



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R4:1980

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION

Accnr 82-0232 Plac

See

Energibesparande åtgärder i småhusbebyggelse från 1960-talet

Ann-Charlotte Andersson
Håkan Fjällström

R
9/11

Bygghälsningsrådet

See

R4:1980

ENERGIBESPARANDE ÅTGÄRDER I SMÅHUSBEBYGGELSE
FRAN 1960-TALET

Ann-Charlotte Andersson
Håkan Fjällström

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 770716-4
från Statens råd för byggnadsforskning till Byggnadsteknik 1,
LTH, Lund.

I Byggeforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R4:1980

ISBN 91-540-3162-1

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1979 960666

INNEHÅLL

Förord	7
Sammanfattning	9
Beteckningar	10
1 Inledning	11
1.1 Bakgrund	11
1.2 Undersökningens mål	11
1.3 Undersökningsmetodik	12
2 Beskrivning av husen	15
2.1 Allmänt	15
2.2 Byggnadsätt och byggnadsdelar	16
3 Mätningar	21
3.1 Mätningarnas syfte	21
3.2 Värmeflödesmätningar	21
3.3 Täthetsprovningar och luftomsättningsmätningar	27
3.4 Termografering	30
3.5 Klimat i kryprum	31
3.6 Inomhustemperatur	32
4 Nuvarande energiförbrukning - värmeförbrukningsmätningar	33
4.1 Allmänt	33
4.2 Råbearbetning av materialet	34
4.3 Korrigering till normalår	38
4.4 Skillnader mellan olika hustyper	41
4.5 Inverkan av fri ytterväggsyta	46
4.6 Variationer hos enskilda hus	47
5 Nuvarande energiförbrukning - värmebalans	53
5.1 Värmebalansen i ett småhus	53
5.2 Beräkningsmetodik	64
5.3 Beräkningar av energiförbrukning i de aktuella husen	66
5.31 Inverkan av ändrad inomhustemperatur	69
5.32 Inverkan av ändrad luftomsättning	71
5.33 Inverkan av temperaturen i kryprummet	72

5.34	Inverkan av sol-och himmelsstrålning	73
5.35	Skillnader mellan olika hus	73
5.36	Jämförelse med uppmätt förbrukning	74
6	Energibesparande åtgärder - energibesparing och tekniska konsekvenser	75
6.1	Ytterväggar	75
6.2	Tak	81
6.3	Golvbjälklag och kryprum	88
6.4	Fönster	96
6.5	Sänkning av inomhustemperaturen	99
6.6	Övriga åtgärder	102
7	Modell för lönsamhetsberäkning vid tilläggsisolering	105
7.1	Varför skall man spara energi?	105
7.2	Samhällets styrmedel för att påverka energiförbrukningen	106
7.3	Energisparstöd till befintlig bebyggelse	106
7.4	Val av energibesparande åtgärder är egentligen ett investeringsproblem	109
7.5	Olika kalkylmetoder vid investeringsproblem	109
7.51	Diskonteringsmetodik	109
7.52	Kapitalvärdesmetod	113
7.53	Internräntemetod	113
7.54	Energisparkostnadsmetoden	114
7.6	Val av ekonomisk utvärderingsmodell	118
7.61	Utgångspunkter	118
7.62	Betalningskonsekvenser hos en energibesparande investering	118
7.63	Val av "grundmodell"	119
7.64	Överslagsmässig variant av internräntemetoden	121
7.65	Noggrannare variant av internräntemetoden	122
7.66	Den noggrannaste varianten av internräntemetoden	124
7.7	Skattning av parametrar i modellen	125
8	Privatekonomisk utvärdering av energibesparande åtgärder	129
8.1	Förutsättningar för utvärderingen	129
8.2	Bedömda åtgärder	129
8.3	Redovisning av utvärderingen	131

9	Avslutning	133
Bilaga 1	Termografering	135
Bilaga 2	ACGP-diagram	141
Bilaga 3	Sfo 33/77	147
Bilaga 4	Redovisning av utvärdering av valda åtgärder	151
	LITTERATURFÖRTECKNING	157

FÖRORD

KAP 1 - 6 i rapporten har skrivits av Ann-Charlotte Andersson. KAP 7 - 8 har skrivits av Håkan Fjällström. KAP 9 har skrivits av författarna tillsammans.

Civilingenjör Gudni Johannesson har utfört värmeinflödesmätningar och datorberäkningar av temperaturförhållanden i kryprum. Forskningsingenjör Agneta Ohlsson har sammanställt och bearbetat materialet om husens energiförbrukning.

Byggnadsföretaget O P Wihlberg & son AB har ställt husen till förfogande. Under hela undersökningens gång har civilingenjör Sten Jönsson och arbetschef Göran Hydén aktivt deltagit i arbetet.

Professorerna Lars Erik Nevander, avdelningen för Byggnadsteknik I och Sten Wallin, avdelningen för Byggproduktionsteknik, har medverkat som idésprutor.

Lilian Johansson har ritat figurerna och Lena Thorell har renskrivit manuskriptet.

Byggforskningsrådet har finansierat projektet.

Lund i april 1979

Författarna

Tillägg till förordet i juli 1979

Rapportens ekonomiska beräkningar avspeglar läget omkring årsskiftet 1978/79. Efter rapportens färdigställande har ju som bekant oljeförsörjningsläget, och därmed priserna, förändrats markant. Prisnivån är för tillfället ganska instabil, vilket gör det svårt att någorlunda noggrant korrigera de ekonomiska beräkningarna. Läsaren får alltså ha i åtanke att de angivna lönsamheterna för olika energibesparande åtgärder troligtvis är i underkant.

SAMMANFATTNING

Rapporten behandlar lönsamhet och eventuella tekniska konsekvenser av energibesparande åtgärder i en viss typ av bebyggelse. Två villaområden med mycket likartade hus i Malmö-Lundregionen har studerats. Husen är byggda mellan mitten av 60-talet och början av 70-talet med värmeisolering enligt SBN 67.

Värmeflödes- och luftomsättningsmätningar har utförts i ett par hus. Dessa stickprov indikerar att byggnadsdelarnas k-värden är i närheten av teoretiskt beräknade, och att husen kan ha stora otätheter.

Husens energiförbrukning har studerats på två sätt, genom bearbetning av värmemätningar under åren 1964 - 76 och genom värmebalansberäkningar. Resultaten från värmemätningarna visar mycket stor spridning, åtminstone under de första åren, vilket kan bero på dåligt fungerande mätare och stor variation i levnadsvanor.

Energibesparing med olika åtgärder har beräknats med värmebalansen som underlag. Tilläggsisolering av ytterväggar ger, i de här husen, ganska liten energibesparing eftersom tillgänglig yta är liten och väggarna från början är välisolerade. Större energibesparing kan tilläggsisolering av tak och förbättring av fönstrens k-värde ge. Åtgärder som medför sänkt inomhustemperatur och lägre luftomsättning kan ge relativt stor energibesparing.

Isoleringsåtgärder på olika byggnadsdelar har också diskuterats ur teknisk synpunkt.

Lönsamheten av olika åtgärder har betraktats ur strikt privatekonomisk synpunkt. Olika metoder för detta har diskuterats. För utvärderingen har internräntemetoden valts.

Hög avkastning på insatt kapital ger relativt enkla åtgärder, t ex fönstertätning och åtgärder som sänker innetemperaturen. Betydligt sämre avkastning ger åtgärder av typen tilläggsisolering av byggnadsdelarna.

BETECKNINGAR

A	area	m^2
a	absorptans	-
c	specifik värmekapacitet	$J/kg \cdot K$
d	dimension, tjocklek	m
I	strålningsintensitet	W/m^2
k	värme genomgångskoefficient	W/m^2K
L	dimension, längd	m
m	värme motstånd	m^2K/W
mv	medelvärde	
n	ventilationsgrad	h^{-1}
P	värmeeffekt	W
Q	värme flöde	W
Q	ortsvärmsbehov, graddagtal	$^{\circ}C \cdot h$
q	värme flödestäthet	W/m^2
s	dimension, spaltvidd	m
s	standardavvikelse för stickprov	
u	hastighet	m/s
V	volym	m^3
v	ånghalt	kg/m^3
W	energiförbrukning	Wh, cal
x	medelvärde för stickprov	
Z	ångenomgångsmotstånd	s/m
α	värmeövergångskoefficient	W/m^2K
θ	övertemperatur	K
ϑ	temperatur	$^{\circ}C$
λ	värmeledningsförmåga	W/mK
μ	medelvärde	
ρ	densitet	kg/m^3
σ	standardavvikelse	
τ	tid, tidskonstant	h
ϕ	relativ fuktighet	%

1 INLEDNING

1.1 BAKGRUND

Anledningen till denna undersökning är givetvis nödvändigheten att spara energi i befintlig bebyggelse. Hittills gjorda undersökningar av möjligheterna till energibesparing har behandlat äldre byggnader och en eller flera utvalda åtgärder. De tekniska och ekonomiska aspekterna på sådana åtgärder har inte i någon större utsträckning studerats samtidigt.

Den energibesparing som kan erhållas av olika åtgärder, typ tilläggsisolering, bör ofta beräknas noggrannare än vad man idag gör. I allmänhet gör man endast en schablonmässig sk graddagsberäkning. Man måste emellertid ta hänsyn till inverkan på hela byggnadens värmebalans då man gör en omfattande åtgärd.

Det finns också många mera praktiska aspekter på sådana åtgärder som t ex tilläggsisolering av tak och ytterväggar. Vid en beräkning av förväntad energibesparing måste man ta hänsyn till sådana saker som att vissa ytor i praktiken kan vara mycket svårtillgängliga.

En fastighetsägares vilja att spara energi beror i hög grad på hur lönsam på sikt energibesparingsåtgärden är. Det statliga energibesparingsstödet är avsett att ge privatekonomisk lönsamhet - vi vill undersöka om det gäller i detta fall.

En fråga som också måste behandlas är hur lönsamheten av energibesparande åtgärder skall beräknas. Idag används många olika beräkningsmodeller. Resultaten av dessa kan för samma åtgärd bli helt olika.

1.2 UNDERSÖKNINGENS MÅL

Undersökningen var från början avsedd att utföras i två etapper.

I den första etappen skulle byggnadernas värmebalans studeras. Som stöd för detta skulle göras vissa mätningar av värmemotstånd och ventilation i husen.

Materialet om husens tidigare energiförbrukning skulle analyseras i avsikt att få fram skillnader mellan husen som kan relateras till olika

användning, storlek, orientering eller andra inverkanse faktorer.

Med utgångspunkt från husens värmebalans skulle avgöras vilka åtgärder som kunde vara ekonomiskt lönsamma för fastighetsägarna. Dessa skulle studeras med avseende på byggnadstekniska och produktionstekniska problem.

Ett steg 1 skulle avslutas med ett åtgärdsprogram.

Andra etappen skulle till stor del genomföras av byggnadsföretaget O P Wihlborg & Son, som byggt husen. Efter upprättande av förslags- och arbetshandlingar för åtgärderna skulle åtgärdsprogrammet presenteras för fastighetsägarna.

Fastighetsägarnas attityder till olika åtgärder skulle undersökas genom intervjuer.

Efter eventuellt utförda åtgärder skulle dessas effekt på husens energiförbrukning utvärderas under ett par eldningsår.

I undersökningen har ett steg 1 genomförts. Resultatet av ett steg 1 blev emellertid sådant att det inte kan anses meningsfullt att genomföra ett steg 2. Vissa resultat har presenterats för fastighetsägarna av byggnadsföretaget i en broschyr. Det finns emellertid inget underlag för någon utvärdering, varför undersökningen avslutas med denna rapport.

1.3 UNDERSÖKNINGSMETODIK

Den inverkan som olika åtgärder har på energiförbrukningen i en byggnad beror på byggnadens nuvarande energiförbrukning, det vill säga värmebalansen i byggnaden. När man skall undersöka en byggnads värmebalans kan man givetvis använda det material som finns om verklig energiförbrukning. Detta säger någonting om hela huset, men vad beträffar de enskilda byggnadsdelarna, ventilation, ute- och inneklimat, för att bara nämna några inverkanse faktorer, är osäkerheten mycket stor.

En annan möjlighet är att göra omfattande mätningar av olika faktorer som inverkar på byggnadens energiförbrukning, värmemotstånd hos byggnadsdelar, luftomsättning, innetemperaturer m m. Med användande av mätresultaten samt tekniska data för byggnaden kan värmebalansen sedan teoretiskt beräknas.

En mycket begränsad tid har stått till förfogande för undersökningen. Mätdelen har därför begränsats till stickprov av värmemotstånd i tak och ytterväggar samt luftomsättning i två hus. De gjorda mätningarna redovisas i KAP 3. KAP 4 behandlar det material som finns om husens tidigare energiförbrukning.

I KAP 5 har värmebalansen för ett par av hustyperna beräknats teoretiskt. För detta ändamål har gjorts en enkel modell som beskrivs. Ingångsvärden i beräkningarna bygger på ritningar och tekniska beskrivningar av husen, kompletterat med mätresultaten.

I KAP 6 värderas olika byggnadstekniska åtgärder med avseende på energibesparing. Byggnadstekniska konsekvenser diskuteras i samband härmed. Vissa installationstekniska åtgärder tas också upp.

KAP 7 behandlar lönsamhetsbegrepp och kalkylmetoder.

I KAP 8, slutligen, görs en ekonomisk värdering av vissa av de åtgärder som behandlats i KAP 6.

2 BESKRIVNING AV HUSEN

2.1 ALLMÄNT

De undersökta husen ligger i två områden, ett i Bjärred med 212 hus och ett i Malmö med 307 hus. Malmöområdet började byggas 1964 och var färdigställt 1971. Bjärredsområdet började byggas 1965 och var färdigt 1970.

Husen är enplansvillor, byggda i vinkel. De är sammanbyggda med intilliggande hus på 0 - 3 sidor.

I Malmö finns 9 hustyper som skiljer sig åt genom storleken. I Bjärred finns endast 2 typer.

TABELL 2.1. Översikt över hustyper i de undersökta områdena.

OMRADE	BETECKNING	BYGGNADSYTA (INKL GARAGE) (m ²)	VANINGSYTA (m ²)	ANTAL
Malmö	A 133	179	133	91
"	A 144	191	144	126
"	B 153	200	153	
"	B 153 med dubbelgarage	x	153	20
"	B 164	212	164	
"	B 164 med dubbelgarage	x	164	51
"	E 108	x	108	2
"	E 134	x	134	2
"	C 129	172	129	17
Bjärred	C 117	159	117	118
"	C 129	172	129	94

x = Uppgift saknas

Uppvärmning av husen sker med varmvattenradiatorer. Malmöområdet är anslutet till fjärrvärmeverk. I Bjärredsområdet har man egen värmecentral. Detta påverkar debiteringen, det vill säga energipriset. Taxan är uppbyggd av en fast del och en rörlig del som är proportionell mot förbrukningen.

Varje hus har individuell mätning av energiförbrukningen. Mätarna är dock opålitliga, vilket närmare diskuteras i KAP 4.

I Malrö har man en tid misstänkt förluster från varmvattenkylvertar som är dragna under husen. Detta kan vara en förklaring till skillnader i energiförbrukning mellan olika hus.

2.2 BYGGNADSSÄTT OCH BYGGNADSEDELAR

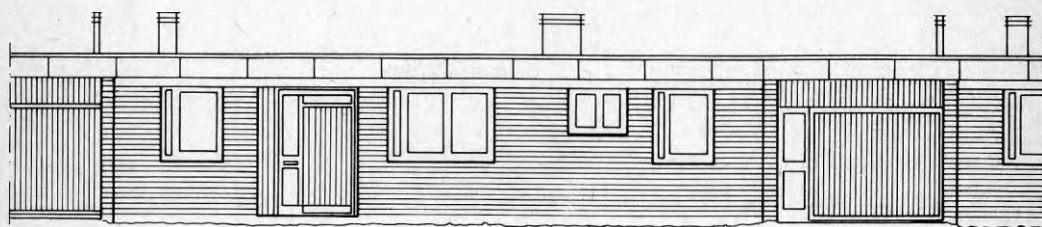
Byggsystemet kännetecknas av förtillverkade delar. Grundläggningen är kryprumsgrundläggning med betongelementbjälklag på förtillverkade fundamentholkar. Våtenheten, badrum, toiletter, kök och tvättrum är helt förtillverkade. Ytter- och innerväggar består av plana element med träregelstomme. Utvändig beklädnad är fasadtegel samt asbestcementskivor på bröstningar under fönster. Takkonstruktionen består av förtillverkade kassetter med isolering och mycket stor luftspalt, ca 30 cm. Taken är nästan horisontella och klädda med papp. Undertak utgörs av vävspänning eller spånskiva.

I FIG 2.1 visas plan och fasader för en av hustyperna, A 133. FIG 2.2 visar sektion genom yttervägg, tak och bjälklag.

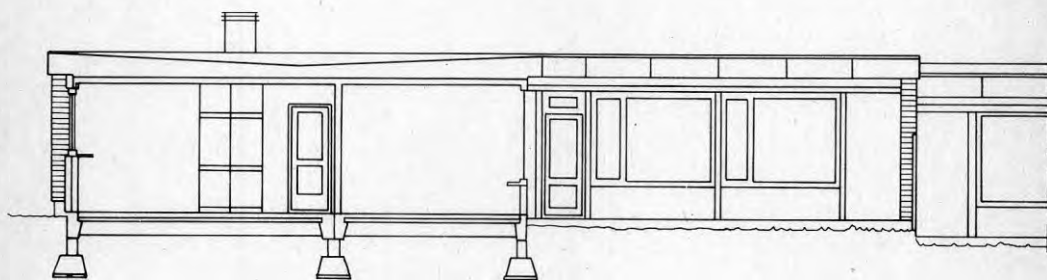
Byggnadsdelarna är i stort sett likadana för alla husen. Undantag från detta är bjälklagen. I en del av husen utgörs isoleringen på undersidan av wellit. Denna har i en del fall fallit ner i kryprummet. I de flesta husen är bjälklagen isolerade med cellplast.

Fönsterkonstruktionen varierar också något. Några av husen har kopplade tvåglasfönster medan andra har isolerrutor.

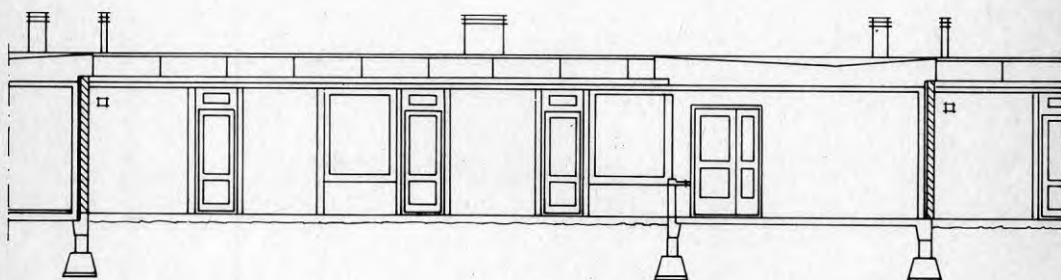
Nedan görs en kortfattad beskrivning av de byggnadsdelar som ingår i klimathöljet, med teoretiskt beräknade eller, i vissa fall, antagna k-värden. I k-värdesberäkningen ingår inte inverkan av de köldbryggor som betingas av anslutningar till t ex fönster, bjälklag m m.



FASAD MOT GATAN

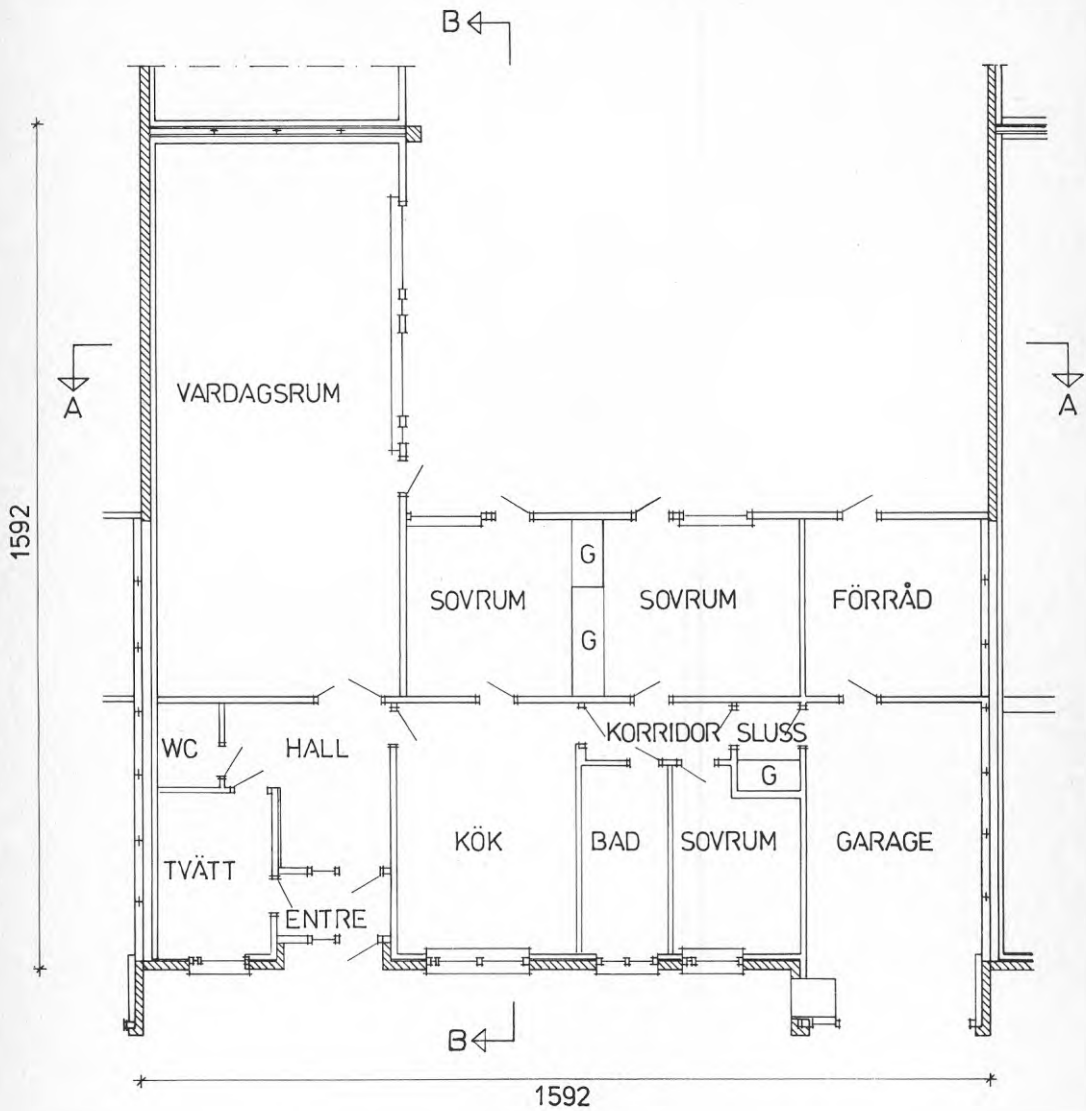


FASAD MOT GÅRDEN OCH SEKTION B-B

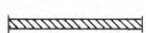


FASAD MOT GÅRDEN OCH SEKTION A-A

FIG 2.1. Plan och fasader för hustyp A 133.



MATERIALBETECKNINGAR :



1/2 STENS FASADTEGEL



TRÄELEMENTVÄGGAR



BRANDVÄGG AV 12cm BETONGELEMANT

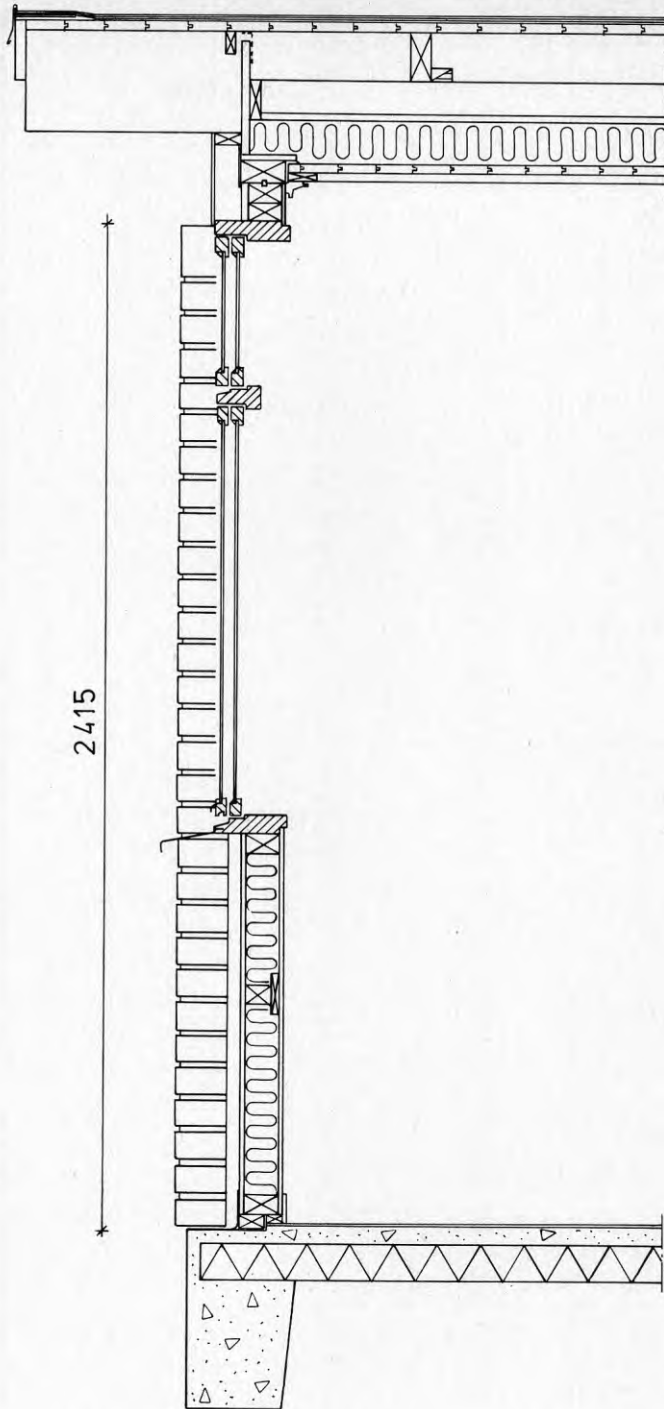


FIG 2.2. Exempel på sektion genom tak, yttervägg och bjälklag.

TABELL 2.2. Teknisk beskrivning av viktiga byggnadsdelar.

Byggnadsdel	Beskrivning	Teoretiskt k-värde (W/m ² K)
golvbjälklag typ 1	70 mm betong, underliggande värmeisolering av 90 mm cellplast	0,43
golvbjälklag typ 2	70 mm betong, underliggande värmeisolering av 100 mm wellit	0,43
yttervägg typ 1	½-stens fasadtegel, ca 30 mm luftspalt, väggelement av ½" asfaltimpregnerad träfiberskiva, 80 mm mineralull mellan reglar c 600 mm, papp och 10 mm spånskiva	0,41
yttervägg typ 2	Som ovan med fasadteglet ersatt med 8 mm asbestcement-skiva	0,44
tak typ 1	3 lag papp, 7/8" spontad panel ca 30 - 40 cm luftspalt (antages ventilerad), 30 mm mineralullsmatta, 100 mm mineralullsmatta, 8" takstol, difftät papp, 5/8" panel, luftspalt ca 25 mm, vävspänning	0,26
tak typ 2	Som ovan med 10 mm spånskiva i stället för luftspalt + vävspänning	0,26

Fönstrens k-värde har i alla beräkningar satts till 2.9 W/m²K inklusive bågar, oavsett konstruktion. Glasdelen har antagits utgöra 90% av fönsterytan.

Väggar mot garage och förråd, vilka normalt är ouppvärmade, består av träelement identiska med dem i ytterväggarna.

3 MÄTNINGAR

3.1 MÄTNINGARNAS SYFTE

De mätningar som utförts har i första hand varit värmeflödesmätningar på ytterväggar och tak samt täthetsprovningar och mätningar av luftomsättning i huset med spårgas.

Projektets begränsade omfattning har inte tillåtit något större mätprogram, varför mätningarna inriktats på bakgrund till värmebalansberäkningar. Två hus har undersökts, ett i Malmö och ett i Bjärred.

Täthetsprovningarna ledde till att en undersökning av var luftläckagen fanns ansågs nödvändig. Därför gjordes termografering, i samband med undertryck, av ett hus.

Tilläggsisolering av kryprummet kan vara en intressant åtgärd. För att bedöma fukttekniska konsekvenser mättes klimatet i de båda husens kryprum under en kort period.

Mätning av inomhustemperatur gjordes i ett fall. Syftet med denna mätning var att bedöma energibesparing genom klimatregerande åtgärder.

3.2 VÄRMEFLÖDESMÄTNINGAR

Tekniken med värmeflödesmätningar på byggnadsdelar är väl känd och har bland annat beskrivits av Johannesson (1978).

Mätningarna avsåg att bestämma värmemotståndet i byggnadsdelens bästa snitt och placerades därför så långt som möjligt från inhomogeniteter (t ex regler i regelväggen), hörn och anslutningar. Varje mätning pågick under minst 3 dygn (oftast längre) och värmeflöden och yttemperaturer integrerades under 20-minutersperioder. Vid varje mätning användes två värmeflödesmätare som sattes ganska nära (ca 10 - 20 cm) varandra. Redovisade resultat avser därför medelvärdet av de två värmeflödesmätarna.

För varje mätperiod fås ett "värmemotstånd"

$$m_{\text{per}} = \frac{\vartheta_{iy, \text{per}} - \vartheta_{uy, \text{per}}}{q_{\text{per}}}$$

$\vartheta_{iy, \text{per}}$ = invändig ytttemperatur integrerad över mätperioden

$\vartheta_{uy, \text{per}}$ = utvärdig ytttemperatur integrerad över mätperioden

q_{per} = värmeflöde integrerat över mätperioden

Detta kan givetvis inte användas direkt eftersom värmetransporten genom byggnadsdelarna inte är stationär, då inne- och utetemperaturer ständigt varierar. Som ett mått på värmemotståndet används därför det ackumulerade medelvärdet

$$m = \frac{\sum_{j=1}^n (\vartheta_{iy, j} - \vartheta_{uy, j})}{\sum_{j=1}^n q_j}$$

där j anger mätperiodens ordningsnummer. Mätningen kan avbrytas när det ackumulerade medelvärdet inte ändrar sig längre. En matematisk simulering av värmetransporten i byggnadsdelen möjliggör kortare mätning. I den här undersökningen har det ovan beskrivna förfarandet ansetts tillräckligt, då det ackumulerade medelvärdet vid alla mätningarna inte ändrat sig nämnvärt efter ett par dygn. FIG 3.1. visar utvärdering av en värmeflödesmätning.

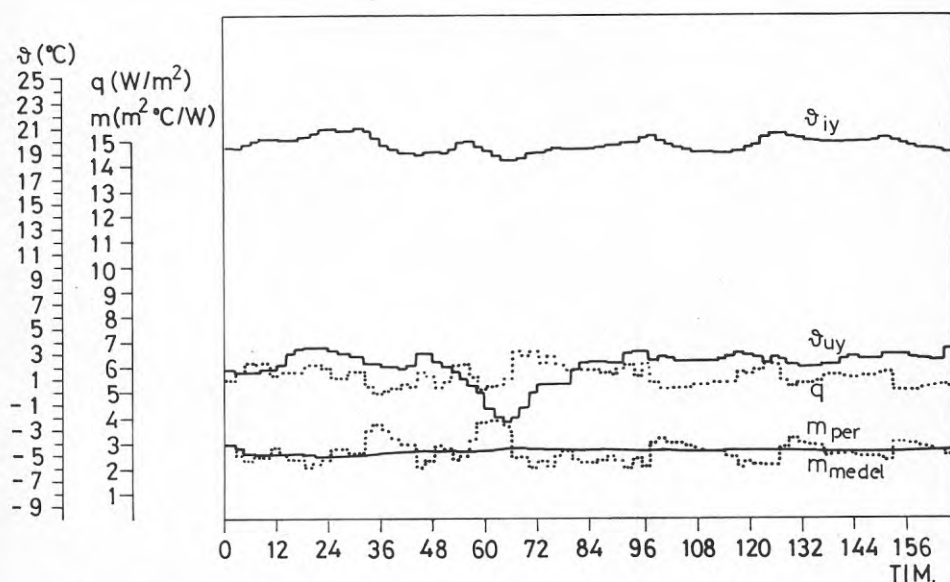


FIG 3.1. Värmeflödesmätning med beräknat värmemotstånd.

Resultatet av värmeflödesmätningar på en konstruktion med ett ventilerat utrymme påverkas, i högre grad än för andra konstruktioner, av var värmeflödesmätaren placeras. Temperaturfördelningen i taket, och därmed värmeflödet genom det, är beroende av bl a avståndet från intagsöppningen för uteluften.

FIG 3.2 visar ett tak bestående av två delar skilda åt av en ventilerad luftspalt. Stationära förhållanden förutsätts. Det värmeflöde som mäts av mätaren på undersidan är

$$q_1 = k_1 (\vartheta_i - \vartheta(x))$$

$$k_1 = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{2} m_0 \quad \text{för delen under luftspalten}$$

ϑ_i = innetemperaturen

$\vartheta(x)$ = temperaturen i luftspalten

Värmeflödet kan också uttryckas som

$$q_1 = k' (\vartheta_i - \vartheta_u)$$

ϑ_u = utetemperaturen

$$k' = k_1 \frac{\vartheta_i - \vartheta(x)}{\vartheta_i - \vartheta_u}$$

Temperaturen i luftspalten, $\vartheta(x)$ kan skrivas som

$$\vartheta(x) = \vartheta_u + (\vartheta_i - \vartheta_u) \cdot \frac{k_1}{k_1 + k_2} \left(1 - e^{-x \frac{(k_1 + k_2)}{u s \rho c}} \right)$$

u = lufthastigheten i spalten (m/s)

s = spaltvidden (m)

ρ = luftens densitet (kg/m^3)

c = luftens specifika värmekapacitet ($\text{J/kg}\cdot\text{K}$)

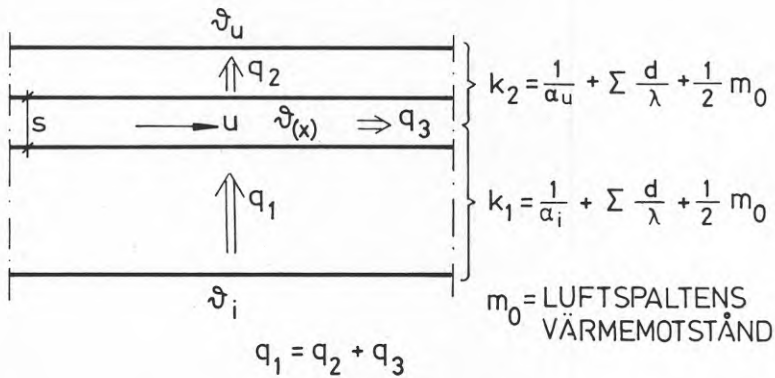


FIG 3.2. Temperaturer och värmeflöden i konstruktion med ventilerad luftspalt.

Vid beräkning av värmeförluster är man intresserad av ett medeltal för taket

$$Q_{\text{tot}} = k_{\text{medel}} \cdot A (\vartheta_i - \vartheta_u)$$

$$k_{\text{medel}} = \frac{1}{L} \int_0^L k' dx$$

L = takets längd (från luftintag till utsläpp)

Efter insättning och integration blir

$$k_{\text{medel}} = k_1 - \frac{k_1^2}{k_1 + k_2} + \frac{k_1^2 \cdot u s \rho c}{L(k_1 + k_2)^2} \left(1 - e^{-\frac{L(k_1 + k_2)}{u s \rho c}} \right)$$

EXEMPEL. För det aktuella taket kan följande värden antas:

$$k_1 = 0,27 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$k_2 = 3 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$L = 10 \text{ m}$$

$$s = 0,30 \text{ m}$$

$$\rho \cdot c = 1200 \text{ J/m}^3\text{K}$$

ϑ_i och ϑ_u antas 20 respektive 0 °C. För luft hastigheten antas 0,05, 0,10, 0,20 och 0,40 m/s. FIG 3.3. visar variationen av k' med avståndet från intagsöppningen, med k_{medel} inlagt. I detta fall är k' -värdets variation mycket litet, vilket är naturligt eftersom luftspalten är stor och konstruktionen ovanför luftspalten har liten isoleringsförmåga.

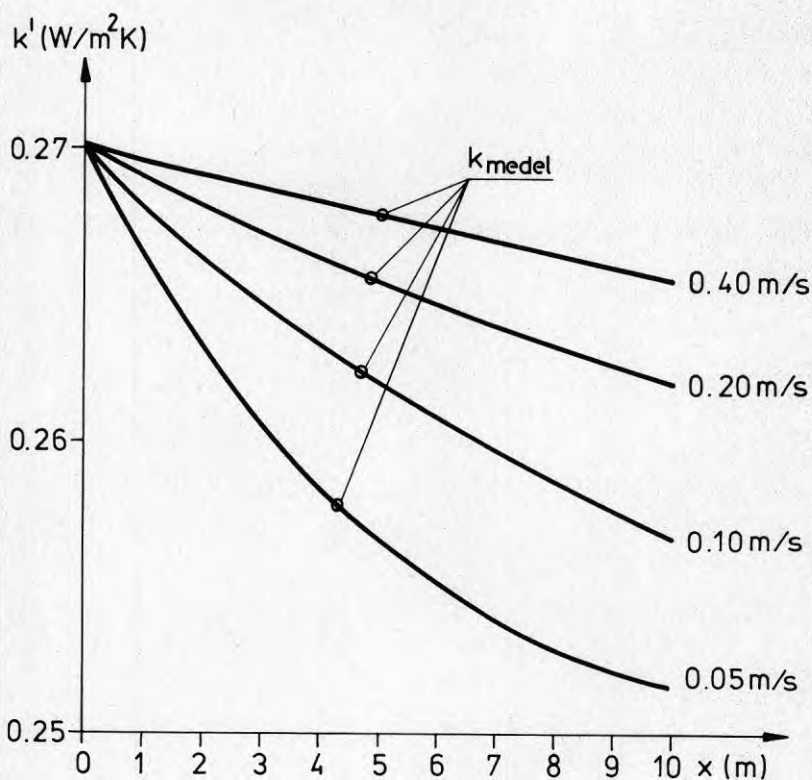


FIG 3.3. Teoretiskt beräknad variation hos k -värdet för en konstruktion med ventilerad luftspalt. $k_1 = 0,27 \text{ W/m}^2\text{K}$, $k_2 = 3 \text{ W/m}^2\text{K}$.

I ovanstående exempel har värmeflödesmätarens placering med hänsyn till temperaturfördelningen i taket ingen större betydelse. Om skillnaden mellan isoleringsförmågan hos takets olika delar inte är så stor samt om luftflödet är mindre blir k' -värdets variation större. I FIG 3.4 visas en beräkning av detta. k_1 har här satts till $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ och k_2 till $2 \text{ W/m}^2\text{K}$. Lufthastigheten är $0,20 \text{ m/s}$ och spaltvidden har satts dels till $0,3$ och dels till $0,05 \text{ m}$. I övrigt gäller data från föregående exempel. Observera att skalan i FIG 3.4 inte är samma som i FIG 3.3. För mätning av ett k -värde som skall användas för energiförlustberäkningar bör mätningen göras i närheten av takets halva längd.

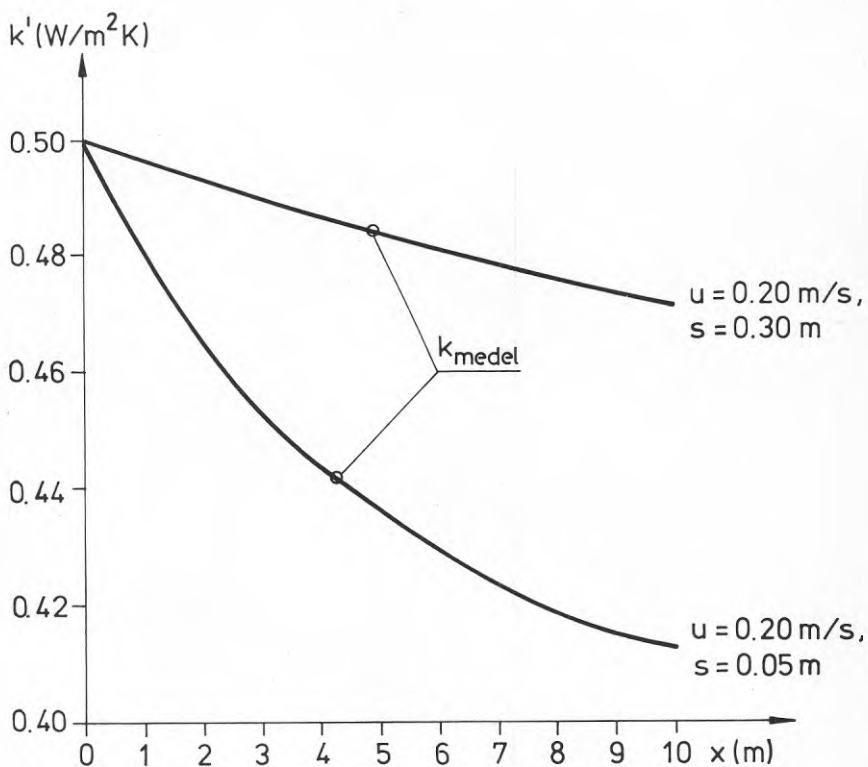


FIG 3.4. Beräkning som i FIG 3.3 med $k_1 = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ och $k_2 = 2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Ovanstående resonemang är givetvis teoretiskt och i vissa avseenden mycket förenklat och bör endast uppfattas som ett försök att uppskatta ventilationsspaltens betydelse för sådana här mätningar. Det finns många andra felkällor som kan ha större inverkan vid värmeflödesmätningar i fält.

Det bör noteras att resonemanget ovan utgår från lufttemperaturen på takets utsida. Den temperatur man mäter är emellertid ytemperaturen som kan påverkas kraftigt av strålning mot taket. Man skulle kunna ta hänsyn till detta genom att införa en ekvivalent utetemperatur på takets utsida. Detta görs emellertid inte här eftersom det inte påverkar resonemanget principiellt.

I TAB 3.1 visas slutresultaten från de gjorda mätningarna som ett värmemotstånd. Som jämförelse har lagts in ett värde som är teoretiskt beräknat i byggnadsdelens bästa snitt.

TABELL 3.1. Genom värmeflödesmätningar erhållna värmemotstånd, jämfört med beräknade värden.

HUS	KONSTRUKTION	VÄRMEMOTSTÅND (m^2K/W)	
		UPPMÄTT	BERÄKNAT
MALMÖ	YTTERVÄGG TYP 1	2,68	2,48
"	"	2,60	2,48
"	YTTERVÄGG TYP 2	2,20	2,29
"	TAK TYP 2	3,69	3,31
BJÄRRED	YTTERVÄGG TYP 1	2,95	2,48
"	YTTERVÄGG TYP 2	1,73	2,29
"	TAK TYP 2	3,40	3,31

3.3 TÄTHETSPROVNINGAR OCH LUFTOMSÄTTNINGSMÄTNINGAR

För beskrivning av mättekniken hänvisas till Hildingson et al (1976).

Täthetsprovningar med tryckmetoden har utförts i de båda undersökta husen. Husen har fyra evakueringskorstenar, från badrum, toalett, köksfläkt och torkskåp. I ett av husen (Malmö) finns dessutom en ventil i en bastu. I Bjärred utfördes mätningen med alla skorstenar förtejpad. I Malmö gjordes mätningen både med och utan förtejpad ventilationsöppningar. I Malmö fanns mycket stora mätproblem. Det gick inte i någon av mätningarna

att få högre undertryck inomhus än ca 15 - 20 Pa. Mätnoggrannheten måste härvid anses vara så dålig att inga långtgående slutsatser kan dras av mätningarna. En av orsakerna till problemen kan vara att man i direkt anslutning till huset har ett stort garage. Försök gjordes att tätta dörren till detta, men det gav inget utslag på mätningen. Det är emellertid rimligt att anta att luftläckaget genom byggnadens omslutningsytor är mycket stort. Ett försök att komma tillrätta med detta gjordes genom att man i det mycket stora antalet fönster och dörrar bytte tätningslister mellan karm och båge. Befintliga lister var av ylle och i dålig kondition. De lister som sattes in var gummilister av O-typ. Efter tätningen gjordes en ny mätning, men ingen nämnvärd förbättring kunde iakttagas. För att lokalisera ytterligare läckage gjordes därför en termografering, vilket beskrivs i KAP 3.4.

I Bjärred gick täthetsprovningen normalt. I FIG 3.5 visas husets täthetskaraktäristik.

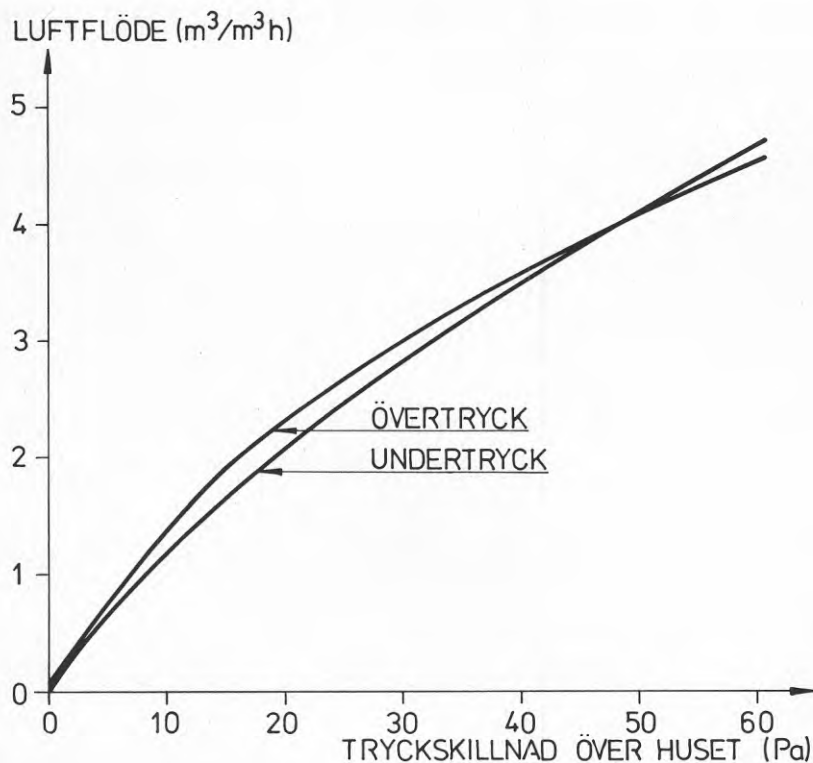


FIG 3.5. Resultat av täthetsprovning av Bjärredshus, typ C 117.

Luftflödet vid 50 Pa tryckskillnad är ca 4 oms/h. I kommentaren till Svensk Byggnorm 1975:3 anges att detta för nyproduktion bör vara 3 oms/h (friliggande småhus samt kedjehus).

Mätningar av luftomsättningen under naturliga förhållanden gjordes med spårgas i båda husen. Mätningarna gjordes vid samma tillfälle med och utan förtejpade ventilationsöppningar. Avsikten med detta var att få en indikation på hur ventilationen under naturliga förhållanden fördelade sig mellan ventilationsöppningarna och klimathöljet. Man måste vid värdering av dessa mätningar notera att enstaka spårgasmätningar endast kan betraktas som stickprov på husets uppförande under naturliga förhållanden då detta är starkt beroende av vädret. I TAB 3.2. redovisas resultatet av spårgasmätningarna med kommentarer om klimat och övriga förutsättningar.

TABELL 3.2. Spårgasmätningar i Malmö och Bjärred.

HUS	ϑ_i ($^{\circ}\text{C}$)	ϑ_u ($^{\circ}\text{C}$)	VINDHASTIGHET (m/s)	n(oms/h)	ANM
Malmö	22	9	ca 5	0,47	otejpade ventila- tionsöppningar
"	22	9	ca 5	0,42	tejpade ventila- tionsöppningar
"	21	5	7 - 8	0,13	tejpade ventila- tionsöppningar samt tätade fön- ster och dörrar
Bjärred	22	6	7 - 8	0,31	otejpade ventila- tionsöppningar
"	22	6	7 - 8	0,25	tejpade ventila- tionsöppningar

Trots svårigheter att dra slutsatser av enstaka spårgasmätningar indikerar mätningarna att byte av tätningslistor har haft en icke försumbar inverkan på luftomsättningen.

3.4 TERMOGRAFERING

Ett försök att lokalisera otätheter i Malmöhuset gjordes genom att huset termograferades samtidigt som en fläkt skapade undertryck inomhus. Termograferingen ägde rum efter tätningen av dörrar och fönster.

Termogrammen visas i BIL 1/1 - 6. Mätpunkternas läge framgår av FIG 3.6. I alla punkterna utom en togs endast gråtonsbilder och inga isotermbilder.

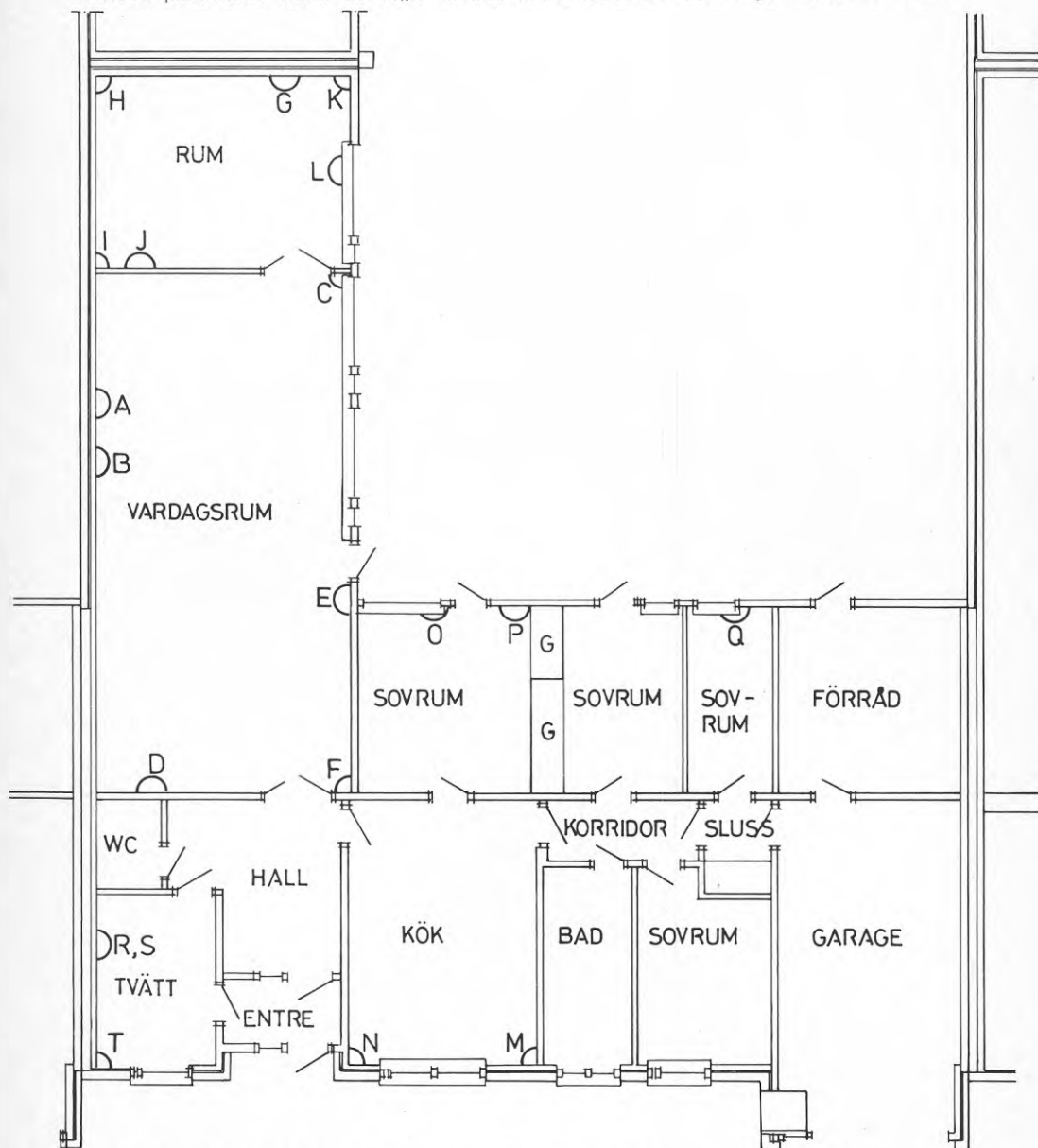


FIG 3.6. Planskiss av Malmöhuset med angivande av mätpunkter vid termografering.

Vid mättillfället var innetemperaturen 21°C , utetemperaturen 5°C och tryckskillnaden över huset ca 15 Pa .

Samtidigt med termograferingen gjordes också lufthastighetsmätningar med en anemometer.

Det mest frapperande i mätningen är de luftströmningar som uppstod vid takvinkeln även då angränsande vägg var en innervägg, vilket framgår t ex av bilderna av mätpunkt D och F. Detta förekom i de utrymmen där undertaket består av vävspänning. I andra delar av huset, där undertaket är spånskiva kunde inga liknande tendenser upptäckas.

Lufthastighetsmätningar vid takvinkeln gav hastigheter på $0,5 - 1\text{ m/s}$ även mot innerväggar i utrymmen med vävspänt undertak. Där undertaket är panel uppmättes ca $0,5\text{ m/s}$ i några punkter på anslutningar till yttervägg, och i övrigt mycket små hastigheter.

3.5 KLIMAT I KRYPRUM

Temperatur och relativ fuktighet mättes i de båda husens kryprum med en termohygrograf. Denna fick stå i kryprummet en vecka.

I Malmöhuset var temperaturen i kryprummet ganska hög. Den varierade mellan 13 och 15°C under veckan. Utetemperaturen låg vid samma tillfälle omkring 0°C och något under. Relativa luftfuktigheten i utrymmet varierade mellan 70 och 90% . Den höga temperaturen kan förklaras av värmeavgivning från varmvattenrör i kryprummet. Dessas isolering var i dåligt skick.

I Bjärredshuset var kryprumstemperaturen ganska konstant 9°C under mätperioden. Utetemperaturen var i det här fallet omkring 0°C och något över under mätperioden. Relativa luftfuktigheten var hela tiden omkring 90% .

Försök gjordes att mäta ventilationsomsättningen med spårgas, men detta kan inte anses meningsfullt då det inte fanns någon avgränsning till kryprummen under de andra husen i längan.

3.6 INOMHUSTEMPERATUR

I ett av rummen i Bjärredshuset mättes inomhustemperaturen i sex dagar. Avsikten med mätningen var att konstatera hur stora ofrivilliga variationer i innetemperaturen man hade. Ingen medveten reglering av värmeförseln gjordes under denna tid. Rummet var ett TV-rum där man vistades om kvällarna. Resultatet visas i FIG 3.7. Innetemperaturen har under dagarna varit omkring 20 °C. Under vardagskvällarna har temperaturen stigit till ca 24 °C. Lördagskvällen har man haft maximum med 26 °C, vilket hänger samman med att man hade gäster i huset. Under en dag har temperaturen varit hög mitt på dagen. Detta kan bero på solstrålning, men är obekräftat. Medeltemperaturen under mätperioden har varit 22 °C.

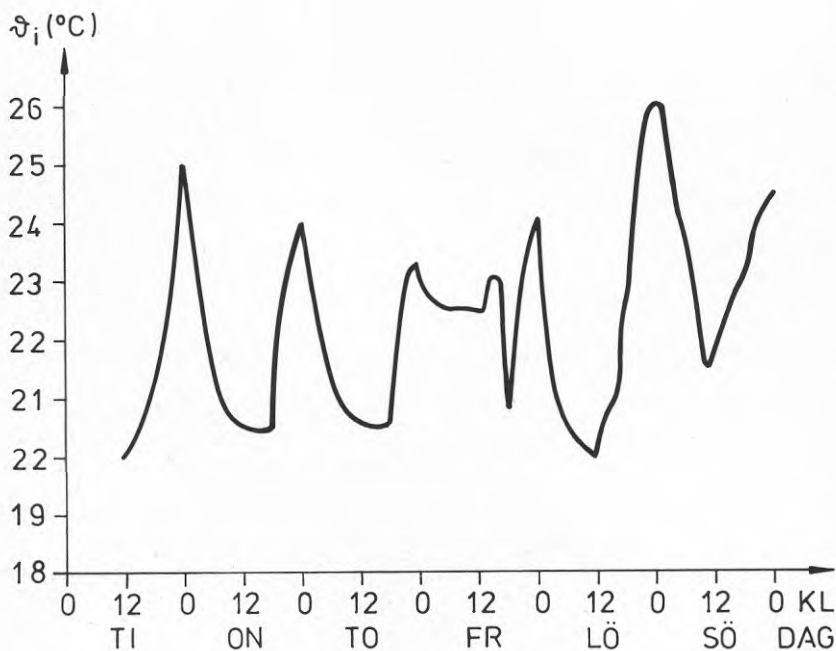


FIG 3.7. Inomhustemperaturens variation 31/1 - 5/2 1978 i TV-rummet i ett hus i Bjärred.

4. NUVARANDE ENERGIFÖRBRUKNING - VÄRMEFÖRBRUKNINGSMÄTNINGAR

4.1 ALLMÄNT

Varje hus i Malmö- och Bjärredsområdet har egen värmeförbrukningsmätare. Det har, speciellt under de första åren efter att husen byggts, varit stora problem med att mätarna inte har fungerat på avsett sätt. De hus vars förbrukningar ansetts orimliga har ofta debiterats för medianförbrukningen för resten av husen i området. Det har tyvärr inte gått att få fram uppgifter av Svensk Värmevärmemätning, som på senare tid skött mätning och debitering, om vilka hus som schablondebiterats.

Uppmätta energiförbrukningar avser både uppvärmning och varmvattenförbrukning.

Uppgifter om förbrukningen finns för Malmöhusen från och med 1964 och för Bjärredshusen från och med 1965. Luckor finns i statistiken år 1969 för Bjärredshusen och år 1973 för Malmöhusen.

Alla förbrukningar är registrerade i enheten Gcal. Vid bearbetningen har denna enhet behållits. Förbrukningarna anges på 0,1 Gcal när 1 Gcal är ca 1160 kWh.

Uppmätta förbrukningsvärden anges gälla från den 1:e juli ett år till samma datum nästa år. I vissa fall, speciellt då husen var nybyggda, har också angivits om förbrukningen gäller för kortare tid än ett helt år. Vid bearbetningen av materialet har de hus uteslutits där uppmätt förbrukning inte gällt ett helt år. I de andra fallen vet man inte exakt avläsningsdatum, men uppmätta förbrukningar har antagits gälla för hela året.

Det finns alltså många frågetecken kring det befintliga materialet. Av denna anledning har endast en ganska enkel bearbetning gjorts. Det finns knappast underlag för att dra slutsatser om olika faktorerers inverkan på energiförbrukningen. Detta medför också att eventuell inverkan av energibesparande åtgärder inte kan studeras med hjälp av värmevärmemätningarna.

4.2 RÅBEARBETNING AV MATERIALET

För det tillgängliga materialet har medelvärde, median, standardavvikelse, variationsbredd och variationskoefficient beräknats. Detta redovisas i TAB 4.1 för Malmöhusen och TAB 4.2 för Bjärredshusen. Endast hus vars förbrukningsvärden angetts gälla för ett helt år har tagits med.

TABELL 4.1. Uppmätt energiförbrukning för husen i Malmöområdet. Råbearbetning. Förbrukningen uttryckt i Gcal.

År	Antal hus	mv	σ	median	$\sigma/mv \cdot 100(\%)$	variationsbredd
64/65	0	-	-	-	-	-
65/66	47	29,4	5,2	28,1	18	25
66/67	74	29,5	9,6	27,2	33	42,1
67/68	97	28,9	8,6	28,4	30	51,2
68/69	147	28,7	6,1	28,4	21	39,7
69/70	184	29,6	6,5	28,5	22	30,8
70/71	214	26,4	5,7	25,9	21	34,9
71/72	251	25,4	5,2	24,6	20	26,6
72/73	306	23,8	5,3	23,3	22	26,4
73/74	0	-	-	-	-	-
74/75	306	20,8	5,4	20,6	26	32,4
75/76	306	22,1	5,4	21,4	25	30,8
76/77	306	22,2	4,8	22,4	22	27,2

TABELL 4.2. Uppmätt energiförbrukning för husen i Bjärredsområdet. Råbearbetning. Förbrukningen uttryckt i Gcal.

År	Antal hus	mv	σ	median	$\sigma/mv \cdot 100(\%)$	variationsbredd
64/65	0	-	-	-	-	-
65/66	0	-	-	-	-	-
66/67	21	26,3	11,8	22,9	45	53,7
67/68	48	25,6	8,1	25,2	31	43,4
68/69	80	22,8	6,8	21,7	30	38,5
69/70	6	25,1	7,0	25,4	28	17,4
70/71	157	21,6	4,9	21,1	23	24,8
71/72	181	21,8	5,5	21,6	25	46,3
72/73	191	21,9	4,6	21,7	21	18,8
73/74	212	20,7	4,6	20,6	22	18,3
74/75	212	18,6	3,4	18,5	18	17,9
75/76	212	19,4	3,4	18,9	18	23,0
76/77	212	19,5	3,8	19,3	20	17,0

Spridningen mellan de olika husen är stor, speciellt de första åren. Frekvensfördelningar med klassbredden 1 Gcal har ritats upp för Malmöhusen åren 1970 - 72 och 1974 - 76 i FIG 4.1 och för Bjärredshusen åren 1971 - 76 i FIG 4.2. Den är uttryckt som relativ frekvens i förhållande till totala antalet hus. Som en jämförelse har normalfördelningens frekvensfunktion lagts in i respektive figurer.

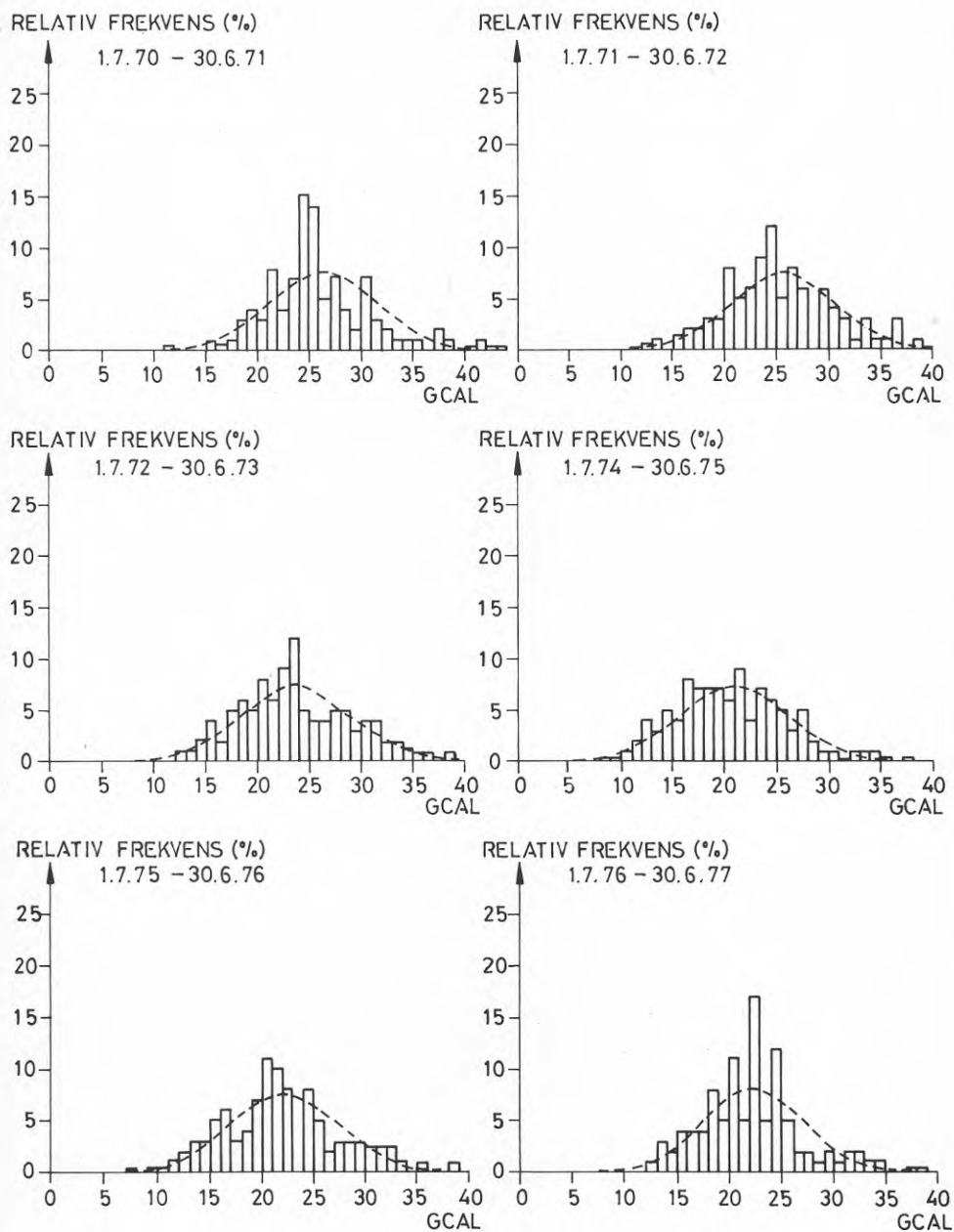


FIG 4.1. Energiförbrukning i Malmöhusen under olika eldningsår. Materialet klassindelad med bredden 1 Gcal. Normalfördelningens frekvensfunktion inläad.

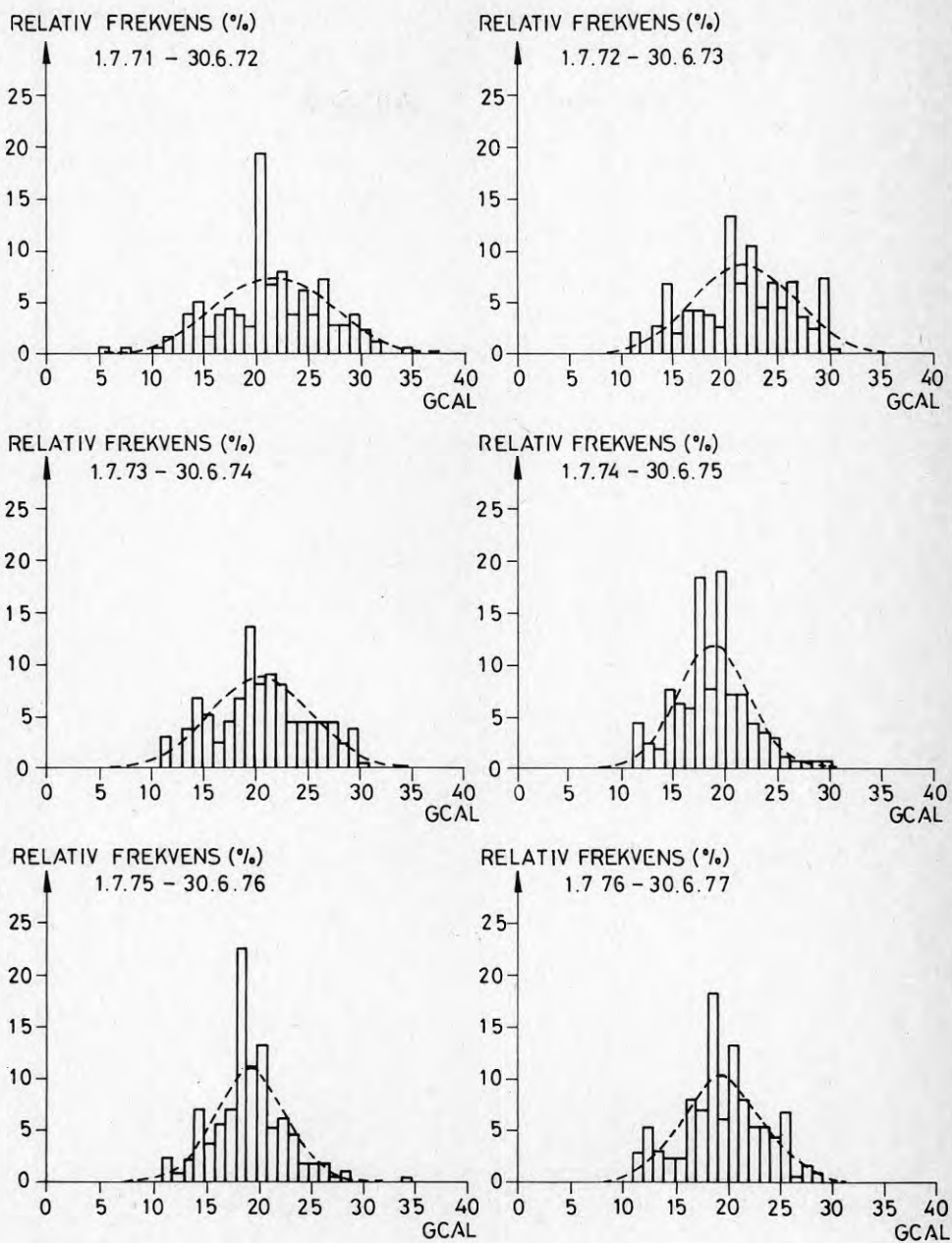


FIG 4.2. Energiförbrukning i Bjärredshusen under olika eldningsår. Materialet klassindelad med bredden 1 Gcal. Normalfördelningens frekvensfunktion inläad.

4.3 KORRIGERING TILL NORMALAR

För att kunna jämföra energiförbrukningen i områdena mellan olika år har gjorts en omräkning av uppmätta värden med hjälp av antalet graddagar under de aktuella åren. Förklaring av begreppet graddagtal görs i KAP 5. Här har förutsatts att man rätt väl kan ta hänsyn till klimatskillnader mellan olika år genom att använda graddagtalet. I VVS-tidningen publiceras varje månad antalet graddagar för olika orter, däribland Malmö. Normalåret 1931 - 60 har graddagtalet 3020. Detta avser eldningssäsongen och inte kalenderåret. TAB 4.3 anger, för aktuella eldningssäsonger, graddagtalet i Malmö.

TABELL 4.3. Graddagar i Malmö eldningssäsongerna 64/65-76/77. Källa: Tidskriften VVS.

Eldningssäsong	Graddagtalet Q	% av normalåret 1931-60
64/65	3141	104
65/66	3231	107
66/67	2899	96
67/68	2990	99
68/69	3231	107
69/70	3413	113
70/71	3020	100
71/72	2929	97
72/73	2929	97
73/74	2990	99
74/75	2839	94
75/76	3080	102
76/77	3111	103

Energiförbrukningen W_{akt} för året med graddagtalet Q_{akt} har korrigerats enligt

$$W_{NORMALAR} = \frac{Q_{NORMALAR}}{Q_{AKT}} \cdot W_{AKT}$$

I FIG 4.3 och 4.4 visas de korrigerade medelvärdena av energiförbrukningen i Malmöområdet respektive Bjärredsområdet.

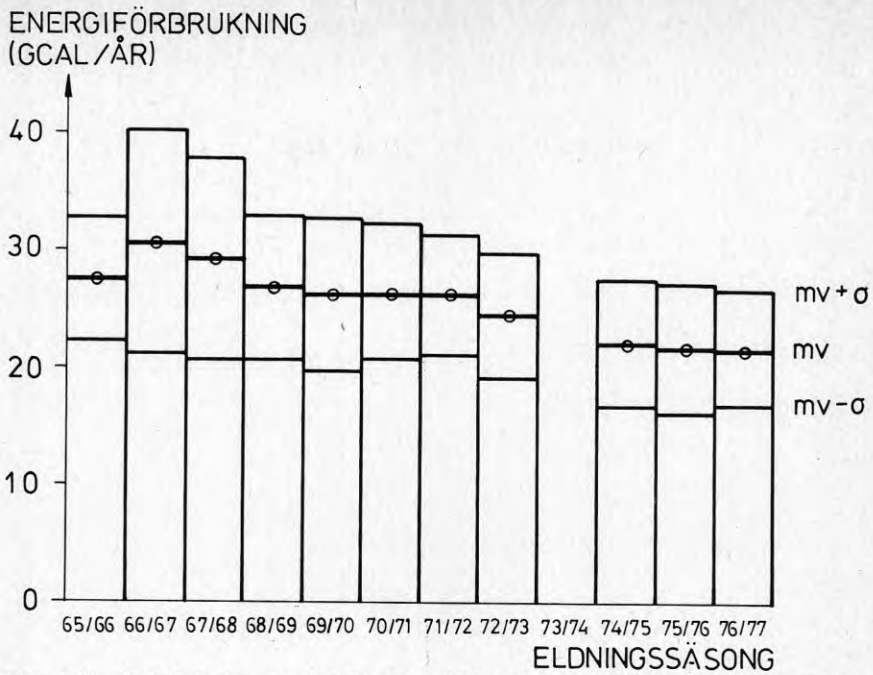


FIG 4.3. Medelvärden av årlig energiförbrukning i Malmöområdet. Förbrukningarna korrigerade till normalår.

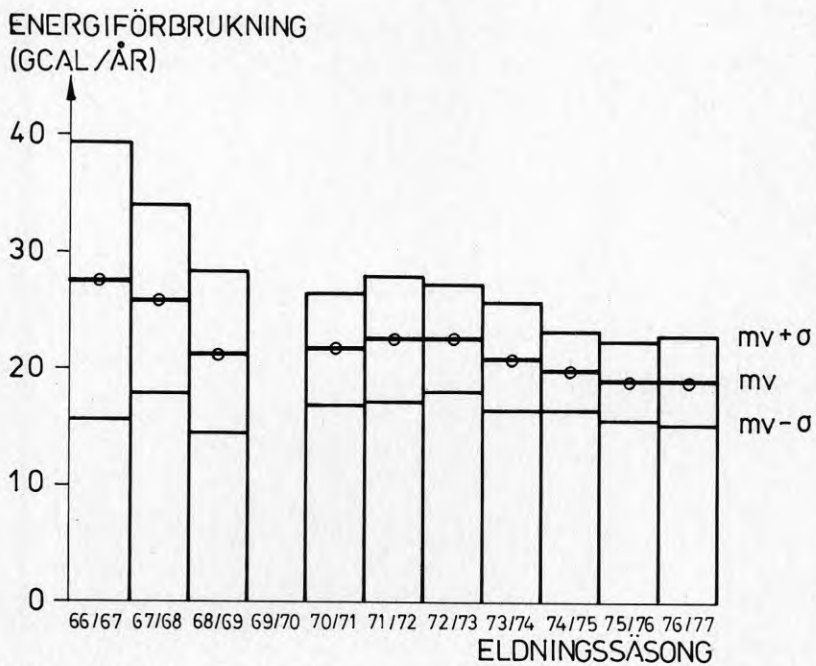


FIG 4.4. Medelvärden av årlig energiförbrukning i Bjärredsområdet. Förbrukningarna korrigerade till normalår.

I båda områdena verkar det finnas en tendens till sänkt energiförbrukning efter den så kallade energikrisen som inträffade under eldnings säsongen 1973/74.

För att testa om det finns en signifikant skillnad mellan medelvärden kan man sätta upp ett konfidensintervall för skillnaden mellan dem. Om uppmätta energiförbrukningar i området under år i betraktas som ett stickprov från en population med medelvärdet μ_i och standardavvikelsen σ_i , är en skattning av skillnaden i medelvärde mellan två år, $\mu_i - \mu_j$ lika med $\bar{x}_i - \bar{x}_j$ där \bar{x}_i och \bar{x}_j är stickprovens beräknade medelvärden. Standardavvikelsen σ_i och σ_j skattas med s_i och s_j , beräknade av stickprovens värden.

För att sätta upp konfidensintervallet används t-fördelningen. På signifikansnivån $1 - \alpha$ blir konfidensintervallet

$$\mu_i - \mu_j = (\bar{x}_i - \bar{x}_j) \pm t_{\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{s_i^2}{n_i} + \frac{s_j^2}{n_j}}$$

där n_i och n_j är antal värden i respektive stickprov. Antal frihetsgrader för t-fördelningen kan sättas till det minsta värdet av $(n_i - 1)$ eller $(n_j - 1)$. (Se Wonnacott & Wonnacott 1977).

EXEMPEL

För att kontrollera om skillnaden mellan energiförbrukningarna i Malmöområdet under eldnings säsongerna 72/73 och 74/75 är signifikant på 95%-nivån gör vi konfidensintervallet för de korrigerade medelvärdena

$$\begin{aligned} \mu_1 - \mu_2 &= (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) \pm t_{0,025} \sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}} = \\ &= (24,5 - 22,1) \pm 1,96 \sqrt{\frac{5,26^2}{306} + \frac{5,42^2}{306}} = 2,4 \pm 0,9 \end{aligned}$$

Ett intervall som med 95% sannolikhet täcker över skillnaden mellan de två årens korrigerade energiförbrukningar är alltså 1,5 - 3,3 Gcal.

I TAB 4.4 har konfidensintervallen på tre olika signifikansnivåer beräknats för skillnaden mellan eldningsssäsongerna 72/73 och 74/75 i Malmöområdet samt för skillnaden mellan eldningsssäsongerna 72/73 och 73/74 i Bjärredsområdet.

TABELL 4.4. Konfidensintervall för skillnaden mellan energiförbrukning före och efter energikrisen i Malmö- och Bjärredsområdet.

OMRADE	SKILLNAD MELLAN ÅREN	SKATTAD SKILLNAD MELLAN MEDELVÄRDEN	KONFIDENSINTERVALL PÅ NIVÅN		
			95%	99%	99,9%
Malmö	72/73 och 74/75	2,4 Gcal	2,4±0,9	2,4±1,1	2,4±1,4
Bjärred	72/73 och 73/74	1,6 Gcal	1,6±0,9	1,6±1,2	1,6±1,5

Med de data som finns tillgängliga verkar det troligt att energikrisen medfört sänkt energiförbrukning i områdena. Ingen större ökning av energiförbrukningen i områdena kan iakttagas under de följande år som funnits tillgängliga för bearbetning.

4.4 SKILLNADER MELLAN OLIKA HUSTYPER

För att se hur husens storlek inverkar på energiförbrukningen, har materialet delats upp med avseende på olika hustyper.

Hustyp E 108 och E 134 har inte tagits med eftersom det bara finns två vardera av dessa. Ingen skillnad har gjorts mellan samma hustyp med enkel- respektive dubbelgarage. I FIG 4.5 - 4.8 visas uppmätta förbrukningar för varje hustyp under de år som är aktuella. Värdena avser endast hus med ett helt års förbrukning, och är inte korrigerade till normalår. Medelvärde och standardavvikelse för varje hustyp har lagts in i figurerna.

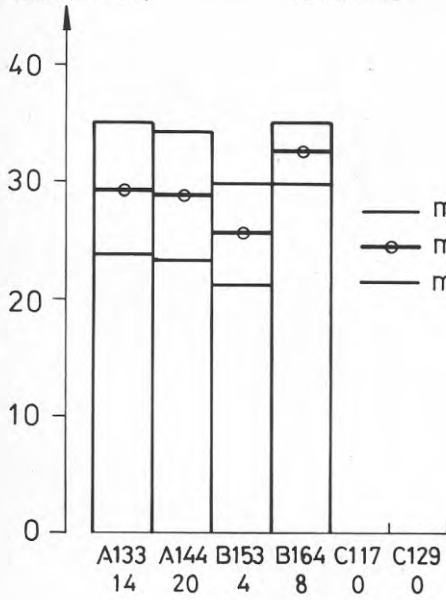
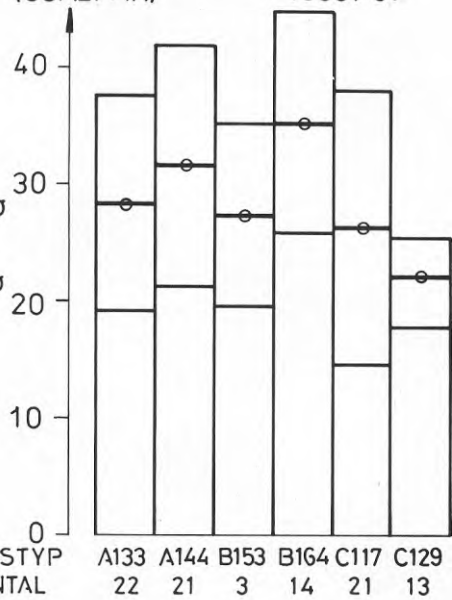
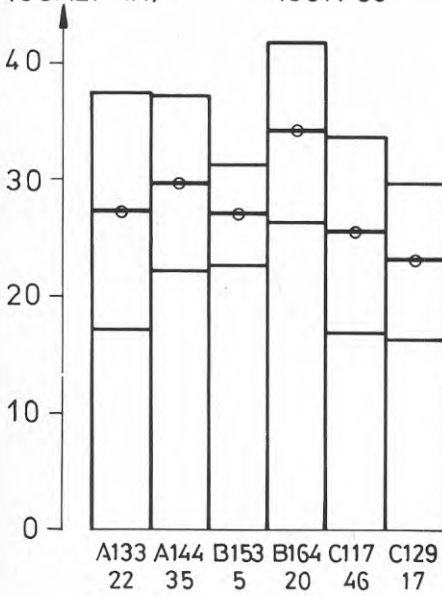
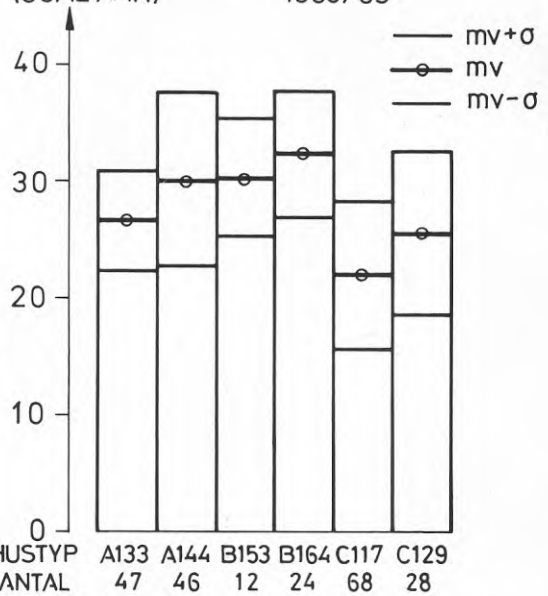
ENERGIFÖRBRUKNING
(GCAL/ÅR) 1965/66ENERGIFÖRBRUKNING
(GCAL/ÅR) 1966/67ENERGIFÖRBRUKNING
(GCAL/ÅR) 1967/68ENERGIFÖRBRUKNING
(GCAL/ÅR) 1968/69

FIG 4.5. Energiförbrukning i olika hustyper eldningssäsongerna 65/66-68/69.

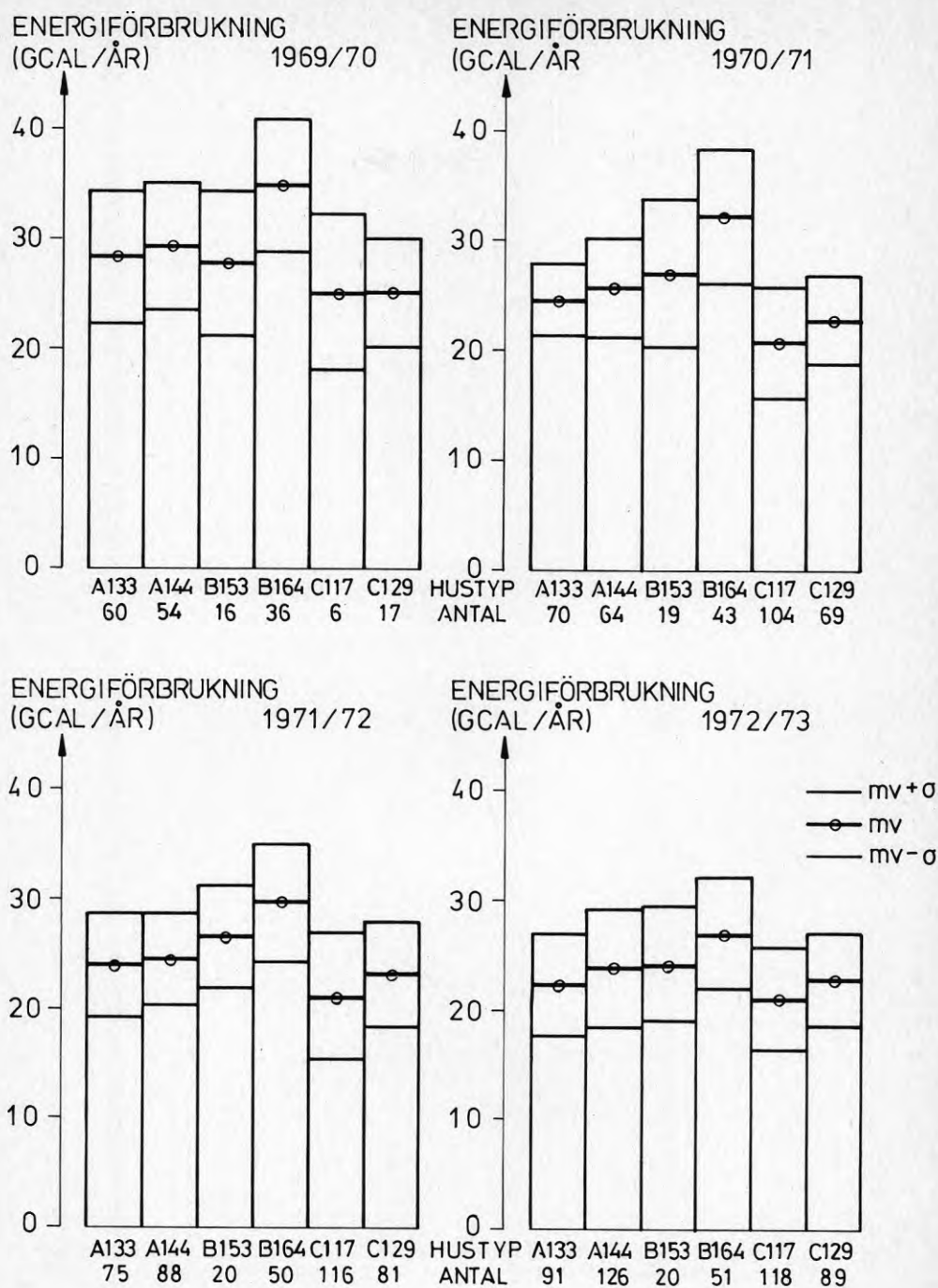


FIG 4.6. Energiförbrukning i olika hustyper eldningsäsongerna 69/70-72/73.

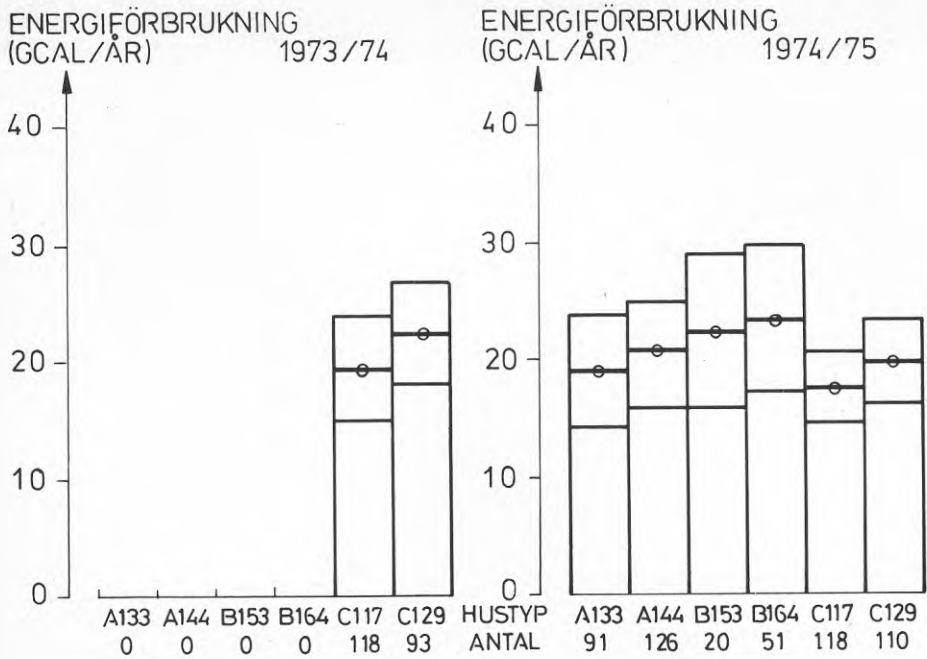


FIG 4.7. Energiförbrukning i olika hustyper eldningssäsongerna 73/74-74/75.

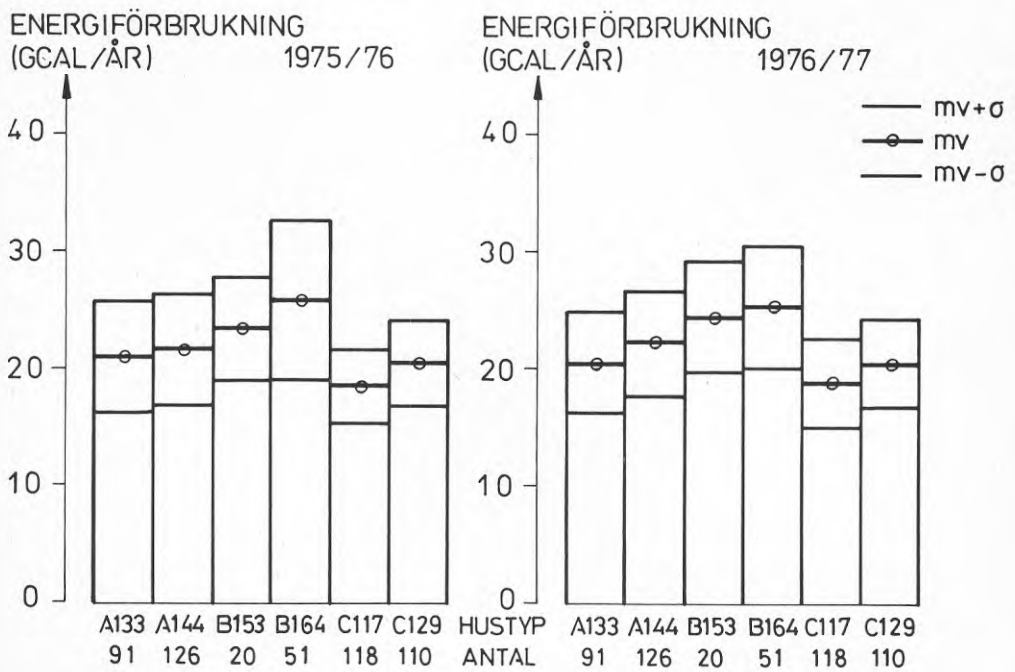


FIG 4.8. Energiförbrukning i olika hustyper eldningssäsongerna 75/76 och 76/77.

De första eldningssäsongernas statistik förefaller full av motsägelser, vilket i och för sig inte är förvånande eftersom den omfattar ett litet antal hus, och eftersom problemen med värmemätningarna verkar ha varit störst under denna period. Under de senare åren finns det en klar rangordning mellan de olika hustyperna. I det minsta huset, C 117, förbrukas i medeltal minst energi under eldningssäsongen 68/69 - 74/75. I det största huset, B 164, förbrukas under hela perioden i medeltal mer energi än i någon av de andra hustyperna. För att undersöka om signifikanta skillnader föreligger mellan de olika hustyperna har konfidensintervall för skillnaden mellan medelvärdena beräknats på samma sätt som i föregående avsnitt. Eldningssäsongen 1976/77 har valts som exempel, och de konfidensintervall som beräknats täcker med 95% sannolikhet över skillnaden. Resultatet visas i en matris i TAB 4.5.

TABELL 4.5. Konfidensintervall för skillnader mellan olika hustypers medelenergiförbrukning eldningssäsongen 1976/77. Signifikansnivå 95%. Värdena angivna i Gcal.

	A 133	A 144	B 153	B 164	C 117	C 129
A 133	-	-1,7±1,2	-3,9±2,4	-4,8±1,7	1,7±1,1	0±1,2
A 144	-1,7±1,2	-	-2,2±2,4	-3,1±1,7	3,4±1,0	1,6±1,1
B 153	3,9±2,4	2,2±2,4	-	-0,9±2,7	5,6±2,3	3,9±2,4
B 164	4,8±1,7	3,1±1,7	0,9±2,7	-	6,5±1,6	4,7±1,7
C 117	-1,7±1,1	-3,4±1,0	-5,6±2,3	-6,5±1,6	-	-1,7±1,0
C 129	0 ±1,2	-1,6±1,1	-3,9±2,4	-4,7±1,7	1,7±1,0	-

Konfidensintervallet i en ruta avser skillnaden mellan hustypen i den vågräta raden och hustypen i den lodräta raden, varför samma skillnad uppträder två gånger i tabellen men med olika tecken.

De hus där skillnaden är liten, eller där variationen i materialet medför att eventuell skillnad täcks över, är i allmänhet de hus vars ytor ligger nära varandra, vilket också är rimligt.

4.5 INVERKAN AV FRI YTTERVÄGGSYTA

Husen är delvis sammanbyggda med varandra. Samma hustyp kan vara sammanbyggd med sina grannar på 1, 2 eller 3 sidor. För att undersöka om detta har någon inverkan på energiförbrukningen har gjorts en uppdelning med avseende på antalet sammanbyggda sidor, inom grupper med hus av samma typ. I FIG 4.9 visas exempel på denna analys för eldningsäsongerna 1970/71 och 71/72. I figuren har medelvärde och standardavvikelse lagts in för de olika grupperna. Siffrorna ovanför staplarna anger hur många hus som funnits i varje grupp.

I allmänhet är skillnaderna små mellan medelvärden för hus av samma typ. Ett undantag är hustyp B 153. Det finns dock ett mycket litet antal hus av denna typ. Den allmänna slutsatsen blir att andra faktorer troligen har betydligt större inverkan på energiförbrukningen.

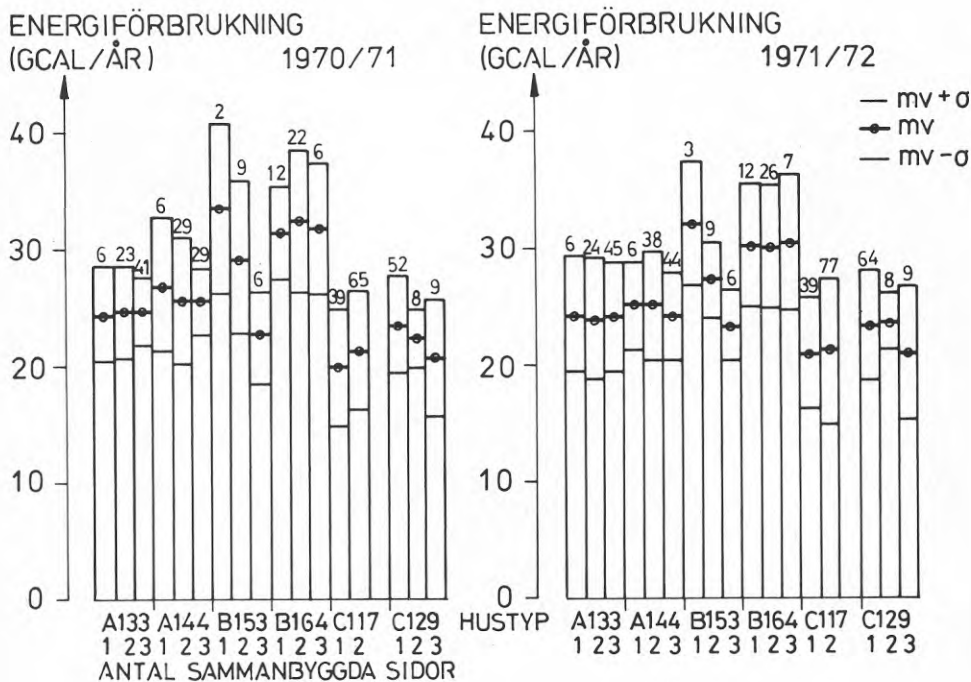


FIG 4.9. Uppdelning av husen i grupper med avseende på antal sammanbyggda sidor.

4.6 VARIATIONER HOS ENSKILDA HUS

För att undersöka hur energiförbrukningen i ett och samma hus varierar mellan olika år har materialet indelats i klasser med bredden 5 Gcal. För varje år har registrerats vilka hus som ingår i respektive klasser. 10 klasser har använts, där den första omfattar hus med förbrukningen 0 - 5 Gcal och den sista hus med förbrukningen 45 - 50 Gcal. TAB 4.6 är en detaljstudie av 50 st hus i Malmöområdet. För varje eldningssäsong anges vilken klass huset tillhör. De sista kolumnerna är en sammanställning av hur många år husen tillhört olika klasser. För många av husen är variationen remarkabelt stor, med hänsyn till att klasserna är breda, ca 5800 kWh. Det kan finnas flera förklaringar till det, förutom mätarfel och schablondebitering under vissa år. Huset kan ha bytt ägare eller familjens storlek ändrats, vilket kan ha stor inverkan på levnadsvanorna och därmed energiförbrukningen.

I FIG 4.10 och 4.11 har energiförbrukningen för alla husen i Malmöområdet lagts in för två på varandra följande eldningssäsonger. Samma klassbredd har använts, 5 Gcal, och klasstillhörigheten har markerats med en kod på kartorna. Samma tillvägagångssätt har använts för Bjärredsområdet, vilket visas i FIG 4.12 och 4.13.

Ett stort antal hus ligger kvar i samma klass år efter år. Det finns emellertid gott om exempel på hus vars energiförbrukning drastiskt verkar ändras mellan olika år.

TABELL 4.6. Indelning i klasser om 5 Gcal av energiförbrukningen i hus nr 1 - 50 i Malmöområdet. Siffrorna i tabellen anger klasstillhörigheten.

HUS NR	ELDNINGSSÄSONG												ANTAL AR I KLASS									
	65 66	66 67	67 68	68 69	69 70	70 71	71 72	72 73	74 75	75 76	76 77	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	7	6	2	6	7	6	6	5	4	4	5	0	1	0	2	2	4	2	0	0	0	
2	8	4	5	6	6	5	6	5	4	6	5	0	0	0	2	4	4	0	1	0	0	
3	7	5	?	5	5	5	4	3	3	5	7	0	0	2	1	5	0	2	0	0	0	
4	6	?	4	?	9	8	8	7	4	4	5	0	0	0	3	1	1	1	2	1	0	
5	7	5	7	6	7	7	7	6	6	6	5	0	0	0	0	2	4	5	0	0	0	
6	7	9	6	4	6	5	6	5	5	7	7	0	0	0	1	3	3	3	0	1	0	
7	6	5	6	7	6	6	5	5	6	7	7	0	0	0	0	3	5	3	0	0	0	
8	7	6	6	6	6	6	5	4	4	5	5	0	0	0	2	3	5	1	0	0	0	
9	6	7	5	6	6	6	6	4	5	6	7	0	0	0	1	2	6	2	0	0	0	
10	8	4	6	7	7	6	6	8	5	5	7	0	0	0	1	2	3	3	2	0	0	
11	6	7	9	5	9	6	6	5	5	5	4	0	0	0	1	4	3	1	0	2	0	
12	5	9	9	7	6	5	4	3	3	5	5	0	0	2	1	4	1	1	0	2	0	
13	6	9	6	8	6	6	5	5	5	4	5	0	0	0	1	4	4	0	1	1	0	
14	7	5	6	4	6	5	7	7	5	6	5	0	0	0	1	4	2	3	0	0	0	
15	8	6	7	8	9	7	7	6	7	6	5	0	0	0	0	1	3	4	2	1	0	
16	7	?	?	7	7	7	6	5	5	5	5	0	0	0	0	4	1	4	0	0	0	
17	6	6	6	7	8	7	6	8	5	4	6	0	0	0	1	1	5	2	1	0	0	
18	9	7	7	7	6	5	5	4	3	5	4	0	0	1	2	3	1	3	0	1	0	
19	6	6	6	5	5	5	5	4	3	5	5	0	0	1	1	6	3	0	0	0	0	
20	8	7	5	6	7	5	5	5	4	7	4	0	0	0	2	4	1	3	1	0	0	
21	6	5	7	7	8	7	5	5	6	5	6	0	0	0	0	4	3	3	1	0	0	
22	6	7	5	6	7	6	5	5	7	5	5	0	0	0	0	5	3	3	0	0	0	
23	5	6	7	5	5	5	5	4	3	3	4	0	0	2	2	5	1	1	0	0	0	
24	6	3	7	7	8	6	8	6	5	4	6	0	0	1	1	1	4	2	2	0	0	
25	7	7	4	5	7	6	7	5	4	4	4	0	0	0	4	2	1	4	0	0	0	
26	7	8	7	7	7	6	5	5	6	6	6	0	0	0	0	2	4	4	1	0	0	
27	7	4	7	7	7	7	7	7	6	6	6	0	0	0	1	0	3	7	0	0	0	
28	5	6	7	5	5	4	5	5	4	4	4	0	0	0	4	5	1	1	0	0	0	
29	6	9	6	7	9	6	6	7	5	4	5	0	0	0	1	2	4	2	0	2	0	
30	5	3	8	6	5	7	6	6	7	6	5	0	0	1	0	3	4	2	1	0	0	
31	5	8	5	7	7	6	5	5	6	6	5	0	0	0	0	5	3	2	1	0	0	
32	7	7	4	7	7	7	6	6	4	5	4	0	0	0	3	1	2	5	0	0	0	
33	7	10	9	8	9	8	8	6	6	5	5	0	0	0	0	2	2	1	3	2	1	
34	5	5	6	4	4	4	4	4	3	5	5	0	0	0	1	5	4	1	0	0	0	
35	6	4	8	6	6	5	5	4	4	7	5	0	0	0	3	3	3	1	1	0	0	
36	5	6	9	8	6	6	5	4	4	4	4	0	0	0	4	2	3	0	1	1	0	
37	7	?	5	7	8	7	7	7	6	6	5	0	0	0	0	2	2	5	1	0	0	
38	5	5	5	6	5	4	4	4	3	2	5	0	1	1	3	5	1	0	0	0	0	
39	6	5	7	10	8	6	5	6	4	5	4	0	0	0	2	3	3	1	1	0	1	
40	5	5	?	6	6	6	6	5	6	5	5	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	
41	6	4	6	5	4	4	4	4	4	4	5	0	0	0	7	2	2	0	0	0	0	
42	5	7	6	6	5	4	4	6	5	5	6	0	0	0	2	4	4	1	0	0	0	
43	6	9	6	8	9	9	6	7	5	4	5	0	0	0	1	2	3	1	1	3	0	
44	7	10	5	7	8	7	7	6	5	3	5	0	0	1	0	3	1	4	1	0	1	
45	6	6	4	5	5	5	5	5	4	5	5	0	0	0	2	7	2	0	0	0	0	
46	5	7	9	7	8	6	7	5	5	5	5	0	0	0	0	5	1	3	1	1	0	
47	10	7	8	7	8	8	6	5	6	6	6	0	0	0	0	1	4	2	3	0	1	
48	-	8	6	6	6	7	7	7	6	6	6	0	0	0	0	0	6	3	1	0	0	
49	-	6	7	7	7	6	5	5	5	5	5	0	0	0	0	5	2	3	0	0	0	
50	-	7	?	6	6	5	6	4	5	5	5	0	0	0	1	4	3	1	0	0	0	

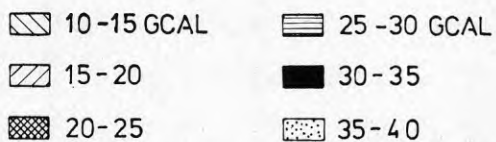


FIG 4.10. Översikt över energiförbrukningen i Malmöområdet eldnings säsongen 75/76. Materialet indelat i klasser med bredden 5 Gcal.

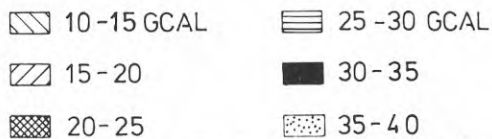


FIG 4.11. Översikt över energiförbrukningen i Malmöområdet eldningssäsongen 76/77. Materialet indelat i klasser med bredden 5 Gcal.

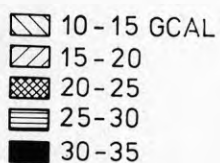
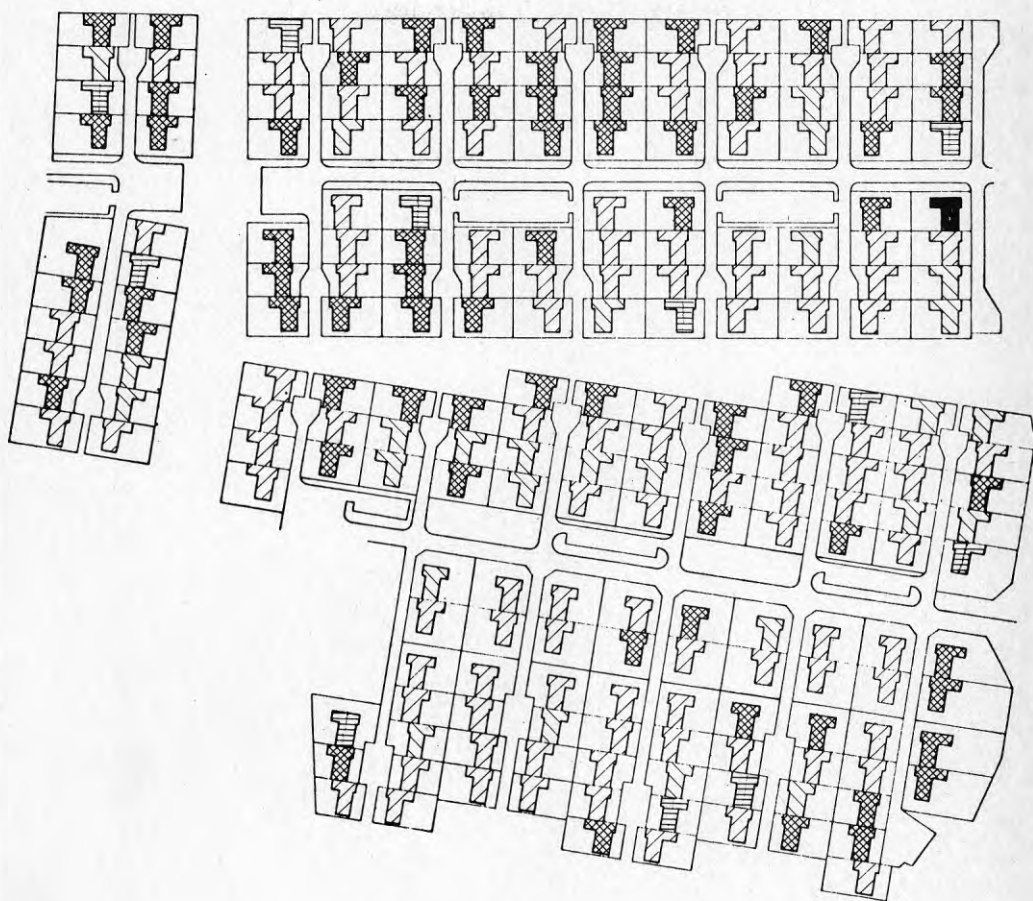


FIG 4.12. Översikt över energiförbrukningen i Bjärredsområdet eldnings säsongen 75/76. Materialet indelat i klasser med bredden 5 Gcal.

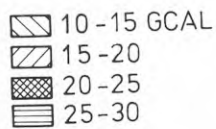
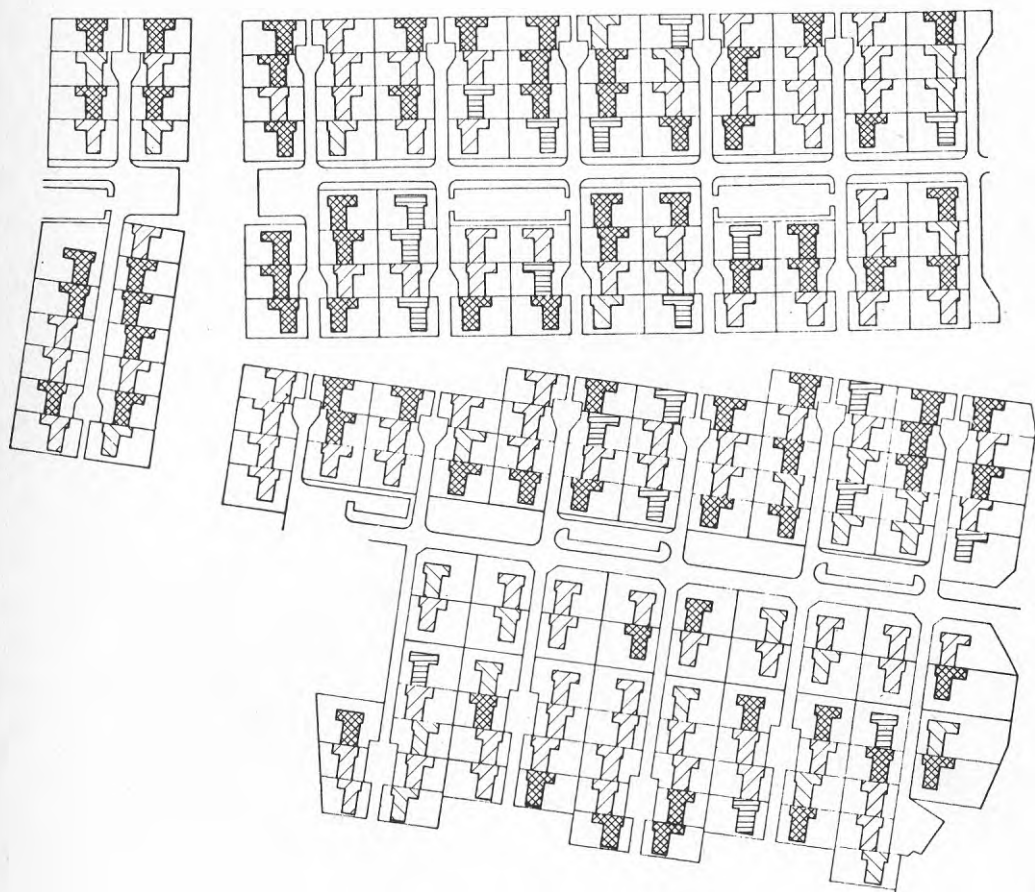


FIG 4.13. Översikt över energiförbrukningen i Bjärredsområdet eldnings säsongen 76/77. Materialet indelat i klasser med bredden 5 Gcal.

5 NUVARANDE ENERGIFÖRBRUKNING - VÄRMEBALANS

5.1 VÄRMEBALANSEN I ETT SMÅHUS

I en byggnad tillförs värme genom uppvärmningsanläggningar, genom sol- och himmelsstrålning utifrån och från människor och olika aktiviteter inomhus, belysning, hushållsmaskiner o dyl. Det som tillförs byggnaden utöver vad uppvärmningsanläggningen ger brukar kallas gratisvärme.

Värmeförlusterna i en byggnad består av förluster genom byggnadsdelarna, transmission, genom ventilation, frivillig eller ofrivillig, samt genom förbrukning av varmvatten och el i hushållet.

I det följande tas varmvatten- och elförbrukning inte med i byggnadens värmebalans. Den del av förbrukningen som tillgodogörs för uppvärmning räknas emellertid med som ett tillskott.

Om ute- och inneklimatet varierar med tiden sker värmeackumulering i eller avgivning från byggnadsdelar och föremål i byggnaden. Denna post måste tas hänsyn till vid undersökning av inomhusklimatet samt då man studerar värmebalansen under en kortare tid. Vid vissa uppvärmnings- eller klimatregleringssystem kan det vara nödvändigt att generellt beakta värmelagringen i byggnaden även då man betraktar värmebalansen under en längre tid.

I det följande skall posterna i husets värmebalans kort kommenteras.

VÄRMEFÖRLUSTER

Transmissionsförlusterna genom byggnadsdelarna kan, vid stationära förhållanden, i de flesta fall skrivas som

$$P_T = k \cdot A (\vartheta_i - \vartheta_u)$$

Icke stationära förhållanden ger

$$P_T(t) = \alpha_i \cdot A(\vartheta_i(t) - \vartheta_{yi}(t))$$

där ϑ_{yi} är byggnadsdelens invändiga yttemperatur och α_i inre värmeövergångskoefficienten.

Vid grundkonstruktioner är förhållandena mera komplicerade eftersom man måste ta hänsyn till värmeströmning i marken.

De aktuella husen är kryprumsgrundlagda. Om kryprummet, som i detta fall, är uteluftsventilerat ligger dess temperatur, ϑ_k , mellan inne- och utetemperaturen (såvida det inte av någon anledning finns värmeförlust).

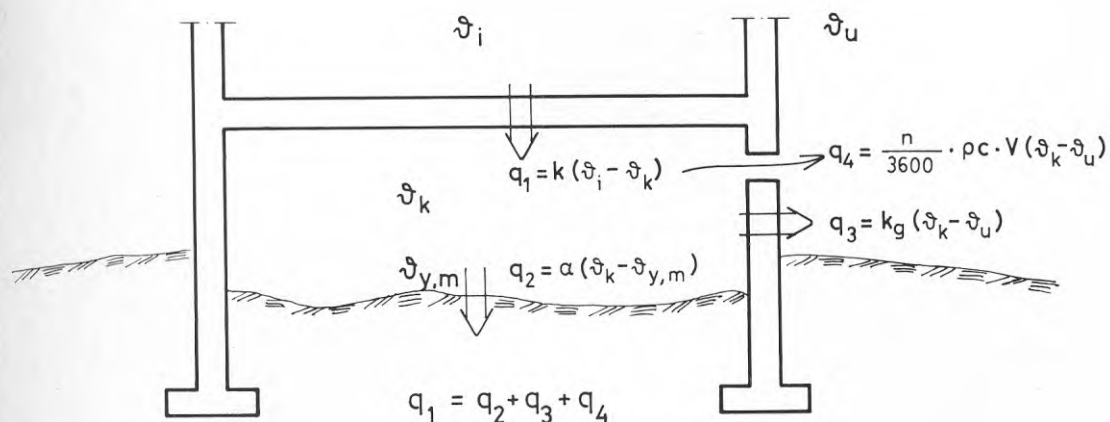


FIG 5.1. Schematisk figur av temperaturförhållanden och värmeflöden i ett kryprum.

FIG 5.1 antyder hur kryprumstemperatur och värmeförluster kan beräknas.

Värmeförlusten från huset genom bottenbjälklaget kan skrivas

$$Q = k \cdot A (\vartheta_i - \vartheta_k)$$

där k är bjälklagets k -värde och ϑ_k temperaturen i kryprummet.

Vill man uttrycka denna förlust som funktion av skillnaden mellan ute- och innetemperatur kan man sätta

$$Q = k_{\text{eff}} \cdot A (\vartheta_i - \vartheta_u)$$

$$\text{där } k_{\text{eff}} = k \frac{\vartheta_i - \vartheta_k}{\vartheta_i - \vartheta_u} = k \cdot C$$

Faktorn C måste då bestämmas ur kryprummets värmebalans.

Beräkning av ekvivalent k-värde för krytrum har gjorts av Adamson et al (1971). Man har räknat igenom ett antal fall med varierande ventilation och värmeisolering i bjälklag och grundmurar. För uteluftsventilerade krytrum ligger k_{eff} idessa beräkningar mellan $0,58 \cdot k$ och $0,73 \cdot k$ där k är bjälklagets k-värde.

Vid beräkning av transmissionsförlusterna bör inverkan av köldbryggor ingå. Köldbryggor som beror på inhomogeniteter i byggnadsdelarna, t ex regler i en regelvägg, brukar räknas med i k-värdet, medan inverkan av anslutningar, hörn o dyl kan anges som ett extra värmefflöde, q_e .

Transmissionsförluster genom en byggnadsdel som innehåller n st köldbryggor som ger värmefflödet $q_{e1}, q_{e2} \dots q_{en}$ per längdmeter och grads temperaturskillnad, och som har längderna $l_1, l_2 \dots l_n$ kan skrivas

$$P_T = (k \cdot A + \sum_{i=1}^n q_{ei} \cdot l_i) (\vartheta_i - \vartheta_u)$$

Ventilationsförlusterna i en byggnad kan beräknas som

$$P_V = \frac{n}{3600} \cdot \rho \cdot c \cdot V (\vartheta_i - \vartheta_u) \cong 0,33 nV (\vartheta_i - \vartheta_u)$$

TILLSKOTT

Strålning från sol och himmel inverkar på husets värmebalans på i princip två sätt. Strålning transmitteras direkt in genom fönster och värmer upp rumsluften och föremål i rummet. Strålningen mot byggnadens ytterytor absorberas och värmer upp dessa. Det omvända kan ske en klar natt då strålning från ytan mot himlavalvet kyler ner denna (aktuellt för tak).

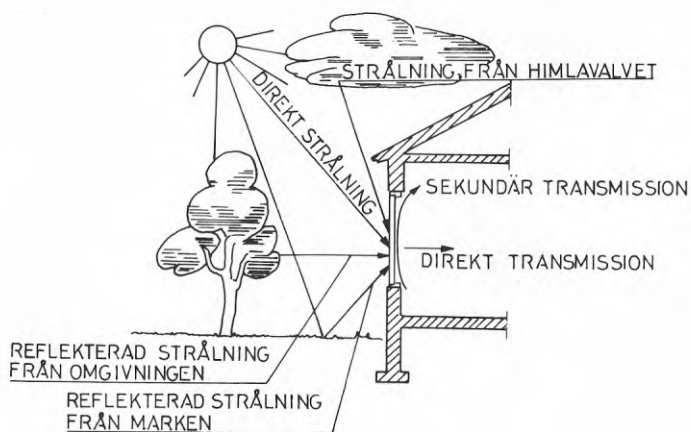


FIG 5.2. Schematisk framställning av solstrålningen genom ett fönster. Från Höglund & Stephenson (1968).

Vid ett fönster reflekteras en del av strålningen tillbaka mot omgivningen. En del absorberas av fönsterglasen och värmer upp dessa, varefter långvågig strålning kan emitteras härifrån. Resten av strålningen transmitteras genom fönstret. I FIG 5.3 visas transmittans, absorptans och reflektans för ett 2-glasfönster som funktion av strålningens infallsvinkel. Den totala transmittansen (direkt transmission + emitterad långvågig strålning från glaset) för 1-, 2- och 3-glasfönster visas också.

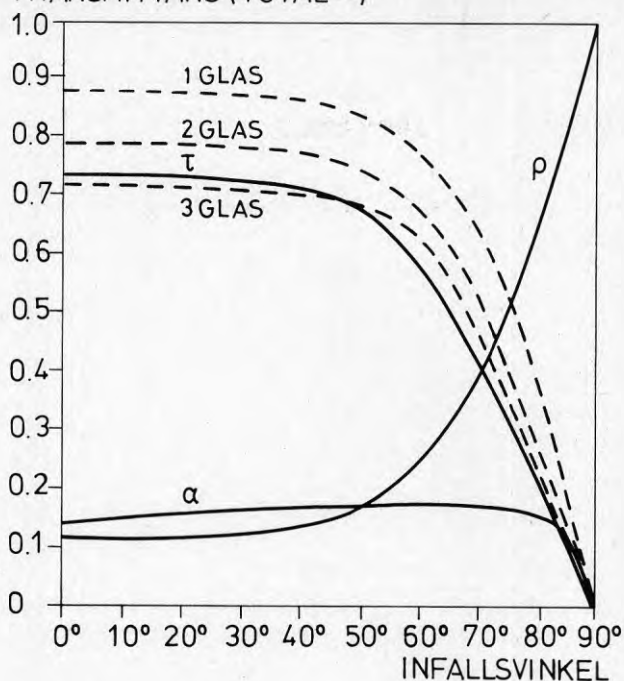
REFLEKTANS, ABSORBTANS,
TRANSMITTANS (TOTAL--)

FIG 5.3. Kurvor för transmittans, absorptans och reflektans för ett 2-glasfönster samt totala transmittansen för 1-, 2- och 3-glasfönster som funktion av strålningens infallsvinkel.

Intensiteten av den direkta strålningen vid klar himmel varierar med solhöjden. I Brown och Isfält (1969) finns tabeller över sol- och himmelsstrålning vid olika tider på året för olika latituder, dels mot vertikala och horisontella ytor, dels genom 2-glasfönster. I de senare tabellerna är hänsyn tagen till transmissionens variation med infallsvinkeln. I tabellerna ingår inverkan av markreflektad strålning.

För andra fönstertyper än vanliga 2-glasfönster kan avskärningsfaktorerna i TAB 5.1 användas.

TABELL 5.1. Avskärningsfaktorer F_1 och F_2 för olika fönsterkombinationer. F_1 är totalt och F_2 direkt inläckt solvärme för den angivna fönsterkombinationen i förhållande till totalt inläckt solvärme genom ett fönster med två rutor av vanligt fönsterglas. Källa: Brown (1966).

Fönsterkombination	F_1	F_2
	%	%
Fönster utan skydd med en ruta av vanligt glas	112	109
" två rutor " "	100	93
" " " , den yttre värmeabsorberande	76	65
" " " " inv. guldbelagd (isolerruta)	31	22
" tre " av vanligt glas	91	80
" " " , den yttersta värmeabsorberande	68	56
" " " " inv. guldbelagd (isolerruta)	28	20
Tvåglsfönster med utvändig persienn	9	4
" persienn mellan glaset	35	8
" invändig persienn	56	8
Treglsfönster med utvändig persienn	8	3
" persienn mellan de två yttre glasen	27	6
" " " " inre " "	43	7
" invändig persienn	55	7
Tvåglsfönster med solskyddsrollgardin mellan glaset	43	30
" ljus, veckad gardin innanför glaset	60	34
" mörk, " " "	63	12
" helt ogenomskinlig, ljus rullgardin innanför glaset	28	0
" " " " mörk " " "	67	0

Vid helt mulen himmel består instrålningen av diffus strålning. Denna är ca 25% av instrålningen en klar dag.

Det förekommer ibland att man uttrycker inverkan av strålningen genom ett fönster med ett s k ekvivalent k-värde.

$$k_{\text{ekv}} = k - \frac{I_t}{A (\vartheta_i - \vartheta_u)}$$

där k är fönstrets mörker-k-värde (inkl bågar) och I_t är totalt transmitterad strålning genom glaset. I FIG 5.4 visas en beräkning av det ekvivalenta k-värdet.

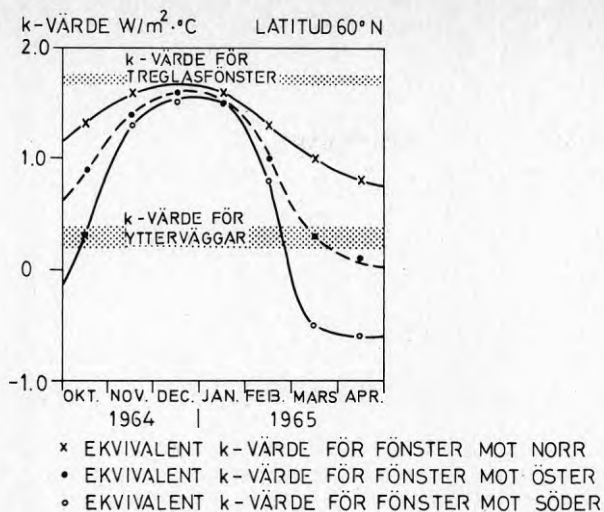


FIG 5.4. Beräkning av ekvivalent k-värde för fönster. Ur Höglund & Ahlgren (1973).

Strålning mot andra ytor än fönster tar man ofta hänsyn till genom att använda en ekvivalent utetemperatur. Denna skrivs i sin enklaste form

$$\vartheta_e = \vartheta_l + \frac{a I}{\alpha_u}$$

ϑ_l = lufttemperaturen ($^\circ C$)

I = den kortvågiga strålningsintensiteten (W/m^2)

a = ytans absorptionsfaktor

α_u = yttre värmeövergångskoefficient vid ytan ($W/m^2 K$)

I ovanstående uttryck tas inte hänsyn till det långvågiga strålningsutbytet vid ytan. Höglund (1973) har föreslagit en metod för modifiering av den ekvivalenta utetemperaturen.

Denna beräknas ur

$$\vartheta_e^* = \vartheta_l + \frac{a I}{\alpha_u} + \frac{\alpha_s}{\alpha_u} (\vartheta_g - \vartheta_l)$$

ϑ_g = effektiva motstrålningstemperaturen ($^\circ C$)

α_s = värmeövergångskoefficienten vid ytan p g a strålning ($W/m^2 K$)

Vid klar himmel kan följande uttryck användas

Horisontella ytor:
$$\vartheta_{edag}^* = \vartheta_1 + \frac{a}{\alpha_u} I - 4,2 - 0,06 \cdot \vartheta_1$$

$$\vartheta_{enatt}^* = \vartheta_1 - 5,6 - 0,08 \vartheta_1$$

Vertikala ytor:
$$\vartheta_{edag}^* = \vartheta_1 + \frac{a}{\alpha_u} I - 2,0 - 0,04 \cdot \vartheta_1$$

$$\vartheta_{enatt}^* = \vartheta_1 - 2,5 - 0,05 \vartheta_1$$

FIG 5.5 visar korrektionstermerna enligt ovanstående ekvationer. Vid molnig himmel minskar korrektionstermerna. De multipliceras med faktorn $\frac{9-m}{9}$ där m är molnighetsgraden i oktas ($m = 0$ betyder helt klar himmel och $m = 8$ helt mulen himmel).

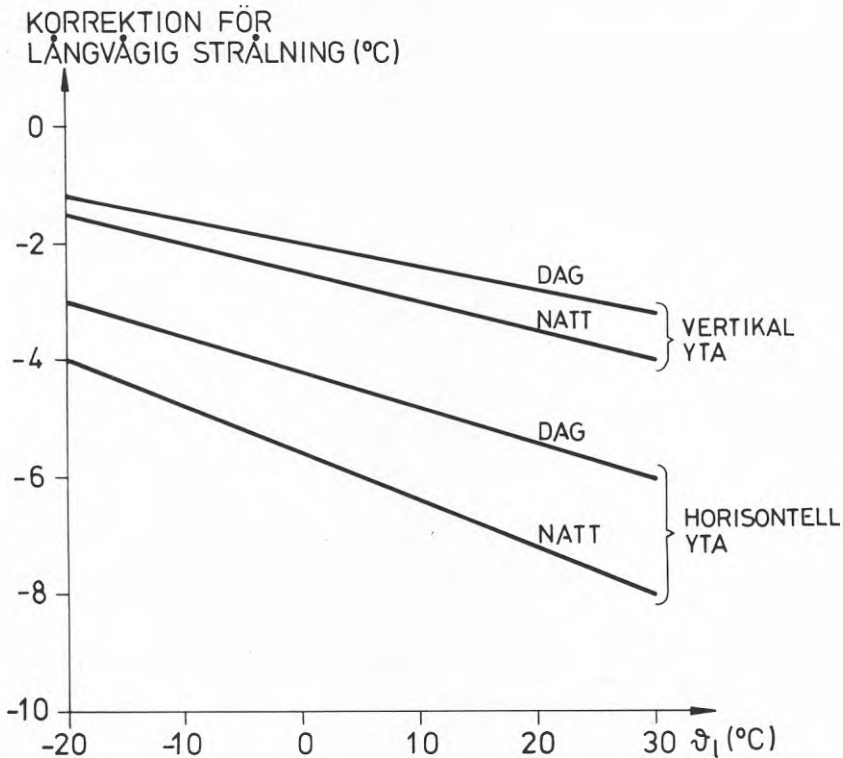


FIG 5.5. Korrektion för långvägig strålning i uttryck för ekvivalent utetemperatur enligt Höglund (1973).

I den ekvivalenta utetemperaturen ingår absorptionsfaktorn, a , för kortvågig strålning. Denna beror främst på ytans färg. I nedanstående tabell ges några värden på a .

TABELL 5.2. Absorptionsfaktorer för olika färger och material.

	a
Svart färg	0,90
Mörkgrå färg	0,70
Ljusgrå färg	0,40
Vit färg	0,20
Galvaniserat stål, blank yta	0,25
Aluminiumfolie, blank yta	0,05
" oxiderad yta	0,15

Värmeavgivning från personer beror av aktivitet samt av antal personer och hur mycket dessa vistas i byggnaden. Om man antar att fyra personer vistas i en lägenhet i genomsnitt 50% av tiden och att de vardera avger 100 W blir energitillförseln ca 1800 kWh/år. Denna uppskattning är hämtad från Källblad & Adamson (1978).

Enligt samma källa är normalförbrukningen för varmvatten 5000 kWh/år varav ca 20% kan antas tillföras rumsluften. Resten avgår med avloppsvattnet. För hushållsel är ett rimligt värde 10 kWh/dygn. 80% kan här antas vara tillgängligt för byggnadens uppvärmning.

Dessa poster kan antas vara jämnt fördelade över året.

TABELL 5.3. Gratisvärme inom ett småhus. Enligt Källblad & Adamson (1978).

	Tillfört	Tillgängligt för uppvärmning
Hushållsel	10 kWh/dygn	8 kWh/dygn
Personvärme	5 "	5 "
Varmvatten	15 "	3 "
Summa	30 "	16 "

Vid stationära förhållanden kan husets totala värmebalans skrivas

$$P = P_T + P_V - P_S - P_U$$

P = uppvärmningsbehovet (W)

P_S = tillskottsvärme från strålning genom fönster (W)

P_U = övrig gratisvärme (W)

Vid icke stationära förhållanden tillkommer en term som uttrycker rumsluftens temperaturändring

$$P = P_T(t) + P_V(t) - P_S(t) - P_U(t) - \frac{\Delta \vartheta_{Li}}{\Delta t} \cdot V \rho c$$

$\Delta \vartheta_{Li}$ = rumsluftens temperaturhöjning under tidsintervallet Δt
där $P_T(t)$ måste skrivas

$$P_T = \sum_j \alpha_{ij} A_j (\vartheta_{Li} - \vartheta_{ij})$$

ϑ_{ij} = invändig yttemperatur för ytan j ($^{\circ}\text{C}$)

A_j = byggnadsdelen j :s yta (m^2)

α_{ij} = invändig värmeövergångskoefficient vid ytan j

En beräkning vid icke stationära förhållanden blir mycket omfattande, då temperaturfältet i byggnadsdelarna måste bestämmas. I fortsättningen försummas den icke stationära värmetransporten i byggnadsdelarna.

Av ovanstående uttryck inses lätt att uppvärmningsbehovet, som det här är definierat, kan bli både positivt och negativt. Den verkliga eldnings-säsongen för en byggnad bör definieras som den tid under vilken uppvärmningsbehovet är större än noll. Detta får bland annat som konsekvens att två byggnader med olika välisolerade delar, i övrigt lika, inte får samma eldnings-säsong.

Detta resonemang förutsätter egentligen att man har perfekt reglering av inomhustemperaturen, vilket troligen aldrig är fallet.

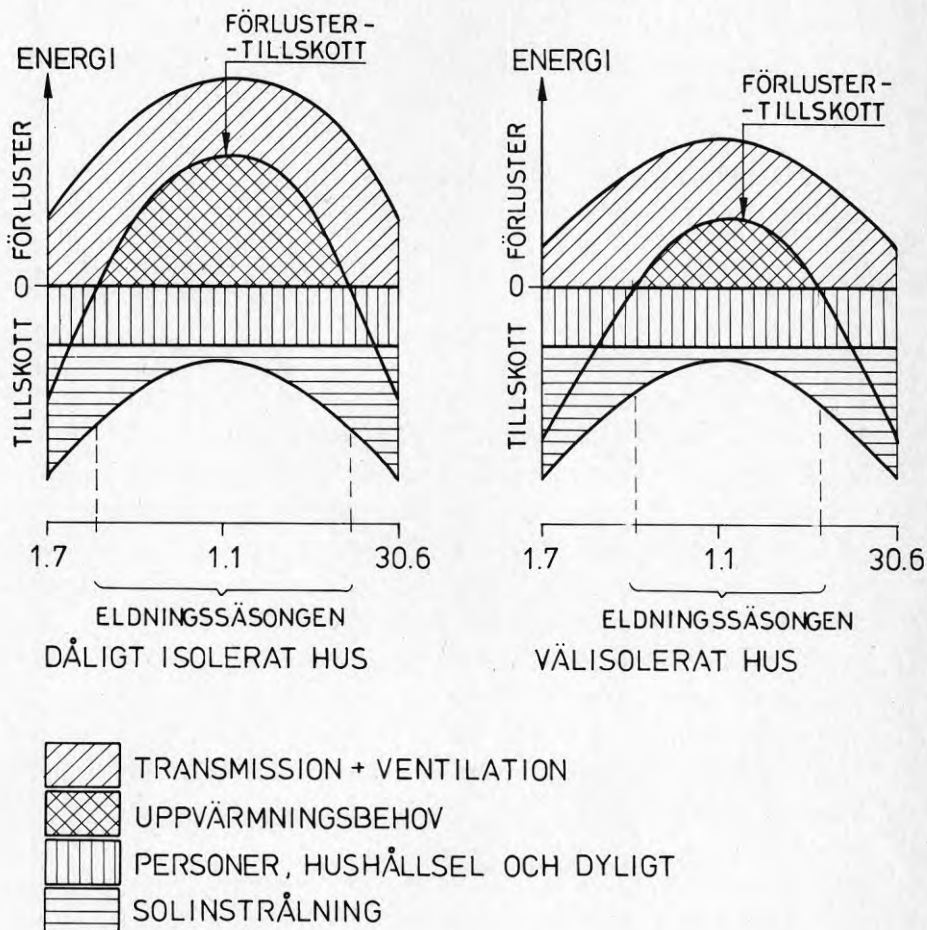


FIG 5.6. Schematisk framställning av värmebalansen för en byggnad.

Vid noggranna beräkningar av energibesparing på grund av olika åtgärder bör värmebalansen före och efter åtgärden jämföras.

Vid förenklade beräkningar av energiåtgång använder man ibland det s k graddagtalet.

Detta definieras som

$$Q = \int (\vartheta_i - \vartheta_u) dt$$

där integreringen görs över eldningssäsongen. Energiförbrukningen i en byggnad uttrycks sedan som

$$W = (\sum k \cdot A + \frac{n}{3600} \cdot V \rho c) \cdot Q \cdot \frac{24}{1000} \text{ (kWh)}$$

Gratisvärme beaktas på följande sätt. Tillskott från personer och hushållsel mm antas ge 3 °C uppvärmning. Om innetemperaturen är 20 °C räknar man med en fiktiv temperatur som är 17 °C. Sol- och himmelsstrålningen antas inverka så att eldningssäsongen antas börja och sluta när utetemperaturen passerar +10 °C för maj, juni och juli, +11 °C för augusti, +12 °C för september och april samt +13 °C för oktober. Strålningen har då antagits svara för temperaturhöjningen från +10 å 13 °C till +17 °C.

5.2 BERÄKNINGSMETODIK

Syftet här är inte främst att ställa upp värmebalansen för husen, utan att kunna beräkna inverkan av en energibesparande åtgärd med hyfsad noggrannhet.

För detta ändamål har gjorts en metod som programmerats för en minidator. Härvid beräknas energiförbrukningen under ett år.

Följande antaganden och förenklingar har gjorts i beräkningarna.

Utetemperatur: månadsmedelvärden för aktuell ort under önskad period.

Innetemperatur: konstant

Sol- och himmelsstrålning: dygnssummor den 15:e i varje månad för strålning genom fönster respektive mot vertikala och horisontella ytor. Vid andra fönster än 2-glasfönster korrigeras strålningen enligt TAB 5.1. Mulna dagar sätts strålningen till 25% och "halvmulna" till 65% av vad den är en klar dag.

Vid beräkning av transmissionsförluster genom andra ytor än fönster och konstruktioner mot mark används ekvivalenta utetemperaturen enligt uttrycket

$$\vartheta_e = \vartheta_1 + \frac{a}{\alpha_u} I$$

Detta är en "ekvivalent månadsmedeltemperatur", varvid I beräknas ur

$$\frac{(0,25 \cdot n_1 + 0,65 n_2 + n_3) \cdot I_{klar}}{n_1 + n_2 + n_3}$$

där n_1 , n_2 och n_3 är antalet mulna, "halvmulna" och klara dagar i varje månad.

Molnighet: n_1 , n_2 och n_3 enligt ovan matas in för varje månad.

Luftomsättning: n antas konstant under hela året.

Förluster genom grundkonstruktioner: byggnadsdelar direkt mot eller under mark (platta på mark, källarväggar och -golv) delas in i ett antal zoner. För varje zon anges dess yta samt värmemotståndet inklusive markens.

För kryprum beräknas transmissionsförlusterna som

$$k_{eff}(\vartheta_i - \vartheta_u) = C \cdot k_{bjälklag}(\vartheta_i - \vartheta_u)$$

där C kan väljas fritt.

Personvärme, hushållsel o dyl: för varje månad anges en total förbrukning för hela månaden.

För varje månad beräknas transmissionsförluster, ventilationsförluster och gratisvärme. Medelvärde av effektbehoven för två intilliggande månader antas inträffa vid månadsskiftet. Linjär interpolation görs mellan dessa värden. Därefter beräknas de tidpunkter då effektbehovet skär 0-linjen. Energiförbrukningen mellan dessa tidpunkter summeras till årets värmebehov.

5.3 BERÄKNINGAR AV ENERGIFÖRBRUKNING I DE AKTUELLA HUSEN

I detta avsnitt redovisas först beräkningar av ett par "grundfall", hus-typ A 144 och C 117. Ingående parametrar har valts enligt ritningar, mätningar och mer eller mindre kvalificerade gissningar. Energibesparing på grund av vissa åtgärder, som anges i KAP 6, har beräknats utgående från dessa grundfall. Som komplement till dessa beräkningar har vissa av grundfallens förutsättningar varierats. Observeras bör att alla beräkningar avser endast uppvärmningsbehovet för byggnaden och varmvattenförbrukningen ingår inte.

Klimatdata är månadsmedeltemperaturen för Skåne, under åren 1931 - 1960. Strålningsvärden för latitud 56° N har använts. För molnigheten har använts medelantal klara och mulna dagar per månad i Skåne under 1931 - 60. Resterande antal dagar har antagits vara halvmulna. Huset har antagits orienterat enligt FIG 5.7, samma för båda hus typerna.

Där husen är sammanbyggda med ett annat hus har värmetransporten genom väggen förutsatts vara lika med 0. Då skiljande utrymme är ett garage är det inte lika självklart hur det skall bedömas. Här har valts att betrakta garaget som uppvärmt. Användningen av garaget varierar säkerligen från hus till hus.

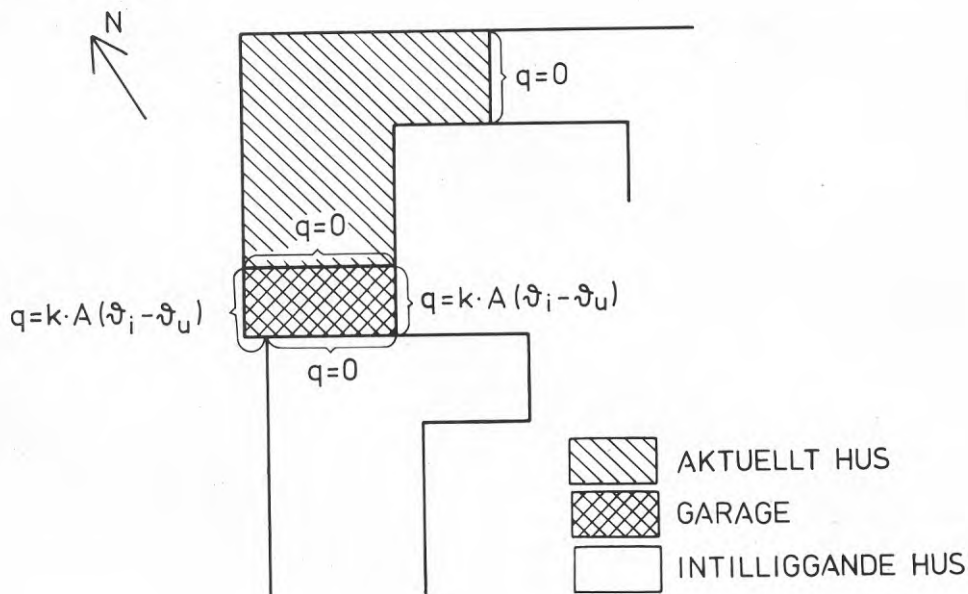


FIG 5.7. Schematisk framställning av antagande om värmetransport till andra byggnader och genom garage.

Antagandet medför, om det är fel, att energiförbrukningen överskattas.

Luftomsättningen har valts till 0,5 oms/tim. k-värden har satts enligt TAB 2.2, då mätningarna inte ger underlag för att avvika från dessa.

Vid beräkning av förluster genom kryprumsbjälklaget har k_{eff} antagits vara $0,67 \cdot k$. Kryprummets värmebalans diskuteras något i KAP 6.

De viktigaste köldbryggorna utgörs av fönster- och dörrsmygar samt anslutningar mellan yttervägg och sockel. För fönstersmygen har gjorts en tvådimensionell temperaturberäkning. Konstruktionen har förenklats enligt FIG 5.8.

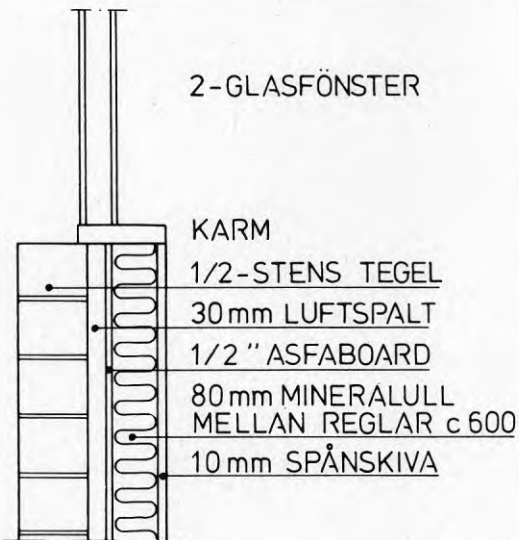


FIG 5.8. Fönstersmyg. Förenklad modell för beräkning av värmeförluster.

En tvådimensionell beräkning ger som resultat att en sådan fönstersmyg orsakar ett extra värmeflöde som är 0,08 W/mK, jämfört med en endimensionell beräkning genom vägg och fönster.

Inverkan vid köldbryggan vid sockeln antas i det här sammanhanget ingå i den faktor som anger kryprumsbjälklagets effektiva k-värde. Det är nämligen svårt att särskilja köldbryggans inverkan från kryprumstemperaturen.

Innetemperaturen har satts till $+20^{\circ}\text{C}$.

Personvärme, hushållsel m m har antagits enligt följande: maj - augusti 400 kWh/mån, september - oktober och mars - april 450 kWh/mån, november - februari 500 kWh/mån. Detta är något mindre än vad som angavs i KAP 5.2.

Absorptionskoefficienten för tak och väggar har satts till 0,9 respektive 0,5 och yttre värmeövergångskoefficienten till $20 \text{ W/m}^2\text{K}$.

I FIG 5.9 och TAB 5.4 visas beräknad värmebalans för de två husen.

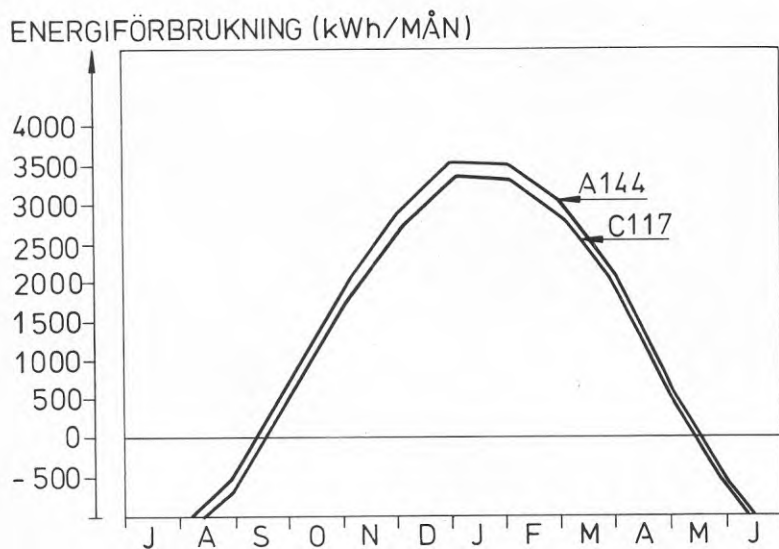


FIG 5.9. Värmebalans för hustyp A 144 och C 117, grundfall.

TABELL 5.4. Energiförbrukning fördelad på olika poster för hustyp A 144 och C 117, grundfall.

POST	ENERGIFÖRBRUKNING (kWh/år)	
	A 144	C 117
Ytterväggar (inkl köldbryggor)	2819	3192
Vindsbjälklag	3624	3141
Golvbjälklag	4759	4066
Fönster och dörrar (endast transmission)	8115	8486
Ventilation	6545	5580
Instrålning genom fönster	-3995	-4217
Personvärme m m	-3790	-3670
SUMMA	18080	16580
ELDNINGSSÄSONG, ca	9/9 - 18/5	14/9 - 15/5
GRADDAGSBERÄKNING MED 3020 GRADDAGAR	21000	20290

I tabell 5.4 är transmissionsförlusterna genom ytterväggar och fönster större i hus C 117 än i A 144, trots att A 144 är större. Detta beror på att A 144 har flera omslutningsytor gemensamma med sina grannar än C 117. Att tillskottet av personvärme m m är störst i A 144 beror på att detta teoretiskt får något längre eldningssäsong och alltså utnyttjar tillskottet under längre tid. Då summan av posterna i värmebalansen teoretiskt inte längre är större än noll, medför värmetillskotten övertemperatur inomhus.

5.31 Inverkan av ändrad inhomhustemperatur

Inomhustemperaturens inverkan på energiförbrukningen har beräknats för hus A 144, vilket framgår av FIG 5.10 och 5.11.

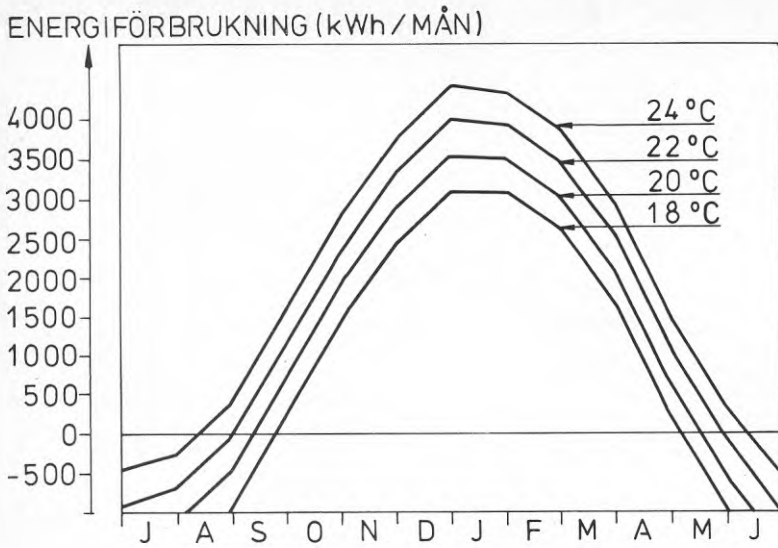


FIG 5.10. Beräkning av värmebalans för hus A 144 vid olika inomhustemperaturer.

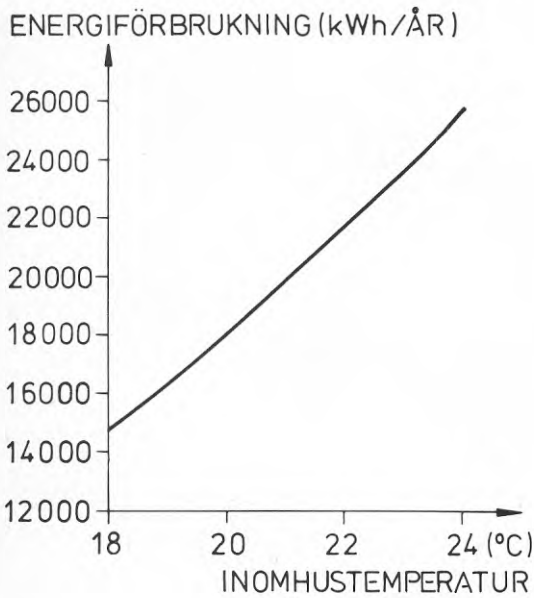


FIG 5.11. Energiförbrukning under ett år för hus A 144 vid olika inomhustemperaturer.

5.32 Inverkan av ändrad luftomsättning

I värmebalansen är den verkliga luftomsättningen en osäker faktor. Vissa energibesparande åtgärder minskar den naturliga ventilationen. I FIG 5.12 visas beräkningar av värmebalansen för hus A 144 vid varierande ventilationsintensitet. Denna har satts konstant under hela året. Den ofrivilliga ventilationen är emellertid säkert större under vintern än under resten av året. Den stora osäkerheten beträffande vädring av huset gör att det inte här har ansetts motiverat att göra några antaganden om varierande luftomsättning.

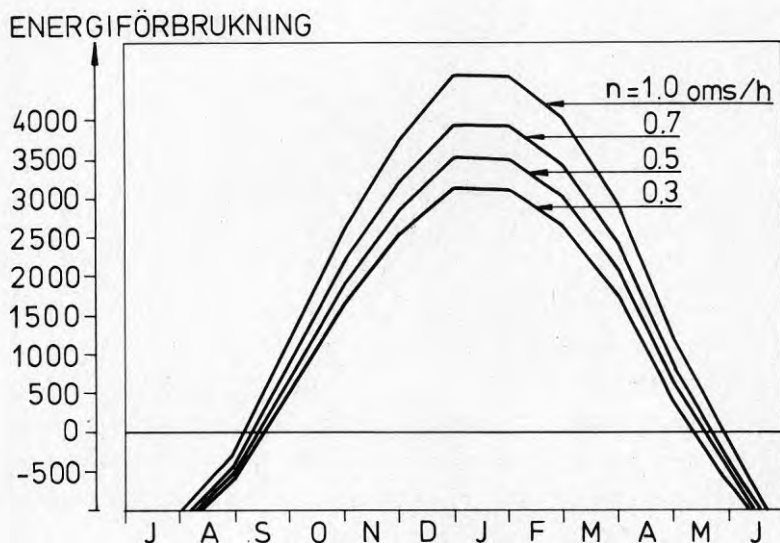


FIG 5.12. Värmebalans för hustyp A 144 vid olika luftomsättning.

Om man utgår från en hög ventilationsgrad, t ex $n = 1$ oms/h kan energibesparingen på grund av sänkt ventilation beräknas ur FIG 5.12. Energibesparingen följer mycket nära en rät linje, där en sänkning av ventilationen med 0,1 oms/h medför en energibesparing på ca 1300 kWh/år.

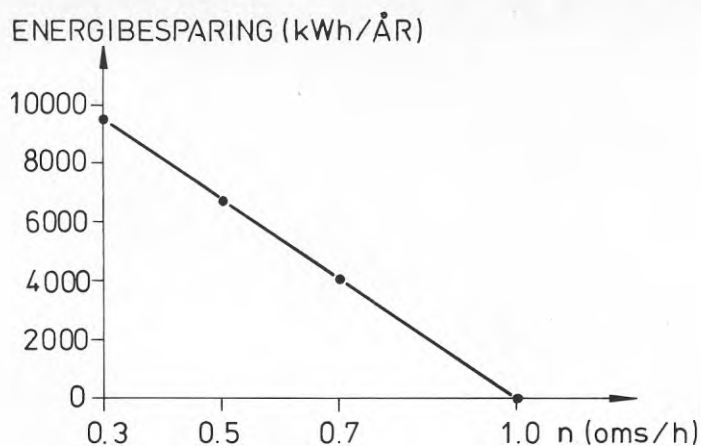


FIG 5.13. Energibesparing vid sänkt ventilationsintensitet i förhållande till $n = 1$ oms/h, hus A 144.

5.33 Inverkan av temperaturen i kryprummet

I TAB 5.5. visas beräknad energiförbrukning för hustyp A 144 vid olika värden på faktorn $\vartheta_i - \vartheta_k / \vartheta_i - \vartheta_u = C$, dvs på kryprumsbjälklagets effektiva k-värde, $k_{eff} = C \cdot k$. Anledningen till att detta har beräknats är att det är troligt att kryprumstemperaturen varierar mycket mellan de olika husen, beroende främst på värmetillskott från varmvattenrör och olika ventilationsgrad.

TABELL 5.5. Kryprumstemperaturen inverkan på energiförbrukningen för hustyp A 144.

$\frac{\vartheta_i - \vartheta_k}{\vartheta_i - \vartheta_u}$	Energiförbrukning (kWh/år)
0,50	16870
0,67	18080
0,80	19010

Det verkar inte orimligt att olika temperaturförhållanden i kryprummet kan förklara skillnaden i energiförbrukning mellan i övrigt likadana hus på

ett par tusen kWh om året.

5.34 Inverkan av sol- och himmelsstrålning

Beräkningar har gjorts för ett par olika varianter av instrålning mot hus A 144. Detta visas i TAB 5.6.

TABELL 5.6. Beräknad energiförbrukning under ett år i hus A 144 vid några olika antaganden om strålning mot byggnaden.

FALL	Energiförbrukning (kWh/år)
1	18080
2	19460
3	19130
4	17370

FALL 1: grundfall

" 2: $a_{\text{tak}} = a_{\text{vägg}} = 0$ dvs utan ekvivalent utetemperatur

" 3: antalet molniga dagar ökade med 50%, klara och halvklara minskade med vardera 25%

" 4: antalet klara dagar ökade med 50%, mulna och halvklara minskade med vardera 25%

5.35 Skillnader mellan olika hus

I avsnitt 5.31 - 5.33 har beräknats inverkan på energiförbrukningen av några faktorer som det finns skäl att anta varierar mycket från hus till hus. Inomhustemperaturen är beroende av de boendes önskemål och i någon mån på regleringen av uppvärmningssystemet. Ventilationen beror dels på byggnadstekniska faktorer och dels på de boendes vädring. Kryprumstemperaturen kan de boende knappast själva påverka, men andra faktorer kan inverka på denna, som förekomsten av dåligt isolerade varmvattenrör i kryprummet och mer eller mindre god ventilation.

Inverkan av samverkande faktorer i förhållande till grundfallet för hus-typ A 144 har beräknats nedan. Differensen i energiförbrukning har uppskattats ur tidigare redovisade diagram. Jämförelse görs mellan grundfallet och två ytterlighetsfall där de olika faktorerna antagits samverka i positiv respektive negativ riktning.

TABELL 5.7. Sammanlagd inverkan av inomhustemperatur, luftomsättning och kryprumstemperatur på energiförbrukningen i hustyp A 144.

FALL	ϑ_i ($^{\circ}\text{C}$)	ΔW_1 (kWh/år)	n (h^{-1})	ΔW_2 (kWh/år)	$\frac{\vartheta_i - \vartheta_k}{\vartheta_i - \vartheta_u}$	ΔW_3 (kWh/år)	W (kWh/år)
1	20	0	0,5	0	0,67	0	18080
2	18	-3000	0,3	-2600	0,5	-1200	11280
3	24	+8000	0,7	+2600	0,8	+900	29580

Alla beräkningar i detta kapitel har varit exklusive varmvattenförbrukning (trots att den finns med i posten gratisvärme). I energiförbrukningsregistreringarna finns denna post emellertid med. Det finns säkerligen stor individuell variation i varmvattenförbrukningen, vilket kan vara en förklaring till stora skillnader mellan olika hus.

5.36 Jämförelse med uppmätt förbrukning

En värmebalansberäkning för hus A 144 under normalåret 1931 - 60, grundfallet, ger energiförbrukningen ca 18100 kWh/år eller ca 15,6 Gcal. Förutsättningar är då bland annat innetemperatur 20°C och luftomsättningen 0,5 oms/h. Varmvattenförbrukningen ingår inte i detta. Året 1970/71, som har lika många graddagar som normalåret, var medelförbrukningen i denna hustyp ca 27 Gcal. I detta ingår varmvatten. Varmvattenförbrukningen för ett 4-personers hushåll brukar enligt flera källor anges vara ca 5000 kWh/år, eller ca 4,3 Gcal/år. Återstående skillnad mellan beräknat och registrerat värde är då ca 7 Gcal/år.

Om innetemperaturen antas vara 22°C istället för 20°C ökar beräknad energiförbrukning med ca 4000 kWh/år, eller ca 3,5 Gcal/år. Detta är troligen ett rimligare värde på innetemperaturen.

I TAB 5.4 beräknades energiförbrukningen för hustyperna A 144 och C 117. Enligt beräkningen skall skillnaden mellan husen vara ca 1110 kWh/år, eller ca 1 Gcal/år. Uppmätta värden ger större skillnad, enligt TAB 4.5 är skillnaden mellan hustyperna med 95% sannolikhet minst 2,4 och högst 4,4 Gcal/år, med data från eldningssäsongen 1976/77.

6 ENERGIBESPARANDE ÅTGÄRDER - ENERGIBESPARING OCH TEKNISKA KONSEKVENSER

I detta avsnitt går byggnadsdelarna igenom med avseende på tänkbara åtgärder. De konsekvenser en åtgärd kan medföra för byggnadsdelen diskuteras. För intressanta åtgärder beräknas inverkan på energiförbrukningen enligt KAP 5.2. Som utgångspunkt för beräkningen används hustyp A 144.

6.1 YTTERVÄGGAR

För aktuell vägg finns det principiellt tre olika möjligheter att tilläggsisolera: utvändigt, invändigt och i luftspalten bakom fasadtegelskalet.

Tillgänglig yta för isoleringen är ganska liten. För hus A 144 är den 40 - 45 m². Detta beror på att husen är sammanbyggda och att en stor del av ytterväggarna består av bröstningar under fönstren vilka bedöms som svåråtkomliga.

En utvärdig tilläggsisolering är ur teknisk synpunkt fördelaktig. Den ändrar emellertid husets utseende radikalt och för med sig merarbeten som annars inte hade behövt göras. Åtgärden har bedömts som ointressant eftersom möjlig energibesparing säkert inte kan motivera kostnaden. Utvärdig isolering med bibehållet utseende hos fasaden kan göras genom att fasadteglet tas bort och ersätts med ca 5 - 8 cm isolering och beklädnad av 6 cm pettringar. Detta blir emellertid en mycket dyr åtgärd.

Invändig tilläggsisolering kan eventuellt göras i samband med omtapetsering. Tillgänglig yta kan bli något mindre eftersom i annat fall, inredningar i kök, tvätt- och badrum måste flyttas.

Vid invändig isolering av en konstruktion som har en befintlig ångspärr måste tilläggsisoleringen antingen göras med ny ångspärr på isoleringens varma sida, eller får den nya isoleringens tjocklek begränsas. Annars finns det risk för kondensation mot den gamla ångspärren.

En ny ångspärr måste utföras noggrant vid skarvar och anslutningar. En känslig punkt vid invändig tilläggsisolering är fönstersmygen där man ofta ansluter isoleringen jäms med smygen (se FIG 6.1). Om möjligt bör man försöka göra någon isolering av smygens insidor och dra ångspärren runt.

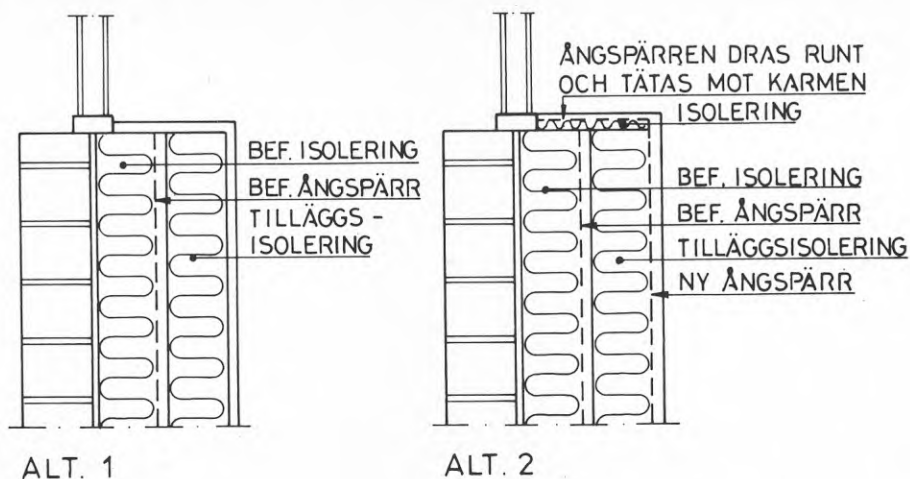


FIG 6.1. Olika principiella alternativ för anslutning av invändig tilläggsisolering till fönstersmyg. Alt. 2 är att föredra.

Ny ångspärr kan uteslutas om tilläggsisoleringen inte är kraftig i förhållande till befintlig isolering i väggen.

Tillåten isoleringstjocklek kan bestämmas genom att relativa fuktigheten vid ångspärren beräknas för olika alternativ.

I FIG 6.2. visas en schematisk konstruktion med gammal ångspärr och tilläggsisolering. Den gamla väggen har värmemotståndet m_1 och tilläggsisoleringen har m_2 . Temperaturen vid den gamla ångspärren blir vid stationära förhållanden

$$\vartheta_a = \vartheta_i - \frac{m_i + m_2}{m_i + m_1 + m_2 + m_u} (\vartheta_i - \vartheta_u)$$

där m_i och m_u är inre respektive yttre värmeövergångsmotstånd.



FIG 6.2. Schematisk figur av konstruktion med gammal ångspärr.

Om ångspärren har ånggenomgångsmotståndet Z_1 (inklusive den gamla konstruktionens motstånd) och tilläggsisoleringen har motståndet Z_2 samt ånghalten inne och ute är v_i respektive v_u blir ånghalten vid ångspärren

$$v_a = v_i - \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} (v_i - v_u)$$

Om relativa luftfuktigheten vid ångspärren inte får överstiga ett bestämt värde, ϕ_a , bestäms tillåtet värmemotstånd hos tilläggsisoleringen av villkoret

$$v_s(\vartheta_a) \leq \frac{v_a}{\phi_a}$$

där $v_s(\vartheta_a)$ är luftens mättnadsånghalt vid temperaturen ϑ_a . Valet av ϕ_a bör vara betingat av materialens fuktkänslighet. I en vägg med tilläggsisolering görs isoleringen oftast mellan reglar och dessa kan angripas av rötsvampar. Som exempel kan nämnas att hussvampar kan utvecklas vid så låg fuktkvot i träet som 17%, vilket motsvarar jämvikt med luft som har relativa fuktigheten 80 - 90%. Lägsta temperatur för tillväxt är +3 °C. Om man endast vill kontrollera att kondensation undviks kan man t ex sätta ϕ_a till 99%.

I FIG 6.3 visas en beräkning av tillåtet m_2 vid varierande m_1 , Z_1 och Z_2 .

För uteklimatet har antagits månadsmedeltemperatur och relativ luftfuktighet ute som motsvarar klimatet i Skåne under 1931 - 60. Som inomhusklimat har valts $+20^{\circ}\text{C}$ och fuktillskottet 4 g/m^3 . Tillåtet värde på m_2 har bestämts för den farligaste månaden under året, och lagts in i figuren. Två kurvskaror finns, $\phi_a = 80\%$ och $\phi_a = 99\%$.

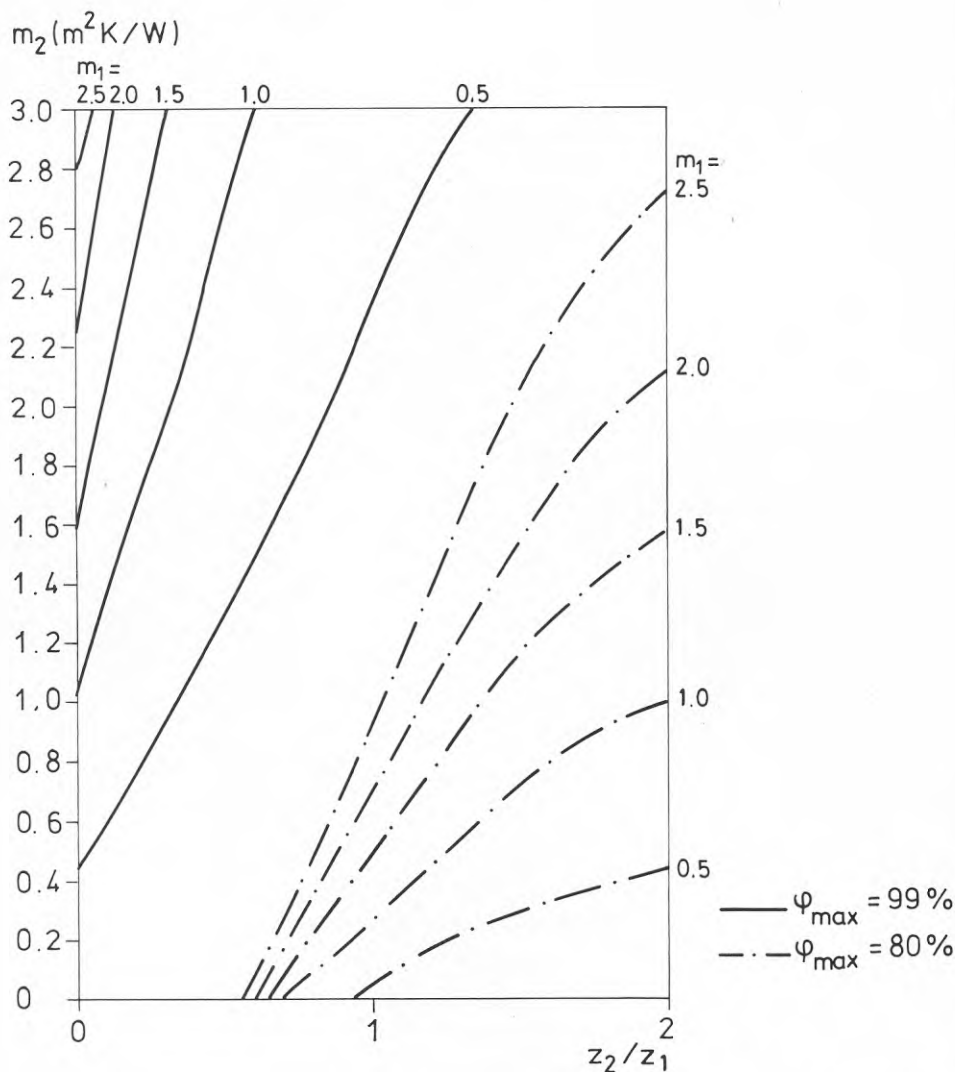


FIG 6.3. Tillåtet värmemotstånd för invändig tilläggsisolering av konstruktion med gammal ångspärr.

Figuren används på följande sätt. Förhållandet mellan den nya och gamla konstruktionens ånggenomgångsmotstånd beräknas (eller gissas om det beror av isolertjockleken). Från detta värde går man upp till kurvan för den gamla konstruktionens värmemotstånd vid den maximala relativa fuktighet man tillåter under året. Därefter kan tillåtet värmemotstånd hos tilläggsisoleringen avläsas. Eventuellt kan proceduren göras om, om Z_2 inte stämmer med antagandet, vilket kan vara fallet vid isolering med cellplast.

Det intressanta fallet är då $Z_2/Z_1 = 0$, dvs den gamla ångspärren har stort ånggenomgångsmotstånd i förhållande till den nya isoleringen med ytskikt. Ur FIG 6.3 kan utläsas att för $Z_2/Z_1 = 0$ och $\phi_a = 99\%$ blir m_2 ungefär lika med m_1 , det vill säga den nya isoleringen kan ha lika stort värmemotstånd som den befintliga konstruktionen.

De i figuren antagna förutsättningarna kan givetvis diskuteras. Det som beräknats är risken för att relativa fuktigheten vid ångspärren inte skall överstiga ϕ_a i medeltal under den farligaste månaden under året. Anledningen till att detta villkor har valts är att det inte är särskilt sannolikt att kondensation under en kort tid skall medföra skador. Vidare är temperaturen vid den gamla ångspärren inte överallt ϑ_a även om förhållandena är stationära. Ytterväggshörn kan ge lägre temperaturer med ökad kondensationsrisk som följd. En faktor som inverkar gynnsamt på beräkningarna är sol- och himmelsstrålning mot byggnaden som höjer ytornas temperatur.

Då Z_2/Z_1 växer ökar tillåtet värmemotstånd. Enligt FIG 6.3 kan det fortfarande finnas kondensationsrisk vid rimliga värmemotstånd då Z_2/Z_1 är t ex 1. Om den nya konstruktionen har ett högt ånggenomgångsmotstånd, t ex genom en ny ångspärr, är figuren emellertid ointressant eftersom man inte längre kan förutsätta att ånghalten vid den gamla ångspärren blir v_a enligt ovan. Den nya ångspärren tillåter knappast någon diffusion.

För den aktuella ytterväggen är $m_1 = 2,0$. Vid tilläggsisolering med mineralull utan ny ångspärr kan Z_2/Z_1 sättas till 0. FIG 6.3 ger då om relativa luftfuktigheten tillåts bli 99%, att tillåtet m_2 kan vara

2,2 m²K/W. För mineralull med $\lambda = 0,04$ W/mK motsvarar detta en isolertjocklek på ca 9 cm. Vid ytterväggshörn kan det här enkla beräkningssättet inte användas. Temperaturen bakom isoleringen blir lägre i hörnet än mitt på ytterväggen.

En annan konsekvens av invändig tilläggsisolering är att inverkan av köldbryggor på värmeförlusterna ökar något. För ett småhus med träkonstruktioner i byggnadsdelarna blir inverkan emellertid ganska liten. Som exempel kan nämnas att vid invändig tilläggsisolering med 10 cm mineralull ökar extra värmeflödet genom fönstersmygen från 0,08 till 0,12 W/mK om anslutningen utförs på ogynnsammast möjliga sätt. Vid beräkning av energibesparingen har tagits hänsyn till detta.

Isolering i luftspalten kan göras genom insprutning av karbamidcellplast, kulor av polystyrencellplast eller granulerad mineralull. Av dessa material är karbamidcellplasten kanske det vanligaste. Statens Planverk har angivit ett praktiskt tillämpligt värmeledningstal för detta som är 0,07 W/mK, varvid hänsyn har tagit till "normal sprickbildning" och fuktinnehåll i materialet. I ett examensarbete vid Byggnadsteknik I, LTH, har visats att krympningen och, som en följd av detta värmeisoleringsförmågan, kan variera mycket mellan olika material.

Den isoleringseffekt som kan uppnås genom injektering med karbamidcellplast måste bedömas som liten eftersom tillgänglig luftspalt inte är större än 2 - 3 cm. Det är möjligt att isoleringen också motverkar luftläckage genom ytterväggarna, men några försöksresultat på detta finns ännu inte.

Risken för fuktskador på grund av den här isoleringen bör vara liten, förutsatt att isoleringen utförs på ett sådant sätt att överskottsfukt har möjlighet att torka ut. Riskerna för fuktskador är betydligt större vid fyllning av luftspalter i tak. Vid byggnader som är mycket utsatta för slagregn kan karbamidcellplasten något öka risken för regngennomslag, eftersom luftspalten inte längre kan dränera bort regnvatten. Det är dock ganska ovanligt med så stora slagregnmängder.

I TAB 6.1 visas beräknad energibesparing vid tilläggsisolering av ytterväggarna i hustyp A144. Här anges också vilken skillnad i värmemotstånd hos ytterväggen, Δm , en åtgärd bör ge.

TABELL 6.1. Beräknad energibesparing vid tilläggsisolering av ytterväggarna invändigt samt i luftspalten. Hus A 144. Tillgänglig ytterväggsyta ca 40 m².

ISOLERINGSMETOD	ENERGIBESPARING (kWh/år)	Δm (m ² K/W)
Fyllning av 3 cm bred luftspalt med karbamidcellplast $\lambda = 0,07$ W/mK	170	0,43
Som ovan med $\lambda = 0,05$ W/mK	220	0,60
Invändig tilläggsisolering med 5 cm mineralull mellan reglar $\lambda_{res} = 0,047$ W/mK + gipsskiva	320	1,12
Invändig tilläggsisolering med 10 cm mineralull + gipsskiva	430	2,19

6.2 TAK

För taket gäller också att tilläggsisolering kan göras utvändigt, invändigt eller med insprutning i luftspalten. I FIG 6.4 visas olika alternativ för isoleringens utförande.

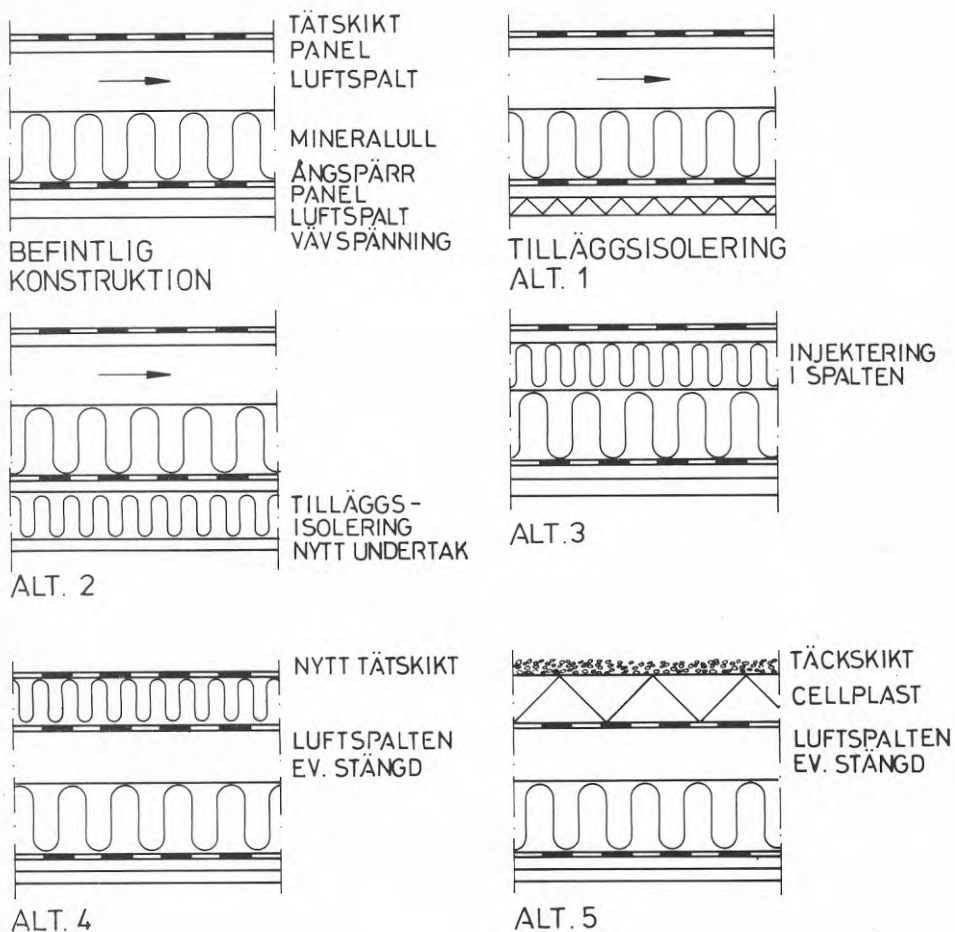


FIG 6.4. Några alternativ för tilläggsisolering av aktuellt tak.

I alternativ 1 är avsikten att behålla befintlig rumshöjd, varför isoleringen endast görs lika tjock som luftspalten mellan vävspänningen och övriga taket, ca 2,5 cm. Isoleringen som t ex kan bestå av cellplast, fästs in i ovanförliggande panel. Renovering av undertaket kan göra detta alternativ aktuellt. Den luftströmning under vävspänningen som iaktogs vid termograferingen, KAP 3.4, kommer att motverkas av isoleringen.

Alternativ 2 är en kraftigare invändig isolering som alltså ger sänkt rumshöjd. Isoleringen kan göras med ny ångspärr, men denna behövs ej om isoleringstjockeleken är måttlig i förhållande till befintlig isolering. I KAP 6.1 angavs som en ungefärlig gräns att den nya isoleringens värmemotstånd kunde vara lika stort som den gamla isoleringens vid normalt inomhusklimat. Det gamla taket har här ett värmemotstånd på $3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ varför en invändig isolering med 10 cm mineralull, vilken har värmemotståndet $2,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ bör vara riskfri även utan ny ångspärr.

Isolering enligt alternativ 3 måste göras genom injektering från takkassetternas sidor. Vid injektering i ett sådant här utrymme där man inte har full kontroll av materialets spridning, är risken stor för att taket fylls upp så att ventilationen hindras. Detta kan medföra fuktskador på träpanelen om den befintliga ångspärren inte är tät, så att inneluft kommer in i taket och kondenserar mot det övre tätskiktet.

Isolering med kabamidcellplast bör definitivt undvikas eftersom risken är stor för att överskottsvatten i materialet inte kan avdunsta.

Vid injektering med "torra isoleringsmaterial" är det möjligt att skador kan undvikas om materialet har tillräckligt stor luftgenomsläpplighet. Det finns dock inga undersökningar gjorda av detta.

För att kontrollera fuktförhållandena i takets övre panel (under taktäckningen) har gjorts en icke stationär fuktbalansberäkning med antagande av att takets luftspalt är helt fylld med mineralull och att det inte finns någon ångspärr mot inneluften. Beräkningen har utförts med ett datorprogram, se Sandberg (1973). I FIG 6.5 visas resultatet, dels med ekvivalent utetemperatur enligt

$$\vartheta_e = \vartheta_1 + \frac{0,9 I}{\alpha_u}$$

dels med endast lufttemperaturen. Figuren visar medelfukthaltens varia-

tion i träpanelen under fyra år. Skalan för fuktkvoten (vikts-%) har också lagts in.

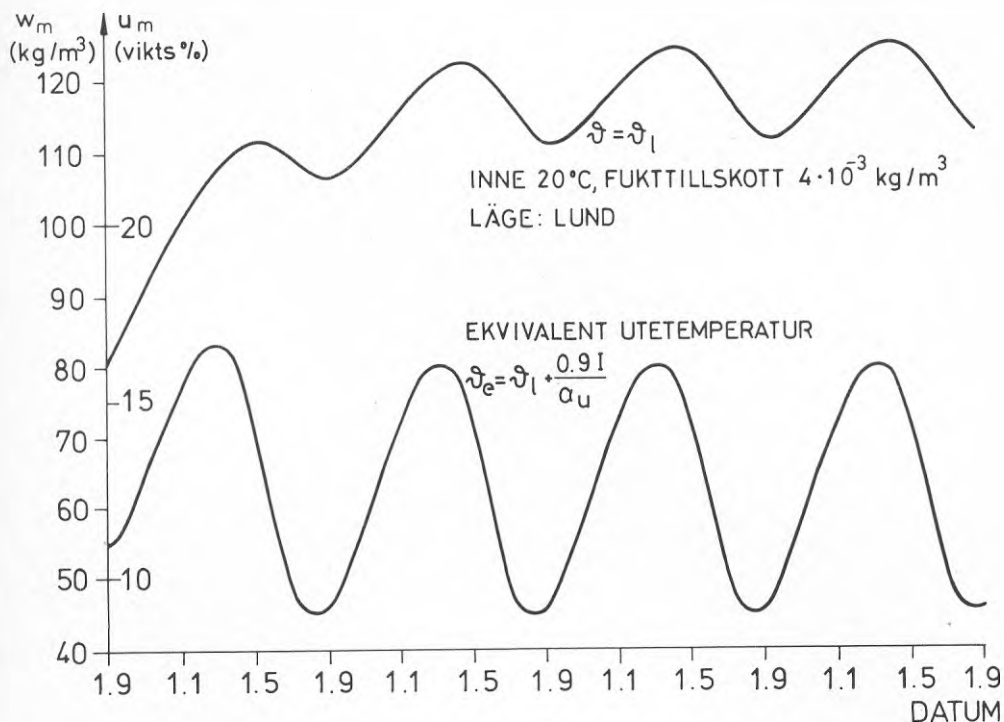


FIG 6.5. Beräkning av fuktbalans i en fullt isolerad takkassett utan in-vändig ångspärr.

Beräkningen är endimensionell och tar inte hänsyn till den ventilation som eventuellt kan ske i horisontalled, trots att luftspalten fyllts med isoleringsmaterial. Drivkraften för ventilationen kan vara genomblåsning, totaltrycksskillnader och temperaturskillnader. Om ventilation kan förekomma inverkar den gynnsamt på takets fuktbalans.

Solstrålningen mot taket, och därmed den höjda yttemperaturen har mycket gynnsam inverkan på fuktinnehållet i panelen. Beräkningar som inte tar

hänsyn till detta är troligen onödigt pessimistiska. Å andra sidan finns inga undersökningar gjorda av hur det här sättet att tilläggsisolera tak fungerar i praktiken. De antaganden och förenklingar som görs i en datorberäkning kan vara alltför osäkra för att ge underlag till beslut om sådan här isolering i en konstruktion med fuktkänsliga material, och där ångspärrens funktion är tvivelaktig.

Tilläggsisolering enligt alt 4 i FIG 6.4 innebär att man lägger ett nytt tak ovanpå det gamla, isolering av t ex mineralull med ny papptäckning. För att få fullgod effekt av isoleringen bör ventilationen förhindras. Detta kan göras utan risk för fuktskador om den nya isoleringen är tillräckligt tjock jämfört med den gamla. Vatten som läcker igenom den nya taktäckningen och sedan inte kan torka ut kan dock ge skador på fuktkänsliga delar av tilläggsisoleringen.

Enligt den tidigare redovisade datorberäkningen skulle man utan risk kunna stänga till ventilationen eftersom en utvändig isolering ger höjd temperatur vid den gamla taktäckningen och fukttinnehållet därför alltid bör vara lägre än den undre kurvan i FIG 6.5.

Energibesparingen vid denna åtgärd beror i hög grad på ventilationen av taket. För beteckningar i det följande hänvisas till KAP 3.2, FIG 3.2. Om lufthastigheten i spalten är noll blir takets k-värde

$$k_{\text{res}} = \frac{1}{\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}}$$

där halva värmemotståndet för luftspalten förts till vardera k_1 och k_2 .

Vid ventilation av taket kan man göra samma beräkning som i KAP 3.2 för att få fram ett medel-k-värde vilket sedan kan användas för att beräkna värmeförlusterna genom hela taket. I FIG 6.6 har detta gjorts för två olika värden på k_2 , 0,38 som motsvarar ca 10 cm cellplast, och 0,26 som motsvarar ca 15 cm cellplast. Alla övriga data för taket är samma som i exemplet, FIG 3.3. k_{medel} har beräknats som funktion av lufthastigheten i spalten.

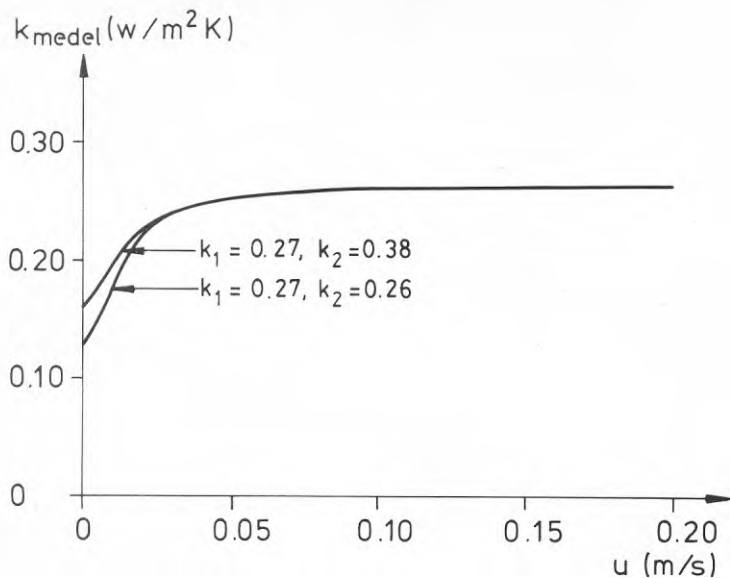


FIG 6.6. Utvändig tilläggsisolering av ventilerat tak. "Medel-k-värdet" som funktion av lufthastigheten i spalten.

Av figuren ser man att isoleringseffekten sjunker snabbt då lufthastigheten ökar. Vid 0,1 m/s har man praktiskt taget ingen effekt av tilläggsisoleringen trots att den nominellt har ungefär lika stort k-värde som det gamla taket. För bästa möjliga utbyte av åtgärden bör isoleringen göras så tjock att ventilationen kan täppas till.

Alternativ 5 enligt FIG 6.4 innebär att man lägger ett s k omvänt tak på det gamla taket. Användningen av denna konstruktion som tilläggsisolering kan begränsas av de extra laster som främst täcksiktet medför. 3 cm singel med vikten $1700 \text{ kg}/\text{m}^3$ ger en extra last på drygt $50 \text{ kg}/\text{m}^2$. Kontrollräkning av aktuell takkonstruktion visade att denna inte teoretiskt skulle klara den extra lasten.

Systemet kan inte desto mindre vara intressant i andra fall. En nackdel är att värmeisoleringen utsätts för regn vilket ökar värmeförlusterna genom taket. Detta sker genom att vatten rinner ner genom skarvar i isoleringen så att temperaturen på tätskiktet sjunker, och genom att vatten

som avleds på takytan sänker yttemperaturen på isoleringen. Fogarna mellan isolerskivorna bör göras så täta som möjligt och isoleringen bör klistras mot tätskiktet, så att vattnet till största delen avleds på ytan. Om isoleringen klistras kan singelmängden minska, varför invändningen om belastningen kanske inte längre är aktuell.

Enligt Künzel (1972) kan det omvända taket ha 60% högre värmeförlust i samband med regn, jämfört med ett konventionellt tak. Undersökning över en längre tidsperiod, en månad, har gjorts av Hansson & Nyström (1974). Deras resultat visas i FIG 6.7. Under denna tidsperiod var värmeförlusterna i medeltal 7,5% högre för det omvända taket än för ett konventionellt tak.

Dessa resultat gäller för betongtak. För trätak finns inga erfarenheter. Man kan emellertid anta att värmeförlusterna under regn blir större för trätaget.

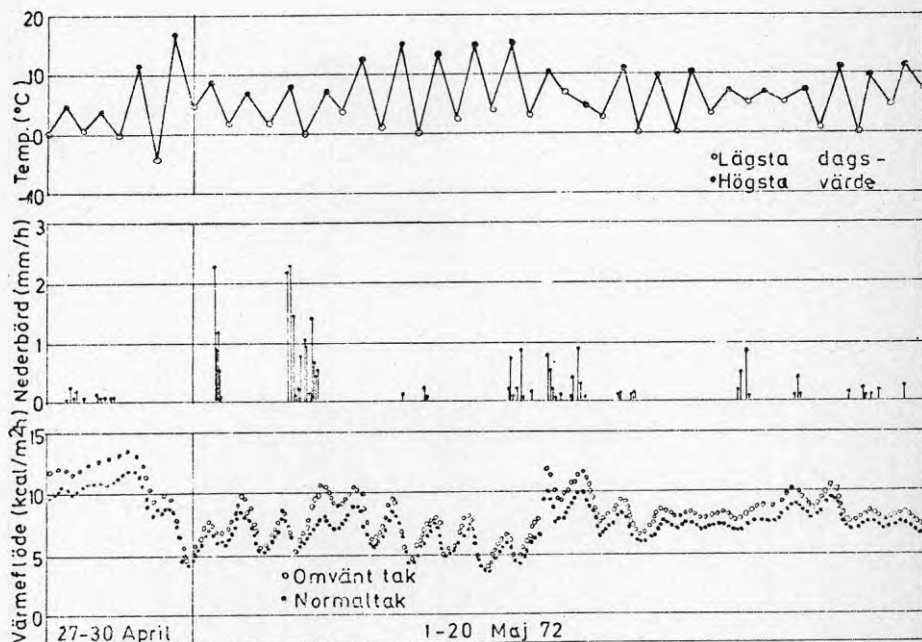


FIG 6.7. Mätningar av värmeförluster i ett omvänt och ett konventionellt tak. Ur Hansson & Nyström (1974).

Lokal temperatursänkning vid en skarv mellan isoleringsskivor kan medföra ökad risk för kondensation här, om takets ventilation stängs.

För de alternativ som bedömts vara intressanta ur teknisk och energibesparingssynpunkt har energibesparingen beräknats vid isolering av taket, hus A 144.

Åtgärd: Full isolering av spalten i taket, 30 cm isolering med $\lambda = 0,04$ Energibesparing: 2360 kWh/år.
--

Åtgärd: Utvändig isolering av taket med 10 cm cellplast + nytt tätskikt. Ingen luftning av taket. Energibesparing: 1390 kWh/år.

6.3 GOLVBJÄLKLÄG OCH KRYPRUM

I FIG 6.8 visas några olika alternativ för tilläggsisolering av ett kryprum

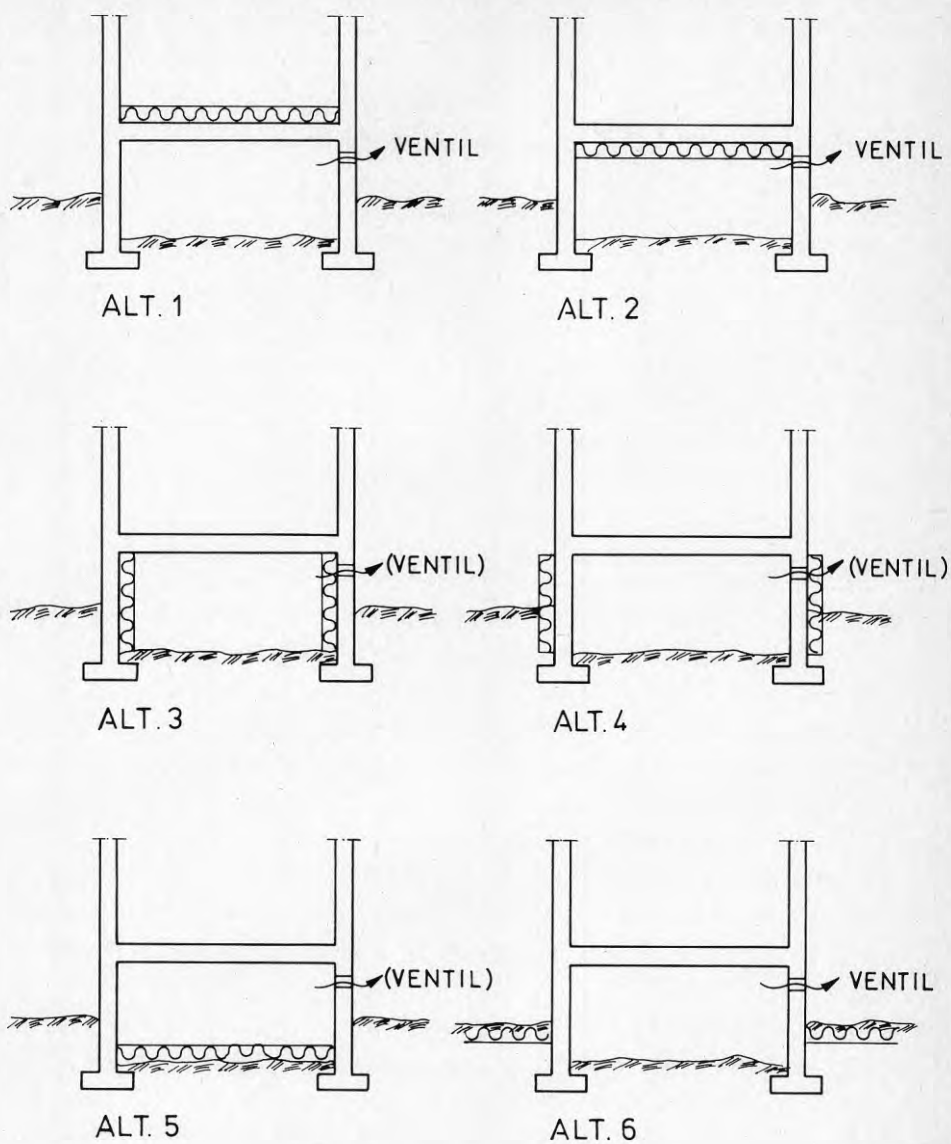


FIG 6.8. Alternativ för tilläggsisolering av krypprum.

Isoleringens funktion, ur teknisk och energibesparingssynpunkt är beroende av fukt- och temperaturförhållandena i kryprummet. Osäkra faktorer är här främst ventilationen samt eventuellt värmetillskott från varmvattenrör.

Fukttillskott till kryprummet kommer huvudsakligen genom avdunstning från markytan. Diffusion genom golvbjälklaget kan också spela en viss roll. I det här fallet kan byggfukten antas uttorkad sedan länge.

Avdunstningen från markytan bestäms av eventuell dränering, jordartens egenskaper, markytans temperatur samt temperatur och relativ fuktighet i kryprummet. En isoleringsåtgärd som sänker markytans temperatur är fördelaktig ur teknisk synpunkt. Detta för med sig att man kan minska ventilationen utan att kryprummet blir fuktigare än före isoleringen. Åtgärden kan emellertid, liksom ALT 1 och 2 medföra risk för tjälskador genom minskat värmeflöde till marken.

Kryprummet är tyvärr svåråtkomligt att arbeta i, varför alt 3 och alt 5, FIG 6.8, ur denna synpunkt är ointressanta.

Alternativ 1 och 2 i FIG 6.8 kan vara tveksamma ur teknisk synpunkt om fuktbelastningen i kryprummet redan tidigare är stor. Kryprummets temperatur sjunker, och temperaturskillnaden mellan markyta och luft kommer förmodligen också att minska.

Alternativ 2 kan också uteslutas på grund av svåråtkomlighet, medan alternativ 1 är fullt möjlig att utföra även om åtgärden för med sig lagging av nytt golv, höjda dörröppningar, och därför kanske blir oekonomisk.

Alternativ 6, horisontell markisolering utanför byggnaden är en åtgärd som brukar användas för att hindra frostnedträngning intill byggnader. För att beräkna energibesparingen vid denna åtgärd måste datorberäkningar göras. Åtgärden har emellertid ansetts alltför dyr i förhållande till eventuellt utbyte med tanke på stenplattor och rabatter kring byggnaden som måste grävas upp för att man skall kunna lägga isoleringen.

Alternativ 4 har ansetts vara intressant och därför har noggrannare beräkningar gjorts av inverkan av denna åtgärd.

I FIG 6.9 har gjorts ett försök till att beräkna kryprumstemperaturen med en enkel värmebalans vid olika ventilationsintensitet. Utetemperaturen har satts till månadsmedelvärden för Skåne, 1931 - 60 och innetemperaturen har satts till 22°C . I figuren har också lagts in två isoleringsalternativ, markskiva i kryprummet samt isolering av grundmurarna. Från eventuellt värmetillskott har bortsetts.

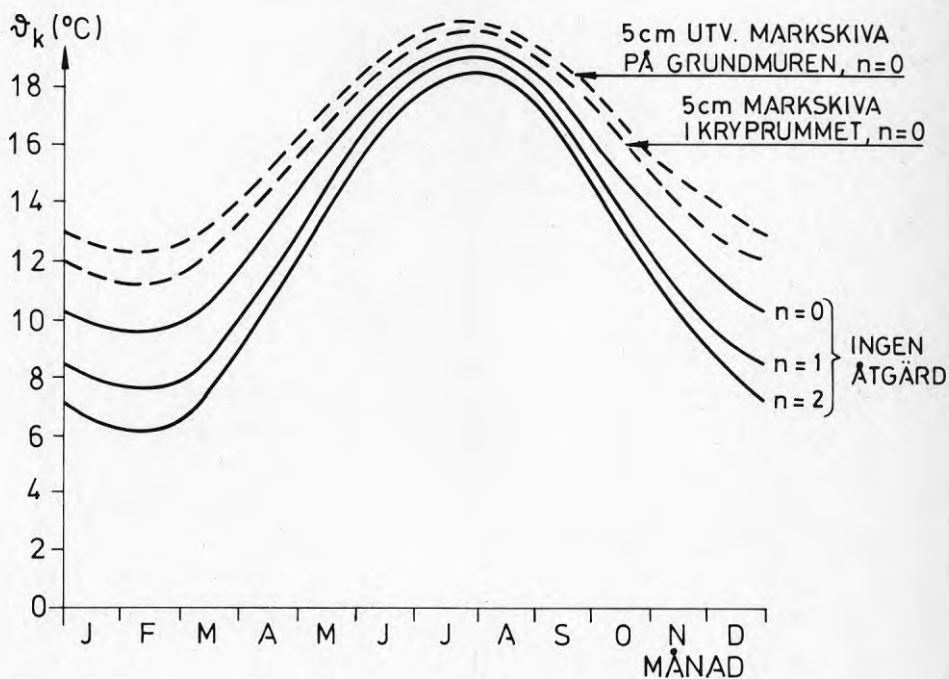


FIG 6.9. Beräknad temperatur i kryprummet vid olika antaganden om ventilation och tilläggsisolering. Beräkningen gjord med enkel värmebalans.

För de tre fallen utan åtgärd ger $n = 0$ att k_{eff} är ungefär lika med 0,54 k, $n = 1$ ger 0,64 och $n = 2$ ger 0,70. Isolering med 5 cm markskiva på grundmuren och ingen ventilation ger k_{eff} ungefär lika med 0,47 k. 5 cm markskiva i kryprummet utan ventilation ger 0,43 k.

Den ovan visade beräkningen kan endast användas som mycket grov överslagsberäkning av värmeförlusterna genom kryprummet. Datorberäkningar har utförts av temperaturfältet omkring kryprummet, med speciell tillämpning på inverkan av utvändigt tilläggsisolering av grundmuren.

Inuti kryprummet är temperaturen från början okänd. Beräkningarna av temperaturfält och värmeförluster utförs därför för ett antal antagna temperaturer i kryprummet. Vid beräkningen antages stationära förhållanden och en sektion av kryprummet betraktas tvådimensionellt. Beräkningen har utförts med finita elementmetoden. Markens λ -värde har antagits konstant lika med 1,4 W/mK. Innetemperaturen har satts till 22 °C och för utetemperaturen och temperaturen på stort djup i marken har antagits årsmedelvärdet i Skåne, 1931 - 60, +8 °C.

I FIG 6.10 visas modellen av kryprummet med punkter inlagda som kan identifieras i figuren med beräkningsresultaten.

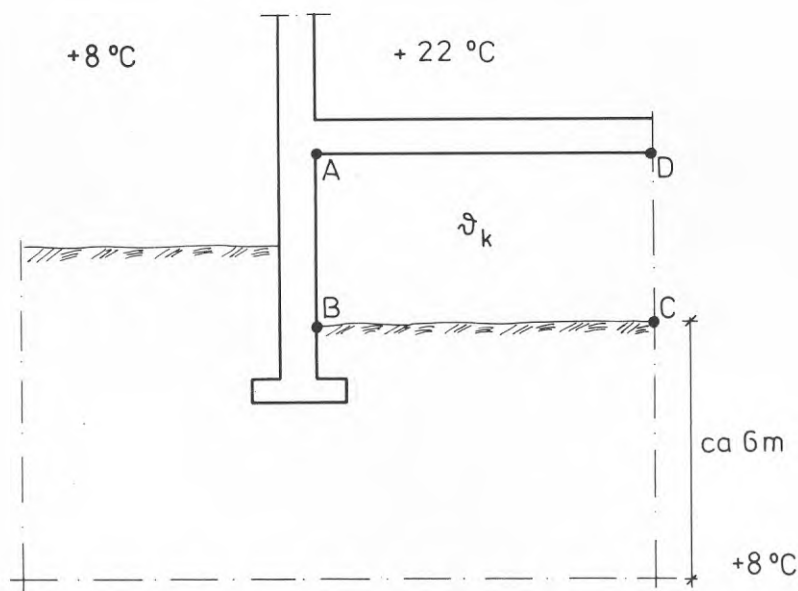


FIG 6.10. Modell för beräkning av temperaturfält kring kryprum.

Kryprummets inre yta, linjerna AB, BC och AD i FIG 6.10 har projicerats på en horisontell axel, och temperaturskillnaden mellan luften och dessa

ytor har avsatts vertikalt. Observeras bör att den horisontella axeln motsvarar lufttemperaturen i kryprummet och att det som avsatts är skillnaden i förhållande till denna, 9, 11, 13 eller 15 °C. Värmeförlusterna har bestämts med en planimeter, och nettovärmeförlusterna har bestämts som funktion av antagen kryprumstemperatur.

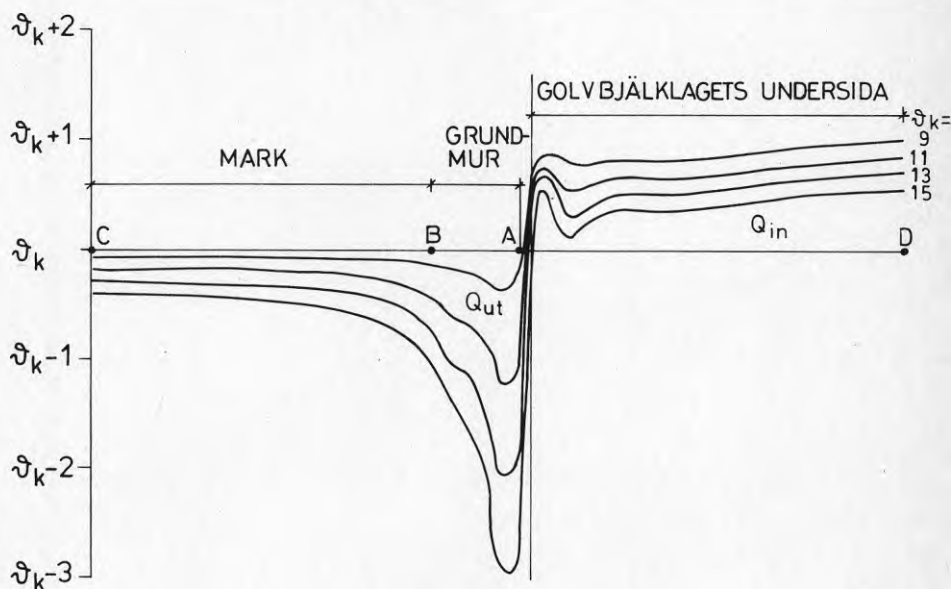


FIG 6.11. Temperaturförhållanden på kryprumets insidor vid varierande kryprumstemperatur.

Beräkningar gjordes också för kryprumstemperaturerna 11, 13 och 15 °C vid isolering av grundmuren med ett 47 cm högt isoleringselement dels med värmemotståndet 1,2 m²K/W dels med 1,6 m²K/W. Skillnaden mellan beräkningar med de olika värmemotstånden var så liten att endast den tunnare isoleringen diskuteras i fortsättningen.

FIG 6.12 visar motsvarande beräkning som FIG 6.11 med tilläggsisolering av grundmuren.

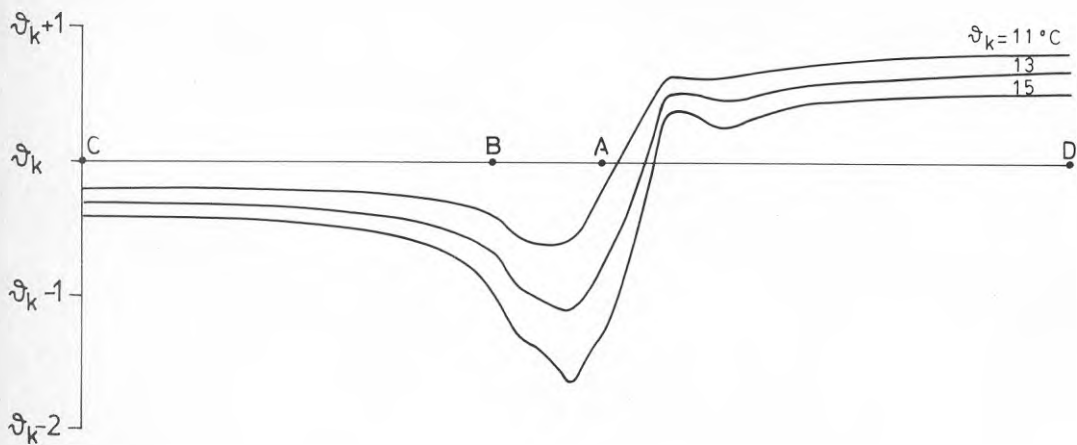


FIG 6.12. Temperaturförhållanden på kryprummets insidor vid utvändigt tilläggsisolering av grundmurarna.

TABELL 6.2. Nettovärmeförluster i kryprummet vid varierande kryprumstemperatur och tilläggsisolering. Endast transmission.

Åtgärd	ϑ_k	Nettovärmeförluster (W/m)
Ingen	9	-11,4
"	11	-3,3
"	13	+6,0
"	15	+15,4
Utvändig tilläggsisolering av grundmurarna, m = 1,2	11	+7,1
"	13	-1,9
"	15	-10,3

Värmebalansen i kryprummet bestäms inte enbart av transmissionen utan också av ventilationen. I FIG 6.13 har ventilationsförlusterna ritats upp som funktion av kryprumstemperaturen vid $n = 1$ oms/h och 2 oms/h. Nettovärmeförlusterna med och utan tilläggsisolering av kryprummet har lagts in i samma figur. Vid $n = 1$ blir kryprumstemperaturen $11,75$ °C för oisolerad grundmur och $12,0$ °C för isolerad grundmur.

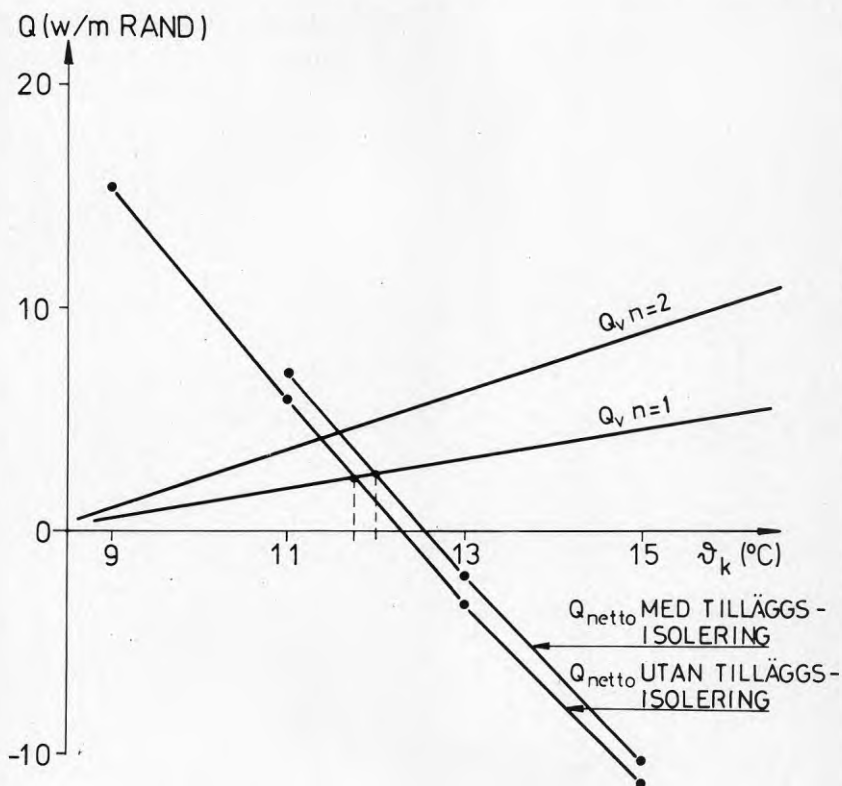


FIG 6.13. Värmebalans i kryprummet.

Vid 13 °C i kryprummet blir de minskade värmeförlusterna på grund av

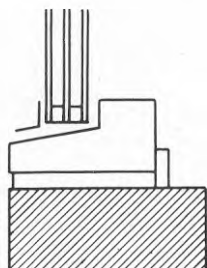
tilläggsisoleringen 1,5 W/m. Höjd temperatur i kryprummet ger ca 0,2 W/m i besparing. Totala besparingen blir då 1,7 W/m. Hus A 144 har ca 50 m tillgänglig rand.

Åtgärd: Utvändig tilläggsisolering av grundmurarna.
Energibesparing: 750 kWh/år.

6.4 FÖNSTER

Förbättring av själva fönstrets värmemotstånd kan göras antingen genom att fönstret byts ut mot ett treglasfönster eller genom att befintligt fönster på något sätt kompletteras till treglasfönster.

Vid byte av hela fönstret kan man välja mellan två olika metoder. Antingen behåller man de gamla karmarna och monterar insticksfönster i dessa, eller också river man ut de gamla fönstren med karmar och sätter in helt nya. Vid fönsterbyte är insticksfönster den vanligaste metoden. Bytet blir förhållandevis billigt. FIG 6.14 visar en treglas isolerruta insatt i befintlig fönsterkarm.



3-GLAS ISOLERRUTA
FAST MONTAGE I KARM

FIG 6.14. Kopplad tvåglas fönsterkonstruktion ändrad till konstruktion för treglas isolerruta. Befintliga fönsterbågar slopas.

Utbyte av hela fönstret inklusive karm görs sällan, men kan naturligtvis vara aktuellt då karmen är rötskadad.

Komplettering av befintliga fönster görs vanligen på insidan med tillsats av en ny ruta eller utbyte av inre rutan mot en isolerruta.

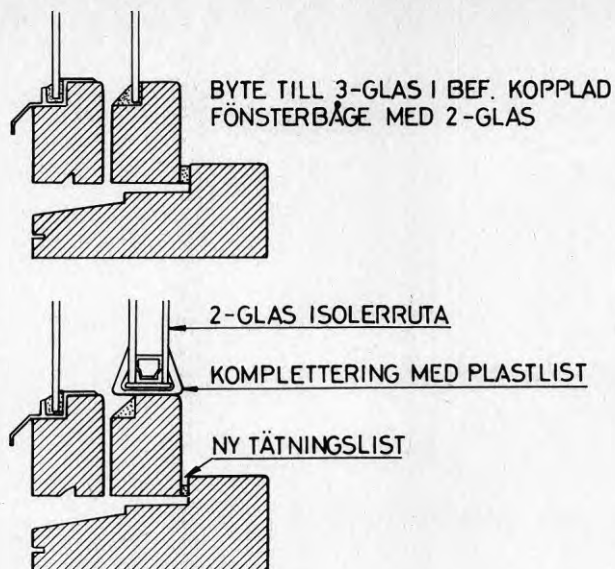
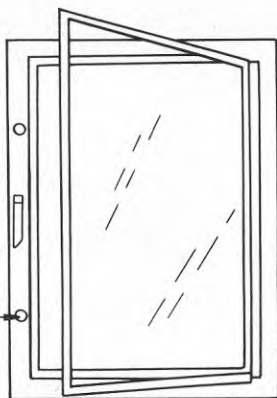


FIG 6.15. Ändring av tvåglasfönster till treglasfönster genom insättning av isolerruta invändigt.

Vid alternativet enligt FIG 6.15 är det viktigt att tätningen mellan karm och båge på insidan görs noggrant så att vattenånga inte kan kondensera på det yttre glaset.

Ett annat system som kan användas för att göra om tvåglasfönster till treglasfönster är att en extra ruta infattad i profiler av plast skruvas fast på rumssidan av den befintliga bågen.

KLÄMSKRUVAR AV PLAST
FÖR ÖPPNING OCH STÄNGNING



MONTERAS PÅ BEF. FÖNSTERBÅGE PÅ RUMSSIDAN

FIG 6.16. Extraruta monterad på insidan av befintlig fönsterbåge.

Transmissionsförlusterna genom ett treglasfönster är ungefär 2/3 av vad de är genom ett tvåglasfönster. Infallande strålning reduceras enligt TAB 5.1 till 91% av strålningen genom ett tvåglasfönster. För hus A 144 har energibesparingen vid byte eller komplettering av alla tvåglasfönster till treglasfönster beräknats.

Åtgärd: Byte eller konvertering av alla tvåglasfönster till treglasfönster.

Energibesparing: 1600 kWh/år (hus A 144)

En enkel tilläggsisolering av fönster kan göras av de boende själva, genom att gardiner och rullgardiner dras för under den mörka delen av dygnet.

Till åtgärder på fönster kan också tätningar kring fönstren räknas. Tätning mellan karm och båge är en ganska enkel åtgärd som kanske kan göras av husägaren själv. Det krävs dock ett noggrant utförande för att man skall få ett fullgott resultat. I de undersökta husen är tätningslisterna av ylle och i ganska dåligt skick. Olsson (1977) anger att en tätningslist av gummi med s k 0-profil är en bra list som passar 80 - 90% av alla fönster. Vid undersökningen enligt KAP 3.3 användes denna list. I samma

referens anges också att tätning mellan karm och båge minskar luftomsättningen i en villa med 0,1 - 0,2 oms/h. Detta motsäges inte av den utförda spårgasmätningen, även om det inte direkt går att utläsa något resultat av denna.

Enligt FIG 5.13 ger en minskning av luftomsättningen med 0,1 oms/h i hus A 144 en energibesparing på 1300 kWh/år.

Fogen mellan karm och vägg kan också behöva tätas. Den termografering som gjordes i ett av husen visade emellertid inte några otätheter här. Någon undersökning av effekten av sådan tätning har inte gjorts. Energi- besparingen har schablonmässigt antagits kunna bli lika stor som vid tätning mellan båge och karm.

6.5 SÄNKNING AV INOMHUSTEMPERATUREN

Värmesystemet bör vara inreglerat till önskad temperatur. Andra åtgärder är radiatortermostatventiler och s k värmevakt.

Avsikten med termostatventilen är att reglera innetemperaturen så att man får ett jämnare klimat. Termostaten skall minska värmeförlusten då tillskottet från yttre värmekällor, t ex solinstrålning eller person- värme, är stort.

Den reella energibesparingen med termostatventiler är mycket svår att uppskatta. Det föreligger ännu inga entydiga undersökningsresultat som visar att man sparar någon energi.

Till en viss gräns kan husägaren själv kontrollera sitt behov av termostatventiler genom att under en tid följa innetemperaturen i olika utrymmen med en kvicksilvertermometer som sätts t ex på en innervägg.

Enligt undersökningar utförda av Statens Institut för Byggnadsforskning bör termostatventiler uppfylla följande krav:

- o termostatventilerna skall kunna ställas in på maximalt tillåten rumstemperatur
- o känslkroppen måste placeras lämpligt, gärna på en innervägg och så att man får så liten inverkan som möjligt av radiatorns temperatur.
- o framledningstemperaturen skall anpassas efter utetemperaturen.

Det är viktigt att vädring görs förnuftigt, så att man inte låter fönster stå på glänt under en längre tid. Termostaten uppfattar detta som att innetemperaturen är låg, varför radiatorernas effektavgivning ökas.

"Värmevakt" innehåller en klocktermostat som påverkar shunten eller cirkulationspumpen. Teoretiskt skall samma temperatur erhållas i hela huset, i motsats till system med radiatortermostatventiler vilka kan ställas in på olika temperaturer i olika utrymmen. Systemen kan kombineras.

Med värmevakt kan man ställa in värmesystemet på olika temperaturer under olika delar av dygnet. På natten och/eller på dagen då huset står tomt kan innetemperaturen sänkas.

Uttryck för energibesparingen vid nattsänkning anges av Dafgård (1979). Nattsänkningen består av två faser, avkylningsfas och uppvärmningsfas. Den tillgängliga tiden för nattsänkning är T .

$$T = \tau_1 + \tau_2$$

där τ_1 är avkylningstiden och τ_2 uppvärmningstiden.

τ_1 , och därmed τ_2 , kan beräknas ur uttrycket

$$\theta_0 = \left[\frac{\tau_b}{\tau_b - \tau_v} \cdot \theta_0 \cdot \exp\left(-\frac{\tau_1}{\tau_b}\right) - \frac{\tau_v}{\tau_b - \tau_v} \cdot \theta_0 \cdot \exp\left(-\frac{\tau_1}{\tau_v}\right) - \frac{\tau_b}{\tau_b - \tau_v} \cdot \theta_{tot} \right] \cdot \exp\left(-\frac{T + \tau_1}{\tau_b}\right) + \frac{\tau_v}{\tau_b - \tau_v} \cdot \theta_{tot} \cdot \exp\left(\frac{-T + \tau_1}{\tau_v}\right) + \theta_{tot}$$

θ_0 = innetemperatur vid förloppets början - utetemperatur (K)

θ_{tot} = den skillnad mellan inne- och utetemperatur som värmesystemet är dimensionerat för (K)

τ_b = byggnadens tidskonstant (h)

τ_v = värmesystemets tidskonstant (h)

Temperaturförloppen vid avkylning och uppvärmning kan beräknas ur följande ekvationer

Avsvalning (tiden 0 - τ_1):

$$\theta = \frac{\tau_b}{\tau_b - \tau_v} \cdot \theta_0 \cdot \exp(-\tau/\tau_b) - \frac{\tau_v}{\tau_b - \tau_v} \cdot \theta_0 \cdot \exp(-\tau/\tau_v)$$

Uppvärmning (tiden 0 till T - τ_1):

$$\theta = \left(\theta_1 - \frac{\tau_b}{\tau_b - \tau_v} \cdot \theta_{\text{tot}} \right) \cdot \exp(-\tau/\tau_b) + \frac{\tau_v}{\tau_b - \tau_v} \cdot \theta_{\text{tot}} \cdot \exp(-\tau/\tau_v) + \theta_{\text{tot}}$$

θ är övertemperatur i förhållande till utetemperatur.

Energibesparingen under ett dygn med nattsänkning T timmar beräknas ur

$$\Delta W = \left(\Sigma kA + \frac{n}{3600} \cdot \rho \cdot c \cdot V \right) \cdot \left(\theta_0 \cdot T - \int_0^T \theta(\tau) d\tau \right)$$

ΣkA = transmissionsförluster per grad temperaturskillnad genom alla omslutningsytor (W/K)

n = byggnadens luftomsättning (h^{-1})

ρ = luftens densitet (kg/m^3)

c = luftens specifika värme = 1000 (J/kgK)

V = byggnadens volym (m^3)

Den aktuella byggnaden är en lätt byggnad, vars tidskonstant kan antas ligga i intervallet 20 - 30 h. Värmesystemet består av varmvattenradiatorer och har alltså en viss tröghet. För att beräkna möjlig energibesparing under en eldningssäsong har följande antaganden gjorts.

$$\theta_0 = 20 - 4 = 16 \text{ K} \quad (4 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ är medelutetemperatur under husets ungefärliga eldningssäsong})$$

$$\theta_{\text{tot}} = 38 \text{ K}$$

$$\tau_b = 26 \text{ h}$$

$$\tau_v = 2 \text{ h}$$

$$T = 10 \text{ h}$$

$$\left(\Sigma kA + \frac{n}{3600} \cdot \rho \cdot c \cdot V \right) = 476 \text{ W/K}$$

Med dessa antaganden fås temperaturförloppet i FIG 6.17. Lägsta erhållna temperatur under natten är ca $17,9^{\circ}\text{C}$. För att få lägre temperatur måste tillgänglig tid för nattsänkningen ökas.

För en överslagsberäkning används medelutemperaturen under hela eldnings-säsongens längd, 242 dygn. Detta ger möjlig energibesparing 1200 kWh/år.

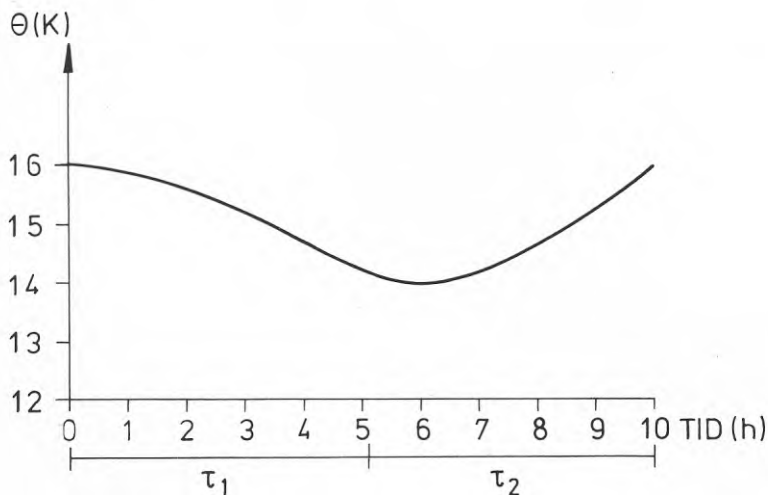


FIG 6.17. Beräknat temperaturförlopp vid nattsänkning.

6.6 ÖVRIGA ÅTGÄRDER

Varmvattenförbrukningen är en stor post i byggnadens energiförbrukning. Förutom ändringar i levnadsvanor finns det rent tekniska åtgärder för att minska denna. Det är emellertid svårt att förutsäga effekten av en sådan åtgärd. HSB har undersökt inverkan av termostatblandare i äldre fastigheter och kommit fram till att 20% av energin för varmvattenuppvärmning kan sparas. För ett småhus skulle detta innebära ca 1000 kWh/år.

En annan tänkbar åtgärd är att begränsa ventilationen genom skorstenarna. För detta finns ett färdigt system som kallas Sparven. Sparven monteras i skorstenen och fungerar genom att en temperaturkänslig bimetalldjäder

stryper flödet i kanalen då utetemperaturen är låg. Av tillverkaren anges att 50% av den energimängd som annars skulle släppas ut genom självdrag kan sparas.

Vad som i det här sammanhanget är intressant att veta är givetvis hur mycket av husets totala ventilation som går ut genom skorstenarna. Det är rimligt att anta att om klimathöljet är mycket otätt, går en stor del av luften ut genom dessa otätheter. Den modell som använts för att beräkna sparvens effekt tar inte på något sätt hänsyn till de komplicerade strömningsförhållandena i ett hus. Eftersom ett av de två undersökta husen var mycket otätt, och de enstaka spargasmätningar som utfördes gav mycket liten skillnad mellan ventilationen med och utan öppna kanaler, verkar det inte troligt att man skulle få någon större energi-
besparing genom att sätta in, som det i detta fall behövs, fyra "Sparvar".

7. MODELL FÖR LÖNSAMHETSBEDÖMNING VID TILLÄGGSISOLERING

7.1 VARFÖR SKALL MAN SPARA ENERGI?

Medvetenheten om jordens knappa tillgångar har under de senare åren vuxit. Vad som speciellt har haft betydelse därvidlag är den s.k. oljekrisen under vintern 1973-1974. Efter oljekrisen aktualiserades behovet att hushålla med energin. Eftersom driften av våra byggnader tar c:a 40 % av den totalt använda energin i anspråk, kommer energibesparande åtgärder inom denna sektor att få stor effekt på vår totala energiförbrukning.

Energibesparing kan bedömas ur många intressenters synvinkel. Samhället är intresserat av en minskad energiförbrukning eftersom det leder till minskade investeringar för energiproduktion, minskad oljeimport och därmed hörande förbättrad handelsbalans och minskad påverkan på vår miljö i form av utsläpp av föroreningar m.m. Som en följd av dessa effekter kan samhällets resurser användas till andra angelägna ändamål, t.ex. sjukvård, barnomsorg eller utbildning. En fastighetsägare har ett intresse av energibesparing, eftersom hans kostnader för uppvärmning av fastigheten minskar. Samtidigt kan en bättre isolering av fastigheten ge ett behagligare inomhusklimat.

En åtgärd som är samhällsekonomiskt lönsam behöver inte nödvändigtvis vara privatekonomiskt lönsam, eftersom en samhällsekonomisk kalkyl vanligtvis tar hänsyn till flera faktorer. I en marknadsekonomi, där de flesta ekonomiska besluten överlätes till den enskilde individen, är det viktigt att de åtgärder som av samhället bedömes vara angelägna även göres privatekonomiskt lönsamma, t.ex. genom fördelaktiga lån och/eller bidrag. Ett alternativ till de ekonomiska incitamenten är att helt enkelt kräva ett visst utförande, t.ex. ur energihushållningssynpunkt. I Sverige finns det exempel på båda typerna av styrmedel. Dessa beskrivs mera ingående i avsnitt 7.2.

Denna rapport ska bedöma lönsamheten av energibesparande åtgärder ur den enskilde fastighetsägarens synvinkel. Detta innebär att de samhällsekonomiska aspekterna helt utelämnas.

7.2 SAMHÄLLETS STYRMEDEL FÖR ATT PÅVERKA ENERGIFÖRBRUKNINGEN

Samhället påverkar byggandet på många sätt. Styrningen kan ske med

- o administrativa styrmedel
- o ekonomiska styrmedel
- o propagerande styrmedel

De administrativa styrmedlen karakteriseras av att de i princip är tvingande och generella. Exempel är stadsplaneinstitutet och SBN 75, som med sitt energisupplement anger de energihushållningskrav som gäller för nybebyggelse.

De ekonomiska styrmedlen karaktäriseras av att de avses att komma till användning p.g.a. god privatekonomisk lönsamhet. De är inte tvingande vilket innebär att inte alla vidtar de önskade åtgärderna. Som exempel på denna typ av styrmedel kan nämnas energisparstödet för befintlig bebyggelse, som presenteras mera detaljerat i avsnitt 7.3.

De propagerande styrmedlen, slutligen, användes ofta i kombination med något av de övriga typerna av styrmedel. De karaktäriseras av att de försöker att påverka beteendet med propaganda av olika slag. Som exempel kan nämnas energisparkampanjen, som användes i kombination med energisparstöd till befintlig bebyggelse.

7.3 ENERGISPARSTÖD TILL BEFINTLIG BEBYGGELSE

Riksdagen fattade 1975 ett energipolitiskt beslut, som i princip innebär att en tillväxt av energikonsumtionen inom industri- och transportsektorerna måste kompenseras av en minskning inom byggnadssektorn. Energiförbrukningen inom det befintliga byggnadsbeståndet har ett dominerande inflytande och åtgärder har vidtagits för att minska energiförbrukningen i detta. Medel har anslagits för det s.k. energisparstödet, som utgår i form av energisparbidrag, energisparlån och räntebidrag.

Följande åtgärder berättigar till energisparstöd:

- o förbättring av värme- och ventilationssystem, dock ej utbyte av värme-panna eller oljebrännare
- o anordningar för individuell mätning av varmvatten, el och gas eller för nattackumulering av varmvatten

- o anslutning av fastigheten till fjärrvärmeanläggning
- o förbättring av värmeisolering i väggar, fönster och bjälklag
- o åtgärd som är direkt föranledd av ovanstående åtgärder.

Varje åtgärd har åsatts ett visst schablonbelopp, s.k. godkänd kostnad.

Storleken av dessa framgår av bilaga 3. Energisparstöd utgår, om den godkända kostnaden uppgår till minst 1.500 kr per lägenhet.

Energisparbidraget är 35 % av den godkända kostnaden, dock maximalt 3.000 kr per lägenhet. De resterande 65 % av den godkända kostnaden utgår i form av energisparlån, som är annuitetslån med högst 20 års amorteringstid och ränta f.n. (1978) 9,75 %. Om den godkända kostnaden överstiger 25.000 kr, utgår även räntesubvention i form av räntebidrag. För kostnad överstigande den godkända, utgår inget energisparstöd.

Tabell 7.1 nedan sammanfattar villkoren.

Länetyyp	Familjehustyp		
	En	Två	Fler
Energisparbidrag 35% (525 ≤ B ≤ 3.000)	gäller	gäller	gäller
Energisparlån 65 % ränta= 9,75%(1978) beror på gällande diskonto amorteringstid högst 20 år x)	gäller	gäller	gäller men säkerhet för L > 20.000 krävs.

Tabell 7.1 Nuvarande låneformer för energisparlån och bidrag.
Hämtat från /17/.

- x) För lån mindre än 10.000 kr är återbetalningstiden 10 år
 " mellan 10.000 kr och 20.000 kr " 15 år
 " större än 20.000 kr " 20 år

I tillämpningsanvisningarna för det statliga energisparstödet står skrivet, att det finns vissa lägsta k-värden på den befintliga konstruktionen som berättigar till energisparstöd. Dessa angivna värden är följande (gäller för zon IV enligt SBN):

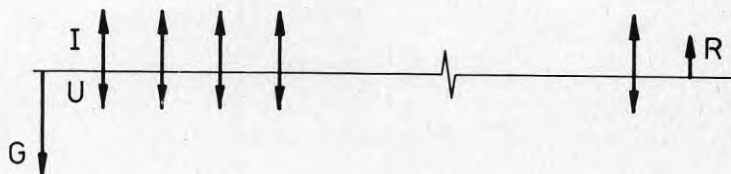
- o Ytterväggar: 0,60 W/m² K
- o Golvbjälklag: 0,45 "
- o Yttertak 0,35 "

Vid lägre k-värden än dessa angivna utgår alltså inte energisparstöd.

Vid samtal med Länsbostadsnämnden i Malmö, fick författarna en uppgift om vissa schablonregler, som används parallellt med de ovan beskrivna k-värdena. Dessa regler gick ut på att en yttervägg, som innehåller mer än 70 mm mineralull, inte får energisparstöd. P.s.s. gäller att ett yttertak med mer än 120 mm mineralull inte får energisparstöd.

7.4 VAL AV ENERGIBESPARANDE ÅTGÄRDER ÄR EGENTLIGEN ETT INVESTERINGS- PROBLEM

Ur fastighetsägarens synpunkt är valet av energibesparande åtgärd ett investeringsproblem. De ekonomiska konsekvenserna består av en större utbetalning vid genomförande av åtgärden och minskade årliga utbetalningar under investeringens användningstid. I figur 7.1 visas en typisk investeringsituation.



Figur 7.1 Grafisk illustration av betalningskonsekvenser vid en investeringsituation.

De olika beteckningarna i figur 7.1 är följande:

Grundinvestering (G) är den utbetalning som investeringen ger upphov till i starten.

Restvärdet (R) är det värde investeringen har vid det tillfälle när den tas ur bruk. Ofta antages restvärdet vara försumbart.

Utbetalningar (U) är sådana utgifter som förorsakas av den löpande driften av investeringen under brukstiden.

Inbetalningar (I) är sådan ersättning eller kostnadsinbesparingar som investeringen ger upphov till under brukstiden.

Inbetalningsöverskott (a) definieras som $I-U$.

7.5 OLIKA KALKYLMETODER VID INVESTERINGSPROBLEM

7.5.1 Diskonteringsmetodik

Ett grundläggande begrepp vid investeringskalkylering är den s.k. diskonteringen, d.v.s. metodiken att förflytta penningssummor i tiden med hjälp av diskonteringsräntan. Diskonteringsräntan är "bryggan", som gör penningssummor som utfaller vid olika tidpunkter jämförbara med varandra.

Den följande framställningen förutsätter kunskap om investeringskalkylering. För repetition av dessa begrepp hänvisas till /2/ eller /15/.

Diskonteringsfaktorer, diskonteringsränta

Diskontering betyder alltså "förflyttning av penningssummor i tiden".
De viktigaste diskonteringsfaktorerna är:

Nuvärdesfaktorn $(1 + r)^{-n}$, som användes för att förflytta en penningssumma från framtiden till idag.

Slutvärdesfaktorn $(1 + r)^n$, som användes för att förflytta en penningssumma från idag till framtiden.

Nuvärdessumman $(1 - (1 + r)^{-n}) / r$, som användes för att beräkna nuvärdet av löpande lika stora betalningar.

Annuitetsfaktorn $r / (1 - (1 + r)^{-n})$, som användes för att fördela en summa på ett antal lika stora poster.

Samtliga dessa diskonteringsfaktorer finns tabellerade.

I samtliga diskonteringsfaktorer betyder r = diskonteringsräntan.
Några exempel ska illustrera användningen av diskonteringsräntan.

Exempel 1

Ett sätt att bedöma en investerings lönsamhet är att diskontera alla in- och utbetalningar till samma tidpunkt (vanligen investeringstidpunkten).

En fastighetsägare ämnar installera en energibesparande apparat. Den anses kunna ge ett inbetalningsöverskott av 800 kr/år i 15 år och kostar 8.000 kr att installera. Alternativ användning av kapitalet skulle ge en avkastning av 8 % per år (bankräkning).

Man kan nu beräkna vilken penningssumma som behöver insättas på banken mot 8 % ränta för att 800 kr per år ska kunna disponeras.

Denna fråga besvaras genom att beräkna nuvärdessumman av inbetalningsöverskotten vid en diskonteringsränta av 8 %.

$$800 \times \frac{1 - (1 + 0,08)^{-15}}{0,08} = 800 \times 8,5595 = 6.848 \text{ kr.}$$

Vid valet att sätta in 6.848 kr på banken eller att investera 8.000 kr i en energibesparande apparat, mot samma utdelning, väljer fastighetsägaren troligtvis inte att installera apparaten.

Från exempel 1 kan man se att pengar kan användas på många sätt: bl.a investeras eller sättas in på banken. Pengar som inte är bundna i en investering kan alltid avkasta en viss ränta (i exemplet 8 % bankränta). Pengar som investeras är ju bundna och medför att alternativ avkastning omöjliggöres. Diskonteringsräntan är alltså i dessa fall alternativkostnaden för kapital.

Följande tre exempel ska visa hur man kan ta hänsyn till dels penningvärdets försämring (inflation) och dels till prisstegringar på olika varor och tjänster. Det finns i princip två olika sätt att göra detta

- o justera diskonteringsräntan
- o justera betalningarna

I exemplen används den förra metodiken.

Exempel 2

Nuvärdet av en penningssumma A_1 som utfaller år n är vid en diskonteringsränta av r %

$$A_0 = A_1 * \frac{1}{(1+r)^n}$$

Vid inflation kommer ju pengar som utfaller i framtiden att ha ett lägre reallt värde. Om man beräknar betalningskonsekvenserna i dagens penningvärde kommer de framtida inbetalningsöverskotten att få för stor "vikt" i kalkylen. Det enklaste sättet är att justera diskonteringsräntan med en faktor $\frac{1}{(1+q)}$ där q = inflationen.

Inflationsjusterad penningssumma

$$A'_0 = A_1 * \frac{1}{(1+r)^n} \cdot \frac{1}{(1+q)^n} = A_1 * \frac{1}{(1+r+q+rq)^n}$$

inflationsjusterad diskonteringsränta

Om vi i exempel 1 antar att inflationen är 8 %, kommer diskonteringsräntan att bli ≈ 17 %.

Nuvärdessumman av inbetalningsöverskotten kommer att bli

$$800 * \frac{1 - (1 + 0,17)^{-15}}{0,17} = 800 * 5,336 = 4.267 \text{ kr}$$

Exempel 3

I vissa fall kan kraftiga prisförändringar för varor och tjänster inträffa, vilket man kanske vill beakta i kalkylen. Genom att korrigera diskonteringsräntan med $(1 + p)$, där p = prisförändringen, kan sådan hänsyn tas.

Anta att oljepriset i exempel 1 stiger med 6 % per år. Då kommer inbetalningsöverskotten successivt att växa.

För att ta hänsyn till detta justeras diskonteringsräntan

$$\text{till } \frac{1+p}{1+r} = \frac{1}{\left(1 + \frac{r-p}{1+p}\right)} = \frac{1}{\left(1 + \frac{0,08 - 0,06}{1+0,06}\right)} = \frac{1}{1+0,019}$$

Detta ger ett nuvärde av inbetalningsöverskotten =
 $= 800 * 12,95 = 10.356 \text{ kr}$

Exempel 4

Kombination av ex. 1, 2 och 3

Investeringskostnad 8.000 kr, årligen energibesparingar 800 kr/år under 15 år, inflation 8 % och energiprisstegringen 6 %. Beräkna nuvärdet av inbetalningsöverskotten om diskonteringsräntan är 8 %.

För att ta hänsyn till inflation och energiprisstegringen korrigeras diskonteringsräntan till

$$\begin{aligned} \frac{1+p}{1+q} \cdot \frac{1}{1+r} &= \frac{1}{\left(1 + \frac{q-p}{1+p}\right)} \cdot \frac{1}{1+r} = \frac{1}{1 + \frac{0,08 - 0,06}{1+0,06}} \cdot \frac{1}{1+0,08} = \\ &= \frac{1}{1+0,018} \cdot \frac{1}{1+0,08} \approx \frac{1}{1+0,10} \end{aligned}$$

Nuvärdet av inbetalningsöverskotten blir alltså
 $800 * 7,6061 = 6.085 \text{ kr}$

7.52 Kapitalvärdesmetod

Denna metod innebär att alla inbetalningsöverskott nuvärdesberäknas och från denna summa subtraheras grundinvesteringen. Med beteckningar enligt figur 7.1 fås följande formel:

$$V = -G + \sum a(1+r)^{-n},$$

där V = kapitalvärdet och r = diskonteringsräntan.

Om $V > 0$ anses investeringen som lönsam. Lönsamhetsberäkningen i exempel 1 är utförd med kapitalvärdesmetod.

Enligt avsnitt 7.51 är diskonteringsräntan ett mått på alternativkostnaden för kapital, d.v.s. den avkastning på kapitalet som kan erhållas om det inte binds i en investering. Någon entydig diskonteringsränta existerar inte.

x)
Kalkylräntan kan sägas vara ett krav på investeringen så att dess avkastning är minst så stor som den bästa alternativa kapitalanvändningen. Kalkylräntan måste därför bestämmas som den procentuella avkastningen vid den fördelaktigaste alternativanvändningen av kapitalet.

Det är inte heller helt lätt att tolka kapitalvärde som begrepp, men det kan anses vara ett mått på vad investeringen är värd för ägaren utöver grundinvesteringen och en avkastning på det investerade kapitalet motsvarande kalkylräntan. Är kapitalvärdet positivt fås en avkastning på det investerade kapitalet som är större än den använda diskonteringsräntan, d.v.s. det sker en form av "förmögenhetstillväxt".

7.53 Internräntemetod

Enligt formeln för kapitalvärdet minskar detta vid ökande diskonteringsränta. Vid en viss räntesats är investeringens kapitalvärde = 0. Denna räntesats kallas för investeringens internränta och är ett mått på investeringens procentuella avkastning. Investeringar vars internränta överstiger en fastställd minimiavkastning, betraktas som lönsamma.

x) I fortsättningen används begreppen kalkylränta och diskonteringsränta synonymt.

Metoden bygger på följande formel:

$$-G + \sum a(1+r)^{-n} = 0$$

Beräkningsmässigt kan metoden vara svår, eftersom passningsräkning erfordras. Nomogram som underlättar användandet av metoden har konstruerats.

Om formeln utvecklas fås följande uttryck:

$$G = a \times \frac{1 - (1+r)^{-n}}{r}$$

Vid stora värden på investeringens brukstid (n) blir

$$\frac{G}{a} \approx \frac{1}{r}, \text{ d.v.s. } r \approx \frac{a}{G}.$$

Detta uttryck kan användas vid överslagsmässiga beräkningar av internräntan.

Ett problem vid användandet av internräntemetoden är att fastställa minimiavkastningen för investerat kapital.

7.54 Energisparingskostnadsmetoden

På senare år har denna metod lanserats för lönsamhetsberäkningar av energibesparande investeringar. Metoden beskrivs närmare i /16/.

Metoden innebär att man beräknar "kostnaden för att spara energi", som jämföres med "kostnaden för att förbruka energi". Uttrycket ser ut på följande sätt:

$$\frac{\text{Investeringskostnad} + \text{nuvärde av underhållskostnader}}{\text{netto årlig energibesparing (kWh)} \times \text{brukstid}} <$$

<relationsfaktor * dagens energipris

Med beteckningar enligt figur 7.1 erhålles:

$$\frac{G + \sum U}{B \times n} \leq \alpha * e, \text{ där}$$

G = grundinvesteringens storlek(kr)

U = nuvärdet av underhålls-och servicekostnader(kr)

B = årlig energibesparing netto, orsakad av investeringen(kWh)

n = investeringens brukstid

α = relationsfaktor enligt tabell 7.2, där hänsyn tas till livslängd, ränta och energiprisutveckling.

e = dagens energipris

c) 30 år

Årlig energi kostn ökn. %	Ränta %					
	3	4	5	7	10	15
3	1.000	0.864	0.752	0.585	0.422	0.276
4	1.166	1.000	0.865	0.663	0.470	0.300
5	1.366	1.164	1.000	0.756	0.527	0.327
7	1.905	1.601	1.358	1.000	0.670	0.395
10	3.242	2.677	2.227	1.579	1.000	0.540
15	8.394	6.766	5.489	3.687	2.142	1.000

Tabell 7.2 Relationsfaktorn α vid brukstiden 30 år. Hämtat från /16/.

Om uttrycket ovan stuvats om litet, fås följande uttryck:

$$G + \sum U - B * e * n * \alpha \leq 0, \text{ eller vid teckenväxling}$$

$$- G - \sum U + B * e * n * \alpha \leq 0,$$

d.v.s. uttrycket för kapitalvärdenligt avsnitt 7.52. Faktorn $n * \alpha$ är helt enkelt diskonteringsfaktorn för nuvärdessumma, med diskonteringsräntan korrigerad med energiprisstegringen, enl. exempel 3 i avsnitt 7.51. Energisparkostnadsmetoden är alltså kapitalvärdesmetoden i en ny skepnad.

Vad som däremot inte (i alla fall explicit) talas om, är att metoden inte är korrekt om inte hänsyn tas till både inflation och energiprisstegring. Dessa två faktorer motverkar varandra, vilket förstås intuitivt eftersom ett högre energipris i framtiden betalas med värdoförsämrade pengar. Hänsyn till både energiprishöjning och inflation tages, om "nettoenergiprishöjningen" framräknas. Denna är $(1 + \text{energiprishöjningen}) / (1 + \text{inflationen}) \approx (\text{energiprishöjn.} - \text{inflation.})$

I /16/ illustreras metoden med ett exempel enligt nedan.

Antag att man för ett nybygge väljer mellan att installera en energibesparande apparat eller att öka på isoleringen. Antag vidare att båda åtgärderna kostar 2.000 kr men att apparaten under sin livstid av 15 år ger 6.000 kWh/år som energibesparing medan motsvarande värden för isolering är 50 år resp. 3.000 kWh/år. Underhållet av apparaten förutsättes vara 150 kr/år, dagens energipris 10 öre/kWh och både ränta och årlig energiprisutveckling 7 %.

Det räcker inte att konstatera att apparaten för samma investeringskostnad sparar mer energi per år.

Energisparkostnadsmetoden ger ett annat besked:

	Apparaten	Isoleringen
Invest.kostnad kr	2.000	2.000
Underh.kostnad (nuvärde) kr	$15 \times 150 = 2.250$	-
Totalkostnad kr	4.250	2.000
Årlig energibesp. kWh	6.000	3.000
Total energibesp. kWh	$15 \times 6.000 = 90.000$	$50 \times 3.000 = 150.000$
Energisparkostnad öre/kWh	4,72	1,33

Bägge åtgärderna har alltså energisparkostnader som ligger under det antagna energipriset 10 öre/kWh och är därför lönsamma. Men eftersom isoleringen har den klart lägsta energisparkostnaden är isolering den mest lönsamma åtgärden och skall därför väljas i första hand.

Följande två tveksamheter finns i exemplet.

1. Nuvärdet av apparatens underhållskostnad bör givetvis diskonteras med den angivna räntan (7 %). Nuvärdet av underhållskostnaderna blir då $150 \times 9,1359 = 1.370$ kr. Detta ger i sin tur en energisparkostnad för apparaten av 3,74 öre/kWh jämfört med exemplets 4,72 öre/kWh.
2. I exemplet jämföres investeringar med olika brukstider, 15 och 50 år. I ett sådant fall är det korrektare att jämföra annuiteter av kapitalvärdet eller att ersätta investeringen med kortare brukstid ett antal gånger så att jämförelsen avser en jämförbar tidsperiod. Här används det senare förfarandet. Apparaten ersättes alltså år 15, år 30 och år 45.

Nuvärdet av investeringskostnaden blir då $(1,0000 + 0,3663 + 0,1368 + 0,0520) \times 2.000 = 3.110$ kr Nuvärdet av underhållskostnaderna blir (om tidsperioden antages 50 år) $13,9977 \times 150 = 2.099$ kr. Den totala inbesparade energin blir $50 \times 6.000 = 300.000$ kWh, vilket ger en energisparingskostnad av 1,73 öre/kWh, att jämföra med exemplets 4,72 öre/kWh.

De båda ovan beskrivna tveksamheterna innebär att isoleringsalternativet gynnas på bekostnad av medtävlaren, energibesparande apparat. Om dessutom ingen hänsyn tas till inflationen, kommer en generell preferens för energibesparing att uppstå.

/16/ utges av sveriges mineralullsfabrikanter. Förhoppningsvis beror de ovan nämnda tveksamheterna på olyckliga omständigheter.

7.6 VAL AV EKONOMISK UTVÄRDERINGSMODELL

7.61 Utgångspunkter

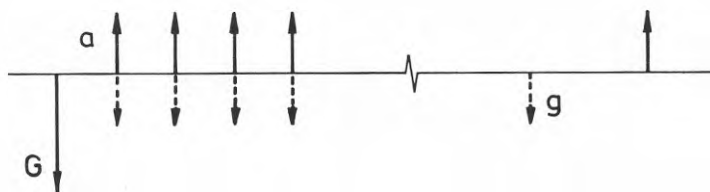
Denna rapport syftar bl.a. till att utvärdera de privatekonomiska konsekvenserna av olika energibesparande åtgärder hos befintlig småhusbebyggelse. Detta innebär att en utvärderingsmodell måste väljas.

Denna modell bör även kunna vägleda andra småhusägare vid valet av energibesparande åtgärder.

Detta ställer följande krav på den ekonomiska modellen:

- o Modellen bör vara så ekonomiskt korrekt som möjligt, d.v.s. ta hänsyn till olika påverkande faktorer, t.ex. inflation, energiprishöjning och konsekvenser vid lånefinansiering.
- o Modellen bör innehålla så få skattningar som möjligt av beslutsfattarens preferenser (t.ex. val av kalkylränta, vilket ju i högsta grad är subjektivt och varierande från person till person).
- o Modellen bör vara så enkel, att den kan användas av en icke-ekonom. Detta krav verkar i motsatt riktning mot kravet på hänsynstagande till så många faktorer som möjligt. För att göra det möjligt att uppfylla båda dessa motstridiga krav, bör metoden ha olika varianter, beroende på noggrannhetskrav och kunskap hos personen som använder den.

7.62 Betalningskonsekvenser hos en energibesparande investering



Figur 7.2 Betalningskonsekvenser hos en energibesparande investering.

I figur 7.2 avser beteckningarna följande:

a = de årliga inbetalningsöverskotten (energibesparingen). Dessa påverkas av energiprisets höjning och inflationen.

G = grundinvesteringen

g = vid energisparlån enligt avsnitt 7.3 reduceras G med 35 % och de återstående 65 % uppdelas i ett antal årliga annuiteter. Dessa annuiteter påverkas dels av inflationen och dels av fastighetsägarens ränteavdrag.

7.63 Val av "grundmodell"

Enligt avsnitt 7.61 bör den valda modellen innehålla så få skattningar av beslutsfattarens preferenser som möjligt. Den skattning som får mest inflytande på kalkylresultatet är antagandet om kalkylräntans storlek.

Den enda metoden där kalkylräntan inte behöver antas är internräntemetoden. Det lönsamhetsmått som beräknas enligt denna metod är internräntan, eller "procentuell avkastning av investeringen". Den beräknade internräntan jämföres sedan med beslutsfattarens krav på avkastning.

Exempel 5

En viss energibesparande investering ger en internränta av 8 %. Villaägare A har som enda alternativ användning av sitt kapital insättning på bank, som ger 6 %. A bör alltså utföra investeringen. Villaägare B har däremot stora kunskaper om aktiespekulation, och räknar att kunna få en utdelning av 18 % på pengar, som satsas på aktier. B bör alltså inte utföra investeringen.

Det bör observeras, att ingen hänsyn tagits till de olika alternativens skattekonsekvenser. Både A:s ränteinkomster och B:s aktievinster läggs "på toppen" av respektive personers inkomster och "marginalbeskattas" därför.

Fördelen med internräntemetoden är att den ger en "objektiv" bild av lönsamheten, utan att något antagande om kalkylränta måste göras.^{x)}

En nackdel med metoden är att hög internränta innebär "hög avkastning per investerad krona". Om syftet med energibesparande åtgärder är att till varje pris maximera energibesparingen, är inte internräntemetoden korrekt.

x) kapitalvärdesmetodens lönsamhetsmått, kapitalvärdet, är ju beroende av vald kalkylränta.

I ett sådant fall är kapitalvärdesmetoden bättre, vilket bl.a. visas i /18/.

En privatperson torde emellertid vara mest intresserad av att maximera nyttan av sina investeringar, varför internräntemetoden för denna rapports syfte är acceptabel.

Internräntemetoden är inte heller lämplig när rangordning av olika investeringsalternativ görs. Orsaken är att internräntan, d.v.s. den diskonteringsränta som ger kapitalvärdet = 0, påverkas av alternativens olika betalningsstruktur (denna påverkas av bl.a. brukstid och in- och utbetalningarnas storlek och förläggning i tiden). Som framgår av avsnitt 8 kommer ingen rangordning av investeringsalternativ att göras, varför internräntemetoden kan användas.

7.64 Överslagsmässig variant av internräntemetoden

Förutsättningar: Ingen hänsyn tages till energiprishöjning, inflation eller finansieringsalternativ (investeringen förutsättes alltså betalas kontant vid investeringstillfället).

Investeringens betalningskonsekvenser kommer alltså att få ett utseende enligt figur 7.3.



Figur 7.3 Betalningskonsekvenser vid överslagsmässig beräkning av en investerings internränta.

Internräntan kan enligt avsnitt 7.53 approximeras enligt:

$$r \approx \frac{a}{G}$$

Denna metod är lämplig att använda vid grova överslagsberäkningar och vid sådana tillfällen när exaktare uppgifter om energiprishöjning, inflation och finansieringsalternativ inte kan fås fram.

Eftersom metoden inte tar hänsyn till dessa tre faktorer, måste den framräknade internräntan jämföras med avkastningskrav, där dessa faktorer exkluderats.

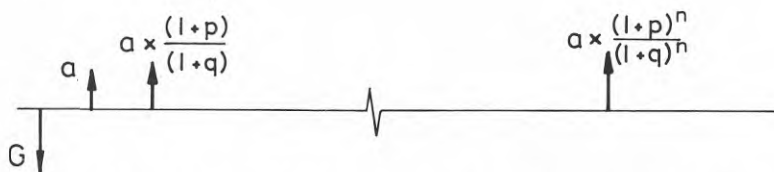
Exempel 6

En energibesparande investering kostar att installera 2.000 kr och inbesparar 200 kr/år. Beslutsfattarens avkastningskrav är 8 % (bankränta utan hänsyn tagen till inflation och skattekonsekvenser). Uppfyller investeringen avkastningskravet?

Internräntan blir enl. ovan $200/2.000 = 10\%$, vilket alltså är högre än de uppställda avkastningskraven.

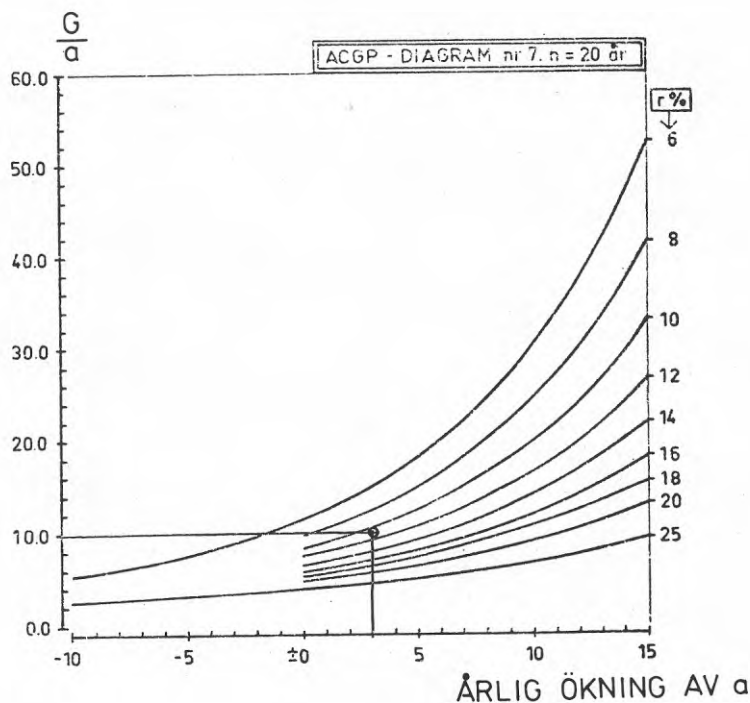
7.65 Noggrannare variant av internräntemetoden

Förutsättningar: Hänsyn tas till energiprishöjning, inflation och brukstid. Ingen hänsyn tas till finansieringsalternativ, vilket innebär att investeringen förutsättes betalas kontant vid investerings-tillfället.



Figur 7.4 Betalningskonsekvenser vid noggrannare variant av internräntemetoden. q = inflation och p = energiprishöjning.

För denna typ av beräkningar finns det utvecklat diagram av typen ACGP. Dessa diagram har ett utseende enligt figur 7.5. ACGP-metoden finns noggrant beskriven i /11/ och /12/. ACGP-diagram för olika livslängder visas i bilaga 2.



Figur 7.5 ACGP-diagram för brukstiden $n = 20$ år.

ACGP-diagrammen användes på följande sätt: Kvoten mellan investeringens kostnad och energibesparingen vid investeringstillfället avsättes på den vertikala axeln. Den procentuella förändringen av energibesparingen per år avsättes på den horisontella axeln. Vid skärningspunkten avläses den aktuella internräntan.

Exempel 5

Samma förutsättningar som i exempel 6, men årlig inflation 7 % och årlig energiprisstegring 10 %. Brukstid 20 år.

Som framgår av figur 7.4 kommer energiinbesparingen att öka med faktorn $(1 + 0,10)/(1 + 0,07) = (1 + 0,028)$, d.v.s. en ökning av c :a 3 %. $G/a = 2.000/200 = 10$. Dessa båda värden avsättes i ACGP-diagrammet i figur 7.5 och ger en internränta av 11 %.

Eftersom detta exempel tar hänsyn till inflationen, kan den framräknade internräntan inte utan vidare jämföras med avkastningskravet 8 % utan hänsyn till inflation. Vid insättning på bank sker förvisso en tillväxt av kapitalet, men denna tillväxt "äts upp" av inflationen. Vid 8 % ränta och 7 % inflation är den reala avkastningen ca 1 %.

Denna investering är alltså mycket lönsam, eftersom den vida överstiger den reala avkastningen vid insättning på bankräkning. (11 % jämfört med 1 %).

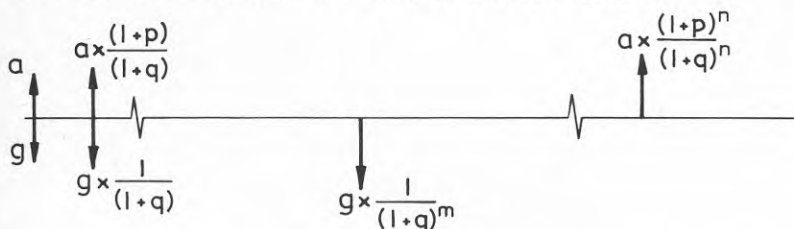
Denna metod är lämplig att använda vid mer detaljerade beräkningar när inflationstakten och energiprisstegringen är kända. Möjligheten att uppskatta dessa trender diskuteras i avsnitt 7.7. Eftersom investeringen förutsättes betalad vid investeringstillfället är metoden inte exakt, när statligt energisparstöd utgår. Om man trots detta vill använda metoden i ett sådant fall, ska grundinvesteringen reduceras med 35 % för att ta hänsyn till bidragsdelen. Inverkan av följande faktorer beaktas då inte:

- o En privatperson får, beroende av sin marginalsatt, ett visst räntebudrag i sin deklaration. De reella ränteutgifterna på energisparlånet reduceras därför.
- o Energisparlånet amorteras med värdeförsämrade pengar (i alla fall så länge det inte finns indexlån).

Ett beaktande av dessa faktorer innebär vanligtvis att investeringens lönsamhet ökar.

7.66 Den noggrannaste varianten av internräntemetoden

Förutsättningar: Hänsyn toges till energiprishöjning, inflation och brukstid. Hänsyn toges även till att investeringsutgiften uppdelas i ett antal annuiteter (energispårstöd, enl avsnitt 7.3). Dessa annuiteter påverkas av inflationen och marginalskatteeffekter.

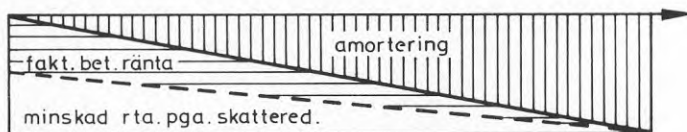


Figur 7.6 Betalningskonsekvenser vid den noggrannaste varianten av internräntemetoden.

q = inflation, p = energiprishöjning, a = årlig energibesparing och g = årliga annuiteter

Ett annuitetslån innebär, att ränta och amortering betalas med ett årligt konstant belopp, annuitet.

För ett lån med 10 års löptid och 10 % ränta är annuiteten $0,1627 \times$ lånebeloppet. Detta innebär att totalt erlagd ränta + amortering blir $10 \times 0,1627 \times$ lånebeloppet = $1,6270 \times$ lånebeloppet. Av detta är $0,6270$ ränta. En privatperson får p.g.a. ränteavdrag i deklarationen en skattereduktion; vid 60 % marginalsatt blir skattereduktionen 60 %. I ovanstående exempel blir den faktiskt betalda räntan $0,4 \times 0,6270 = 0,2508 \times$ lånebeloppet.



Som framgår av figuren kommer vid skattereduktion de årliga annuiteterna inte längre att vara konstanta.

För att förenkla behandlingen användes en reducerad ränta ($0,4 \times 10 \% = 4 \%$). Vid återbetalningstiden 10 år blir annuiteterna $0,1233$. Totalt betald ränta + amortering blir då $10 \times 0,1233 = 1,233$. Räntebetalningen

7.7 SKATTNING AV PARAMETRAR I MODELLEN

De parametrar som främst måste bli föremål för skattningar är energiprishöjningen och inflationen.

Som framgår av tidigare avsnitt kommer den årliga energibesparingen att uppräknas med faktorn $(1 + \text{energiprishöjningen}) / (1 + \text{inflationen})$.

Om investeringen lånefinansieras kommer de årliga annuiteterna att påverkas av en faktor $1 / (1 + \text{inflationen})$.

I fortsättningen av detta avsnitt kommer ett försök göras att skatta dessa två faktorer. Diskussionen är i stort hämtad från /17/.

Tabell 7.3 visar prisutvecklingen på olja och konsumentprisindex under perioden 1967 - 1976.

År	Konsumentprisindex för tunn eldningsolja ¹⁾	Preisindex för importerad råolja ²⁾	Konsumentprisindex (Totalt) ³⁾
1967	100	100	100
1968	110	104	102
1969	97	92	105
1970	109	92	112
1971	132	118	121
1972	126	119	128
1973	179	131	137
1974	310	390	151
1975	283	412	166
1976	372	467	182

1) Genomsnittligt konsumentprisindex (inkl. frakt men exkl. skatter och avgifter).

Källa: Allmän månadsstatistik, SCB och RSV.

2) Källa: SCB:s Utrikeshandel (Kvartalsstatistiken).

3) Källa: Allmän månadsstatistik, SCB.

Tabell 7.3 Prisutvecklingen på olja och konsumentprisindex 1967-1976. /17/

är alltså 0,2330 och om denna jämförs med räntebetalningen vid 10 % ränta och 60 % marginals katt, som är 0,2508, ges att skillnaden är liten. Visserligen kommer en viss omfördelning i tiden av räntebetalningarna att göras, men detta fel är av liten omfattning.

Internräntan är den diskonteringsränta, där kapitalvärdet är 0. Med beteckningar enligt fig 7.6 kan internräntan lösas i följande ekvation:

$$\sum_{i=1}^n a \cdot \frac{(1+p)^i}{(1+q)^i} \cdot \frac{1}{(1+r)^i} - \sum_{j=1}^m g \cdot \frac{1}{(1+q)^j} \cdot \frac{1}{(1+r)^j} = 0$$

där r = internräntan.

Denna ekvation får lösas med passningsförfarande, vilket innebär en del räknearbete.

Den noggrannhet som vinnes i förhållande till metoden enligt avsnitt 7.65 är i de flesta praktiska fall försumbar.

Här diskuteras enbart oljeprisets utveckling, eftersom de aktuella fastigheterna uppvärms med olja. Dessutom uppvärms generellt en dominerande del av Sveriges fastigheter med olja, antingen i form av egna oljepannor, fjärrvärme eller oljebaserad elkraft.

Konsumentprisindex har under perioden 1967-1976 ökat i runda tal 10% per år. Innevarande (1978) års siffror pekar mot en inflation av ca 8%. Inget pekar emellertid mot att den framtida inflationen skulle bli väsentligt annorlunda än tendensen som visas i tabell 7.3. En inte alltför otrolig skattning skulle alltså vara att den framtida inflationen blir ca 10% per år.

Vad beträffar oljeprisets utveckling kan följande sägas:

- o Råoljepriset förefaller att vara beroende av den internationella politiken.
- o Råoljepriset förefaller också vara beroende av inflationen i västvärlden, eftersom OPEC tidigare har motiverat prishöjningar på olja med att de oljeproducerande länderna måste kompensera sig för prisstegringar på importvaror.
- o Den svenska kronan kommer troligtvis i framtiden att få en svagare ställning gentemot andra valutor.

Råoljepriset är alltså i viss mån beroende av inflationen (och vice versa). Vad beträffar kronans värde kommer antagligen dess svagare ställning att motivera en energiprisökning som är större än den allmänna inflationstakten. Under förutsättning att inga större världspolitiska kriser inträffar kan nog en uppskattning av den framtida energiprisstegringen av 15% per år vara realistisk.

Dessa uppskattningar kommer att användas vid utvärderingen av olika energibesparande åtgärder, som redovisas i avsnitt 8.

8. PRIVATEKONOMISK UTVÄRDERING AV ENERGIBESPARANDE ÅTGÄRDER

8.1 FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR UTVÄRDERINGEN

De åtgärder, som beskrivits i kap. 6 kommer här att privatekonomiskt utvärderas med den i kapitel 7.6 angivna metoden. Beräkningarna grundar sig på följande förutsättningar:

- o Energipriset för de aktuella fastigheterna är för tillfället uppbyggt av två komponenter, en fast årlig avgift till den gemensamma värmecentralen och en rörlig avgift per förbrukad kWh (6 öre/kWh). Eftersom den fasta avgiften inte förändras vid varierande energiförbrukning (i alla fall så länge som ingen radikal förändring sker), tas endast hänsyn till den rörliga avgiften.
- o Det angivna energipriset, 6 öre/kWh, är extremt lågt. För att ge utvärderingen en högre grad av generalitet utföres även beräkningarna med ett energipris av 15 öre/kWh, vilket ungefär motsvarar dagens kostnader för eluppvärmning av småhus.
- o Fastighetsägarna antages utföra vissa enkla åtgärder själv, medan mera komplicerade åtgärder utföres av entreprenör.
- o De angivna investeringskostnaderna är mycket approximativa, men torde motsvara ett "normalt" anbud inkl. moms (11,43 %). En reservation mot svårigheten att kostnadsberäkna så små uppdrag lämnas emellertid. Den händige villaägaren kan dock få lägre investeringskostnad och därmed högre lönsamhet genom att göra även svårare arbeten själv.
- o Enligt diskussion i avsnitt 7.7. antages den årliga energiprisstegringen vara 15 % och den årliga inflationen 10 %.
- o De åtgärder som kan få statligt energisparstöd, förutsättes finansieras med sådant. Om den faktiska kostnaden överstiger den godkända (enl avsnitt 7.3) antages den överstigande delen kontantfinansieras). Lånens amorterings-tid antages vara 10 år.

8.2 BEDÖMDA ÅTGÄRDER

De åtgärder, som bedömdes vara realistiskt genomförbara, redovisas enligt nedan. Åtgärderna är uppdelade i följande grupper:

Fönster

Tätning dörrar och fönster, båge-karm

" " , karm-vägg

Utbyte av 2-glas fönster till 3-glas.

Konvertering av 2-glasfönster till 3-glas med Duplo tillsatsfönster.

Yttertak

Fyllning av yttertak med 300 min.u11, $\lambda = 0,04$.

Utvändig isolering med 100 cellplast + nytt tätskikt + strypt vent. i luftspalt

Ytterväggar

Fyllning av luftspalt med 30 karbamidcellplast

Invändig tilläggsisolering med 50 min.u11 + regler + gips

" 100 "

Utvändig isolering av grundmur

Utvändig isolering av grundmur med Sirockelement

Reglering av vattenförbrukning och innetemperatur

Central värmevakt

Engrepps-eller termostatblandare

Drift-och skötselanvisning (energisnålt boende).

Utelämnandet av radiatortermostatventiler beror inte på glömska från författarnas sida, utan beror på att tillgängliga studier av ventilernas energibesparande effekt är mycket motsägande. Ventilerna har dessutom i vissa fall visat prov på mindre god funktion.

Av de ovan redovisade åtgärderna, kan följande av olika orsaker inte få statligt energisparstöd:

Fönster

Tätning båge-karm }
" vägg karm }

finns ej med bland de stödberättigande åtgärderna enl bil. 3.

Yttertak

Fyllning av yttertak med min.u11 }
Utvändig isolering av yttertak }

bef. konstruktion har för lågt k-värde ($0,26 \text{ W/m}^2 \text{ K}$) och innehåller dessutom för mycket min.u11 (130 mm).
Se avsnitt 7.3.

Ytterväggar

Fyllning av luftspalt med karbamidplast }
Inv. tilläggsisolering }

bef. konstruktion har för lågt k-värde ($0,41 \text{ W/m}^2 \text{ K}$) och innehåller dessutom för mycket min. u11 (80 mm).
Se avsnitt 7.3.

Reglering av vattenförbrukning och innetemperatur

Engrepps- eller termostatblandare

Drift- och skötselanvisning



finns ej med bland de stödberättigade åtgärderna enl. bil. 3

Det faktum, att både yttertak och ytterväggar har för bra k-värde för att få energisparstöd, är ett gott betyg åt de aktuella husen.

8.3 REDOVISNING AV UTVÄRDERINGEN

De olika grupperna av åtgärder redovisas i fem tabeller i bilaga 4.

De redovisade internräntorna har avrundats till närmaste hela procenttal.

Åtgärder, som berättigar till energisparstöd, har utvärderats enligt avsnitt 7.64 - 7.66. Vid utvärdering enl. avsnitt 7.65 och 7.66 har investeringsutgiften reducerats med energisparbidrag. Vid utvärdering enligt 7.66 uppdelas dessutom energisparlånet i annuiteter, och skillnaden mellan godkänd kostnad (enl. 7.3) och total investeringsutgift antages betalas kontant vid investeringstillfället.

Åtgärder, som inte berättigar till energisparstöd, har utvärderats enligt 7.64 - 7.65.

I redovisningen av internränta enl. kap. 7.65 har i vissa fall ingen internränta angivits. Detta beror på att tillgängliga ACGP-diagram, enl. bilaga 2, inte "räcker till" (kvoten G/a blir för hög).

På grund av att villorna var relativt välisolerade, kom åtgärder som berörde ytterväggar och yttertak att få relativt låg lönsamhet. Till exempel blev internräntan vid tilläggsisolering av ytterväggen c:a 1 %.

Gruppen "fönsteråtgärder" hade genomgående högre lönsamhet, beroende på att dessa åtgärder inte är av samma genomgripande karaktär som tilläggsisolering. Olika tätningsåtgärder var klart lönsammast, t.ex. fick åtgärden tätning mellan båge och karm en internränta av 30 eller 40 %, beroende på energipris.

En annan relativt lönsam grupp var "installationsåtgärder". Dessa karakteriseras av att de inte är av speciellt genomgripande karaktär, och alltså blir förhållandevis billiga. En central värmevakt fick en internränta av 5 eller 19 %, beroende på energipris.

Det bör än en gång påpekas, att den valda utvärderingsmodellen mäter den inbesparade energin i relation till investeringskostnaden, Om en metod, som premierar absolut mängd inbesparad energi, hade använts, skulle troligtvis resultatet vara annorlunda. För motiven till den valda utvärderingsmodellen hänvisas till avsnitt 7.6.

9 AVSLUTNING

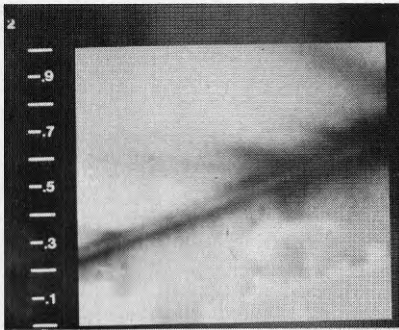
Denna rapport behandlar olika konsekvenser av energibesparande åtgärder i viss typ av villor, belägna i Malmö-Lund-regionen. Detta innebär att redovisade data av olika slag inte utan vidare kan appliceras på andra hus!

Husen var relativt välisolerade men hade vissa otätheter. Av de föreslagna åtgärderna är alla, utom möjligtvis fyllisolering i yttertak, tekniskt beprövade och leder till ett gott resultat om de utföres på rätt sätt. Däremot visar många åtgärder, ur strikt privatekonomisk synvinkel, relativt låg internränta, vilket i denna rapport användes som mått på lönsamheten. De åtgärder som visar den högsta lönsamheten är relativt enkla åtgärder t ex fönstertätning, termostatblandare och temperaturreglering. Det bästa sättet att spara energi är dock att bo på ett energisparmedvetet sätt.

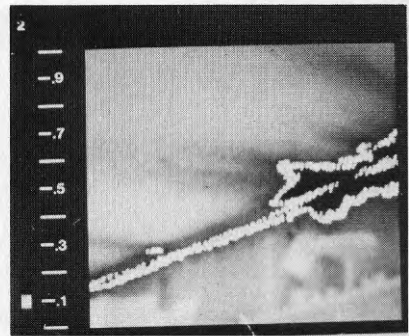
Energisparstöd ges i stor utsträckning till tilläggsisolering av ytterväggar och tak. I vissa fall medges energisparstöd även för nya ytskikt, som förorsakas av isoleringsåtgärden. Detta i kombination med att det troligtvis finns lönsammare energibesparingsåtgärder, kan leda till att utbytet för samhället blir dåligt.

Detta kan avhjälpas med bättre information och en ändring av lånebestämmelserna, så att dessa premierar effektiva energibesparingsåtgärder.

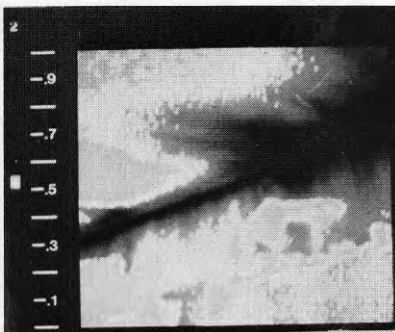
BILAGA 1. Termografering enligt KAP 3.4.



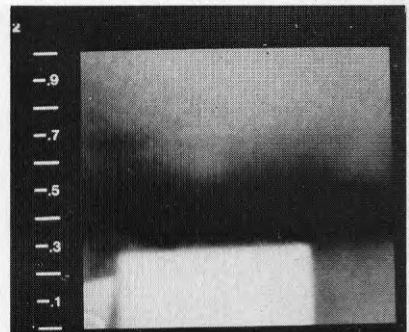
Mät punkt A, gråtonsbild.
Takvinkel i vardagsrummet.
Vävspänt undertak.



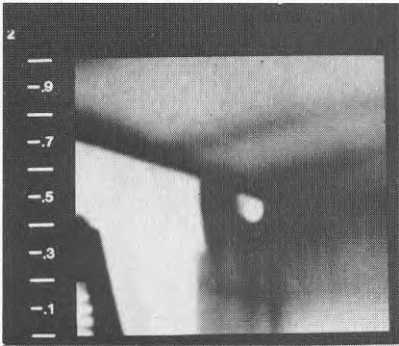
Mät punkt A, isoterm bild 1.



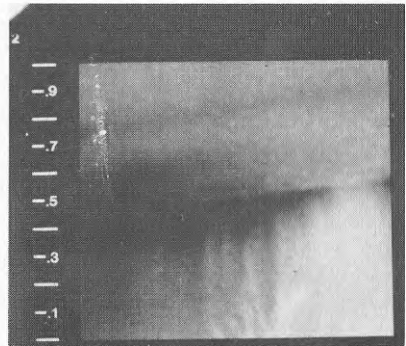
Mät punkt A, isoterm bild 2.
Temperaturskillnad mellan
isotermerna $1,2^{\circ}\text{C}$.



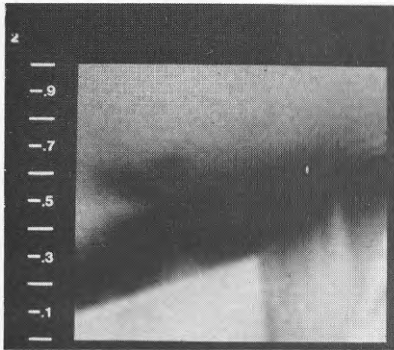
Mät punkt B. Takvinkel i vardags-
rummet. Vävspänt undertak.



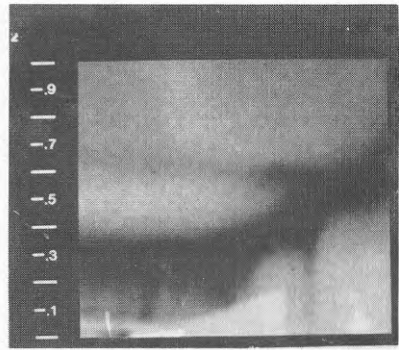
Mätpunkt C, gråtonsbild.
Takvinkel i vardagsrummet.
Ytterväggshörn.



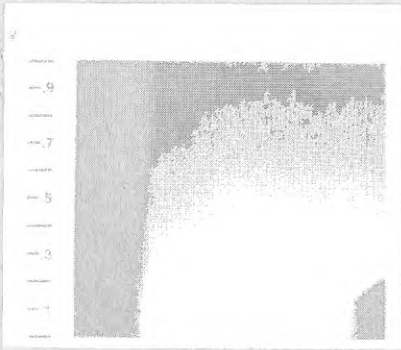
Mätpunkt D, gråtonsbild.
Takvinkel i vardagsrummet.
Angränsande vägg är en innervägg.



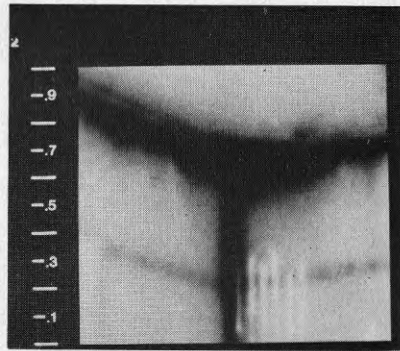
Mätpunkt E, gråtonsbild.
Takvinkel i vardagsrummet.
Vid yttervägg.



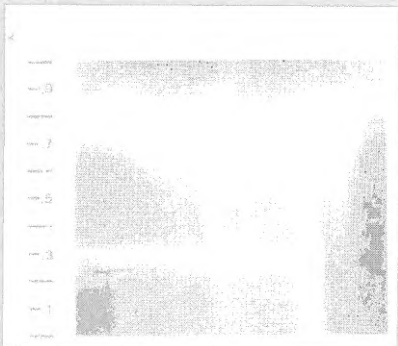
Mätpunkt F, gråtonsbild.
Takvinkel i vardagsrummet.
Mot innervägg.



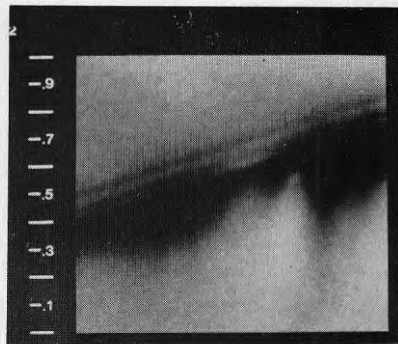
Mät punkt G, gråtonsbild.
Sovrum. Golvvinkel mot
yttervägg.



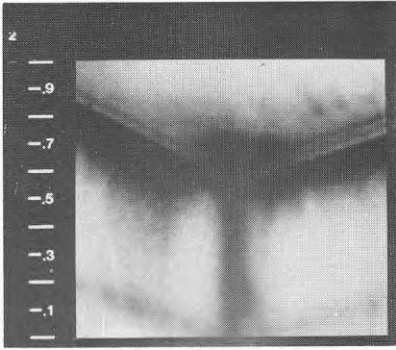
Mät punkt H, gråtonsbild.
Takvinkel i ytterväggshörn, sov-
rum. Vävspänt undertak.



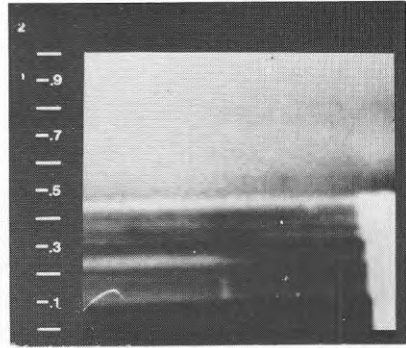
Mät punkt I. gråtonsbild.
Takvinkel i sovrums.



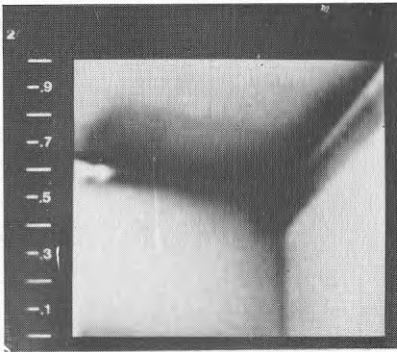
Mät punkt J, gråtonsbild.
Takvinkel i sovrums.



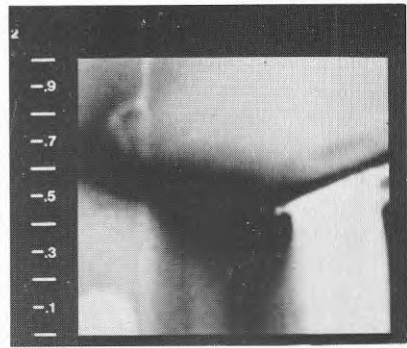
Mät punkt K, gråtonsbild.
Takvinkel i ytterväggshörn,
sovrum.



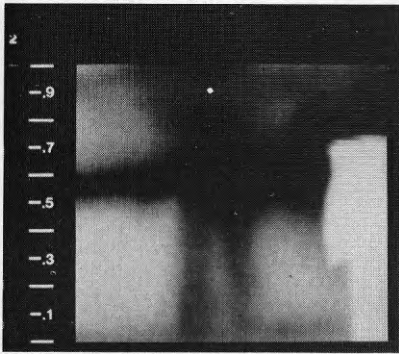
Mät punkt L, gråtonsbild.
Överfönster i sovrum.



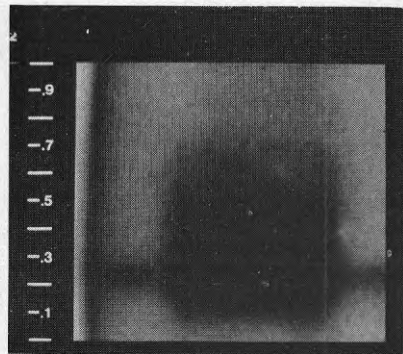
Mät punkt M, gråtonsbild.
Takvinkel i köket. Under-
tak av spånskiva.



Mät punkt N, gråtonsbild.
Takvinkel i köket.



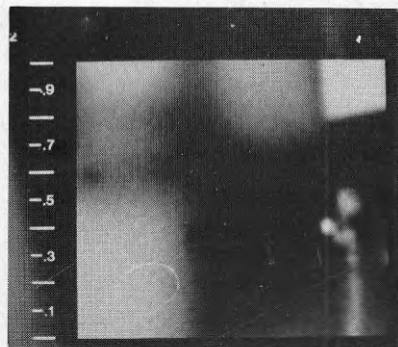
Mätpunkt O, gråtonsbild.
Yttervägg bredvid fönster-
dörr i TV-rum.



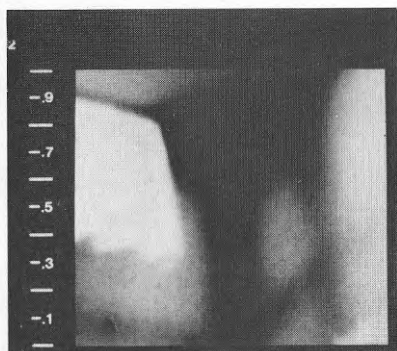
Mätpunkt P, gråtonsbild. Yttervägg
i TV-rum. Det mörka fältet beror på
en nyligen borttagen tavla. Värme-
flödesmätning tidigare gjord här.



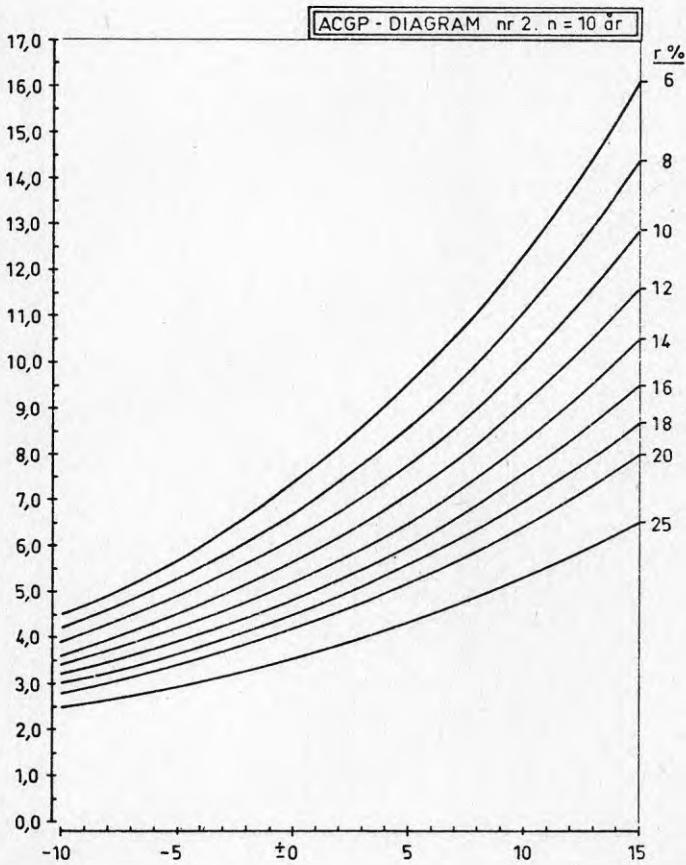
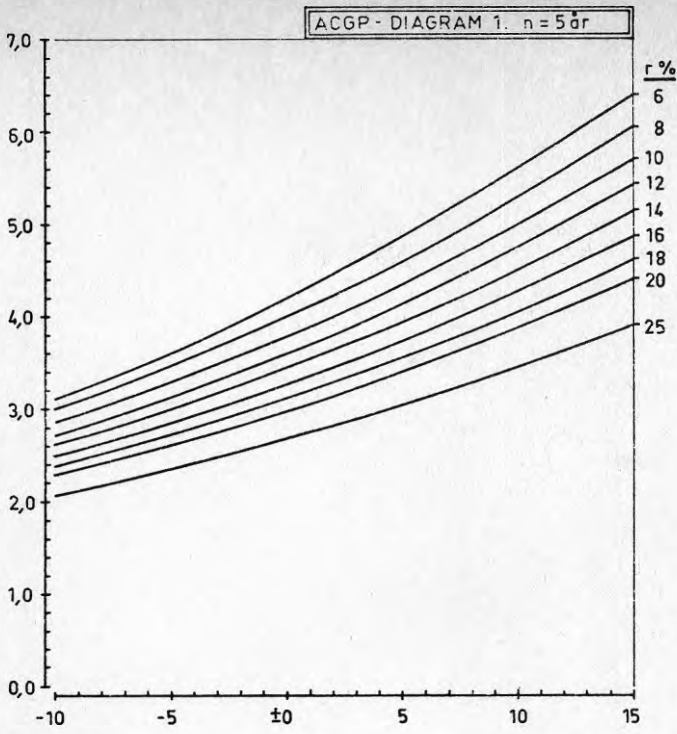
Mätpunkt R, gråtonsbild.
Yttervägg i tvättrum.
Värmedflödesmätning tidi-
gare gjord här.

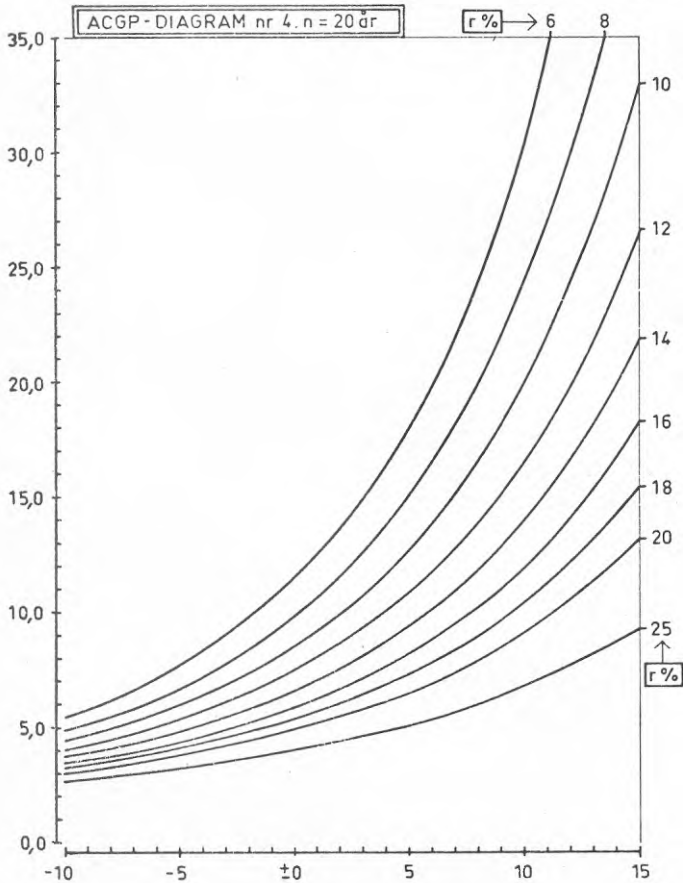
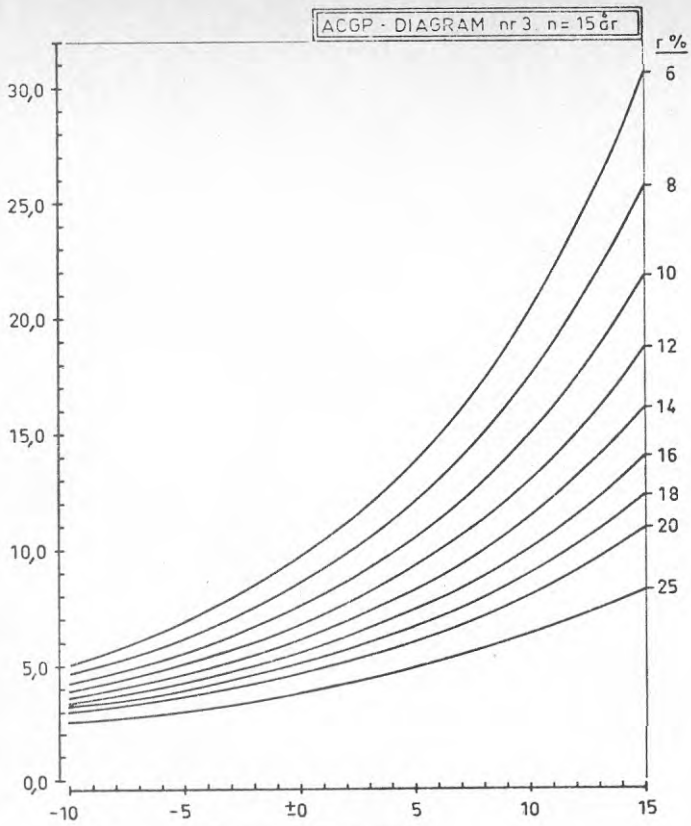


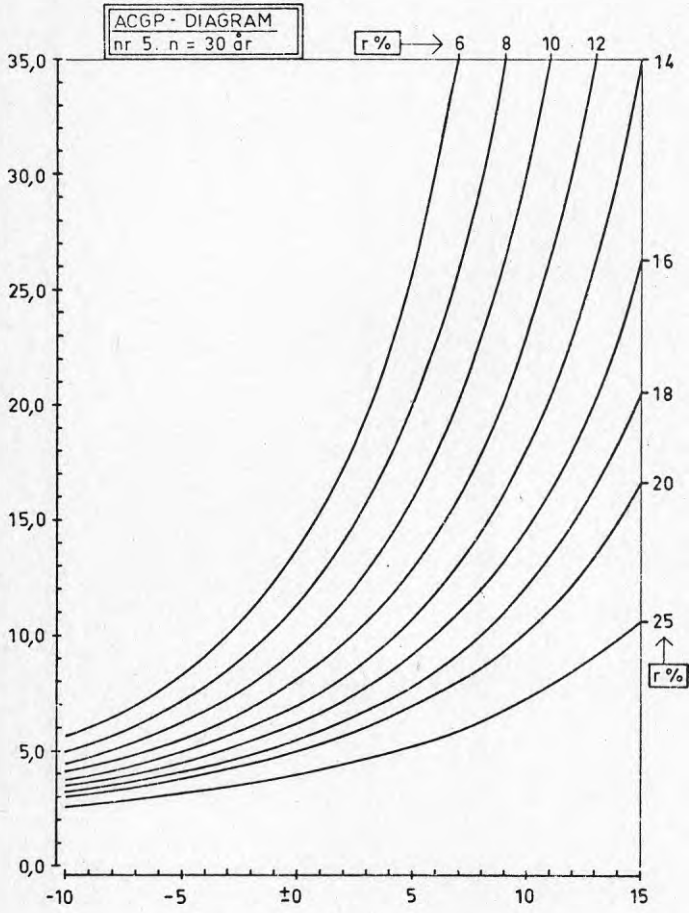
Mätpunkt S, gråtonsbild.
Yttervägg i tvättrum.

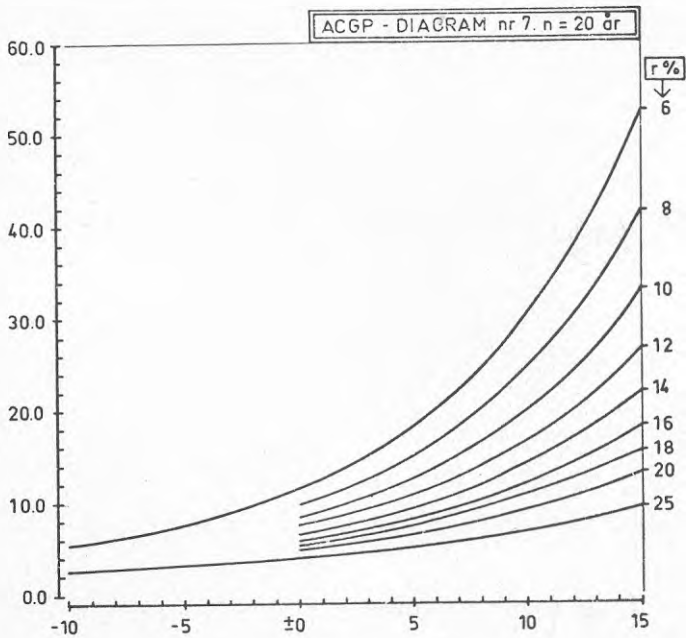
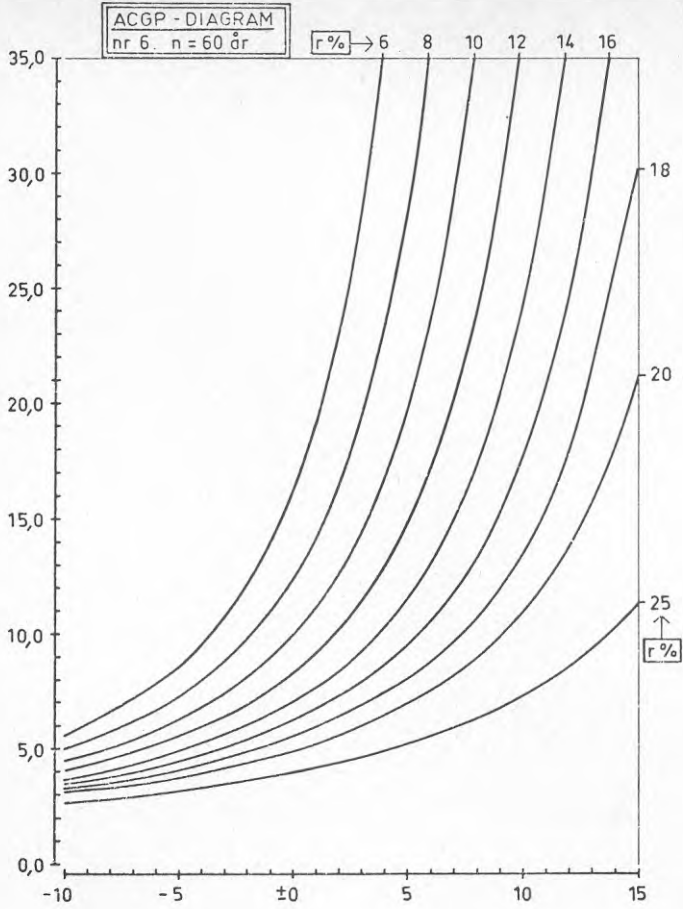


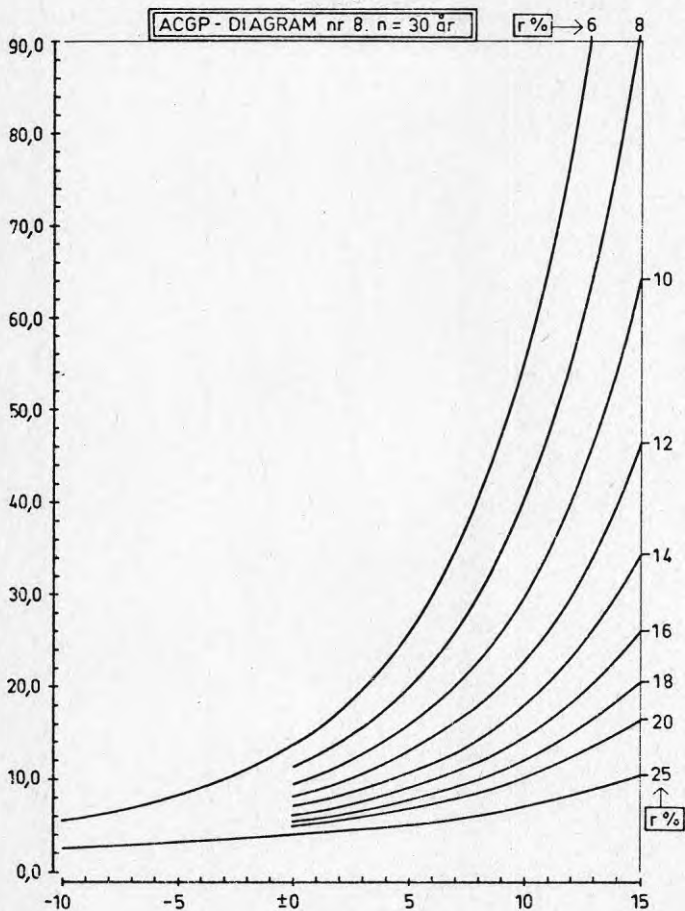
Mät punkt T, gråtons bild.
Takvinkel i tvättrum.

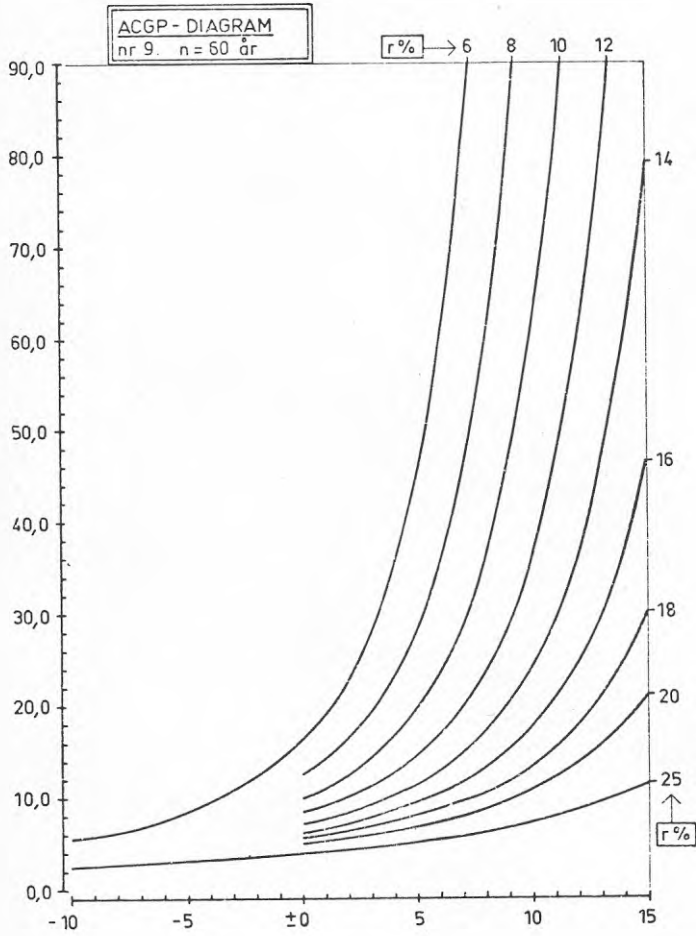












Sfo 33/77

Förteckningen här ovan utesluter inte att även andra åtgärder kan ifrågakomma för stöd enligt länsbostadsnämndens närmare bedömning. I så fall skall länsbostadsnämnden i efterhand underrätta bostadsstyrelsen om innebörden av beslutet (typ av åtgärd, godkänd kostnad m m).

Om länsbostadsnämnden avser att ge stöd för annan åtgärd än de härövan nämnda skall ansökningsen bedömas med hänsyn till åtgärdernas fastighetsekonomiska lönsamhet på lång sikt, därvid husets återstående användningstid och stödets betydelse för årskostnaderna inverkar. Om det föreligger alternativa möjligheter till åtgärder bör den minst kostnadskrävande väljas, under förutsättning att energibesparingen bedöms bli tillfredsställande. Vid detta val bör dock i förekommande fall byggnadens kulturhistoriska värde beaktas. Förbättring av befintliga anordningar kan ge goda resultat och bör oftast ifrågakomma före utbyte.

Belopp och vissa närmare förutsättningar

För stödverksamheten gäller i det följande angivna schablonbelopp. Ärende som avses under punkt 1 (värmeproduktion) är dock föremål för kostnadsprövning (inom ramen för angivna maximeringar).

Beloppen gäller i tillämpliga delar även för lokaler.

Beloppen omräknas inte med koefficienter.

Fh = flerfamiljshus

Sm = småhus

vy = våningsyta

1 Värmeproduktion	Fh/Sm	Mätenhet	Kostnads-
a) Anslutning till fjärrvärme eller befintlig panncentral			redovisning högst kronor
1 flerfamiljshus högst 3 000 m ² vy	Fh	abonment- central m ² vy	15 000 + 45
2 flerfamiljshus mer än 3 000 m ² vy	Fh		50
3 småhus	Sm	hus m ² vy	5 000 + 80
		dock per hus	högst 15 000

Anslutning till fjärrvärme skall omfatta även kostnad för egen undercentral och varmvattenberedning.

	Fh/Sm	Mätenhet	Kostnads- redovisning högst kronor
b) Anordning för fliseldning			
1 stokeranordning med termostatstyrd automatik	Fh Sm	st	8 000
2 förugn med minst 300 lit behållare	Fh Sm	st	4 000

c) Eldningsautomatik vid oljeeldning: spjällregulator inkl erforderliga säkerhetsanordningar

1 panneffekt mer än 60 kW/panna	Fh	panna	3 000
2 panneffekt högst 60 kW/panna	Fh Sm	panna	1 200

		Mätenhet	Kronor
2 Värmeackumulering Elinstallation för nattackumulering av tappvarmvatten, vid minst 300 l beredarevolym	Sm	hus	500

3 Värmemätning
Anordning för mätning och debitering av tappvarmvattenförbrukning i varje lägenhet

Mätartyp

a) fördelningsmätare (destillationstyp)	Fh	lgh	400
b) flödesmätare	Fh Sm	lgh	800
c) energimätare	Sm	lgh	1 500
Vid anslutning till fjärrvärme o motsv (b och c kan förekomma samtidigt			
Fjärravläsning	Fh	lgh	+ 300

Om åtgärden avser individuell mätning av el eller gas skall beloppet kostnadsredovisas av sökanden.

6 Värmeisolering

Tilläggsisolering
av vindbjälklag

lätt åtkomligt Fh Sm m² isol yta m_t × 7 + 20

svåråtkomliga eller
på annat sätt
kostnadskrävande

Fh Sm m² isol yta m_t × 10 + 35

Tilläggsisolering
av bottenbjälklag

Fh Sm m² isol yta m_t × 10 + 35

Tilläggsisolering
av yttervägg

Fh Sm m² isol yta m_t × 15 + 55

3-glasfönster eller lik-
värdig förbättring som
ger k högst 2,0

Fh Sm m² fönster-
yta
(karmyt-
termått)

komplettering
helt utbyte

200
400

Tätning med plastskum
bjälklagskant

Fh Sm löpmetr 30

bjälklag över kryp-
utrymme eller ytter-
vägg

Fh Sm m² 20

7 Fasadskikt vid utvändig tilläggsisolering

	Mätenhet	Kronor
Träpanel, plåt, tunnputs	m ² isol yta	100 100
Tjockputs, skivor med plastbunden natursten	m ² isol yta	100
Murad fasadtegelsten	m ² isol yta	140 140

Värmeisoleringsförmåga *m*

Värmeisoleringsförmågan anges här i enlighet med gällande SI-enheter och i anslutning till SBN 1975 kap 33 dels såsom värmegenomgångskoefficient *k-värde* i W/m² °C, dels såsom värmemotstånd *M-värde*. M-värden anges med stor respektive liten bokstav enligt nedan.

M anger en konstruktions totala värmemotstånd,
m anger värmemotståndet för ett skikt i konstruktionen,

m_t används här som beteckning för det skikt tilläggsisoleringen, inklusive tillkommande ytskikt med eget *m*-värde, representerar för en befintlig konstruktion.

	Fh/Sm	Mätenhet	Kronor
4 <i>Värmereglering</i>			
Variatorutrustning minst 2 per hus	Fh	m ² vy	7
Variatorutrustning en per hus (om endast en fördelningsledning finns)	Fh	m ² vy	4
Motorshuntventil: med termostat	Sm	hus	1 000
med utomhus- givare och tidstyrning	Sm	hus	1 500
Radiatorventiler med termostat	Fh Sm	st	100
Cirkulationspump (i samband med värme- reglering)	Sm	hus	500

Variatorutrustningar i flerfamiljshus skall, om separata fördelningsledningar finns, anordnas för värmereglering av norr- respektive söderorienterad fasad var för sig. Systemet skall i övrigt möjliggöra automatiskt tidsreglerad nedsättning av nattemperatur.

Radiatorventiler med termostat installeras främst i utrymmen med betydande mängd tillskottsvärme (solinstrålning eller annan). Förutsättningar för god funktion är dels *injuster*ing av värmesystemet och dels *regler*ing av framledningstemperaturen med variator eller motorshunt.

	Fh/Sm	Mätenhet	Kronor
5 <i>Ventilation</i>			
a) Ventilations- reglering: reglerbart frånlufts- flöde m 2-hastighets- motor (likn)	Fh	m ² vy	4
b) Värmeåtervinning ur frånluften: t ex värmeväxlare som ansluts till be- fintlig FT-ventilation. Fh	Fh	m ² vy	10
Vid ventilations- förluster mer än 50 MWh/år; se SBN 1975 kap 39			

Åtgärd	Ber. till energisparstöd	Utföres av fast. äg.	Bruks-tid, år	Energibes. per år		Invest. kostn.	Godkänd kostn.	Ener-gispar-bidrag län	Internränta, vid 6 öre resp			
				kWh	kr, vid 6 öre				kr, vid 15 öre	enl. kap. 7.64	enl. kap. 7.65	enl. kap. 7.66
FÖNSTER												
Tätning dörrar och fönster, bäge-karm	nej	ja	20	1300	78	195	-	-	26 / 65	30 / 40	-	-
Tätning dörrar och fönster, vägg karm	nej	nej	30	1300	78	195	-	-	3 / 7	3 / 10	-	-
Utbyte av 2-glas till 3-glas fönster	ja	nej	30	1500	90	225	13.000	2.800	1 / 2	- / 3	0 / 3	0 / 3
Konvertering av 2-glas till 3-glas, Duplo tillsats-fönster	ja	nej	30	1500	90	225	4.500	1.400	2 / 5	4 / 10	3 / 10	3 / 10

Atgärd	Ber. till energisparstöd	Utföres av fast.äg	Bruks. tid, år	Energibespar. per år		Invest. kostn.	Godkänd kostn.	Energisparbidrag	Energisparlån	Interntänta, vid 6 öre resp		
				kWh	kr, vid 6 öre					enl. kap. 7.64	enl. kap. 7.65	enl. kap. 7.66
YTTERVÄGGAR												
Fyllning av luftspalt med 30 karbamidcellplast, $m_t = 0,43$	nej	nej	50	170	10	25	2.000	-	-	0 / 1	- / -	-
Invändig tilläggsisolering med 50 min.u11 + reglar + gips, $m_t = 1,12$	nej	nej	50	320	20	48	6.000	-	-	0 / 1	- / -	-
Som ovan, fast med 100 min.u11, $m_t = 2,19$	nej	nej	50	430	26	65	6.500	-	-	0 / 1	- / 3	-

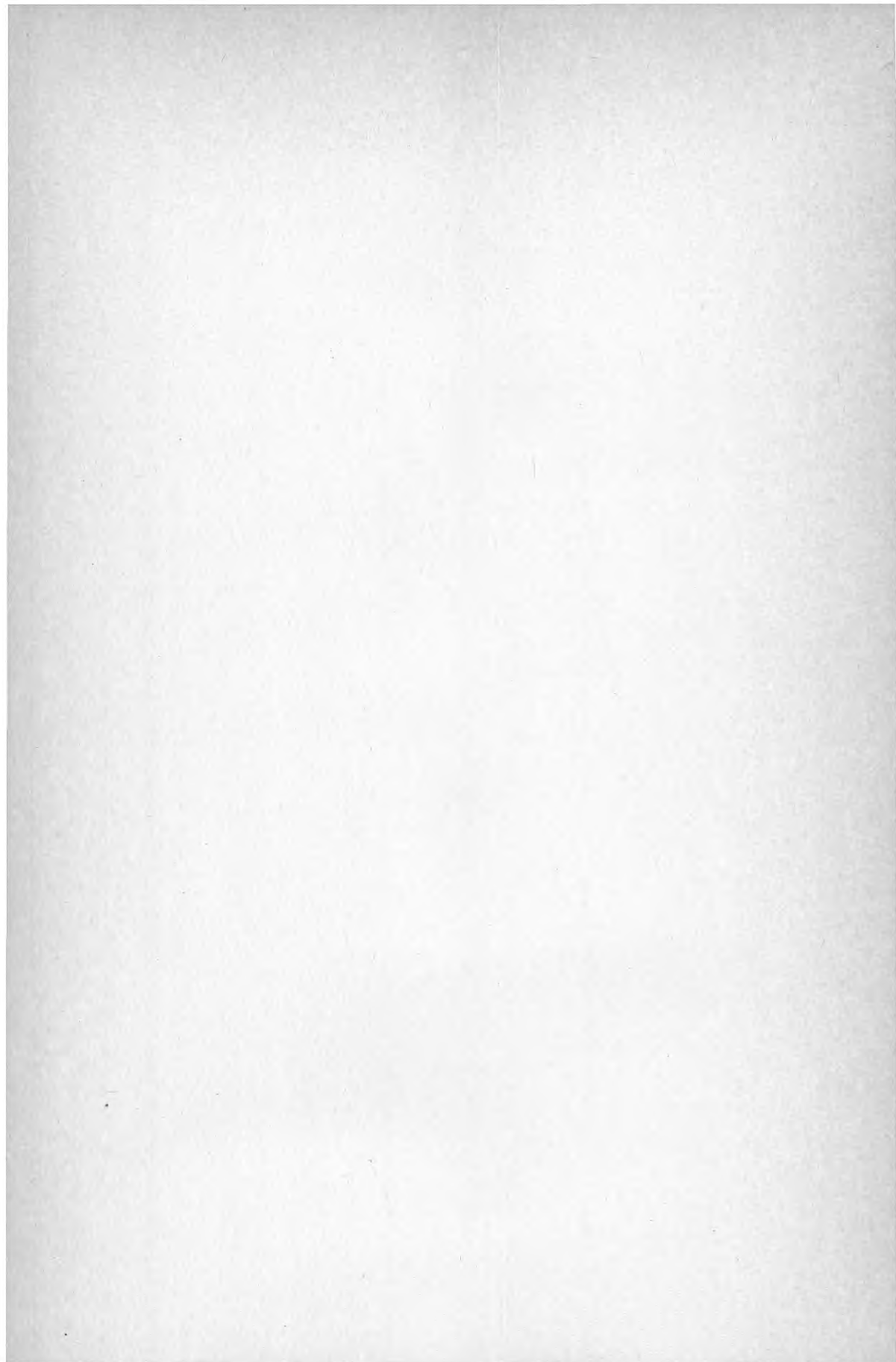
Åtgärd	Ber. till energisparstöd	Utföres av fast. äg	Bruks-tid, år	Energi- besp. per år			Invest. kostn.	God- känd kostn.	Ener- gispar- bidrag lån	Ener- gispar- gispar- lån	Internränta, vid 6 öre resp							
				kWh	kr, vid 6 öre	kr, vid 15 öre					enl. kap. 7.64	enl. kap. 7.65	enl. kap. 7.66					
YTERTAK																		
Fyllning av yttertak med 300 min.ull, $m_t = 0,04$, $m_t = 7,5$	nej	nej	50	2360	142	354	12.000	-	-	-	1 / 3	3 / 6	-					
Utvändig isolering av tak med 100 cellplast + nytt tätskikt + strypt vent. i luftspalt, $m_t = 2,5$	nej	nej	50	1390	84	209	18.000	-	-	-	0 / 1	- / 3	-					

Åtgärd	Ber. till energisparstöd	Utföres av fast. äg.	Bruks-tid, år	Energibes. per år		Invest. kostn.	Godkänd kostn.	Ener-gispar-bidrag	Ener-gispar-lån	Internränta, vid 6 öre resp	
				kWh	kr, vid 6 öre					kr, vid 15 öre	enl. kap. 7.64
GRUND											
Utvändig isolering av grundmur med Sirockelement m _t = 1,5	ja	nej	50	750	45	113	5.000	700	1300	1 / 2 - / 5	2 / 6

LITTERATURFÖRTECKNING

- 1 Adamson B, Claesson J, Efring B. 1971. Kryprum. Grundläggningsdjup, värmeisolering och fuktförhållanden. Byggeforskningen, Rapport R 29. Stockholm.
- 2 Bergknut P. & Henzel M. 1978. Investering. Studentlitteratur. Lund.
- 3 Brown G. 1966. Solvärme genom fönster och solskydd. Byggeforskningen, Rapport 11. Stockholm.
- 4 Brown G, Isfält E. 1969. Instrålning från sol och himmel i Sverige under klara dagar. Tabeller och diagram. Statens institut för byggnadsforskning, Rapport 19. Stockholm.
- 5 Dafgård N. 1979. Intermittent uppvärmning. Nattsänkning. Institutionen för Uppvärmnings- och Ventilationsteknik. Stockholm.
- 6 Hansson B, Nyström G. 1974. Det omvända taket. Lunds Tekniska Högskola, Institutionen för Byggnadsteknik. Examensarbete X:3.
- 7 Höglund I, Stephenson D. 1968. Tabeller för beräkning av solinstrålning mot byggnader. Byggeforskningen, Rapport 49. Stockholm.
- 8 Höglund I. 1973. Metod för beräkning av extrema yttemperaturer hos isolerade ytterkonstruktioner. Byggeforskningen, Rapport R6. Stockholm.
- 9 Höglund I, Åhlgren B. 1973. Fönsterteknik. Byggeförlaget. Stockholm.
- 10 Johannesson G. 1978. Värmeflödesmätningar i fält. Byggmästaren nr 1 - 2.
- 11 Järnefors U. 1975. Lönsamhetskalkyler vid energibesparande åtgärder för befintliga byggnader. Byggeforskningen, Rapport R:40.
- 12 Järnefors U. 1976. Lönsamhetskalkyler enligt system ACGP, tillämpnings-exempel: energibesparande åtgärder. Byggeforskningen, Rapport R:17.
- 13 Künzel H. 1972. Wärmeschutz und Temperaturverhältnisse beim "umgekehrten Dach". Institut für Bauphysik. Holzkirchen.

- 14 Källblad K, Adamson B. 1978. Byggnaders energibalans - en handräkningsmetod. Preliminär utgåva. Lunds Tekniska Högskola, Institutionen för Byggnadskonstruktionslära.
- 15 Nilsson S-A. 1971. Investeringskalkylering. Gleerups. Lund.
- 16 Optimal isolering. Swedisol.
- 17 Rapp B. 1977. Utvärdering av energibesparande investeringar I. Rapport nr 60. Universitetet i Linköping.
- 18 Rapp B, Selmer J. 1977. Utvärdering av energibesparande åtgärder inom byggnadssektorn. Rapport nr 68. Universitetet i Linköping.
- 19 Sandberg P I. 1973. Byggnadsdelars fuktbalans i naturligt klimat. Institutionen för Byggnadsteknik, Tekniska Högskolan i Lund, Rapport 43.
- 20 Wonnacott T H, Wonnacott R J. 1977. Introductory Statistics for Business and Economics. John Wiley & Sons.



**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 770716-4 från Statens råd
för byggnadsforskning till Byggnadsteknik 1, LTH, Lund.**

**R 4: 1980
ISBN 91-540-3162-1
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

Art. nr: 6700104

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm**

Cirka pris: 40 kr exkl moms