopvarmningsudvalgets Medd. 4. Köpenhamn 1948.
7. Muncney, R W: *The temperature of the foot and its thermal comfort.* Australian J. appl. Science 5 (1954) h. 1, s. 36—40.
8. Muncney, R W & Holden, T S: *The influence of air temperatures near the floor on the temperature and comfort of the human foot.* Commonwealth Sci. & Ind. Res. Org. Div. Building Res. Techn. Paper 5. Melbourne 1959.
9. Muncney, R W & Hutson, J M: *The effect of the floor on foot temperature.* Australian J. appl. Science 4 (1953) h. 3, s. 395—404.
10. Schley, W: *Berechnungsmöglichkeit der Wärmeabgabe des menschlichen Fusses.* Gesundheits-Ing. 76 (1955) h. 19—20, s. 294—299.
11. Lustig, L W & Cammerer, J S: *Folien-Wärmestrom-Messer für technische und physiologische Untersuchungen.* Gesundheits-Ing. 76 (1955) h. 19—20, s. 289—293.
12. Cammerer, J S: *Untersuchungen über die Voraussetzung übereinstimmender Prüfapparaturen für die Wärmeableitung von Fussböden bei verschiedenen Instituten.* Gesundheits-Ing. 82 (1961) h. 9, s. 270—275.
13. Gröber, H, Erk, S & Grigull, U: *Die Grundgesetze der Wärmeübertragung.* Berlin 1955.
14. Billington, N S: *The warmth of floors — a physical study.* J. Hygiene 46 (1948) h. 4, s. 445—450.
15. Frank, W: *Fusswärmeuntersuchungen am bekleideten Fuss.* Gesundheits-Ing. 80 (1959) h. 7, s. 193—201.
16. Frank, W: *Die Wärmeabgabe des bekleideten und unbekleideten Fusses.* Gesundheits-Ing. 81 (1961) h. 11 s. 333—336.
17. Schüle, W: *Die Fusswärme bei Fussböden und ihre Beeinflussung durch die Raumheizung.* Heizung-Lüftung-Haus-technik 11 (1960) h. 1, s. 2—7.
18. Maréchal, M J-C: *Températures limites à respecter dans le chauffage par le plafond et dans le chauffage par le sol.* Ann. Inst. Techn. Bâtiment & Travaux Publics 94 (1955) s. 1090—1105.
19. Chrenco, F A: *Heated floors and comfort.* J. Inst. Heating & Ventilating Engrs 23 (1956) s. 385—396.
20. Nevins, R G & Flinner, A O: *Effect of heated floor temperatures on comfort.* Heating, Piping & Air Cond. 29 (1957) h. 10, s. 149—153.
21. Cammerer, J S & Schüle, W: *Erprobung verschiedener Messmethoden zur Bestimmung der Wärmeableitung von Fussböden.* Gesundheits-Ing. 81 (1960) h. 1, s. 1—8.
22. Schüle, W: *Messverfahren zur Bestimmung der Wärmeableitung von Fussböden.* Allg. Wärmetechnik 9 (1960) h. 4—5, s. 86—91.
23. Cammerer, J S: *Messung der Wärmeableitungen von Wohnungsfussböden.* Gesundheits-Ing. 82 (1961) h. 6, s. 178—181.
24. Schüle, W: *Zur Frage der Temperaturverhältnisse der Raumbegrenzungsflächen in beheizten Räumen.* VDI-Berichte 38 (1959) s. 41—47.
25. Krischer, O & Kast, W: *Zur Frage des Wärmebedarfs beim Anheizen selten beheizten Gebäude.* Gesundheits-Ing. 78 (1957) s. 321—325.
26. Schüle, W: *Wärmetechnische Fragen bei Fussböden und Decken unter besonderer Berücksichtigung der Fusswärme.* Gesundheits-Ing. 78 (1957) h. 19—20, s. 289—296.

Särtryck Utgivare: Statens råd för byggnadsforskning

- 1957:** 11. *Klingberg, Lennart och Olsson, Eskil.* Krandagbok. En metod för arbetsstudier på tornsvängkranar. 18 s. Kr. 2:—.
- 1958:** 1. *Klingberg, Lennart, Olsson, Eskil m. fl.* Monterbara fasadställningar. 27 s. Kr. 3:—.
2. *Tynelius, Sven.* Parkeringsundersökning från luften med tillhjälp av stereobilder. 13 s. Kr. 1:50.
3. Uppsatser om golv. 62 s. Kr. 3:—.
6. *Saare, Erik.* Forskning om fukt i byggnadsmaterial. 7 s. Kr. 2:—.
- 1959:** 1. *Höglund, Ingemar m. fl.* Invändig ytbehandling i betonghus. 11 s. Kr. 1:—.
2. *Backmark, Lennart, Blomgren, Boris, Jacobsson, Mejse och Månsson, Kurt.* Byggnadsverksamhet och bostadsförhållanden i Sovjetunionen. (Fyra artiklar.) 48 s. Kr. 4:—.
5. *Eneborg, Ingemar.* Driftundersökningar på små oljeeldade värmeanläggningar. 7 s. Kr. 1:—.
- 1960:** 2. *Jacobsson, Mejse.* Monteringsbyggeri i Europa. 8 s. Kr. 1:50.
3. *Mandorff, Sven.* Förinställningsberäkning — ett viktigt led i värmeanläggningens projektering. 16 s. Kr. 3:—.
4. *Eneborg, Ingemar.* Värmeutbytet vid sopeldning. (Två artiklar.) 11 s. Kr. 3:—.
5. *Westin, Olle.* Markexploatering. 7 s. Kr. 1:50.
6. *Saare, Erik.* Åldringsbeständighet hos byggnadsmaterial av plast. 8 s. Kr. 1:50.
7. *Jacobsson, Mejse.* Byggnaders underhåll — ett viktigt forskningsområde. 8 s. Kr. 2:—.
8. *Tynelius, Sven.* Kan det äldre villabeståndet förnyas? 4 s. Kr. 1:50.
9. *Eneborg, Ingemar och Nilsson, Stig.* Problem kring soporna. 7 s. Kr. 2:—.
- 1961:** 2. *Nyquist, Ingemar resp. Jansson, Ingvar.* Den III internationella betongvarukongressen, Stockholm, 16—22 juni 1960. RILEM:s lättbetongsymposium, Göteborg, 20—23 juni 1960. (Två sammanfattningar.) 8 s. Kr. 2:—.
3. *Dirke, Lars.* Varmvattenförbrukning i lägenheter med och utan varmvattenmätare. 12 s. Kr. 3:—.
4. *Brandt, Ove.* Luft- och stegljudsisolering i monteringsbyggda bostadshus. 8 s. Kr. 12:—.
5. *Pleijel, Gunnar.* Fönsterglasens transmission av strålning från sol och himmel. 8 s. Kr. 2:—.
6. *Blomberg, Clas.* Matematisk-statistisk behandling av en stadsplaneprognoz. 4 s. Kr. 1:—.
7. *Rasmussen, Poul.* 1. Försök med nersotning av en värmepanna. 2. Hur ofta lönar det sig att sota en värmepanna? — Nomogram för bestämning av optimala sotningsintervaller. 5 + 7 s. Kr. 3:—.
8. *Löfstedt, Börje.* Vertikal temperaturgradient och väggtemperatur — modellförsök i klimat-kammare. 8 s. Kr. 2:—.
9. *Holm, Lennart.* Ett svenskt institut för byggnadsforskning. 8 s. Kr. 1:—.
11. *Brandt, Ove och Bring, Christer.* Stegljudsisolering och beständighet mot intryck hos golvbeläggningar på massivbjälklag av betong. 15 s. Kr. 2:—.
12. *Löfstedt, Börje och Ronge, Hans.* Strålningsdrag från en kall fönsteryta. Experimentell undersökning med värmeflödesmätning. 7 s. Kr. 2:—.
13. *Trägårdh, Uno.* Korrosion på varmvattenrör inbäddade i betong. 4 s. Kr. 2:—.
- 1962:** 1. *Holm, Lennart.* Konsumtionsanpassade bostäder. 11 s. Kr. 2:—.
2. *Löfstedt, Börje.* Varma rumsklimats inverkan på människans komfort och prestationsförmåga. 11 s. Kr. 2:—.
3. *Norén, Bengt.* Utvecklingstendenser för träkonstruktioner. 8 s. Kr. 2:—.
4. *Bring, Christer.* Avtorkningsanordningar i entréer. 8 s. Kr. 2:—.
5. *Brown, Gösta.* Nya metoder vid beräkning av byggnaders värme- och kylbehov. 15 s. Kr. 3:—.
6. *Bildmark, Knut.* Byggnadselementens uppskattade ekonomiska varaktighet och tidsintervaller för underhåll. 67 s. Kr. 7:—.
7. *Saare, Erik och Jansson, Ingvar.* Measurement of Thermal Conductivity of Moist Porous Building Materials with Particular Emphasis on the Thermal Conductivity of Cellular Concrete. 17 s. Kr. 3:—.
8. *Jacobsson, Mejse.* Utvecklingsgruppen — ett medel för bättre byggnadsplanering. 7 s. Kr. 2:—.
9. Aktuella värmeisoleringsproblem. Några undersökningar vid Institutionen för byggnadsteknik, KTH. 76 s. Kr. 10:—.
10. *Hanson, Rune.* Takterrasser och plana industritak — tre artiklar. 16 s. Kr. 3:50.
11. *Backsell, Gunnar.* Formtryck vid gjutning av vertikala betongkonstruktioner. 8 s. Kr. 2:50.
12. *Brown, Gösta.* Grundläggande strålningsegenskaper hos fasta och flytande kroppar. 11 s. Kr. 3:—.
13. *Saretok, Vitold.* Mur- och putsbruk i teori och praktik. 11 s. Kr. 3:—.
14. *Rasmussen, Poul.* Termiskt drag hos oljeeldade villapannor. 12 s. Kr. 3:—.

Pris kr. 3:—

Distribueras av

AB Svensk Byggtjänst

Stockholm C · Pg. 540 33