

BOLIGOPVARMNINGSUDVALGETS MEDDELELSE NR. 11

TEMPERATURMAALINGER  
I FORSKELLIGE BOLIGTYPER

AF

LORENTS PEDERSEN

*Deponeret i:*  
LABORATORIET FOR TEKNISK HYGIENE  
DANMARKS TEKNISKE HØJSKOLE  
*af Professor P. Thomsen*

KØBENHAVN

---

1948

BOLIGOPVARMNINGSUDVALGETS MEDDELELSE NR. 11

---

TEMPERATURMAALINGER  
I FORSKELLIGE BOLIGTYPER

AF  
LORENDS PEDERSEN

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 11 FROM THE COMMITTEE FOR  
THE STUDY OF DOMESTIC HEATING, COPENHAGEN

---

MEASUREMENTS  
OF TEMPERATURES IN DIFFERENT  
TYPES OF DWELLINGS

BY  
LORENTS PEDERSEN

COPENHAGEN

---

1948



Boligopvarmningsudvalget har i sin Tid overdraget Teknologisk Instituts Varmetekniske Laboratorium det i denne Beretning omhandlede Forsøgsarbejde, som er gennemført af Civilingeniør *Lorents Pedersen* og Ingeniør *H. B. Jespersen*.

Herved indstiller jeg, at denne Beretning bliver offentliggjort som et Led i Boligopvarmningsudvalgets Publikationer.

The Committee for the Study of Domestic Heating entrusted the Thermotechnical Laboratory of the Technological Institute with the performance of the experimental work dealt with in this report. The work was carried out by *Lorents Pedersen* and *H. B. Jespersen*, Civil Engineers.

I hereby recommend that the report is included among the publications of the Committee.

*Otto Juel Jørgensen.*

Boligopvarmningsudvalget har ønsket at offentliggøre denne Beretning. Forfatteren er ansvarlig for Beretningens Resultater og Konklusioner.

The Committee for the Study of Domestic Heating has found it desirable to publish this report, the results and conclusions of which are given on the author's responsibility.

*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 24.

### Temperaturmaalinger i forskellige Boligtyper.

Formaalet med de udførte *Temperaturmaalinger i forskellige Boligtyper* har været at faa en Orientering om Opvarmningsforholdene i disse, navnlig med Henblik paa at konstatere Boligtypens Indvirkning paa Temperaturfordelingen.

Der er foretaget Maalinger i Praksis i tre Vintre. Den første Vinter foretoges udelukkende Temperaturmaalinger, men man blev herunder klar over, at det vilde være ønskeligt desuden at faa Oplysninger om Størrelsen af den tilførte Varmemængde og om Luftfornyelsen i de paagældende Stuer. Ingeniør H. B. Jespersen, der har udført disse Maalinger, konstruerede derfor en speciel Opvarmningsovn, som er let transportabel, og hvorved man paa simpel Maade kan bestemme den tilførte Varmemængde og desuden ved Hjælp af Forbrændingsprodukterne indirekte kan bestemme Værelsets Luftskifte.

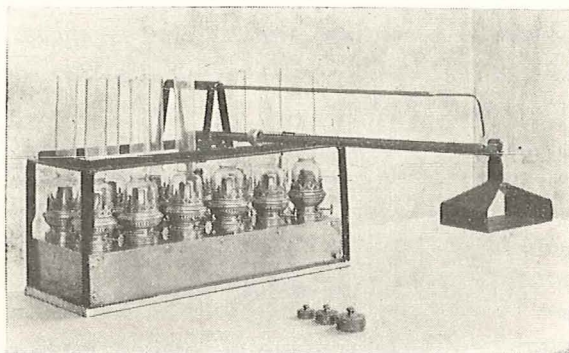


Fig. 1. Petroleumsovn.

Ovnen, der er vist i Fig. 1, er en Petroleumsovn, som bestaar af et Antal Brændere monteret paa en Beholder, der er ophængt som Vægtskaal paa en Decimalvægt, saaledes at man let kan veje den forbrændte Petroleumsmængde. Under Forudsætning af fuldstændig Forbrænding kan Ovnen's Nyttedevirkning sættes til 100 %, saaledes at man med en for Formaalet tilstrækkelig Nøj-

agtighed kan sætte den afgivne Varmemængde lig med Vægttabet i kg gange den nedre Brændværdi for Petroleum (10.000 kcal/kg).

Naar der tilføres et Lokale en konstant Mængde Kulsyre ( $\text{CO}_2$ ) pr. Time, f. Eks. ved Hjælp af en konstant brændende Petroleumsovn, hvis Forbrændingsprodukter gaar direkte ud i Lokalet og blandes med dettes Luft, vil Lokalets Kulsyreprocent stige, indtil der er Ligevægt, d. v. s., indtil den Mængde Kulsyre, der tilføres Lokalet ved Forbrændingen, og den Mængde Kulsyre, der forsvinder sammen med Luften gennem Utætheder i Lokalet, er lige store.

Er Luftfornyelsen  $x \text{ m}^3$  pr. Time, Lokalets Kulsyreprocent  $\text{CO}_2$  og Kulsyreprocenten i de omgivende Lokaler og i det fri  $\text{CO}_2$ , faar man:

$$x \cdot \frac{\text{CO}_2 - \text{CO}_2}{100} = \frac{P \cdot 0,85 \cdot 24,04}{12} \approx 1,70 \cdot P$$

hvor  $P$  = den brændte Petroleumsmængde (indeholdende ca. 85 % C) i kg pr. Time,

12 = Kulstofs Molekulevægt,

24,04 = Volumenet i  $\text{m}^3$  af 1 Kilogrammolekule ved  $20^\circ \text{C}$  og 760 mm Hg.

Saafrømt der opholder sig Mennesker i Stuen, maa man naturligvis tage Hensyn til, at disse afgiver Kulsyre. Et Menneske afgiver ca. 35 g  $\text{CO}_2$  pr. Time. A Personer afgiver altsaa:

$$\frac{0,035 \cdot 24,04}{44} \cdot A \text{ m}^3/\text{h}.$$

Luftfornyelsen  $x$  kan herefter bestemmes af:

$$x = \frac{170 (P + 0,011 \cdot A)}{\text{CO}_2 - \text{CO}_2} \text{ m}^3/\text{h}.$$

Under almindelige Forhold kan man regne med at  $\text{CO}_2 = 0,03\%$ .

Luftens Kulsyreindhold  $\text{CO}_2$  er under Forsøgene blevet bestemt efter følgende af Dr. phil. Marius Nielsen angivne Metode, som er en Modifikation af en af Professor A. Krogh og Professor P. Brandt Rehberg<sup>1)</sup> udarbejdet Metode: I et skraat stillet Absorptionsrør anbringes ved Hjælp af en Rekordsprøjte (Sprøjten fyldes hver Gang helt) en afmaalt Mængde Baryt, hvortil der

<sup>1)</sup> A. Krogh und P. Brandt Rehberg: Biochem. Zeitschr. 205, 265, 1929.



som Indikator sættes Brilliantcresylblaat. Den øverste Ende af Absorptionsrøret forbindes med den øverste Ende af en Maaleburette (100 cm<sup>3</sup>) fyldt med Vand. Ved at lade Vandet strømme ud af Buretten suges nu den Luft, som skal undersøges, gennem Absorptionsrøret med Barytopløsningen, hvorved en uafbrudt Række af Luftblærer passerer op gennem Røret til den nedre Rand af en kugleformet Udvidelse, der findes foroven paa Røret. Herved absorberes Luftens CO<sub>2</sub>-Indhold fuldstændigt, og paa Buretten aflæses hvor stort et Luftrumfang, der kræves til at frembringe Farveomslag fra rødtligt til blaat i Barytopløsningen. Den anvendte Baryt titreres een Gang for alle med en Saltsyreopløsning af kendt Styrke indtil samme Farveomslag. Ved Hjælp heraf kan man beregne det Rumfang CO<sub>2</sub>, der kræves til at frembringe Farveomslaget. Da denne CO<sub>2</sub>-Mængde indeholdes i det under Analysen maalte Luftrumfang, kan Luftens CO<sub>2</sub> % beregnes. Den anvendte Baryt bør med visse Mellemrum kontrolleres ved fornyet Titring med HCl.

Temperaturmaalingerne er foretaget ved Hjælp af Termoelementer af Kobber-Konstantan og et 1000 Ohms Millivoltmeter samt et Registreringsapparat til Registrering af tre Temperaturer. Lufttemperaturen er maalt midt i Rummet i 3 forskellige Højder, henholdsvis 20 cm over Gulvet, Værelsets Midte og 20 cm under Loft. Endvidere er maalt Temperaturen af Gulv og Loft samt af Værelsets fire Vægge. Paa hvert Maalested var anbragt 10 Termoelementer i Serie. De kolde Loddesteder var anbragt i en Termoflaske med Is og Vand. Lufttemperaturen ved Gulv og Loft maalttes dog ikke med Termoelementer, men med almindelige, straalingsbeskyttede Kvægsølvtermometre med 1/2° Inddelinger.

I Fig. 2 er vist en Del af Forsøgsopstillingen. Man ser f. Eks. to Sæt Termoelementer til Maaling af Vægtemperaturer. Hvert Sæt bestaar som nævnt af 10 Elementer, og disse er samlede paa en tynd Plade, som trykkes ind mod Væggen af en Pind, som er fastgjort i et Stativ, der tjener som Bærer af den til Termoelementsættet hørende Is-Termoflaske. Midt i Lokalet er, som det ses af Figuren, anbragt et Stativ, der tjener som Bærer af Termometre og Termoelement til Maaling af Lufttemperaturer, og desuden fastholdes Termoelementerne til Maaling af Gulv- og Lofttemperaturer af Stativet (Gulvelementet ses under Stativets ene Fot). Paa Stativet er ogsaa anbragt det foran omtalte Apparat, der benyttes til Bestemmelse af Luftens Kulsyreindhold. Man ser

(under Termoflasken) det skraatstillede Glasrør, som indeholder Absorptionsvædsken, og igennem hvis opadbøjede Spids Luf-  
ten indsuges. Glasrøret til Maaling af det ind sugede Luftrumfang  
er anbragt i selve Stativet. Dette Maaleglas er forneden forsynet  
med en Gummislange, som er ført til en paa Stativet ophængt  
Glasflaske. Maalerørets øverste Ende er med en anden Gummi-

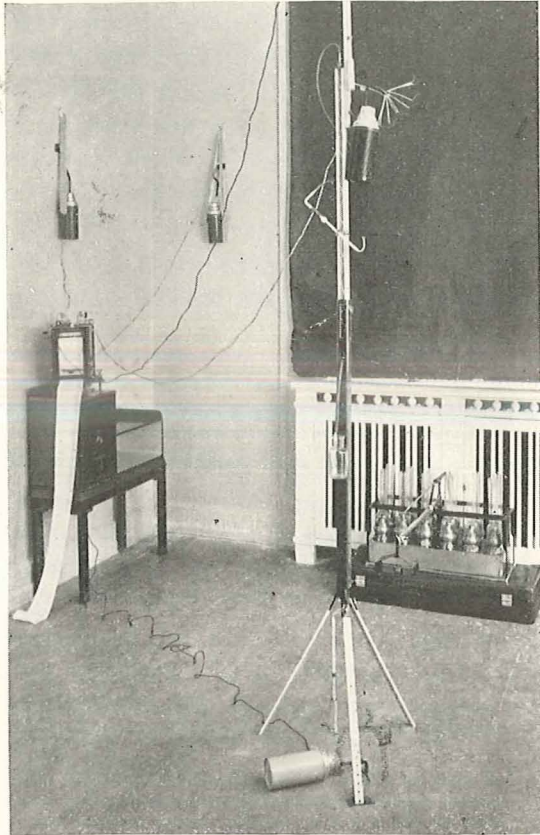


Fig. 2. Forsøgsopstilling til Maaling af  
Temperaturer og Luftens Kulsyreindhold.

slange forbundet til det skraatstillede Indsugningsrør. I venstre  
Side af Fig. 2 ses det registrerende Millivoltmeter, og i Figurens  
højre Side ses Petroleumsovnen anbragt under et Vindue med  
nedrullet Mørklægningsgardin.

De i Opholdsstuen i 10 forskellige Boliger maalte Tempera-  
turer er afsat i Figurerne 3—12. Opvarmningen under Maalin-  
gerne er saa vidt muligt udført paa ensartet Maade.



Fyringen har været diskontinuerlig, og Opfyringseffekten har været fastsat paa Grundlag af en foretagen Beregning af Varmetabet fra det paagældende Rum ved stationær Opvarmning til  $20^{\circ}$ , idet man har tilsigtet en Opfyringseffekt paa 1,5 Gange det saaledes beregnede Transmissionstab. Naar Rummets Temperaturer var steget saa højt, at man skønnede, at Opvarmningstilstanden var passende, er Effekten blevet nedreguleret for saa vidt muligt at holde konstant Behagelighedstilstand. Ved Betragtning af de i Fig. 4 illustrerede Forhold ser man dog, at det ikke i dette Tilfælde er lykkedes at indregulere paa en passende Opvarmningstilstand, idet Temperaturerne her er væsentligt højere end normalt. Af de øvrige Figurer fremgaar det, at Temperaturniveauet i disse Tilfælde har været nogenlunde ensartet.

De maalte Lufttemperaturer er angivet ved de tre kraftigt optrukne Kurver, og der er iøvrigt paa Figurerne anbragt Henførlingslinier imellem de forskellige Temperaturkurver og de respektive Maalesteder.

Foruden Temperaturkurverne indeholder Fig. 3—12 Skitser af de paagældende Stuer med Angivelse af Maalestederne. Til yderligere Illustration er vedføjet Fotografier af de Ejendomme, hvori Maalingerne er foretaget. Endvidere er paa Figurerne angivet den tilførte Varmemængde i kcal/h samt Oplysninger om udvendig Temperatur og Vindforhold. Den benyttede Petroleumsovn's Anbringelsessted under Opvarmningen er markeret ved et Rektangel mrkt. Ovn.

Ved de enkelte Fig. er desuden angivet den totale Varmetilførsel i kcal pr.  $m^3$  pr. Time, og Figurerne's Rækkefølge er ordnet efter stigende Varmetilførsel i kcal/ $m^3$ h. Man ser, at jo større denne Varmetilførsel har været, desto større er ogsaa Forskellen imellem Lufttemperaturen ved Loft og ved Gulv.

Selv om Temperaturniveauet i et Værelse er af en saadan Højde, at den samlede Varmeafgivelse fra et Menneske, der opholder sig i dette Værelse, i og for sig har en passende Størrelse, kan der vel næppe være Tvivl om, at Temperaturfordelingen i Rummet spiller en afgørende Rolle for, om Rummets Opvarmningstilstand føles behagelig. Naar man betragter Fig. 3—12, er det iøjnefaldende, at Temperaturspredningen stiger stærkt fra de første til de sidste Figurer. Forskellen imellem Lufttemperaturen ved Loft og ved Gulv er saaledes  $7-8^{\circ}$  ved de første Figurer og stiger helt op til  $15^{\circ}$  ved sidste Fig. Selv om denne Temperaturforskul naturligvis ikke er noget direkte Maal for, om Op-

varmningstilstanden kan være tilfredsstillende, vil det maaske alligevel være muligt at fastsætte visse Retningslinier for, hvor stor en Forskel man kan tolerere imellem Lufttemperaturen ved Loft og ved Gulv. Da de udførte Forsøg tyder paa, at der er en ret nøje Sammenhæng imellem Forskellen af Lufttemperatur ved Loft og ved Gulv og Varmetabet i kcal/m<sup>3</sup>h, kan man eventuelt, i Stedet for at fastsætte en øvre Grænse for en tilladelig Forskel imellem de nævnte Temperaturer, fastsætte en Grænse for det tilladelige maksimale Varmetab i kcal/m<sup>3</sup>h. Man vilde i saa Tilfælde ved Hjælp af en Transmissionsberegning straks kunne afgøre, om det af sundhedsmæssige Grunde var ønskeligt at foretage en Isolation. Det forholdsvis beskedne Antal Forsøgssteder giver imidlertid ikke tilstrækkeligt Grundlag for en endelig Vurdering af disse Forhold.

Luftskiftet har ved de udførte Forsøg varieret imellem 0,5 og 1,9 Gange i Timen og har i Middelt af alle Forsøgene været 1,0 Gang pr. Time.

De i Fig. 3—12 gengivne Temperaturmaaling er, som foran bemærket, udførte under Opvarmning med Petroleumsovnen; men udover disse Temperaturmaaling er der ogsaa foretaget Maaling af Temperaturerne i de undersøgte Boliger, naar disse har været opvarmet af de eksisterende Varmeapparater. Disse Maaling viste, at Temperaturfordelingen i Værelserne kun i ringe Grad var paavirket af, om Opvarmningen foregik med Petroleumsovnen eller med de eksisterende Varmeapparater, hvorfor de i Fig. 3—12 viste Temperaturkurver ogsaa giver et fyldestgørende Billede af Temperaturforholdene i de undersøgte Boliger, naar disse opvarmes af de eksisterende Varmeapparater.





Etageejendom. Centralvarme.  
 Udetemperatur: ca.  $5^{\circ}$  C.  
 Vind: Nordvest, 8 m/sek.  
 Naturlig Ventilation:  $38 \text{ m}^3/\text{h}$ .  
 Værelsets Rumfang:  $35,5 \text{ m}^3$ .  
 Tilført Varme:  $22 \text{ kcal}/\text{m}^3/\text{h}$ .

Block of flats. Central heating.  
 External temperature: abt.  $5^{\circ}$  C.  
 Wind: North west, 8 m/sec.  
 Natural ventilation:  $38 \text{ cub. m}/\text{h}$ .  
 Volume of room:  $33,5 \text{ cub. m}$ .  
 Supply of heat:  $22 \text{ kg cal}/\text{cub. m. h}$ .

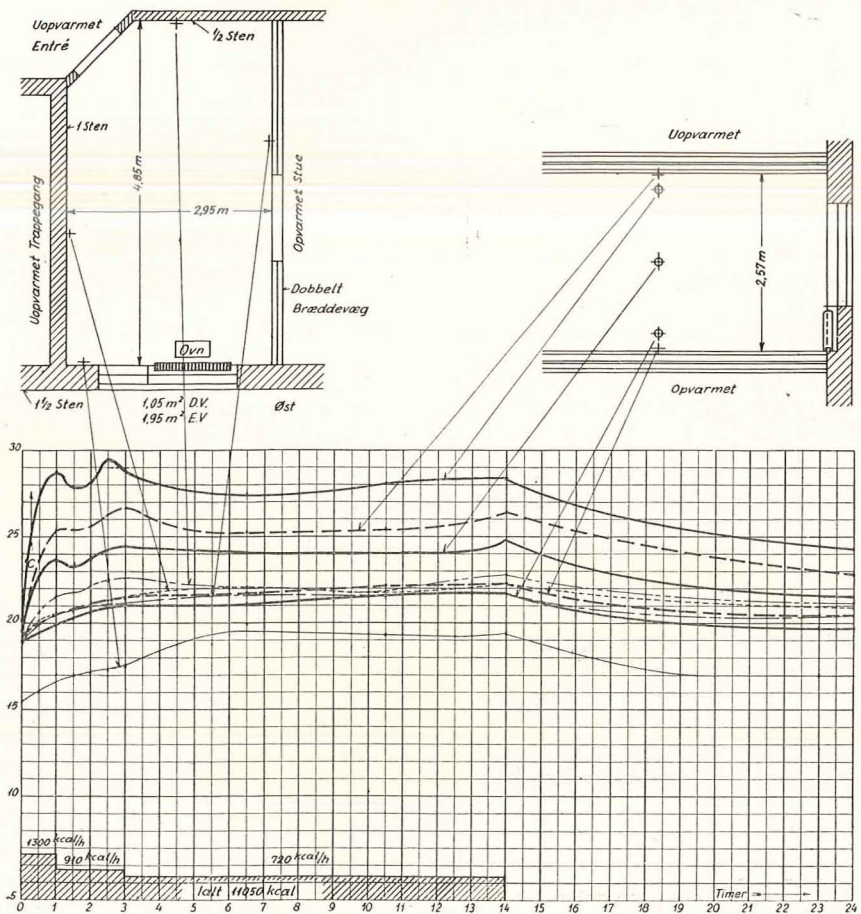


Fig. 4.



Varmeisoleret Bungalow.  
 Udetemperatur: ca.  $0^{\circ}$  C.  
 Vind: Vest, 3 m/Sek.  
 Naturlig Ventilation:  $28 \text{ m}^3/\text{h}$ .  
 Værelsets Rumfang:  $54 \text{ m}^3$ .  
 Tilført Varme:  $23 \text{ kcal}/\text{m}^3/\text{h}$ .



Heatinsulated bungalow.  
 External temperature: abt.  $0^{\circ}$  C.  
 Wind: West, 3 m/sec.  
 Natural ventilation:  $28 \text{ cub. m}/\text{h}$ .  
 Volume of room:  $54 \text{ cub. m}$ .  
 Supply of heat:  $23 \text{ kg cal}/\text{cub. m. h}$ .

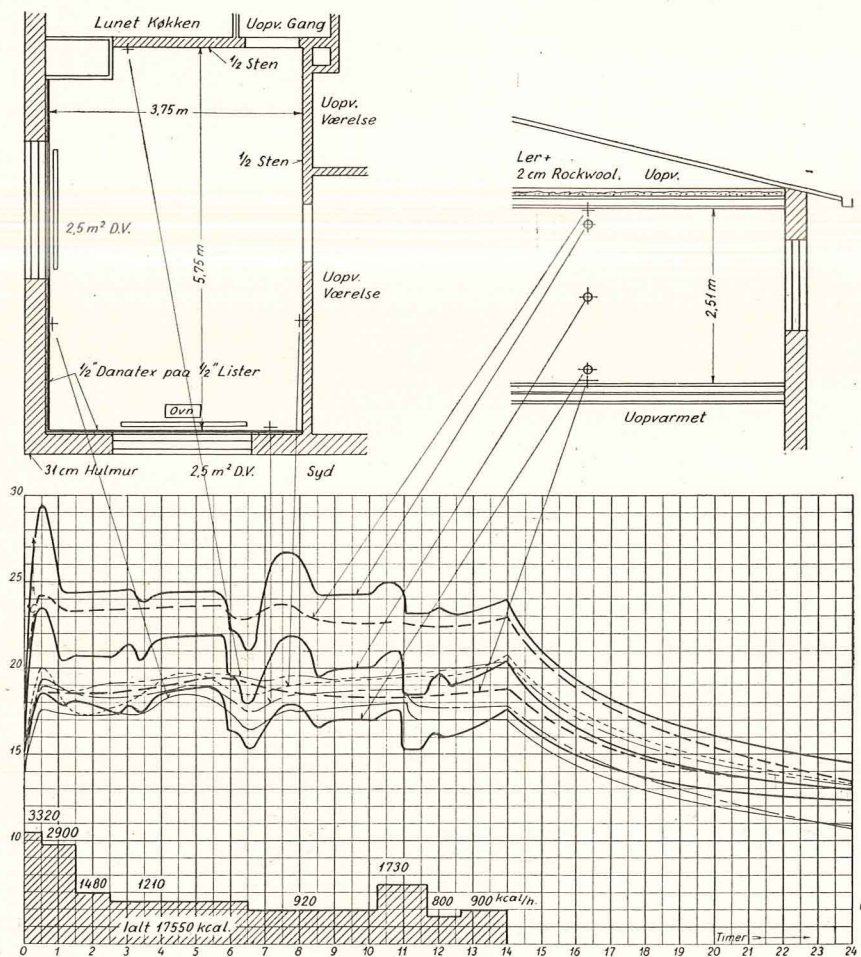


Fig. 5.



Stationsby-Villa uden Kælder.  
 Udetemperatur: ca.  $0^{\circ}$  C.  
 Vind: Syd,  $3\frac{1}{2}$  m/Sek.  
 Naturlig Ventilation:  $33$  m<sup>3</sup>/h.  
 Værelsets Rumfang:  $50,5$  m<sup>3</sup>.  
 Tilført Varme:  $28$  kcal/m<sup>3</sup>h.



Detached suburban house without  
 basement.

External temperature: abt.  $0^{\circ}$  C.  
 Wind: South,  $3\frac{1}{2}$  m/sec.  
 Natural ventilation:  $33$  cub. m/h.  
 Volume of room:  $50,5$  cub. m.  
 Supply of heat:  $28$  kcal/cub.m.h.

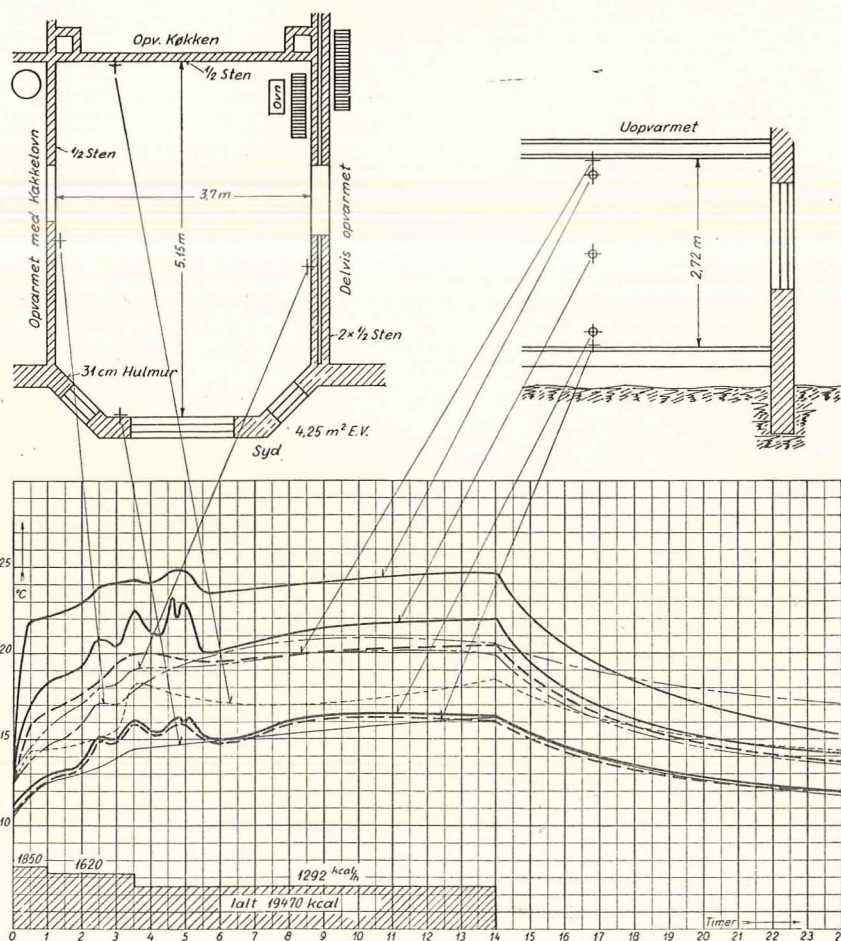
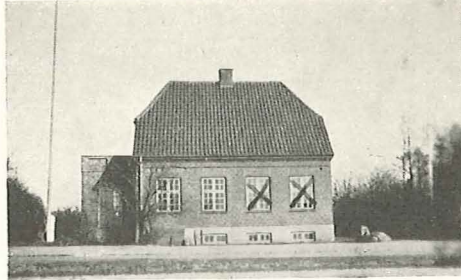


Fig. 6.

Stationsby-Villa med Kælder.  
 Udetemperatur: ca.  $-1^{\circ}\text{C}$ .  
 Vind: Vest, 1 m/Sek.  
 Naturlig Ventilation: 60 m<sup>3</sup>/h.  
 Værelsets Rumfang: 59,5 m<sup>3</sup>.  
 Tilført Varme: 33 kcal/m<sup>3</sup>h.



Detached suburban house with basement.

External temperature; abt.  $-1^{\circ}\text{C}$ .  
 Wind: West, 1 m/sec.  
 Natural ventilation: 60 cub. m/h.  
 Volume of room: 59,5 cub. m.  
 Supply of heat: 33 kg cal/cub. m. h.

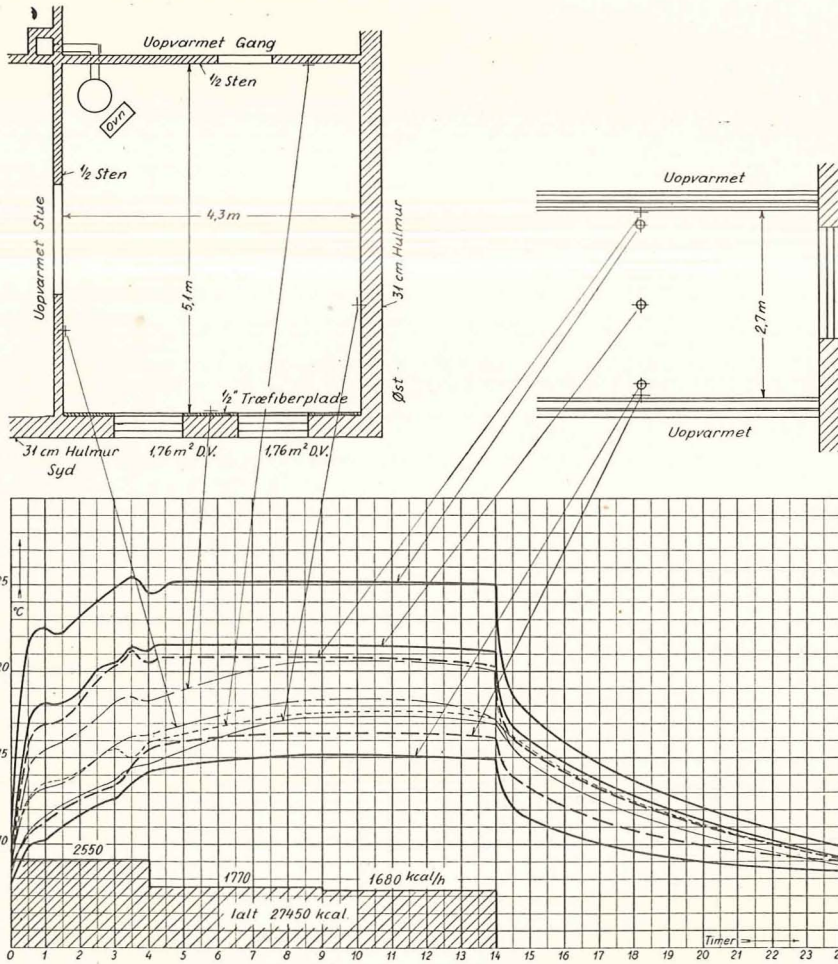


Fig. 7.



Stationsby-Villa uden Kælder.  
 Udetemperatur: ca. 3° C.  
 Vind: Vest, 7 m/sek.  
 Naturlig Ventilation: 56 m<sup>3</sup>/h.  
 Værelsets Rumfang: 43 m<sup>3</sup>.  
 Tilført Varme: 37 kcal/m<sup>3</sup>h.



Detached suburban house without basement.

External temperature: abt. 3° C.  
 Wind: West, 7 m/sec.  
 Natural ventilation: 56 cub. m/h  
 Volume of room: 43 cub. m.  
 Supply of heat: 37 kg cal/cub. m, h.

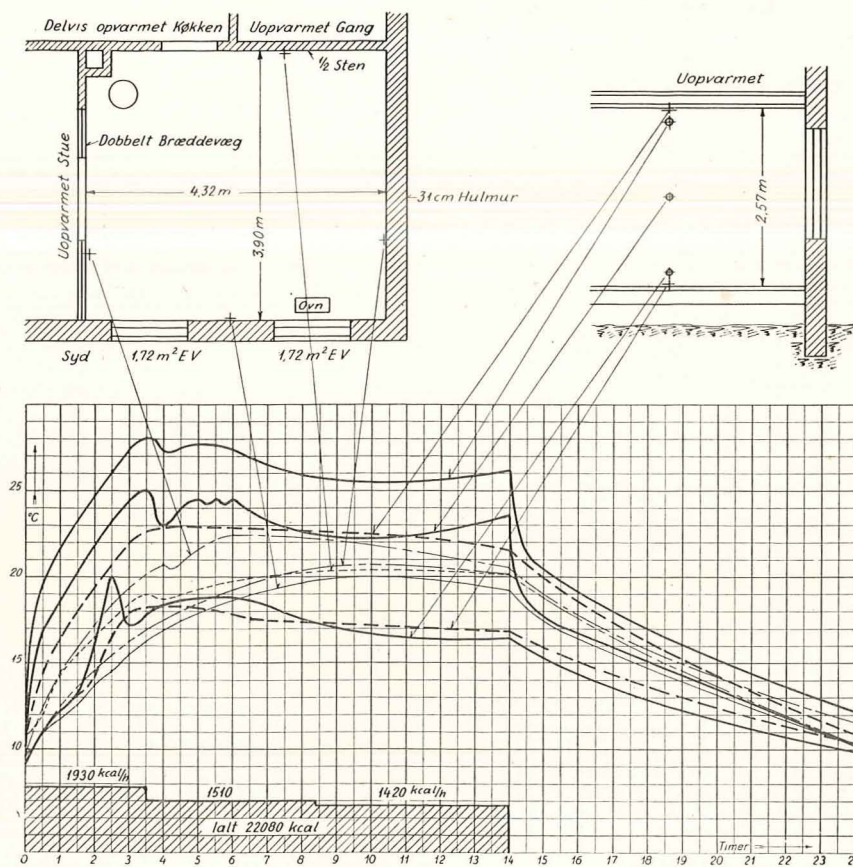


Fig. 8.

Landarbejderhus.

Udetemperatur: ca. 4° C.

Vind: Vest, 5½ m/sek.

Naturlig Ventilation: 50 m³/h.

Værelsets Rumfang: 38 m³.

Tilført Varme: 40 kcal/m³h.



Semidetached house for agricultural labourer.

External temperature: abt. 4° C.

Wind: West, 5½ m/sec.

Natural ventilation: 50 cub. m/h.

Volume of room: 38 cub. m.

Supply of heat: 40 kg cal/cub. m. h.

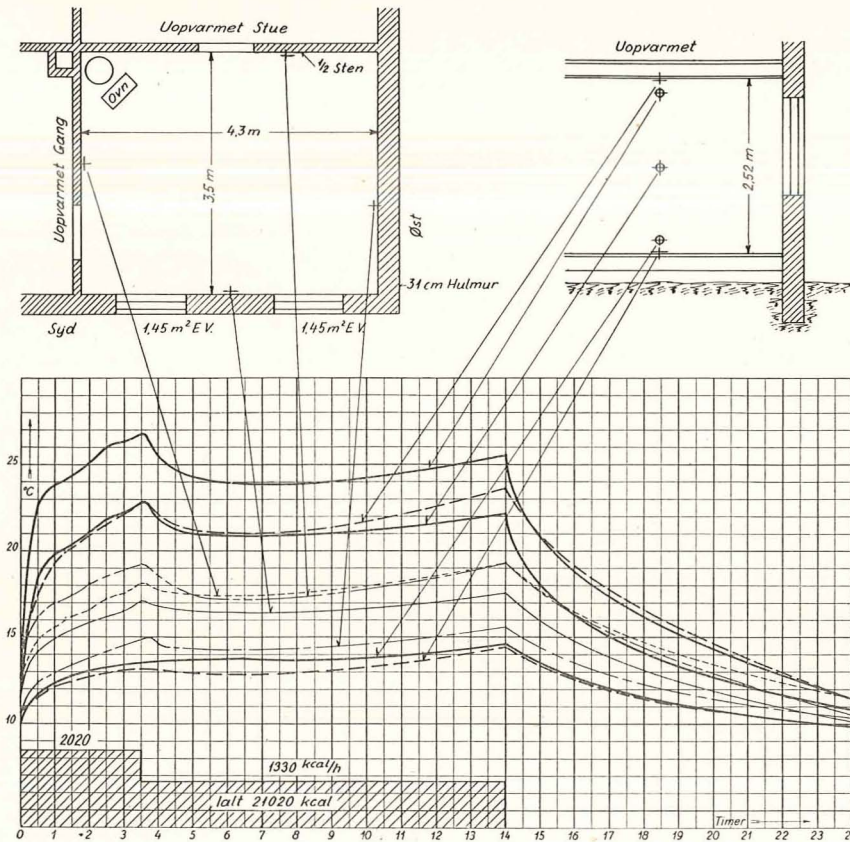


Fig. 9.



Bondegaards Stuehus.  
 Udetemperatur: ca.  $-2^{\circ}$  C.  
 Vind: Syd, 3 m/Sek.  
 Naturlig Ventilation: 40 m<sup>3</sup>/h.  
 Værelsets Rumfang: 38 m<sup>3</sup>.  
 Tilført Varme: 42 kcal/m<sup>3</sup>h.



Dwelling house of farm.  
 External temperature: abt.  $-2^{\circ}$  C.  
 Wind: South, 3 m/sec.  
 Natural ventilation: 40 cub. m/h.  
 Volume of room: 38 cub. m.  
 Supply of heat: 42 kg cal/cub. m. h.

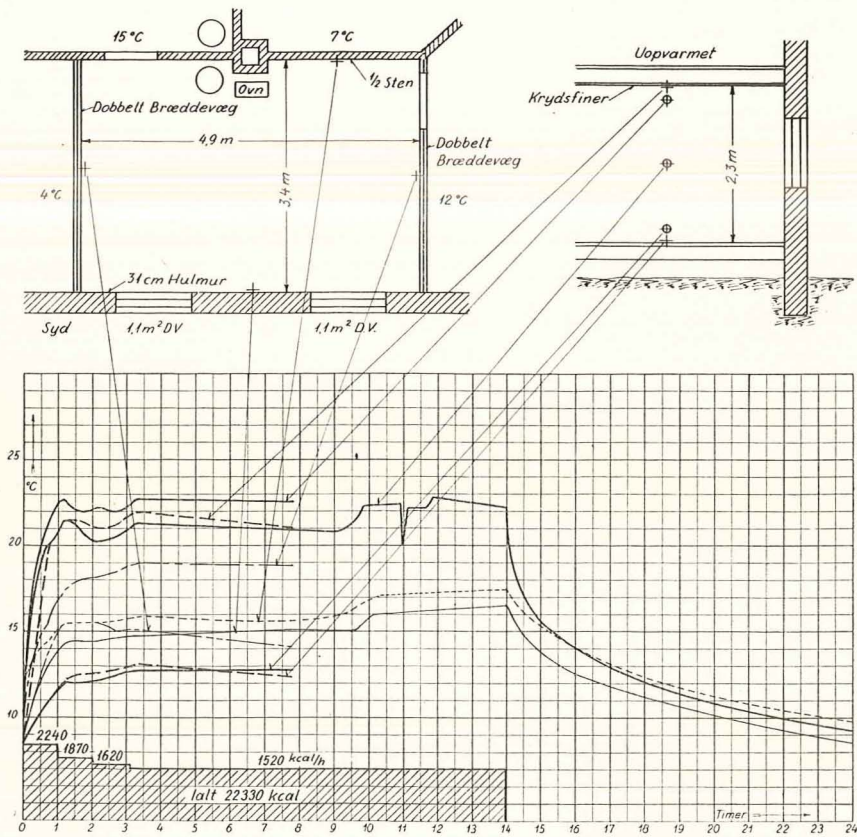


Fig. 10.



Statshusmandshus.

Udetemperatur: ca.  $-7^{\circ}\text{C}$ .

Vind: Øst,  $1\frac{1}{2}$  m/Sek.

Naturlig Ventilation:  $30\text{ m}^3/\text{h}$ .

Værelsets Rumfang:  $36\text{ m}^3$ .

Tilført Varme:  $61\text{ kcal}/\text{m}^3\text{h}$ .

State small holder's dwelling  
house.

External temperature: abt  $-7^{\circ}\text{C}$ .

Wind: East  $1\frac{1}{2}$  m/sec.

Natural ventilation:  $30\text{ cub. m}/\text{h}$ .

Volume of room:  $36\text{ cub. m}$ .

Supply of heat:  $61\text{ kg cal}/\text{cub. m. h}$ .

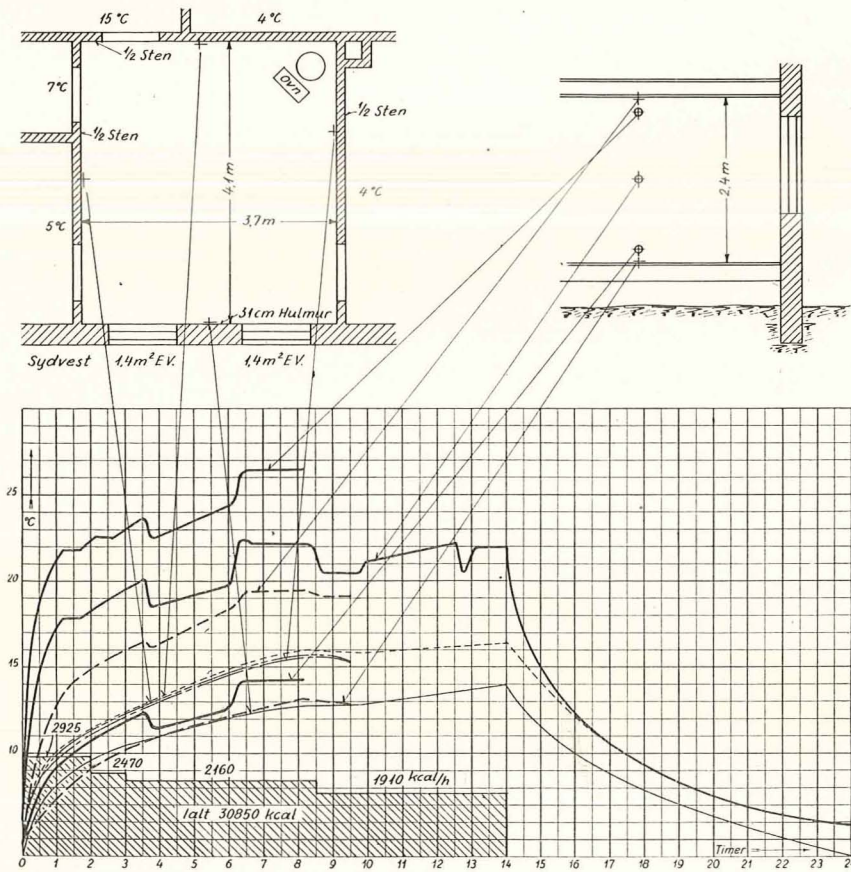


Fig. 11.

Bondegaards Stuehus.

Udetemperatur: ca.  $-4^{\circ}\text{C}$ .

Vind: Sydøst,  $2\frac{1}{2}$  m/Sek.

Naturlig Ventilation:  $55\text{ m}^3/\text{h}$ .

Værelsets Rumfang:  $29\text{ m}^3$ .

Tilført Varme:  $70\text{ kcal}/\text{m}^3\text{h}$ .

Dwelling house of farm.

External temperature: abt.  $-4^{\circ}\text{C}$ .

Wind: South east,  $2\frac{1}{2}$  m/sec.

Natural ventilation:  $55\text{ cub. m}/\text{h}$ .

Volume of room:  $29\text{ cub. m}$ .

Supply of heat:  $70\text{ kg cal}/\text{cub. m, h}$ .

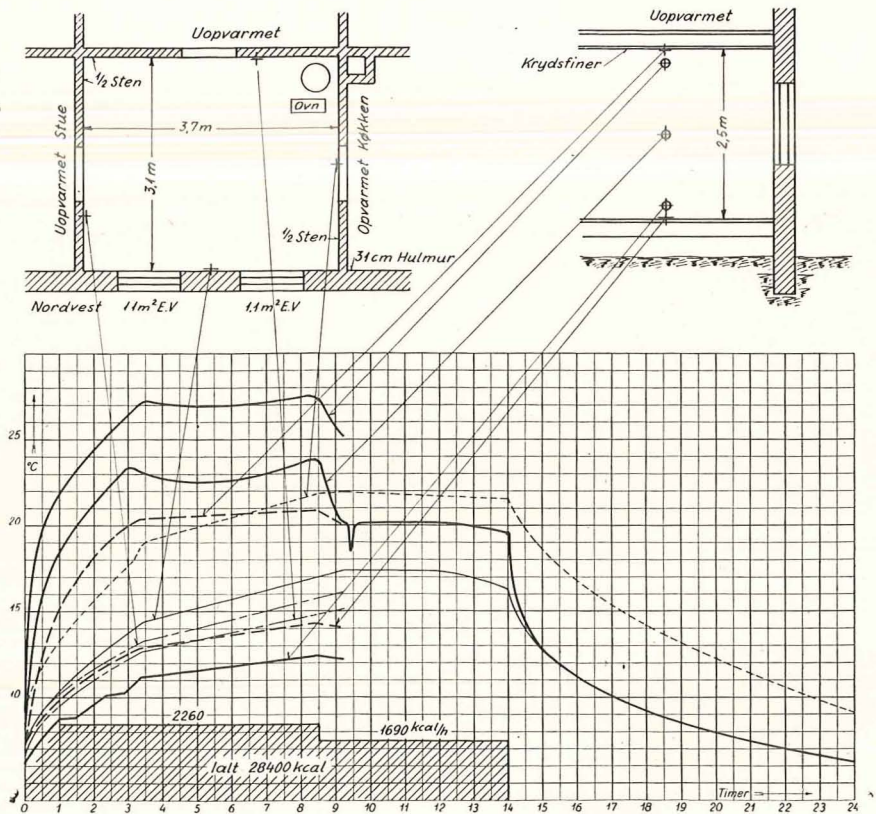


Fig. 12.

De her beskrevne Forsøg kan inden for det begrænsede Omraade, som disse har strakt sig over, give Oplysninger om, hvilke Muligheder forskellige Boligtyper (den kvalitetsmæssige Udførelse) giver med Hensyn til at opnaa tilfredsstillende Opvarmningsforhold. Selv om man mangler et veldefineret Maal for Behagelighedstilstanden i opvarmningsmæssig Henseende, vil det dog formentlig være berettiget at slutte ud fra de udførte Forsøg, at fire (Fig. 9—12) af de ti undersøgte Boligtyper ikke byder tilstrækkelig Mulighed for en i sundhedsmæssig Henseende tilfredsstillende Opvarmning i vort Klima.

For at kunne give et Billede af de almindelige opvarmningsmæssige Kaar, hvorunder Folk lever, vil det være nødvendigt foruden at have Kendskab til Boligkvalitetens Indvirkning paa Opvarmningstilstanden ogsaa at have Kendskab til, hvorledes Folk udnytter de givne Muligheder for Opvarmning. Thi selv om Boligen giver tilstrækkelig Mulighed for at skabe tilfredsstillende Opvarmningsforhold, kan man jo meget vel tænke sig, at de med Opvarmningen forbundne Udgifter i mange Tilfælde vil afholde Folk fra at fyre tilstrækkeligt. Om disse Spørgsmaal kan de foran beskrevne Undersøgelser ikke give nogen Oplysninger.



### Summary.

The aim of the present investigation has been to provide a picture of the extent to which the temperature conditions of various types of Danish dwelling houses are influenced by the construction of the building with a view to the heat insulating capacity of the structural elements — the experiments being carried out as far as possible under uniform heating conditions.

The heating used in connection with the investigation was intermittent with a heating period of 14 hours and a cooling-off period of 10 hours per day and was effected by means of the paraffin stove shown in fig. 1. Hereby it was also made possible to determine the ventilation obtained in the examined room.

The ventilation was calculated on the basis of the content of carbon dioxide in the air and of the known amount of carbon dioxide produced by the paraffin stove. The ventilation,  $x$  cubic metres per hour, may be found from

$$x = \frac{170 (P + 0.011 A)}{CO_2 - co_2}$$

where  $P$  is the amount of paraffin in kg. consumed per hour,  $A$  is the number of persons in the room,  $CO_2$  is the percentage of carbon dioxide in the air of the room and  $co_2$  the percentage of carbon dioxide in the external atmosphere (usually  $co_2 = 0.03\%$ ). At the present experiments the ventilation (the exchange of air) has varied between 0.5 and 1.9 times per hour and as an average of all the experiments it has been 1.0 time/h.

The temperature measurements have been carried out by means of thermocouples of copper-constantan, a 1000 Ohm millivoltmeter and a recording apparatus for recording the temperature. The air temperature was measured at three different levels, 20 cm above the floor, half way between floor and ceiling, and 20 cm below the ceiling. The surface temperatures of floor, ceiling and the four walls were also measured. At all points where

measurements were taken 10 thermocouples were arranged in series. The cold junctions were placed in vacuum flasks with ice and water. The air temperatures at ceiling and floor were not measured by means of thermocouples, but by means of ordinary thermometers graduated in  $1/2$  degrees and protected against radiation. Fig. 2 shows part of the experimental apparatus.

The temperatures measured during the experiments are shown by means of graphs in figs. 3—12, where the temperature in  $^{\circ}\text{C}$  is taken as the ordinate and time in hours as the abscissa. The figures moreover contain plans of the rooms examined and reference lines have been traced from the various points at which the temperature has been measured to the corresponding temperature curves. The three curves drawn in solid lines denote the air temperature measured along a vertical line about the middle of the room.

The temperature measurements illustrated in figs. 3—12 are, as mentioned above, carried out in rooms heated with a paraffin stove, but it has been established by means of experiments that this temperature distribution does not differ essentially from the one obtained by means of the various existing heating installations.

The location of the paraffin stove during the experiments is indicated on the figures by means of a rectangle marked: Ovn (stove).

The experiments described may, within their limited field, yield information as to the possibilities afforded by various types of dwellings (the quality of the construction) with regard to obtaining satisfactory heating conditions. Even if there is no well-defined manner of indicating the state in which a room must be for the occupant to find it comfortable as regards temperature, we shall presumably be justified, on the basis of the described experiments, to conclude that four (figs. 9—12) out of the ten examined dwelling types do not, with the Danish climate, afford possibilities of obtaining a heating condition which is satisfactory with a view to the health of the occupants.

In order to be able to supply a picture of the heating conditions generally prevailing in this country it would be necessary besides having a knowledge of the influence of the quality of the dwelling on the heating conditions also to know how people utilize the available heating installations. With regard to this question the above described investigation can yield no information.



*Bemærkninger af Professor F.C. Becker til nærværende  
Meddelelse Nr. 11.*

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

Det vil utvivlsomt være en frugtbar Opgave at kortlægge de termiske Felter i et Antal Boliger af karakteristiske Typer paa Landet og i Byerne under Boligernes daglige Brug i Opvarmningsperioden. Naar man vil foretage Maalinger af denne Art, er der een — og kun een — Vej at gaa, nemlig at anvende Maalemetoder, der ikke gør Indgreb i Boligernes termiske Felter, der netop er Undersøgelsens Genstand.

Det er Løsningen af en lignende Opgave, der har været Formaalet med de i heromhandlede Meddelelse beskrevne Undersøgelser; men i disse Undersøgelser — i det Omfang disse foreligger nøjere beskrevet — sattes Boligernes eksisterende Varmeapparater, der væsenlig medvirker til at udforme nævnte Felter, ud af Drift, og man lod i Stedet herfor Boligernes Opvarmning foregaa ved en Række Petroleumslamper, hvorved man frembragte nye og afvigende termiske Felter, der giver et forvrænget Billede af de oprindelige, og paa Grundlag af hvilke man ingen nøje Oplysninger kan faa om sædvanlige Opvarmningsbetingelser i de undersøgte Boliger.

Meddelelsens Maaleresultater betragtes ikke ud fra noget fælles Synspunkt, udover en triviell (Side 9, Lin. 3—6 f. n.) og en fejlagtig (Side 10, Lin. 4—9 f. o.) Betragtning, samt en svagt underbygget Dom over 4 Boligtyper (Side 21, Lin. 5—10 f. o.).

Sluttelig er maalt, at den naturlige Ventilation pr. Time i Tidsrummet for Undersøgelserne har ligget mellem 0,5 og 1,9 Gange Værelsernes Rumfang; men dette velkendte Ventilationsniveau diskuteres ikke nærmere.

*F. C. Becker.*

*Svar paa Professor F. C. Beckers Bemærkninger.*

Som Svar paa Professor F. C. Beckers foranstaaende Bemærkninger ønsker Boligopvarmningsudvalgets Forsøgsudvalg og Forfatteren at fremsætte følgende:

Professor Beckers indledende Bemærkninger vedrører ikke direkte denne Beretning, men man kan jo meget vel sige, at denne beskæftiger sig med en „lignende“ Opgave. Ved Løsningen af denne Opgave har den benyttede Petroleumsovn vist sig meget nyttig, og den har ikke som af Professor Becker fejlagtigt paa-staaet „frembragt nye og afvigende termiske Felter, der giver et forvrænget Billede af de oprindelige“. Det er paa Side 10 omtalt, at der er udført Kontrollforsøg i de undersøgte Boliger med Opvarmning med de eksisterende Varmeapparater, og det fremgik heraf, at Petroleumsovnen gav et tilfredsstillende Billede af Temperaturforholdene.

Professor Becker anfører endvidere, at der paa Side 10, Linie 4—9 f. o., er anlagt en fejlagtig Betragtning.

Der siges her: „Da de udførte Forsøg tyder paa, at der er en ret nøje Sammenhæng imellem Forskellen af Lufttemperatur ved Loft og ved Gulv og Varmetabet i kcal/m<sup>3</sup>h, kan man eventuelt, i Stedet for at fastsætte en øvre Grænse for en tilladelig Forskel imellem de nævnte Temperaturer, fastsætte en Grænse for det tilladelige maksimale Varmetab i kcal/m<sup>3</sup>h“. De udførte Forsøg spænder over et Varmemængdeomraade fra ca. 20 kcal/m<sup>3</sup>h til 70 kcal/m<sup>3</sup>h (tilført Værelserne) og en hertil svarende Forskel mellem Lufttemperaturen ved Loft og ved Gulv fra ca. 7° til ca. 13°. Afsættes de sammenhørende maalte Temperaturforskelle og tilførte kcal/m<sup>3</sup>h i et retvinklet Koordinatsystem, ser man, at de saaledes fremkomne Punkter ligger ret tæt omkring en ret Linie. Selv om man paa Forhaand ved, at Forskellen mellem Lufttemperaturen ved Loft og ved Gulv foruden af Byggemaaden (og dermed af Transmissionstabet) ogsaa paavirkes af andre Ting, f. Eks. om Radiatoren staar ved Indervæg eller under Vinduet, samt af Varmefladens Størrelse og Temperatur, kan man dog ikke paa Forhaand udelukke, at en Betragtningssmaade, som den her omhandlede, kan give nyttige Oplysninger. Det kan jo undertiden være mere nyttigt at opstille praktisk anvendelige (men ikke helt eksakte) Regler end at stirre sig blind paa en matematisk Formel, der ganske vist i sig selv er nøjagtig, men som til Gen-

gæld, naar det drejer sig om Boligopvarmning, som Regel kun vil kunne finde Anvendelse indenfor et meget begrænset Omraade, idet der i Praksis forekommer saa mange Variable, som ikke kan inddrages i Formlerne. Hvorvidt den her diskuterede Betragtningssmaade virkelig vil vise sig at være nyttig, kan først afgøres ved Tilvejebringelse af yderligere Forsøgsmateriale, idet, som anført S. 10, det forholdsvis beskedne Antal Forsøgssteder ikke giver tilstrækkeligt Grundlag for en endelig Vurdering af disse Forhold.

*August Krogh*  
*E. S. Johansen*  
*J. L. Mansa*

*Carl Bruun*  
*Otto Juel Jørgensen*  
*Carl U. Simonsen*

*Lorents Pedersen*