

ET VARMETEKNISK FORSØGSHUS

AF

DOCENT, CIVILINGENIØR VAGN KORSGAARD

LABORATORIET FOR OPVARMNING OG VENTILATION, D. T. H.

SÆRTRYK ☆ „INGENIØREN“ NR. 3 ☆ 1. FEBRUAR 1958

P. HANSENS BOGTRYKKERI — KØBENHAVN

Et varmeteknisk forsøgshus

Af docent, civilingeniør Vagn Korsgaard

697.1.001.4

Laboratoriet for opvarmning og ventilation, D. t. H.

De høje brændselspriser har medført, at såvel mange nye huse som ældre huse nu i stort omfang får forbedret deres varmeisolering betydeligt. Den forøgelse af varmeisoleringen, som man ud fra økonomiske betragtninger kommer til som den optimale ved anvendelse af de relativt billige højisolerede materialer, er så stor, at der måske kunne være grund til at nære ængstelse for, at opvarmningstilstanden i et sådant optimalt isoleret hus ikke skulle kunne holdes under kontrol, ligesom anvendelsen af tætningslister ved vinduer og døre skulle kunne medføre en ubehagelig indelukket fornemmelse.

Imidlertid vil det udfra såvel privatøkonomiske som valutamæssige betragtninger i høj grad være ønskeligt, om et optimalt isoleret hus kunne opvarmes på tilfredsstillende måde med traditionelle varmeanlæg og fyringsanlæg naturligvis afpasset efter det mindre varmebehov og automatiseret i fornødent omfang.

For at få hele dette spørgsmål rationelt belyst mente jeg, at den mest hensigtsmæssige fremgangsmåde i første omgang måtte være at bygge et optimalt isoleret forsøgshus af såvidt mulig samme størrelse og indretning som et typisk enfamiliehus i et plan. Af forsøgstekniske og økonomiske grunde vil det være mest hensigtsmæssigt, om forsøgshuset kunne placeres på taget af Danmarks tekniske Højskole, idet Højskolen endnu ikke råder over en forsøgsmark med tilhørende laboratoriebygninger til den slags formål, hvilket i høj grad må anses for ønskeligt og forhåbentlig med tiden bliver tilfældet.

De nødvendige kontante midler til husets opførelse er stillet til rådighed af firmaerne *A/S Dansk*

Glasuld og *A/S Rockwool*, der også har leveret de nødvendige isoleringsmaterialer. Herudover har *A/S Dansk Eternitfabrik* vederlagsfrit leveret bølgeeternitplader til tagbeklædningen og plane eternitplader til den udvendige beklædning samt brandfri pudsplader til indvendig beklædning.

Højskolen og dennes arkitekt gav velvilligst tilladelse til husets opførelse ligesom magistratens tilladelse blev opnået. Civilingeniør *N. Didriksen* har forestået husets opførelse.

Huset er opført på taget af Danmarks tekniske Højskoles sydvest fløj, frit beliggende ca. 25 m over terrain og således kraftigt udsat for vejr og vind (se fig. 1). Huset blev bygget i løbet af efteråret 1956.

Konstruktion.

Huset er bygget som en træskeletbygning med udvendig og indvendig pladebeklædning (se fig. 2). Af hensyn til den udsatte beliggenhed er huset forankret til et jernbetonfundament støbt direkte på taget og dimensioneret, så det kan optage vindpåvirkninger og overføre husets vægt til jernbetondragerne i Højskolens tag (se fig. 3). Gulvet består af 100 mm tykke armerede gasbetonplanker over et 80 cm højt kryberum.

Taget er udført med træspærfag med 15° hældning og vandret fod. Tagbeklædningen er B-5 bølgeeternitplader.

Ydervægskonstruktionen fremgår af fig. 4. Alle udvendige beklædningsplader er lagt i Secomastic for

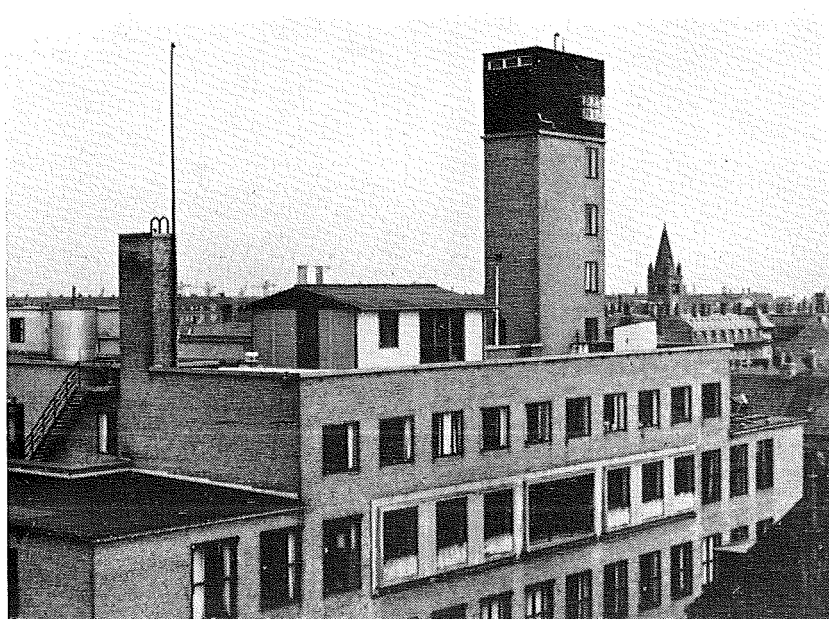


Fig. 1. Forsøgshuset på taget af Danmarks tekniske Højskole.

at opnå stor vindtæthed. Da den indvendige beklædningsplade er mindre diffusionstæt end eternitpladen kan der når rumluftens dugpunkt er højere end temperaturen udvendig, forventes kondensation i isoleringen og på eterniten. Disse forhold vil blive nærmere undersøgt.

Vinduerne er udført som SBI normalvinduer af træ type D 23 med værpost, tophængt udadgående ramme og forsatsglas fastholdt direkte i karm samt en tophængt udadgående ventilationsklap. Vinduerne's udvendige mål er $1,14 \times 1,45$ m. Vinduespartiet i stuen har glas helt til gulv, men er iøvrigt i princippet udført som vinduerne. Havedøren er koblet.

Den nederste del af hoveddøren og glaspartiet har mat glas udvendig. Den øverste del har letmetallpersiener imellem glassene.

Skillevæggene er udført som læg-

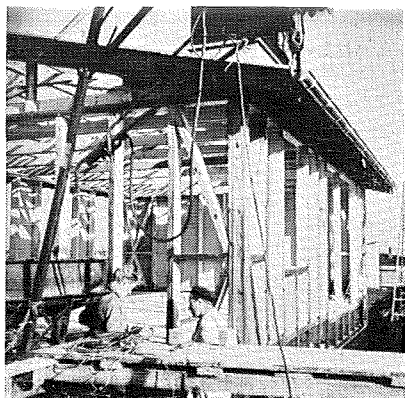


Fig. 2. Forsøgshusets træskelet.

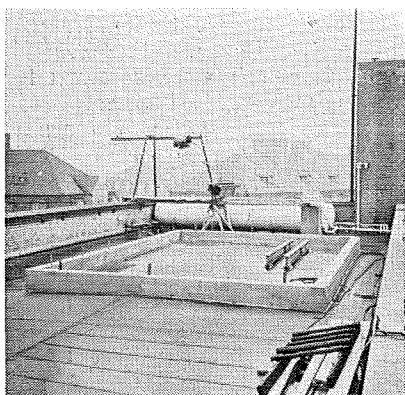


Fig. 3. Forsøgshusets fundament.

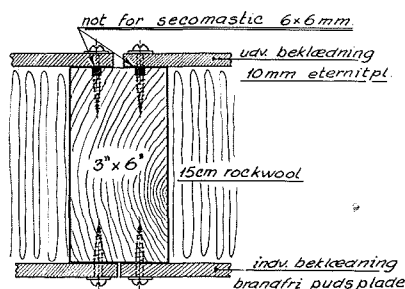


Fig. 4. Detail af ydervægskonstruktionen.

teskelet med brandfri eternitpudsplader på begge sider og 5 cm glasuldmåtter i mellemrummet.

Planudformning.

På grund af den begrænsede plads som var til rådighed på taget, var det ikke muligt at bygge et hus på 80 m^2 netto boligareal, som normalt anses for minimum for et eenfamiliehus.

For dog i varmeteknisk henseende at komme et sådant hus så nær som mulig er forsøgshuset opført med en opholdsstue i fuld størrelse ($5,40 \times 4,15 = 22,2 \text{ m}^2$), tre små kamre og et arbejdsrum på $12,2 \text{ m}^2$, der skal gøre det ud for entré, køkken, bad m. v. Ialt har huset et nettoareal på 40 m^2 . Loftshøjden er overalt $2,30 \text{ m}$, (fig. 5).

Varmetabsberegning.

Ydervæggene i opholdsstuen er isoleret med 15 cm Rockwool batts imellem træstolperne, hvilket giver $k = 0,23$.

Loftet over opholdsstuen er isoleret med $3 \times 5 \text{ cm}$ Glasuldmåtter i crepepapir, hvilket giver $k = 0,21$.

Ydervæggene er i resten af huset isoleret med 5 cm batts og lofterne med 5 cm måtter.

Ved denne forskel i isoleringen er opnået, at transmissionstabt fra hele huset bliver det samme som transmissionstabt ville være blevet, såfremt huset var opført i fuld størrelse og isoleret med 15 cm mineraluld overalt.

Da vinduesstørrelser og antal er som for huset i fuld størrelse, bliver fugetabet det samme.

Efter Dansk Ingeniørforenings regler for beregning af varmetab fra bygninger er varmetabet udregnet til

$k = 1,0$ for ydervægge og $k = 0,7$ for loftet, bliver det samlede varmetab ca. 10.000 kcal og fugetabet udgør da kun ca. 30 % heraf.

Med en gennemsnits lofthøjde på $2,30 \text{ m}$ og et gulvareal på 80 m^2 svarer fugetabet til et luftskifte på 350 m^3 eller ca. 2 gange i timen.

Et luftskifte af denne størrelse vil kun optræde i stærk blæst og vil normalt heller ikke være nødvendig i hygiejnisk henseende for at luften i huset skal kunne betegnes som frisk. I offentlige lokaler anses et friskluftskifte på $20\text{--}50 \text{ m}^3/\text{h}$ person for tilstrækkelig. (Om man i praksis virkelig har så stort et luftskifte er tvivlsomt). 350 m^3 frisk luft i timen skulle derfor være tilstrækkelig til $5\text{--}17$ personer. Så mange personer vil kun lejlighedsvis opholde sig i et familiehus samtidig. Vort kendskab til luftkvalitetens indflydelse på menneskers sundhed og velbefindende er endnu mangelfuldt, så foreløbig må luftskiftets størrelse som hidtil fastsættes ud fra mere »lugtæstetiske« fornemmelser. Disse vil altid kunne opfyldes selv ved helt tætte vinduer i forbindelse med trækrudder eller ventilationsklapper eller ved varmluftopvarmning i forbindelse med friskluftindtagning til erstatning for den luft som forsvinder op gennem aftræk i køkken og toilet.

I alle tilfælde må det være rationelt at gøre huset så tæt som muligt for at undgå ukontrolabel ventilation, og i stedet for regulere ventilationen efter ønske ved hjælp af særlige ventilationsanordninger.

Transmissionstabt på 3030 kcal/h ved $+15^\circ \text{ C}$ udvendig svarer til en fri varmeafgivelse fra $\frac{3030}{79} = 38$ voksne personer.

Varmetab

	transmissionstab			varmetab
	loft og vægge	vinduer	fugetab	
Opholdsstue	405	570	930	1905
Soveværelse	170	150	250	570
Kammer 1	105	150	250	505
Kammer 2	105	150	250	505
Øvrige rum	925	300	1590	2815
	1710	1320	3270	ialt $6300 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$

Da huset er bygget ovenpå taget af en opvarmet bygning, er der ikke regnet med noget varmetab gennem gulvet. For et 80 m^2 eetplanshus uden kælder vil varmetabet gennem gulvet beløbe sig til ca. 400 kcal/h .

Det ses, at for et sådant rationelt isoleret hus med en normal type dobbelte vinduer udgør fugetabet ca. halvdelen af det samlede varmetab. For det samme hus med de samme vinduer, men iøvrigt isoleret efter statslånskravene, d. v. s.

Til at dække transmissionstabt fra opholdsstuen ved en udvendig temperatur på $+3^\circ \text{ C}$ kræves 6 voksne personer.

Disse tal er medtaget for at vise, at varmetabet selv fra et helt tæt højisolert hus er ret betydeligt sammenlignet med en persons varmeafgivelse.

Opvarmningssystemer.

Huset er forsynet med tre forskellige typer varmeanlæg.

1. el-varmeanlæg
2. vandvarmeanlæg
3. luftvarmeanlæg.

En nærmere beskrivelse af varmeanlæggene vil findes under afsnittet om de i vinteren 1956—57 udførte indledende målinger.

Måleapparatur.

Til kontinuerlig registrering af opvarmningstilstanden i huset benyttes to Foxboro elektroniske 6-farve skrivere med modstandsfølere, se fig. 6 (velvilligst udlånt af Statens Byggeforskningsinstitut). Der er monteret en føler i hvert af værelserne, hvor de registrerer rumtemperaturerne i 1,5 m højde. I opholdsstuen er der dog monteret tre følere på en flytbar stander, en ved gulv, en ved loft og en i 1,5 m højde tillige med en føler til måling af stueluftens dugpunkt (fig. 7).

Til måling af overfladetemperaturer er der klæbet termoelementer på vægge, loft og gulv samt indvendig og udvendig på alle vinduer.

Inde i NØ gavlens isolering er monteret en temperaturføler og en dugpunktføler.

Til registrering af det udvendige klima er der på husets nordside monteret en temperaturføler og en dugpunktføler. Endvidere findes en kombineret vindfløj og pitotrør til registrering af vindretning og måling af lufthastighed.

Indledende målinger.

A. El-varmeanlæg.

For at kunne måle husets varmetab er der i de enkelte rum installeret el-varmeovne, der styres af hver sin Danfoss stuetermostat, som indstilles på den ønskede temperatur (20° C) (se fig. 8).

Da også den el-energi, som tilføres de elektroniske skrivere og lys m. v., omsættes til varme, er det det totale el-forbrug til huset, som ligger til grund for de målte varmetab.

Ved måling over nogle uger er varmeforbruget i gennemsnit udregnet til 3000 kcal/°C døgn, hvilket svarer til et normeret varmetab på $\frac{3000 \cdot 35}{24} = 4370$ kcal/h. Dette varmetab ligger betydeligt under det

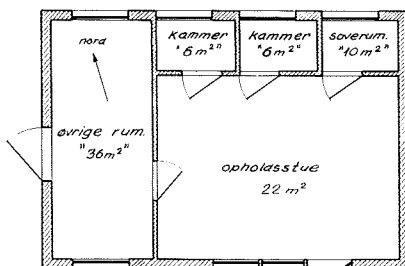


Fig. 5. Plan af forsøgshuset.

normerede varmetab på 6300 kcal/h. En nærmere analyse af hvorledes det målte varmeforbrug fordeler sig på transmissionstab og fugetab er ikke foretaget, idet apparater til luftskiftmålinger først er blevet anskaffet i sommer. Det er imidlertid hensigten nu i vinter at foretage en sådan mere indgående analyse af varmetabet. Der er dog grund til at antage, at den store forskel mellem beregnet og målt varmetab først og fremmest skyldes, at huset (vinduerne) er tættere end beregningsreglerne forudsætter.

Med en el-pris på 0,173 kr.*) pr. kwh vil det i en normalvinter med 3000° C døgn koste $0,173 \cdot \frac{3000}{860} \cdot 3000 = 1.810$ kr. at varme huset op med el-energi.

B. Vandvarmeanlæg.

Huset er som nævnt også udstyret med et almindeligt centralvarmeanlæg med radiatorer. Det er udført som et eetstrengt system med vandrette strenge og pumpe, som det fremgår af diagrammet fig. 9. Kedlen er en 1,25 m² KTK kedel med indbygget varmtvandsbeholder, og er påmonteret et Scanoterm pottefyrtur til gasolie.

Radiatorerne er 3-søjlede Golf pladejernradiatorer og forsynede med Danfoss termostatiske radiatorventiler.

På grundlag af olieforbruget er varmetabet udregnet til 3540 kcal/°C døgn. Antages at husets varmeforbrug er 3000 kcal/°C · døgn, som målt ved el-opvarmning, skulle dette svare til en nyttevirkning af kedel plus oliefyrtur på ca. 85 % forudsat at luftskiftet har været det samme i begge perioder. Det bemærkes, at der ikke er foretaget noget særligt for at opnå en høj nyttevirkning.

Med en gasoliepris på 275 kr. pr. 1000 liter vil det i en normal fyringssæson med 3000° C døgn koste $3540 \cdot 3000 \cdot \frac{0,275}{8400} = 350$ kr. at varme huset op.

Det har undertiden været hævdet, at det ikke ved højisolering skulle være muligt i praksis at opnå det teoretiske brændselsforbrug, fordi de kommercielle oliefyrtur ikke kan gå tilstrækkelig ned i ydelse.

På fig. 10 er indtegnet belastningskurven for en normal fyringssæson. Af kurven fremgår, at kun i 3 % af fyringssæsonen er den nødvendige belastning mindre end 1/5 af den maksimale. For forsøgshuset svarer 1/5 nominel maksimal belastning udregnet på basis af det målte varmeforbrug til en forbrændt

*) Her er forudsat en pris på 0,14 kr. pr. kwh, en årlig afgift på kr. 50,- pr. installeret kw og et årligt forbrug på 1500 kwh pr. installeret kw.

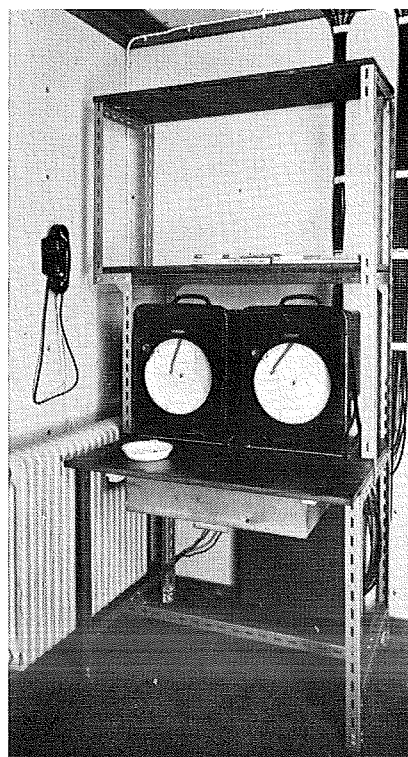


Fig. 6. Elektroniske 6-farve skrivere.

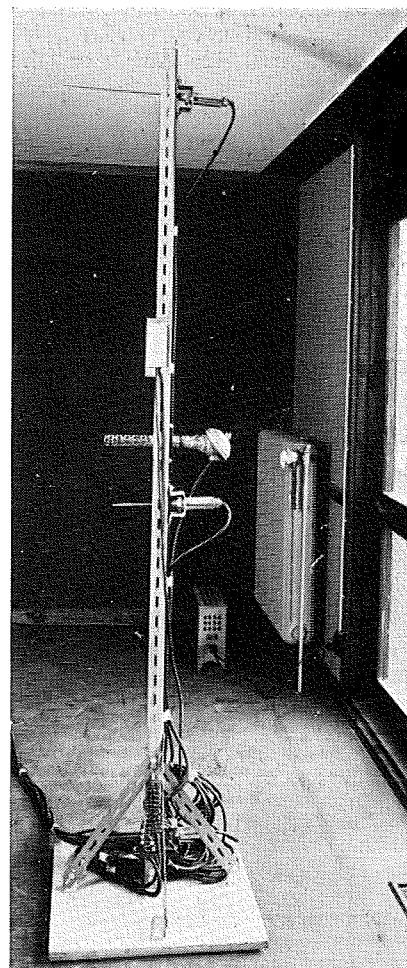


Fig. 7. Stander med temperaturfølere.

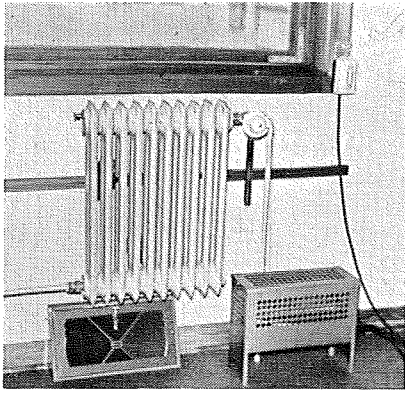


Fig. 8. Radiator, el-varmeovn og indblæsningsventil for varmluft.

oliemængde på $\frac{3540 \cdot 35}{24 \cdot 8,4 \cdot 10^3 \cdot 5} = 0,12$ l/h.

Nyere typer lavtryksfyr kan forbrænde ned til 1,0 l/h ved kontinuerlig drift. En køretid på ca. 7 minutter pr. time svarer da til en forbrændt oliemængde på 0,12 l/h.

Standard olieregulatorer til forgasningsfyr eller pottefyr kan gå ned til 2 cm³ pr. minut eller 0,12 l/h.

Det skulle således være muligt med i handelen værende oliefyr at opnå en tilfredsstillende fyringsøkonomi også i mindre, højisolerede huse. Endelig skulle det, når der opstår behov herfor, være teknisk muligt at fremstille endnu mindre oliefyr.

Nogen forbedring af fyringsøkonomien ved pottefyr kan opnås ved i overgangsperioderne forår og efterår at holde fyret slukket om natten.

C. Luftvarmeanlæg.

I huset er der muligheder for at prøve forskellige typer luftvarmeanlæg.

Den type, der blev prøvet sidste vinter, må nærmest betegnes som et kombineret varmluft- og gulfvarmeanlæg, idet den opvarmede luft blæses ned i kryberummet under gulvet, hvorfra den strømmer op i husets enkelte rum gennem riste anbragt under vinduerne, se fig. 7 og 8. Herved opnås et lunt gulf og en meget lille vertikal temperaturgradient, mindre end 1° C temperaturforskel fra gulf til loft. Til sammenligning er temperaturforskellen fra gulf til loft ved radiatoropvarmning målt til 3° C ved +2° C udvendig.

Luften fra de enkelte rum tages retur gennem 2 cm høje spalter under dørene, idet disse ikke er forsynet med dortrin. Denne metode bruges en del i praksis uden væsentlige ulemper. Fra opholdsstuen er der dog anbragt en returluftfrist i skilleveggen ind til varmekammeret (fig. 11).

Varmluftaggregatet (fig. 11) er opbygget omkring den samme 1,25 m² KTK kedel med indbygget varmtvandsbeholder, som benyttes ved radiatorvarmeanlægget. Luften opvarmes ved at suges ned omkring den uisolerede kedel og varmtvandsbeholder af en propelventilator monteret i et hul i gulvet under aggregatet. Inden luften suges ned omkring kedlen, passerer den et støvfilter. For at kunne holde en passende høj temperatur på det varme brugsvand uafhængigt af husets varmebehov, kan en større eller mindre del af returluften by-passes udenom kedlen.

Den effektive kedeloverflade er ca. 1,7 m² og aggregatets største ydeevne ca. 2500 kcal/h ved en kedeltemperatur på ca. 90° C, en luftmængde på 500 m³/h og en indblæsningstemperatur på ca. 40° C og returtemperatur på ca. 20° C.

Denne ydeevne svarer til husets målte varmetab ved 0° C udvendig. Propelventilatoren har en høj-

tryksvinge med diameter 315 mm og kan ved 900 o/min yde 19 m³/min ved p_t = 4,4 mm VS.

Det gennemsnitlige varmeforbrug er i tiden fra 16/1—4/2 1957 målt til 4,1 Mcal/°C-døgn, hvilket er 15 % højere end ved radiatoropvarmning. Dette skyldes uden tvivl det forøgede varmetab fra kryberummet. Om man heraf kan slutte, at denne type varmluftanlæg også i praksis vil have en del større varmeforbrug end radiatorvarmeanlæg er ikke sikkert, idet der særlig er to forhold, der gør sig gældende. For det første har kryberummets begrænsningsflader ikke været helt vindtætte, hvilket har bevirket et uønsket friskluftskifte med heraf følgende varmetab. Dette varmetab vil måske nogenlunde svare til det varmetab, der i praksis vil gå ned i jorden, idet man jo dér ikke har et opvarmet hus nedenunder. For det andet skulle den varmere gulf-zone bevirke, at man kan holde en lidt lavere lufttemperatur med deraf følgende mindre varmetab og alligevel føle samme varmegrad som ved radiatoropvarmning. Amerikanske erfaringer tyder på, at dette er tilfældet, således at varmeforbruget for de to typer anlæg skulle blive det samme.

Forskellige andre målinger.

1. Varmeforbruget i afhængighed af udvendige temperaturer.

I praksis regnes normalt med, at varmeforbruget i løbet af en varmesæson er proportional med graddøgntallet. Dette er naturligvis ikke helt korrekt, idet varmetabet fra et hus er sammensat af transmissionstabet og fugetabet. For transmissionstabet gælder, at det for et godt isoleret hus med stor nøjagtighed vil være proportional med graddøgntallet, når der ses bort fra solindfald. Fugetabet kan man derimod ikke forvente vil være det i samme grad, idet fugetabet ikke er konstant men vindafhængig. Dog er der grund til at forven-

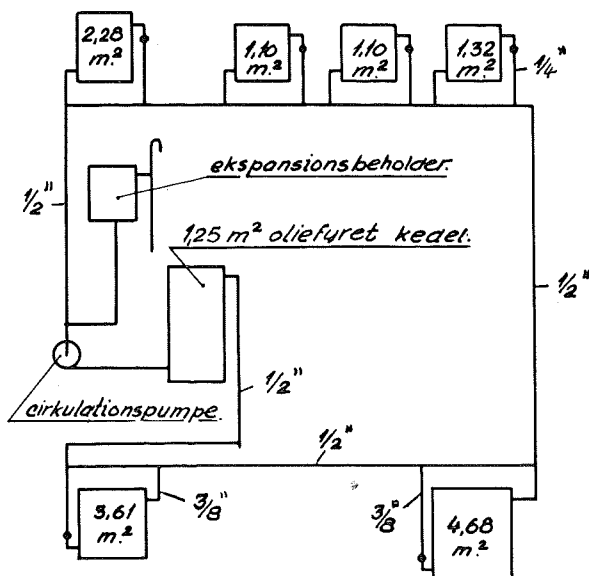


Fig. 9. Diagram af eet-strengt varmeanlæg.

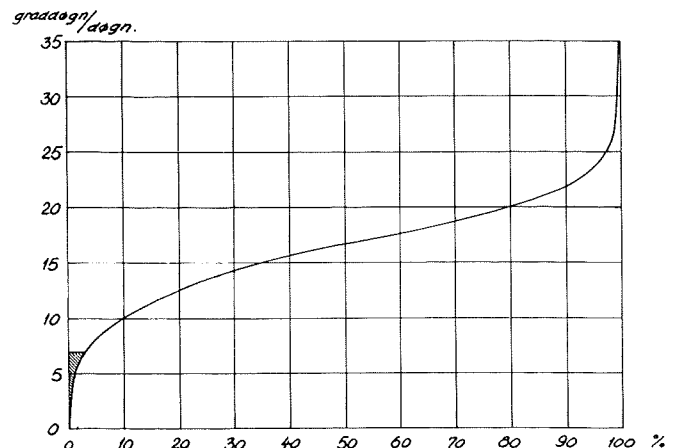


Fig. 10. Normalbelastningskurve for varmeanlæg.

te, at varmemeforbrugene i de enkelte varmesæsoner er proportional med deres graddøgntal. Som allerede nævnt har en mere indgående analyse af disse forhold ikke været mulig, da vi først i sommer har fået rådighed over måleapparatur til bestemmelse af luftskiftet.

Målingerne viser dog, at varmemeforbruget følger temperaturdifferencen mellem ude og inde ret nøje, især når der tages hensyn til vinden.

2. Måling af husets varmetræghed.

For at få et indtryk af husets træghed i opvarmningsmæssig henseende, er der optegnet afkølingskurver for lufttemperaturen i opholdsstuen. Tidskonstanten er på denne måde bestemt til ca. 23 timer. Til sammenligning kan anføres, at tidskonstanten for nyere enfamiliehuse af mursten med store vinduesarealer er målt til 35 timer, og at den for ældre etageejendomme kan komme op på 80 timer.

Tidskonstanten har navnlig betydning for varmekonominen ved diskontinuerlig opvarmning og på hvor hurtigt den ønskede opvarmningstilstand kan opnås med en given varmeeffekt. Forudsat begrænsningsfladerne har samme k-værdi vil den konstruktion, der har den mindste tidskonstant, være den fordelagtigste.

Husets tidskonstant vil derimod have mindre indflydelse på den lethed hvormed stuetemperaturen kan holdes konstant ved hurtige ændringer i varmebehovet, f. eks. hidrørende fra pludselig solindfald eller hvis mange personer på een gang kommer ind i stuen. Her er det først og fremmest varmeanlæggets træghed, der er afgørende.

3. Varme anlæggets træghed.

Tidskonstanten for el-varmeovne er målt til ca. 1 minut.

For radiatorvarmeanlægget er radiatorernes tidskonstant ved afkøling målt til ca. 45 min. For opvarmning, hvor det navnlig er vandhastigheden gennem radiatorerne, der er afgørende, er tidskonstanten målt til ca. 3 min.

For varmluftanlægget i den foreliggende udførelse er det hovedsagelig det armerede letbetongulv, der bestemmer anlæggets tidskonstant, når stuetemperaturen reguleres ved start og stop af oliefyret. Letbetongulvets indflydelse på anlæggets træghed kan dog i nogen grad elimineres ved at regulere stuetemperaturen ved start og stop af blæseren. Nærmere undersøgelser herom vil blive foretaget senere.

El-varmeovnene vil i forbindelse med en stuetermomat kunne holde stuetemperaturen konstant på nær de små variationer, som skyldes termostatsens differens og træghed, sålænge belastningsændringen ikke

er større end varmebehovet. Overstiger belastningsændringen det øjeblikkelige varmebehov, må luftskiftet forøges ved åbning af ventilationsklapperne eller ved solindfald ændring af persienneindstillingen. Herved vil stuetemperaturen muligvis foretage noget større udsving, som ikke helt kan holdes under kontrol af termostaten.

Af fig. 12 fremgår, at den belastningsændring, som indtræder, når 10 personer kommer ind i stuen, svarer til opholdsstuens nominelle varmebehov ved +5° C udvendig. Et radioapparat er varmekvivalent med en halv person, et fjernsynsapparat med en hel person og en 60 watt lampe med 0,65 personer. De belastningsændringer der forekommer ved normal brug af opholdsstuen og huset iøvrigt ligger indenfor termostatsens reguleringsområde. Derimod vil belastningsændringer hidrørende fra solindfald let kunne overstige varmebehovet. I vinterhalvåret vil solindfaldet gennem dobbelte vinduer kunne blive af størrelsesordenen 500 kcal/h pr. m², hvilket for opholdsstuens vedkommende kan medføre et varmetilskud på omkring 2000 kcal/h svarende til opholdsstuens nominelle varmetab ved ÷15° C.

Solindfaldet vil dog ikke straks gøre sig gældende i fuldt omfang, idet solstrålingen vil absorberes af guly og vægge samt møbler, der så efterhånden vil afgive det meste til luften. Den forhøjelse af strålingstemperaturen, som solen giver direkte anledning til, vil naturligvis gøre sig gældende momentant, og denne del vil termostaten ikke kunne nå at reagere overfor. Temperaturstigningen kan dog i betydelig grad modvirkes ved brug af persiener, så der på ingen måde bliver tale om ubehagelig overopledning.

For radiatorvarmeanlæggets regulering gælder, at de termostatiske ventiler vil kunne følge med til at ændre radiatorernes varmeafgivelse i samme tempo som de fleste forekommende belastningsændringer også hidrørende fra solindfald i samme omfang som beskrevet

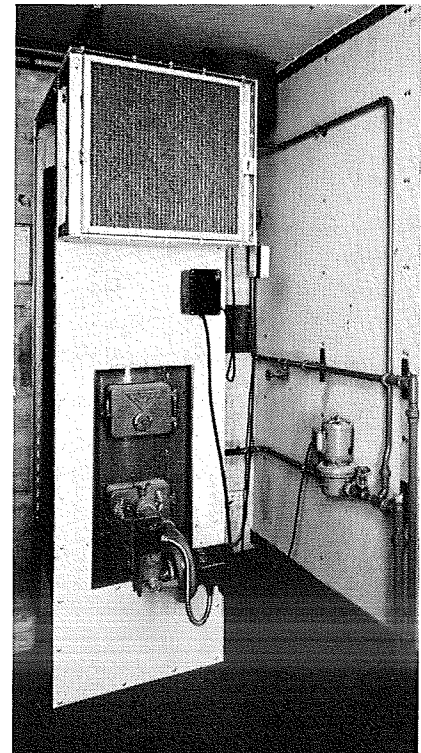


Fig. 11. Kombineret centralvarmekedel og varmluftaggregat.

ovenfor. For de belastningsændringer, der ligger indenfor det nominelle varmebehov, vil temperaturændringerne ikke blive væsentlig større end svarende til den termostatiske radiatorventils drøvelinterval på ca. ±1,0° C.

Et indtryk af radiatorventilens reguleringsevne ved konstant belastning fås af fig. 13. Kurve 1 angiver lufttemperaturen ved føleren

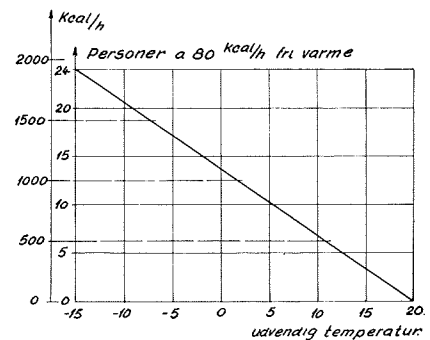


Fig. 12. Opholdsstuens varmebehov.

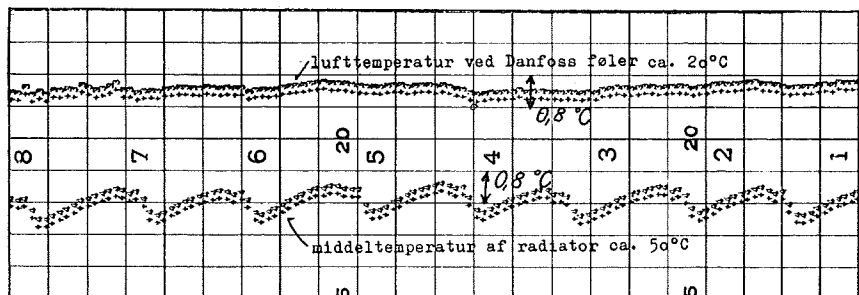


Fig. 13. Reguleringskurver for termostatisk radiatorventil.

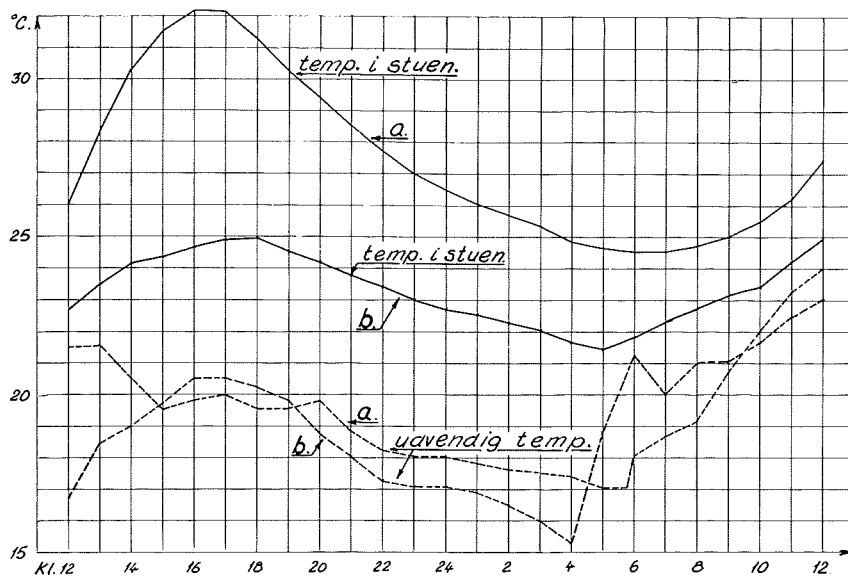


Fig. 14. Temperaturforløbet i opholdsstuen: a) uden persiener og ventilation, b) med persiener og ventilation.

målt med et tredobbelt termoelement. Kurve 2 angiver radiatorens middelovertemperatur ligeledes målt med et tredobbelt termoelement. De to kurver har ikke samme temperaturskala. Amplituden i lufttemperatursvingningerne er ca. $0,1^{\circ}\text{C}$. Systemets egenfrekvens er ca. 1 svingning pr. time.

Luftvarmeanlægget temperaturreguleres ved, at en stuetermostat starter og stopper blæseren. I princippet gælder det samme for dette systems belastningsafhængighed som gennemgået ovenfor for radiatoranlæggets vedkommende. Temperaturafvigelse omkring temperaturindstillingen vil dog blive noget større på grund af anlæggets større træghed, men dog ikke større end at systemet vil være anvendelig i praksis.

Sommerforhold.

Til belysning af temperaturforholdene i et højisoleret hus om sommeren ses på fig. 14(a) temperaturforløbet i stuen over et døgn med varmt sommervejr og skyfri himmel. Persienerne er trukket helt op, og alle vinduer, døre og ventilationsklapper er lukkede. Temperaturen når sit maksimum hen på eftermiddagen, når solindfaldet er størst. Maksimalværdien er 32°C .

På fig. 14(b) ses temperaturforløbet på en tilsvarende varm dag, når der gøres brug af persiener og ventilationsmuligheder. Maksimaltemperaturen er nu kun 25°C , hvilket ikke kan siges at være usædvanlig høj under de givne vejrforhold.

Måling af persienners isoleringsevne.

Som et eksempel på en af de mange varmetekniske detailundersøgelser, som det er muligt at foretage i forsøgshuset kan nævnes måling af persienners isoleringsevne. En udførlig beskrivelse af de foretagne målinger vil fremkomme senere, men det kan nævnes, at en hvidlakeret letmetalpersienne anbragt imellem det faste indvendige glas og den oplukkelige udvendige ramme i forsøgshusets vinduer formindskede glasarealets k-værdi med ca. 10 % med lamellerne i vandret stilling og med ca. 23 % i lodret stilling.

Sammenfatning.

De undersøgelser og målinger, som summarisk er beskrevet ovenfor, er foretaget samtidig med indretningen af måleudstyret og giver af den grund måske et ret spredt indtryk, men hensigten med disse indledende undersøgelser har i første række været at lære huset at

kende i varmeteknisk henseende og at få et indtryk af, hvilke forsøgstekniske muligheder huset indebærer.

Det er hensigten i de kommende vintre og somre at foretage mere systematiske undersøgelser i det omfang, som de økonomiske forhold tillader.

På grundlag af de sidste vintre og i sommer foretagne undersøgelser tør jeg dog hævde, at der intet er, som tyder på, at et højisoleret hus ikke skulle kunne opvarmes på tilfredsstillende måde ved hjælp af traditionelle opvarmningsmetoder tilpasset de specielle forhold, endnu mindre at huset skulle være ubehagelig »tæt« endside ubeboeligt, tværtimod.

De målte varmeforbrug har endvidere vist, at de nominelle varmetab, der beregnes ved hjælp af Dansk Ingeniørforenings regler for beregning af varmetab fra bygninger for transmissionstabenes vedkommende giver rigtige resultater, men giver for store fugetab ved omhyggelig udført byggeri. Dette betyder, at de teoretiske varmebesparelser, som kan opnås ved merisolering, også kan forventes opnået i praksis, forudsat naturligvis at der holdes samme opvarmningstilstand efter isoleringen som før, eller populært sagt, at der fyres tilsvarende mindre.

Foruden de i indledningen nævnte firmaer har følgende firmaer ydet bidrag i form af varer:

Danfoss har leveret termostater.

H. Hollesens fabrikker har leveret radiatorerne.

K. T. Knudsen i Odense har leveret centralvarmekedlen.

A/S Hess fabrikker et varmluftaggregat.

A/S Scanoterm et forgasningsfyr.

A/S Chr. Fabers fabrikker, persiener.

Reinholdt Christensen har leveret Iso-kærn skorstensisolering.

Ved husets opførelse har medvirket følgende håndværkerfirmaer:

Murer- og betonarbejdet: Jens P. Arnung.

Tømrer- og snedkerarbejdet: P. J. Storm.

Blikkenslagerarbejdet: Valdemar Petersen.