

SBI-publ.

SBI-SÆRTRYK
250

UDK 699.86:536.6.003.1

Byggeindustrien nr. 4, 1974

Poul Becher:
Økonomisk varmeisolering 74

STATENS
BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

I kommission hos Teknisk Forlag
København 1974



Økonomisk varmeisolering 74

Civilingeniør, dr. techn. Poul Becher, SBI

01179P
Bibliotekseksemplar
-8. OKT. 1974 ex 1
STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

SÆRTRYK AF BYGGEINDUSTRIEN NR. 4, 1974

Økonomisk varmeisolering 74

Der skal spares ved isolering endnu mere end tidligere. Nedenfor er beregnet den mest økonomiske isoleringstykkelser for to karakteristiske materialer. Endvidere er det vist, hvad det betyder i energibesparelse at isolere. Det foreslås altid at beregne bygningens samlede varmetab pr. m², det bør ligge på højst 60 kcal/m²h ved enfamiliehuse og 50 ved flerfamiliehuse. Endelig er der givet en række gode råd om isolering.

civilingeniør, dr. techn. Poul Becher,
Statens Byggeforskningsinstitut

Energikrisen har gjort det nødvendigt igen at overveje, hvor meget vore nybygninger bør isoleres.

De isoleringstykkelser, der for 25 år siden blev bestemt som de mest økonomiske, har ligget fast, men de stigende priser og den knaphed på energi, der kommer fremover, har ændret forudsætningerne for beregningerne. Usikkerheden både med hensyn til priser og mængden på energi gør også de beregninger, der nu kan opstilles, usikre, men de giver dog en vejledning.

Vort samlede energiforbrug svarer til 20 mill. tons olie om året, og den største enkeltpost er de godt 40 % til bygningsopvarmning*). Der skal i alle tilfælde spares, og navnlig skal stigningstakten presses ned. Det går simpelthen ikke med den stærke stigning i olieforbruget, vi hidtil har haft. Og en af de mest givtige måder at spare på er ved at varmeisolere.

Isoleringstykkelserne kan bestemmes ud fra fire synspunkter:

- 1 hygiejne og komfort
- 2 privatøkonomiske
- 3 samfundsøkonomiske
- 4 mangel på energi.

Hvert af de tre sidste synspunkter vil

*) I 1972 anvendtes 41 % direkte til bygningsopvarmning, men af de 25 %, der anvendes til industri, går en del til opvarmning af industriens bygninger.

give så store isoleringstykkelser, at hensynene til hygiejne og komfort vil være tilfredsstillende. Ud fra disse drejer det sig nemlig kun om at undgå for store temperaturforskelle mellem de forskellige overfladers temperatur indbyrdes, mellem overfladerne og lufttemperaturen samt opretholde tilstrækkelig ventilation, så fugtnedslag undgås.

De privatøkonomiske og samfundsøkonomiske synspunkter vil i de fleste tilfælde være sammenfaldende, bl. a. vil det valutamæssigt set være en fordel for samfundet, hvis den enkelte ofrer penge på bedre isolering.

Problemet behandles derfor ud fra et privatøkonomisk synspunkt. Der er dog ikke i det følgende taget hensyn til de skattemæssige konsekvenser, der i hvert fald ved det lille hus virker som en reduktion af byggeudgiften, så det kan betale sig at isolere mere.

Økonomi

Alle yderflader eller flader mod uopvarmede rum i en bygning af hvilken som helst art bør varmeisoleres, således at de samlede årlige udgifter til husleje plus varme bliver de mindst mulige. Det hjælper ikke meget, at en bygning er billig at bygge men dyr at opvarme. Ydermere vil det være således, at tages der hensyn hertil ved projekteringen, vil der i mange tilfælde ikke engang blive nogen merpris. Bygningen kan endda blive billigere og billigere, når der isoleres.

Eksempelvis bliver en centralopvarmet

bygning billigere at opføre med dobbelte vinduer end med enkelte.

Ud fra økonomiske synspunkter skal altså summen af kapitaludgifterne og varmeudgifterne være den mindst mulige. Denne sum kaldes driftsudgifterne og består af følgende andele:

- 1 forrentning og afskrivning af byggeudgifterne
- 2 brændselsudgifterne til dækning af varmetabet
- 3 forrentning og afskrivning af varmeanlægget
- 4 udgifterne til den plads, væggen optager.

Driftsudgifterne skal være så små som muligt, og den herved bestemte isoleringstykkelser kaldes den mest økonomiske isoleringstykkelser.

De samlede årlige varmeøkonomiske driftsudgifter for 1 m² ydervæg kan udtrykkes ved

$$D = \frac{P_u}{100} K_u + 24 G k K_v + \frac{P_a}{100} K_a + d K_h \quad (1)$$

hvor D er de årlige driftsudgifter kr/m² · år

P_u den årlige kapitalydelse for udgifterne til væggenes opførelse % p. a.

K_u byggeudgifterne ved væggenes opførelse kr/m²

G antallet af graddage °C · dg/år

k væggenes transmissionstal kcal/m²/h °C

tykkelse af væg d	transmissionstal k	byggeudgift		varmeanlæg 4,72 · k	pladsleje 11,4 · d	650 kr/1000 l		1000 kr/1000 l		1500 kr/1000 l		2000 kr/1000 l	
		K _u	annuitet 0,121 K _u			olie og pasning 9,9 · k	driftsudgift D	olie og pasning 13,7 · k	driftsudgift D	olie og pasning 19,2 · k	driftsudgift D	olie og pasning 24,5 · k	driftsudgift D
m	kcal/m ² h°C	kr/m ²	kr/m ² ·år	kr/m ² ·år	kr/m ² ·år	kr/m ² ·år	kr/m ² ·år	kr/m ² ·år	kr/m ² ·år	kr/m ² ·år	kr/m ² ·år	kr/m ² ·år	kr/m ² ·år
0,10	1,60	46	5,55	7,54	1,14	15,82	30,05	21,80	36,03	30,70	44,93	39,10	53,33
0,15	1,20	70	8,46	5,65	1,71	11,88	27,70	16,40	32,22	23,00	38,82	29,40	45,22
0,20	0,95	92	11,12	4,48	2,28	9,40	27,28	13,00	30,88	18,20	36,08	23,20	41,08
0,25	0,80	118	14,27	3,78	2,85	7,92	28,82	10,95	31,85	15,40	36,30	19,60	40,50
0,30	0,68	142	17,20	3,21	3,42	6,72	30,55	9,30	33,13	13,05	36,88	16,65	40,48
0,35	0,60	166	20,05	2,83	3,99	5,94	32,81	8,20	35,07	11,50	38,37	14,70	41,57
0,40	0,53	190	23,00	2,50	4,56	5,24	35,30	7,20	37,26	10,18	40,24	13,00	43,06
0,45	0,48	213	25,80	2,26	5,12	4,75	37,93	6,60	39,78	9,20	42,38	11,80	44,97
0,50	0,44	237	28,60	2,08	5,70	4,35	40,73	6,03	42,41	8,45	44,83	10,80	47,10

Fig. 1. Tabellarisk beregning af den mest økonomiske isoleringstykkelser for en ydervæg af letbeton, λ = 0,24 kcal/mh°C, pudset indvendigt. Beregningen foretaget for varierende oliepriser, men faste byggepriser.

tykkelse af isol. d	transmissionstal k	byggeudgift		varmeanlæg 4,72 · k	650 kr/1000 l		1000 kr/1000 l		1500 kr/1000 l		2000 kr/1000 l		forsk. i olieforbrug 9,2 dk
		K _u	annuitet 0,121 K _u		olie og pasning 9,9 · k	driftsudgift D	olie og pasning 13,7 · k	driftsudgift D	olie og pasning 19,2 · k	driftsudgift D	olie og pasning 24,5 · k	driftsudgift D	
m	kcal/m ² ·h°C	kr/m ²	kr/m ² ·år	kr/m ² ·år	kr/m ² ·år	kr/m ² ·år	kr/m ² ·år	kr/m ² ·år	kr/m ² ·år	kr/m ² ·år	kr/m ² ·år	kr/m ² ·år	kg olie/m ² ·år
0,05	0,55	8,60	1,14	2,57	5,45	9,16	7,52	11,23	10,55	14,26	13,45	17,16	2,02
0,10	0,33	14,20	1,72	1,55	3,27	6,54	4,51	7,78	6,33	9,60	8,05	11,32	1,05
0,15	0,24	19,80	2,40	1,13	2,38	5,91	3,28	6,81	4,60	8,13	5,86	9,39	0,46
0,20	0,19	25,40	3,07	0,90	1,88	5,85	2,60	6,57	3,65	7,62	4,65	8,62	0,38
0,25	0,15	31,00	3,75	0,71	1,49	5,95	2,05	6,51	2,88	7,34	3,66	8,12	0,18
0,30	0,13	36,60	4,42	0,61	1,29	6,32	1,78	6,81	2,50	7,53	3,17	8,20	0,18
0,35	0,11	42,20	5,12	0,52	1,09	6,73	1,50	7,14	2,11	7,75	2,69	8,33	0,09
0,40	0,10	47,80	5,78	0,47	0,99	7,24	1,37	7,62	1,92	8,17	2,45	8,70	0,09
0,45	0,09	53,50	6,48	0,42	0,89	7,79	1,23	8,13	1,73	8,63	2,20	9,10	0,09
0,50	0,08	59,00	7,15	0,38	0,79	8,32	1,09	8,62	1,54	9,07	1,96	9,49	0,09

Fig. 3. Tabellarisk beregning af den mest økonomiske isoleringstykkelser for et loft mod et uudnyttet tagrum isoleret med mineraluld, $\lambda = 0,038$ kcal/mh°C. Beregningen foretaget for varierende oliepriser, men faste byggepriser.

K_v prisen pr. nyttiggjort kalorie i varmeanlægget kr/kcal
 P_a den årlige kapitaldyldelse for udgifterne til varmeanlægget % p. a.
 K_a udgifterne til varmeanlægget svarende til 1 m² ydervæg kr/m²
 d væggenes tykkelse m og
 K_h væggenes pladsudgift kr/m³ · år

$$K_v = \frac{K_b \cdot 100}{B_n \cdot \eta \cdot \gamma} + K_p \quad (2)$$

hvor B_n er den nedre brændværdi 10200 kcal/kg for fyringsgasolie
 η nyttevirksomheden, der i gennemsnit i varmesæsonen ansås til 75 %
 γ vægtfylden 840 kg/m³
 K_p udgifterne til pasning, el, administration og vedligeholdelse, der efter oplysninger fra civilingeniør Fr. Olsen, KAB, ligger på 4 øre/Mcal, hvorved

$$K_v = \frac{650 \cdot 100 \cdot 1000 \cdot 100}{10200 \cdot 75 \cdot 840} + 4 = 10,1 + 4 = 14,1 \text{ øre/Mcal}$$

Prisen for varmeanlægget er pr. kcal af det dimensionerende varmetab ved -12 °C udvendig 1,- kr/kcal for beboelsejendomme og 1,50 kr/kcal for enfamiliehuse. Hertil lægges 10 % i inflation, og der regnes med det laveste tal:

$$K_a = 1,00 \cdot 1,1 \cdot k \cdot 32 = 35,2 \text{ k kr/m}^2$$

Pladsudgiften bestemmes af huslejen 200,- kr/m² · år, hvoraf 16 % vedrører væggen og de tilstødende indervægge og gulve, og med en etagehøjde på 2,8 m fås

$K_h = 200 \cdot 0,16 \cdot \frac{1}{2,8} = 11,40 \text{ kr/m}^3 \cdot \text{år}$
 Driftsudgiften bliver da
 $D = 0,121 K_u + 9,9 k + 4,72 k + 11,4 d$
 og dette er benyttet på fig. 1 og 2. På fig. 1 er yderligere regnet igennem med oliepriser op til 2000 kr. pr. 1000 l, men uændrede byggepriser.
 Den mest økonomiske isoleringstykkelser ses at variere fra lidt under 0,2 m til lidt under 0,3 m, når olieprisen varierer fra 650,- til 2000,- kr. pr. 1000 l.

Mineraluld
 De forskellige faktorer, rentefod, brændselspriser, graddagtal m. v., sættes til samme værdier som ovenfor ved letbeton, og byggeprisen er beregnet efter Mindedal. Der er kun regnet med prisen for isoleringen med dertil knyttet arbejds løn, idet de andre dele af tag og loft ikke ændres ved ændrede isoleringstykkelser.
 Varmeledningstallet er $\lambda = 0,038$ kcal/mh °C, men under hensyn til den svækkelse af isoleringen, som spærene giver, regnes med et tillæg på 10 %, så $\lambda = 0,042$ kcal/mh °C. For den faste del af taget, teglsten, tagrum, 20 mm forskalingsbrædder og 9 mm gipsplader, der ikke ændres med de varierende isoleringstykkelser, sættes varmemodstandstallet til 0,620 °Chm²/kcal. Pladslejen falder i

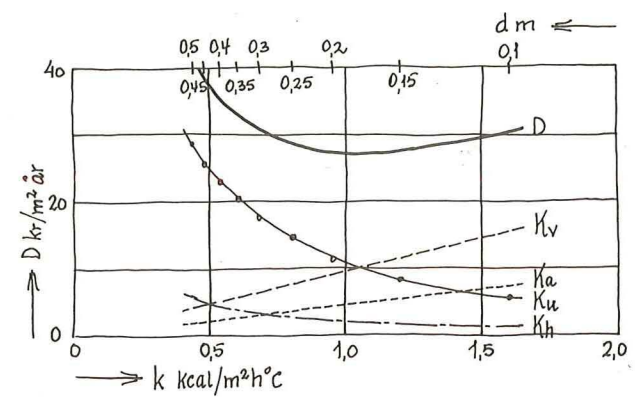


Fig. 2. Grafisk beregning af den mest økonomiske isoleringstykkelser for en ydervæg af letbeton, pudset indvendig. Varmeledningstallet $\lambda = 0,24$ kcal/mh°C og brændselsprisen 650,- kr. pr. 1000 l olie. Den mest økonomiske isoleringstykkelser er $d = 0,18$ m.

Letbetonydervæg
 Rentefoden sættes til 12 % p. a., hvorved med 40 års afskrivning for væggen $p_a = 12,1$ % p. a. og med 20 års afskrivning for varmeanlægget $p_a = 13,4$ % p. a.
 Byggeudgiften K_u for væggen er taget efter Mindedal 1974 [4] med et tillæg på 25 % til dækning af fortjeneste og prisstigninger m. v. det næste års tid, hvor huset tænkes projekteret og opført.
 Antallet af graddage er sat til 2929 °C · dg/år.
 Væggenes transmissionstal er beregnet efter DIF's regler med $\lambda = 0,25$ kcal/mh °C. Kalorieprisen er beregnet ud fra en oliepris K_o på 650,- kr. pr. 1000 l, hvorved

dette tilfælde bort, så formlen for driftsudgiften bliver
 $D = 0,121 K_u + 9,9 k + 4,72 k$
 der er anvendt ved opstillingen af fig. 3 og 4.
 Den mest økonomiske isoleringstykkelser ses at variere fra lidt under 0,2 m til lidt over 0,25 m, når olieprisen varierer fra 650,- til 2000,- kr.

Matematisk løsning
 Det mest økonomiske transmissionstal eller den mest økonomiske isoleringstykkelser kan også beregnes rent matematisk. Det kræver blot, at der kan opstilles en formel, som bestemmer prisen K_u ud fra transmissionstallet k og dermed isoleringstykkelser d eller

$$K_u = f(k) = g(d) \quad (3)$$

For letbeton findes af priserne på fig. 1

$$K_u = 474 d$$

og da

$$\frac{1}{k} = m_i + m_u + m_{puds} + \frac{d}{\lambda}$$

$$= 0,212 + \frac{d}{0,24}$$

fås

$$K_u = \frac{114}{k} - 24,2$$

hvoraf

$$D = 16,53 \frac{1}{k} + 14,62 k - 3,5$$

og ved differentiering for at finde minimum

$$\frac{dD}{dk} = -16,53 \frac{1}{k^2} + 14,62 = 0$$

hvoraf

$$k_{okn} = 1,06 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C} \text{ eller } d_{okn} = 0,18 \text{ m}$$

For mineraluld findes af fig. 3

$$K_u = 3 + 112 d$$

og da

$$\frac{1}{k} = 0,62 + \frac{d}{0,042}$$

bliver

$$D = 0,568 \frac{1}{k} + 14,62 k + 0,01$$

hvoraf

$$\frac{dD}{dk} = -\frac{0,568}{k^2} + 14,62 = 0$$

der giver

$$k_{okn} = 0,198 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C} \text{ eller } d_{okn} = 0,19 \text{ m}$$

Denne matematiske metode er dog ikke anbefalelsesværdig, idet man taber overblikket over tallene. Det er ikke muligt at vurdere, hvor meget en afvigelse fra minimum betyder, og som det ses af kurverne for de samlede driftsudgifter på fig. 1 og 3, er de meget flade omkring minimum. Selv en stor ændring i isole-

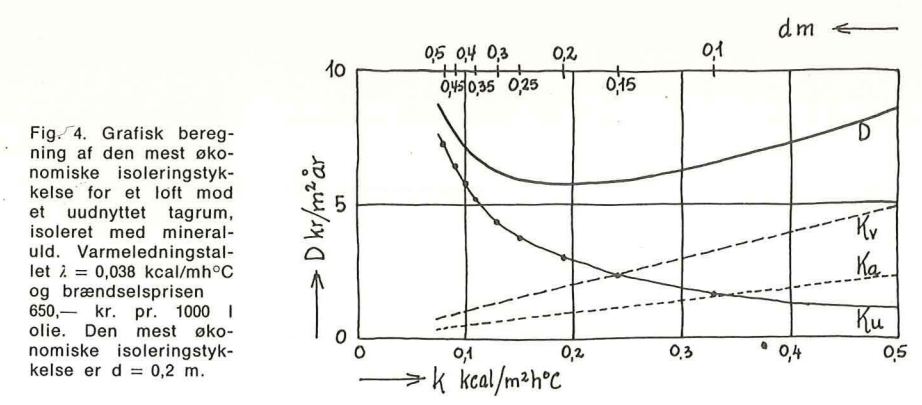


Fig. 4. Grafisk beregning af den mest økonomiske isoleringstykkelser for et loft mod et uudnyttet tagrum, isoleret med mineraluld. Varmeledningstallet $\lambda = 0,038$ kcal/mh°C og brændselsprisen 650,- kr. pr. 1000 l olie. Den mest økonomiske isoleringstykkelser er $d = 0,2$ m.

oliepris	økonomisk isoleringstykkelser d_{okn} m	transmissionstal k	driftsudgift D	afvigelse fra nærmeste standardtykkelse ΔD	%
kr/1000 l		kcal/m ² h°C	kr/m ² · år	kr/m ² · år	
letbeton					
650	0,18	1,05	27,49	0,21	< 1
1000	0,21	0,92	31,07	0,19	< 1
1500	0,24	0,83	36,25	0,05	< 1
2000	0,27	0,75	40,49	0,01	≈ 1
mineraluld					
650	0,19	0,20	5,86	0,01	≈ 1
1000	0,22	0,17	6,63	0,12	≈ 1
1500	0,26	0,15	7,38	0,04	≈ 1
2000	0,30	0,13	8,20	0	0

Fig. 5. Den mest økonomiske isoleringstykkelser ved varierende oliepriser, men faste byggepriser for letbeton og mineraluld, samt afvigelser i driftsudgift fra nærmeste tykkelse på 0,20, 0,25 og 0,30 m.

ringstykkelser betyder meget lidt for driftsudgiften, navnlig når det tages i betragtning, at alle værdierne er behæftede med stor usikkerhed.

Vurdering af resultaterne

Det er langt bedre at vurdere resultaterne efter den tabellariske eller den grafiske beregningsmetode, hvorved der kan opstilles ovenstående fig. 5 efter interpolation i tabellen fig. 1 og 3.
 Den usikkerhed, hvormed den mest økonomiske isoleringstykkelser bestemmes, ligger omkring 33 %. Det ses umiddelbart af fig. 1 og 3, at omkring minimum ligger forskellene i driftsudgift ved 0,05 m ændring af isoleringstykkelser langt under denne usikkerhed, og afvigelserne mellem den matematisk bestemte mest økonomiske isoleringstykkelser og nærmeste med 5 delelige tykkelse ligger under 1 %.

Desuden er det økonomisk set uklogt at investere for meget, når man er nær ved grænsen; der bør vælges en isoleringstykkelser, der giver mindre investering end det absolutte minimum. Mod dette synspunkt taler dog de stigende priser og inflationen.

Der er imidlertid næppe grund til at antage, at den tykkelse, der bestemmes med dagens priser, når et hus bygges, vil

ændre sig særlig meget, idet byggeprisen fremover vil følge op med brændselspriserne. Herimod kan dog indvendes, at byggeprisen for det færdige hus ligger fast, mens brændselspriserne formentlig vil stige i fremtiden.

De meget store isoleringstykkelser, 0,15-0,20 m og derover, vil også i mange tilfælde betyde, at konstruktionerne må ændres under hensyn hertil fra det i dag sædvanlige, f. eks. for træskeletvægge, og dette giver betydeligt højere priser, som må medregnes i isoleringsprisen.

For letbeton er de mest økonomiske isoleringstykkelser for små og transmissionstallet for store sammenlignet med andre konstruktioner, så rene letbetonvægge vil det ikke være tilrådeligt at anvende til boliger. Letbeton må anvendes sammen med andre, lettere isoleringsmaterialer.

Dette fremgår også af isoleringsenhedsprisen. Denne er

$$K_{enh} = \lambda \cdot K$$

hvor K_{enh} er isoleringsenhedsprisen
 λ varmeledningstallet kcal/mh°C
 K prisen pr. m³ af isoleringsmaterialet opsat kr/m³

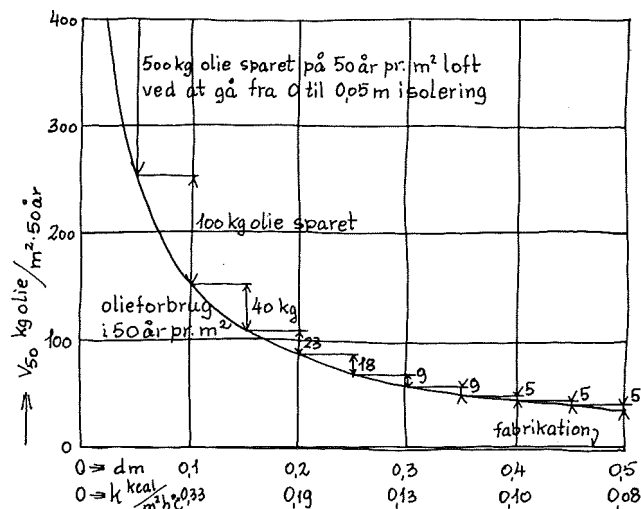


Fig. 6. Olieforbruget i løbet af 50 år til dækning af varmetabet gennem 1 m² loft ved forskellige tykkelser isolering med mineraluld. Desuden er med tallene ved den knækkede linie angivet besparelserne i olieforbruget ved at øge isoleringstykkelserne 0,05 m. Den nederste linie mærket »fabrikation» angiver energiforbruget til fremstilling af mineralulden.

basis-isolering d m	ekstra isolering Δd m	sænkning af transmissions-tal Δk kcal/m ² h°C	udgift til isolering kr.	oliebesparelse pr. år		afskrivningstid år
				kg	kr.	
0	0,05	1,07	4-600	1000	1200	< 1
	0,10	1,29	8-1200	1200	1400	< 1
	0,15	1,38	12-1800	1300	1550	< 1
0,05	0,05	0,21	4-600	200	230	2-3
	0,10	0,31	8-1200	300	340	3-5
	0,15	0,36	12-1800	330	400	4-7
0,10	0,05	0,09	4-600	80	100	5-11
	0,10	0,14	8-1200	120	150	9-24
	0,15	0,18	12-1800	170	200	12-∞

Fig. 7. Gevinsten ved at isolere mere på loftet op mod et uudnyttet tagrum i et hus på 110 m². Rentefoden er 12% p. a., olieprisen 1000,- kr. pr. 1000 l, prisen for mineraluld 80,- kr/m³. Udgiften til isolering er angivet med egen arbejdskraft og med fremmed arbejdskraft.

Samlet varmetab

Et er imidlertid at se på de enkelte yderflader og isolere dem uafhængigt af hinanden, derfor kan husets samlede varmetab godt blive urimelig stort.

Yderfladernes areal i forhold til etagearealet kan blive for stort, eller vinduerne kan være for store.

Det er derfor ikke tilstrækkeligt at sætte en øvre grænse for transmissions-tallene, sådan som det f. eks. er gjort i Bygningsreglementet. Husets samlede varmetab må begrænses. Dette kan gøres ved at angive en passende værdi på det dimensionerende varmetab pr. m² etageareal. Der foreslås følgende værdier (se eksemplerne i bd. 2 af [3]), beregnet på sædvanlig måde efter DIF's regler for beregning af varmetab fra bygninger ved en dimensionerende udetemperatur på -12 °C for

enfamiliehuse 60 kcal/m²h,
flerfamiliehuse 50 kcal/m²h.

For andre bygningstyper vil det være uoverkommeligt at angive rimelige værdier.

Det vil næppe være nødvendigt at forlange disse værdier overholdt i f. eks. Bygningsreglementet, det vil formentlig være tilstrækkeligt at forlange, at den aktuelle værdi angives til myndighederne ved sagsbehandlingen.

Det vil give stof til eftertanke med en værdi på f. eks. 75 kcal/m²h, og der vil så blive anvendt tre-dobbelt glas i vinduerne eller lignende for at få tallet ned.

Gode råd

Til slut en opsummering i en række gode råd om varmeisolering.

Der bør isoleres så meget, som der overheadet er plads til og med mindst 10 cm.

31 cm hul mur bør ikke anvendes, i stedet bør anvendes 36 cm hul mur, den koster praktisk taget det samme, men giver plads til 13 cm isolering i hulrummet. Hver gang en bygning projekteres, bør det ud fra dagens priser beregnes, hvad der er den mest økonomiske isoleringstykkelser. Som regel vil det kun være nødvendigt at beregne driftsudgiften for nogle få isoleringstykkelser for at se, hvor minimet ligger.

De transmissionstal, der er angivet i Bygningsreglementets kap. 8, må betragtes som en grænse for det, der kunne kræves tidligere. Fremover bør der anvendes betydeligt lavere værdier, hvor det er muligt.

Ved svære isoleringer, der fremover vil blive anvendt, må der lægges megen vægt på at undgå kuldebroer. Fugtbroer må også undgås, navnlig da der må regnes med at skulle holdes lavere rumtemperaturer fremover.

Der bør så vidt muligt isoleres med egentlige lette isoleringsmaterialer med lav isoleringsenhedspris.

En konstruktion bør så vidt muligt skilles i en bærende og en isolerende del, således at hver del opfylder sin funktion. Et eksempel er en hul ydermur med bærende for- og bagmur af henholdsvis tegl og letbeton og isolering med mineraluld i hulrummet.

Det samlede varmetab bør begrænses mest muligt ved at give bygningen en sluttet form med mindst mulig overflade, ved at undgå unødigt store vinduer, ved at anvende 3 eller 4 db. glas i meget store vinduer, ved at placere varme rør, så spildvarmen nyttiggøres m. v.

Som vejledning kan angives, at det dimensionerende varmetab, beregnet på sædvanlig vis efter DIF's regler for be-

regning af varmetab fra bygninger, ved en udvendig temperatur på -12 °C for bygningen som helhed ikke bør overstige

60 kcal/m²h ved enfamiliehuse og
50 kcal/m²h ved flerfamiliehuse.

Ved andre bygninger end boliger må der drages paralleller ud fra disse tal. Det er umuligt at angive værdier for de utallige bygningstyper, der findes.

Det samlede energiforbrug bør i øvrigt altid søges begrænset mest muligt, f. eks. bør placering, tænding og slukning af el-belysning gennemtænkes ud fra dette synspunkt.

Ved eksisterende bygninger må der ligeledes isoleres så meget, som der er plads til. Hvis der i forvejen er isoleret nogenlunde godt, må det nøje overvejes, hvor meget der bør isoleres mere. Der bør isoleres i følgende orden, hvis der

ikke er råd til at gennemføre isoleringen fuldt ud på én gang:

vinduer med forsatsvinduer,
lofter mod kolde tagrum,
massive tage over opvarmede rum,
indervægge mod uopvarmede, kolde rum,
gulve mod kolde kryberum,
ydervægge.

Litteratur

- [1] Poul Becher, Økonomisk varmeisolering, 2. udg., SBI-rapport 1, København 1950, 63 sider.
- [2] Poul Becher, Principper for økonomisk varmeisolering, SBI-Internt studie 11, København 1960, 33 sider.
- [3] Poul Becher, Varme og ventilation, 4. udg., København 1971, bd. 1, side 237-250.
- [4] Einar Mindedal, Lommebog for bygningshåndværkere, København 1974, ca. 500 sider.

og for

letbeton $K_{vnh} = 0,24 \cdot 474 \sim 114$
mineraluld $K_{vnh} = 0,042 \cdot 115 \sim 5$

Det giver mest for pengene, når der skal isoleres, at anvende de deciderede lette isoleringsmaterialer.

Energi

Det er vel efterhånden klart for alle, at der skal spares energi af hensyn til de begrænsede ressourcer, og at der meget let kan opstå mere eller mindre langvarige perioder med forsyningsvanskeligheder.

Forsyningsvanskelighederne kan ikke alene forårsages af politiske uroligheder, men en meget streng vinter, endnu strengere end den vi havde i 1946, hvor vandene frøs til, så kulskibene ikke kunne komme herop fra Tyskland, kan volde mange kvaler.

Det vil derfor også være interessant at se på, hvor meget olie der spares ved at isolere.

Olieforbruget pr. m² ydervæg i en normal varmesæson er

$$V = \frac{24 \cdot 2929}{10200 \cdot 0,75} k = 9,2 \text{ kg olie/m}^2 \cdot \text{år}$$

På fig. 6 er vist olieforbruget til dækning af varmetabet i løbet af 50 år pr. m² yderflade. Selv om olien til opvarm-

ning måske slipper op længe før, skal der i alle tilfælde opvarmes, og det bliver ikke billigere, og der skal stadig spares.

Efter oplysning fra fabrikanterne er energiforbruget til mineraluldens fremstilling omtrent 8 kg olie pr. m³ mineraluld. Sammenlignet med energibesparelsen over årene er det altså helt uden betydning.

Af fig. 6 ses, at virkningen af yderligere 0,05 m isolering aftager meget hurtigt med isoleringstykkelser. Er man først oppe på 0,15-0,20 m isoleringstykkelser, lønner det sig næppe at isolere mere nu. I mange tilfælde vil det også kunne lade sig gøre at isolere mere, hvis forholdene til sin tid kræver det.

På fig. 7 er der vist, hvad der opnås ved at merisolere loftet i et enfamiliehus, nyt eller eksisterende. Der gås ud fra en basisisolering på 0, 0,05 og 0,1 m, der trinvis forøges 0,05 m.

Det ses også her, at over 0,15-0,20 m isoleringstykkelser lønner det sig ikke at gå med dagens priser. Med en basisisolering fra 0,1 m betaler det sig ikke at isolere yderligere med mere end 0,05 m, ellers bliver afskrivningstiden for lang. Hvis pengene til isoleringen kan lånes, og renterne er skattefrie, bliver investeringen selvfølgelig mere lønsom.