

LABORATORIET FOR VARMEISOLERING
DANMARKS TEKNISKE HØJSKOLE

VINDUETS BETYDNING FOR
ENFAMILIEHUSES
ENERGIFORBRUG

LIC. TECHN. ANKER NIELSEN

NOVEMBER 1980

MEDDELELSE NR. 105

Forord

Energiministeriets (tidligere Handelsministeriets) projekt vedrørende udvikling af mindre varmelagre har til formål gennem teoretiske og eksperimentelle studier at vurdere og udvikle varmelagre, der er egnede til danske forhold.

Projektet udføres af Laboratoriet for Varmeisolering, Danmarks Tekniske Højskole, i samarbejde med interesserede institutter og erhvervsvirksomheder.

I projektet, der udføres i perioden 1978 - 1980, indgår følgende delprojekter:

Varmelagring i,

- a). Vand
- b). Stenmagasiner
- c). Smeltevarmelagre
- d). Bygningskonstruktioner
- e). Kemiske reaktanter
- f). Vandbassiner (sæsonlagring)
- g). Jord

Projektet tager sigte på, at de opnåede resultater allerede på kort sigt skal kunne anvendes i praksis.

INDHOLD

Forord

Resumé	side
1. Indledning	1
2. Enfamiliehus	2
3. Varierende glasareal	3
4. Begrænsninger i glasarealet	6
5. Varierende glasareal efter BR77	6
6. Varmeoverskuddets fordeling	8
7. Reduktion af varmeoverskud	11
8. Omgivelsernes indflydelse	13
9. Beregninger med reduceret solindfald ..	14
10. Varmeakkumuleringens betydning	16
11. Vinduesretningens betydning	22
12. Klimavariationer	24
13. Konklusion	24
Litteratur	27
Projektorganisation	28
Liste over udkomne rapporter	29

Resumé

Vinduerne har stor betydning for en bygnings energiforbrug, idet de dels er den del af konstruktionen, som har det største varmetab og dels giver et gratis energitilskud fra solindfald.

Beregningerne af energiforbruget er foretaget med den forenklede metode EFB-1. Til beregningerne er valgt et 140 m² enfamiliehus varmeisoleret efter BR-77.

Der er foretaget beregninger af energiforbruget og overskudsvarmen for huset med forskellige sydvendte glasarealer fra 5 m² til 30 m². Der er regnet med 2-lags rude, 3-lags rude og 2-lags specialrude. Beregningerne viser, at energiforbruget næsten ikke påvirkes af glasarealet, medens overskudsvarmen stiger med stigende glasareal.

Dette varmeoverskud kan give anledning til et ubehageligt termisk indeklima. Der er foretaget beregninger af udhæng og horisontalskærings indflydelse på energiforbrug og varmeoverskud. Udhæng på 1 m vil kunne reducere generne i sommerperioden. Effekten af husets varmeakkumulering er også beregnet.

Til slut er beregnet energiforbruget, hvis vinduerne ikke er vendt mod syd, men i en anden retning.

Det kan konkluderes, at det ikke har særlig stor betydning for energiforbruget, hvilket sydvendt vinduesareal der anvendes i et enfamiliehus, men det har meget stor betydning for indeklimaet.

1. Indledning

De stadigt stigende energipriser medfører en øget interesse for den bedst mulige udformning af vore boliger. Her har vinduerne stor betydning, idet de dels er den del af konstruktionen som har det største varmetab og dels giver et gratis energitilskud fra solindfald. Disse to forhold medfører, at konsekvenserne af ændringer i vinduesarealer, vinduestyper o.s.v. ikke er helt enkle at beregne. Der har været foretaget en del beregninger i udlandet, (f.eks. [6]), som viser at store sydvendte vinduer er fordelagtige. I det følgende er der foretaget en række beregninger under danske klimaforhold. Da bygningsreglementet BR77 [1] har indført nogle begrænsninger i vinduesarealerne, er det også undersøgt, om begrænsningerne giver rimelige konsekvenser.

2. Enfamiliehus

Som udgangspunkt for de følgende beregninger er valgt et 140 m^2 fritliggende enfamiliehus med 15% glasareal (2-lags rude) opført efter BR77. Det gennemskinnelige glasareal sættes til 80% af totalarealet af vinduer og døre. De benyttede oplysninger findes i skema 1.

Beregninger af energiforbruget foretages med den forenkledede metode (EFB-1), som findes nærmere beskrevet i [2] og [3]. Metoden bygger på opstilling af en varmebalance, hvor der tages hensyn til tilskud fra solindfald, elektricitet og personvarme samt varmetab på grund af ventilation og transmisison. Beregningen af energibalancen sker på grundlag af månedsmiddeltemperaturer og månedssummer for solindfald. Ved beregningen findes for hver måned et energiforbrug til opvarmning samt en varmemængde, som kaldes overskudsvarmen. Overskudsvarmen kan ikke udnyttes men vil medføre forøgede temperaturer i huset. Dette optræder især i sommermånederne på grund af stor solindstråling.

Skema 1.

Enfamiliehus 140 m²
 opført efter BR77
 14 m facade mod syd

Bygningsdel	areal m ²	k W/m ² C	k·A W/C
Vinduer og døre	21,0	2,9	60,9
Ydervæg	88,4	0,3	26,5
Loft incl. 15% tillæg	144,9	0,2	29,0
Gulv mod jord			
Ydre randfelt	41,6	0,3	12,5
Indre randfelt	84,4	0,3	25,3
Transmission til t _u		128,9 W/C	
Transmisison til t _{jord}		25,3 W/C	
Ventilation 200 m ³ /h		68,0 W/C	

Varmetabsramme $25,3 \times 12 + 128,9 \times 32 = 4428 \text{ W}$

Gennemskinneligt glasareal 80% af 21 m²
 Fordelt efter retning (2-lags rude):

Nord 3,2 m²
 Syd 8,0 m² (10 m² incl. ramme)
 Øst 2,8 m²
 Vest 2,8 m²

Ved ændringer af det totale glasareal ændres kun på
 det sydvendte areal.

Tilskudsvarme fra el og personer 13.7 kWh/døgn. Akkumuleringsfaktor 0,55 svarer til letbeton indvendigt.

I alle figurer er resultaterne fra dette standardtilfælde markeret med en cirkel.

Ved brug af EFB1 kan der foretages gennemregning for andre udformninger af huse, men det vil formentlig kun i mindre udstrækning påvirke de konklusioner, som drages i det følgende.

3. Varierende glasareal

Det gennemregnede 140 m^2 enfamiliehus har et samlet vinduesareal (incl. rammer) på 21 m^2 . Dette svarer til 15% af bruttoetagearealet, som er det maksimale efter bygningsreglementet, hvis der ikke foretages ekstra isolering af nogle bygningsdele. Ved de følgende gennemregninger foretages beregninger med både mindre og større vinduesareal uden hensyn til reglerne. Ved det samlede vinduesareal på 21 m^2 er de 10 m^2 sydvendt, mens de øvrige vender mod nord, øst og vest. Ved variationer i vinduesarealet ændres kun på størrelsen af de sydvendte vinduer.

Fig. 1. viser det beregnede energiforbrug, når det sydvendte vinduesareal varieres. Standard-tilfældet 15% af bruttoetagearealet svarer til 10 m^2 sydvendte vindue. Den beregnede kurve viser, at energiforbruget bliver svagt stigende i afhængighed af vinduesarealets størrelse. En ændring i det sydvendte vinduesareal fra 10 m^2 til 30 m^2 (næsten ren glasflade) medfører et forøget energiforbrug på 1,2 MWh/år. Selv om huset bliver dårligere isoleret ved større vinduesareal, medfører den forøgede solindstråling, at energiforbruget kun øges svagt, som det fremgår af tabellen:

MWh/år

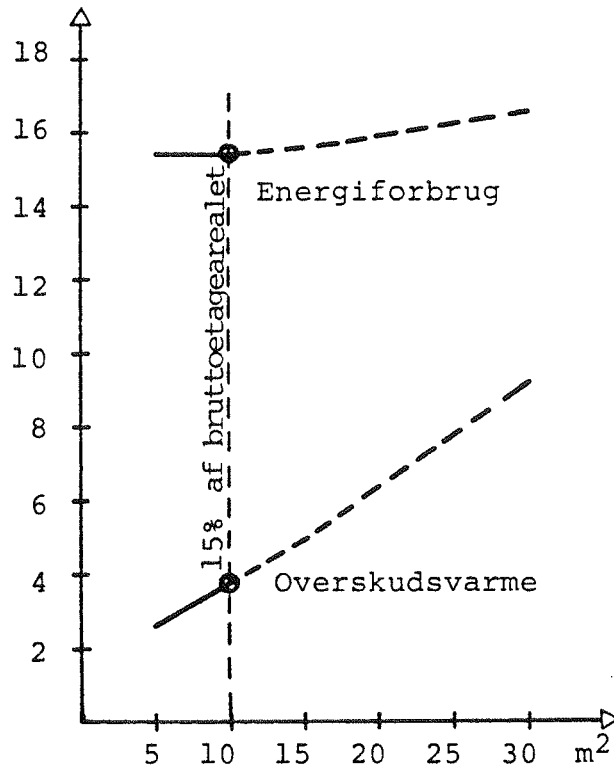


Fig. 1. Energiforbrug og overskudsvarme for varierende sydvendt glasareal i 140 m² enfamiliehus.

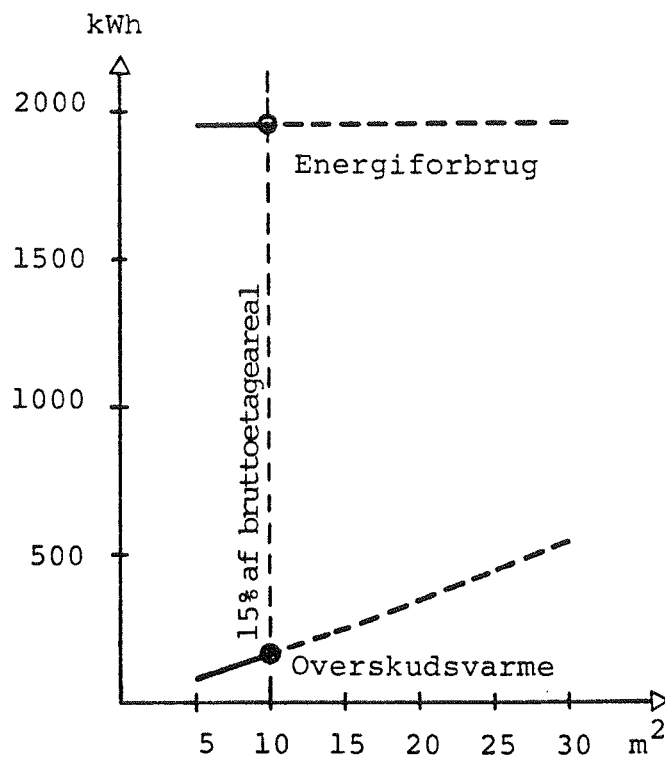


Fig. 2. Energiforbrug og overskudsvarme for varierende sydvendt glasareal i 140 m² enfamiliehus i marts måned.

Vinduesareal	dim.varmetab	energiforbrug
sydvendt	W	MWh/år
5 m ²	4012	15,4
10 m ²	4428	15,4
15 m ²	4844	15,6
20 m ²	5260	15,9
25 m ²	6576	16,2
30 m ²	6092	16,6

I dette tilfælde er det dimensionerende varmetab ikke særligt godt til at vurdere husets energiforbrug. Med større vinduesareal bliver solindfaldet større og denne forøgelse medfører en kraftig stigning i overskudsvarmen i huset. Denne varmemængde er også optegnet i fig. 1. Den stærkt forøgede mængde overskudsvarme i huset vil medføre ubehageligt høje temperaturer for beboerne i et større og større antal timer, efterhånden som vinduesarealet forøges. Der findes forskellige metoder til at reducere generne, men nogle vil samtidig medføre et yderligere forøget energiforbrug.

Fig. 2 viser det beregnede energiforbrug samt overskudsvarmen i marts måned, som et eksempel på variationerne i en forårsmåned. Energiforbruget viser sig praktisk taget konstant, mens mængden af overskudsvarme er stadigt stigende ved større vinduesareal. Når det totale energiforbrug på årsbasis stiger med stigende vinduesarealer, skyldes det, at solindfaldet i vintermånederne ikke kan opveje det forøgede varmetab gennem de større vinduer.

4. Begrænsninger i glasarealet

Som tidligere nævnt er grænsen for vinduesareal (incl. rammer) 15% af bruttoarealet i BR77. Dette medfører, at dele af de i fig. 1-2 optegnede kurver er ulovlige, når det sydvendte vinduesareal overstiger 10 m^2 . Men der er mulighed for at øge vinduesarealet, hvis andre dele af konstruktionen isoleres bedre eller vinduet isoleres bedre, så den beregnede varmetabsramme ikke overskrides. For dette hus er den beregnede varmetabsramme 4428 W.

Hvis der i stedet for 2-lags rude anvendes 3-lags rude, er det muligt at forøge vinduesarealet til 20 m^2 uden at varmetabsrammen overskrides. Hvis der yderligere foretages forbedret isolation af andre konstruktionsdele, er det muligt at nå 25 m^2 . Ved at anvende en 2-lags rude med coatede glas ($k = 1,8 \text{ W/m}^2\text{C}$) kan glasarealet forøges til 25 m^2 . Foretages yderligere andre forbedringer i isolering kan med denne rudetype anvendes indtil 30 m^2 . Det maksimale sydvendte vinduesareal svarer til et totalt vinduesareal på 41 m^2 eller 29% af bruttoarealet.

5. Varierende glasareal efter BR77.

I overensstemmelse med BR77 kan følgende arealer godkendes (Det forudsættes, at hele glasarealet har samme glastype):

		areal af sydvendt vindue
2-lags rude	$k = 2,9 \text{ W/m}^2\text{C}$	0 - 10 m^2
3-lags rude	$k = 2,1 \text{ W/m}^2\text{C}$	0 - 25 m^2
2-lags specialrude	$k = 1,8 \text{ W/m}^2\text{C}$	0 - 35 m^2

Som det fremgår af fig. 3. vil brug af bedre isolerede ruder medføre et lavere energiforbrug. Ved 10 m^2 vindue bliver energiforbruget ca. 1300 kWh/år mindre end for den normale 2-lags rude.

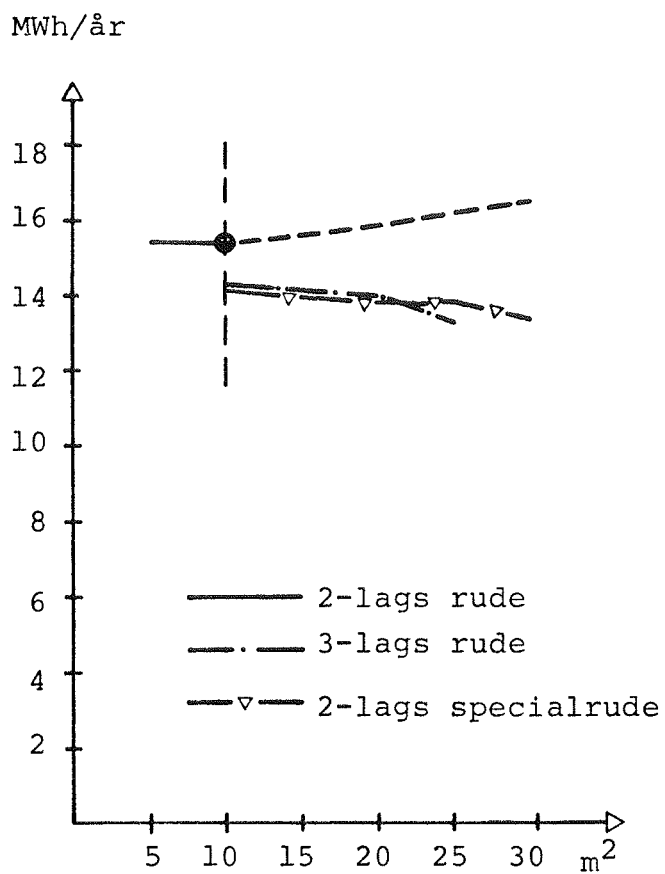


Fig. 3. Energiforbruget for et 140 m² enfamiliehus med varierende sydvendt glasareal og glastype.

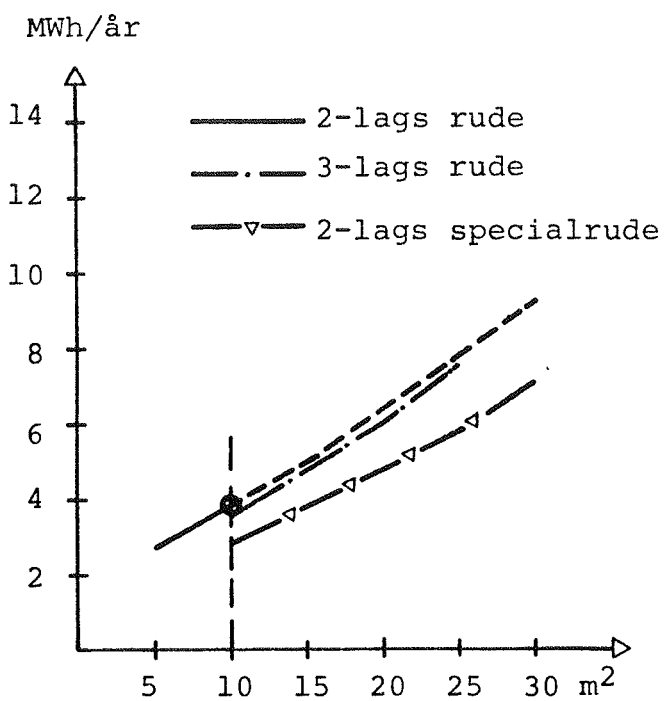


Fig. 4. Overskudsvarmen i et 140 m² enfamiliehus med varierende glasareal og glastype.

Resultaterne viser, at energiforbruget nu falder med stigende glasareal. En sammenligning mellem 2-lags specialruder og 3-lags ruder viser, at forskellene mellem de 2 typer ruder er minimal, ca. 100 kWh/år ved arealer mellem 10 og 20 m². Specialruder har bedre varmeisolering, men til gengæld er solindfaldet gennem ruden mindre. Ud fra et energisynspunkt er det derfor nærmest ligegyldigt, hvilken af disse 2 typer ruder der vælges.

Betragtes i stedet overskudsvarmen (fig. 4) ses en væsentlig forskel på 3-lags ruden og 2-lags specialruden. Mængden af overskudsvarme ved 3-lags ruden er 200 - 300 kWh/år mindre end 2-lags normal ruden. Ved 2-lags specialruden bliver mængden af overskudsvarmen reduceret med 900 - 1250 kWh/år. En anvendelse af 2-lags specialrude vil derfor medvirke til at reducere generne fra overophedning i huset.

6. Varmeoverskuddets fordeling.

Fig. 5 til 7 viser overskudsvarmens fordeling over året for forskellige vinduesarealer og glastyper. Det ses, som forventet, at de største mængder overskudsvarme forekommer i sommermånederne og at mængden vokser med vinduesarealet. Disse overskudsmængder i sommermånederne fjernes lettest ved at åbne vinduer og døre og ventilere med udeluft. Men det bliver nødvendigt i stadig flere måneder, når vinduesarealet forøges. Hvis vi forudsætter, at en overskudsmængde på mere end 500 kWh/m² år kræver sådan kraftig ventilation, vil det blive nødvendigt i et antal måneder, som vist i følgende skema:

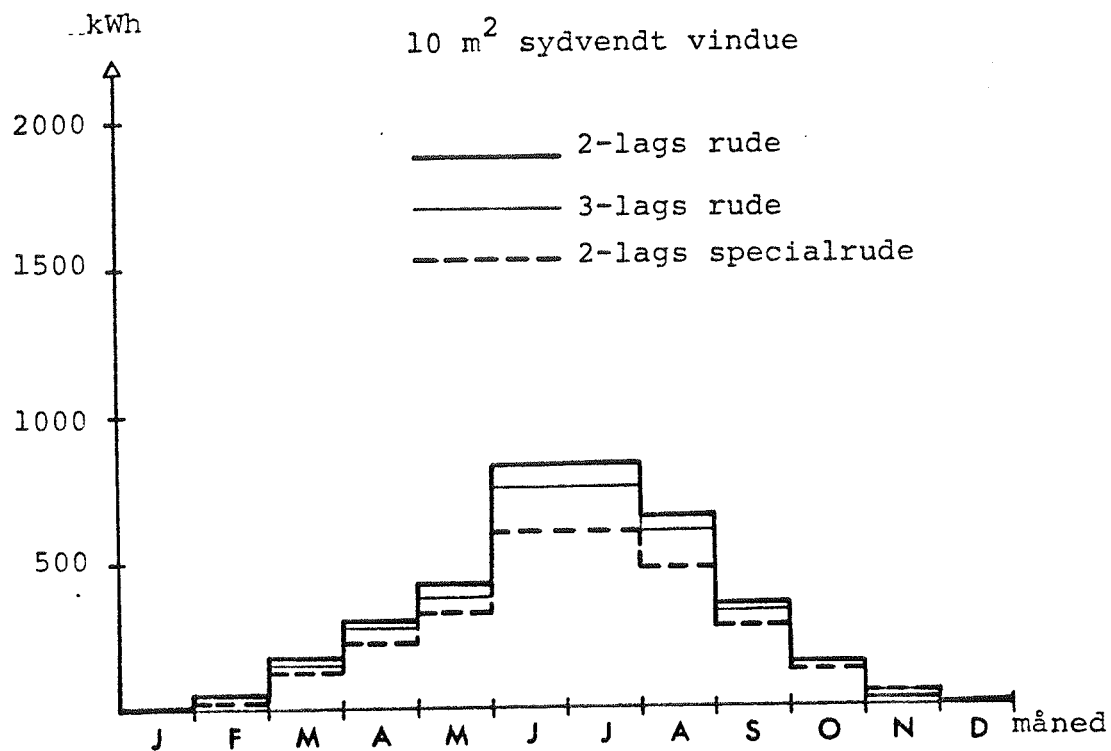


Fig. 5. Overskudsvarmens fordeling over året i et 140 m² enfamiliehus med forskellige glastyper.

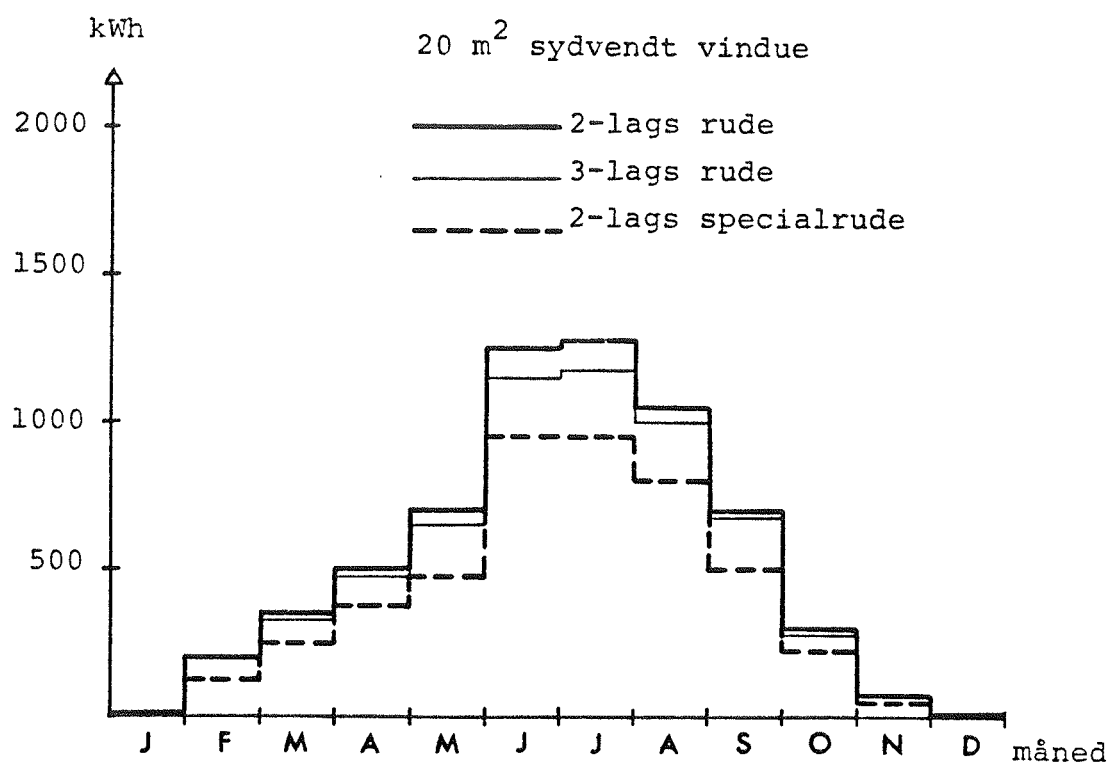


Fig. 6. Overskudsvarmens fordeling over året i et 140 m² enfamiliehus med forskellige glastyper.

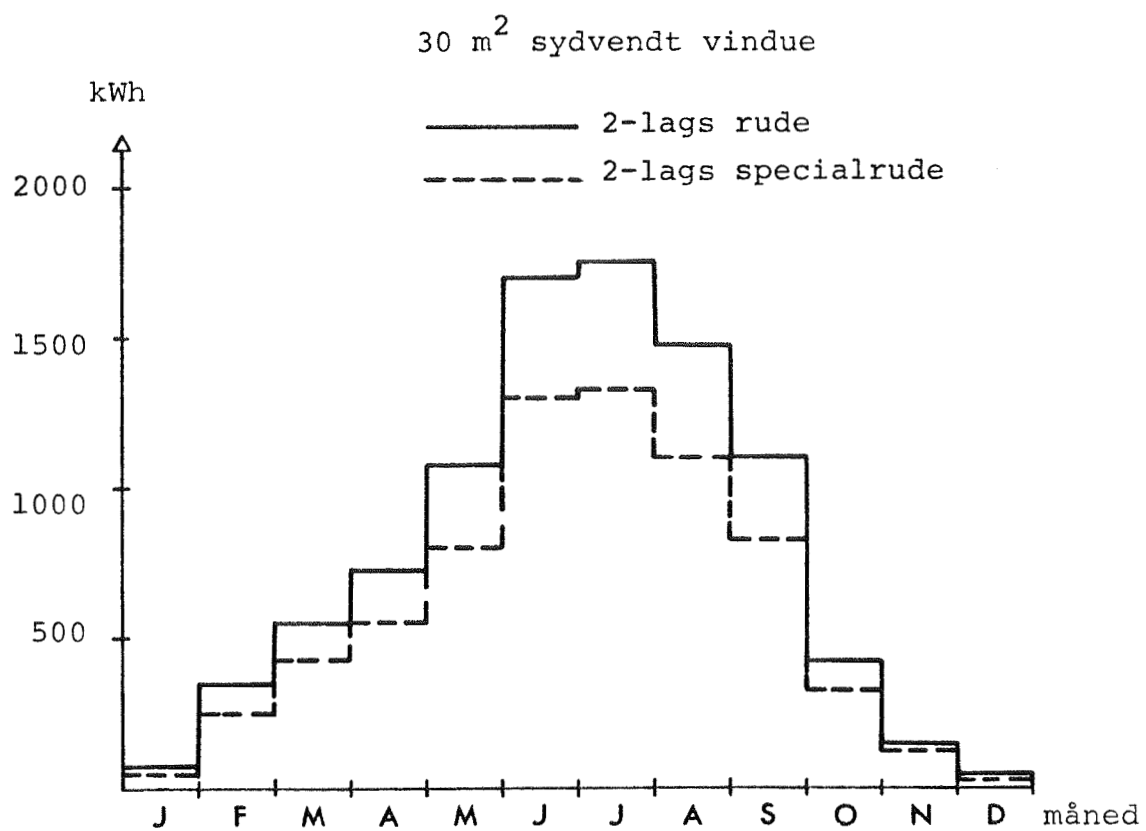


Fig. 7. Overskudsvarmens fordeling over året i et 140 m² enfamiliehus med forskellige glastyper.

Antal måneder med stor overskudsvarme

	2-lags rude $k=2,9 \text{ W/m}^2\text{C}$	3-lags rude $k=2,1 \text{ W/m}^2\text{C}$	2-lags specialrude $k=1,8 \text{ W/m}^2\text{C}$
10 m ²	3	3	2
15 m ²	5	3	3
20 m ²	6	5	4
25 m ²	6	7	5
30 m ²	7		6

Ved de store vinduesarealer bliver mængderne af overskudsvarme så stor, at det formentlig vil være nødvendigt at anbringe udvendig solafskærmning, hvis ikke temperaturen konstant skal ligge over 35 °C i sommermånederne. En beregning af indetemperaturerne i huset kan foretages med et dynamisk EDB-program, som BA - 4 [4], der regner med tidsspring på en halv time.

Hvis mængden af overskudsvarme er acceptabel i et hus med 10 m² sydvendt vindue med 2-lags rude, kan grænsen sættes til 4 MWh/år. Var huset i stedet forsynet med 3-lags ruder kunne glasarealet være øget til 12 m² uden at overskudsvarmen forøges. For 2-lags specialruder er grænsen 15 m². Disse tal kan aflæses af fig. 4.

7. Reduktion af varmeoverskud

Som tidligere nævnt vil et stort varmeoverskud give anledning til et ubehageligt termisk indeklima. Det kan derfor være rimeligt at se lidt på mulighederne for at reducere generne.

Det enkleste er selvfølgelig at undgå store vinduesarealer, men hvis der nu er et stort vinduesareal i huset - hvad så? Ja, der findes flere muligheder.

1) Indvendige gardiner, persiennner el. lign.

Ved opsætning af en indvendig solafskærmning er det muligt at reducere solindstrålingen væsentligt, men hvis dette ikke samtidigt skal medføre et forøget energiforbrug, må dette kun ske i perioder, hvor solindstrålingen ikke kan udnyttes. F.eks. i de måneder som optræder i skemaet i afsnit 6. Den reduktion af varmeoverskudet der fremkommer, kan beregnes med EFB1 [2]. Ved vurdering af resultaterne må det erindres, at brugen af sådanne afskærmninger er afhængige af beboernes vaner.

2) Udvendige solafskærmning.

Dette kan udformes som solsejl, gardiner, pergolaer o.lign. Denne form for afskærmning er i de fleste tilfælde væsentlig mere effektiv end indvendig afskærmning. Solsejl, gardiner o.lign. er afskærmninger, som kan varieres efter det øjeblikkelige behov året igennem. I modsætning hertil er pergolaer faste genstande, som vil virke året rundt, men med størst effekt om sommeren. Den absolutte afskærmning må beregnes ud fra den geometriske udformning og solens stilling på himlen.

3) Bygningsmæssige foranstaltninger.

Der er mulighed for at bygge huset med et passende tagudhæng, så en del af sommersolen afskærmes. Dette vil medføre en ændring af solindfaldet gennem alle årets måneder men mest om sommeren. Ved en rimelig udformning bliver energiforbruget på årsbasis næsten det samme som uden afskærmning.

Udover tagudhæng kan solindfaldet også reduceres ved brug af lodrette ribber, men disse vil også nedsætte solindfaldet i vintermånederne. Beregninger af solindfaldet ved forskellige udhæng og ribber kan beregnes en gang for alle ved brug af BA4 [4]. Herefter kan EFB1 benyttes ved alle senere vurderinger.

4) Installationstekniske foranstaltninger.

Hvis først solvarmen er kommet ind i huset kan overskudsmængden fjernes ved ventilation med udeluft. Dette kan ske automatisk ved brug af et ventilationsanlæg - men det medfører et energiforbrug til driften - eller manuelt ved at åbne ventilationsklapper, vinduer eller døre. Der er også mulighed for at lagre overskudsvarmen i et stenmagasin, hvorfra den så kan hentes ved varmebehov i huset.

8. Omgivelsernes indflydelse

Ved alle de i figur 1 - 7 beregnede energiforbrug og overskudsvarmemængder er det forudsat, at enfamiliehuset ligger frit d.v.s. der ikke er træer, bakker, bygninger o.lign. som medfører en horisontafskæring, der reducerer den direkte indstråling. I praksis vil der næsten altid være skyggende ting i nærheden af huse, og derfor vil der være en horisontafskæring, som ikke er konstant hele vejen rundt om huset. I de følgende beregninger er der forudsat en konstant horisontafskæring på 10° for sydvendte vinduer, svarende til et hegn 2,7 m højt 10 m fra huset. Der forudsættes normal vinduesplacering.

En væsentlig del af omgivelserne har ejeren af huset selv indflydelse på - nemlig beplantningen. Denne kan

medvirke til at reducere solindstrålingen om sommeren, når træer og buske har blade. Dette kunne tydes i den retning, at beplantningen bør holdes lav - af energimæssige grunde. Men senere beregninger viser, at forskellene bliver minimale. Selv om en højere beplantning nedsætter solindstrålingen, medfører den også, at huset ligger bedre beskyttet mod vinden, som let kan medføre et forøget luftskifte.

9. Beregninger med reduceret solindfald.

Fig. 8 viser det beregnede energiforbrug ved 2-lags specialrude og varierende vinduesareal. Der er beregnet for 3 tilfælde:

- 1) Normal.
Som tidligere uden solafskærmning.
- 2) Horisontafskæring.
Der regnes med 10° horisontafskæring for sydvendte vinduer.
- 3) Udhæng.
Der regnes med et udhæng med en længde på 1 m, 0,2 m over vinduets overkant for de sydvendte vinduer.

Når afskæringen kun foretages for de sydvendte vinduer skyldes det, at effekten er størst i sommermånederne i den retning og uden stor betydning i vintermånederne, hvor solen står lavt på himlen. Ud fra kurverne kan det forøgede energiforbrug aflæses. Ved en horisontafskæring på 10° bliver forøgelsen på 200 kWh/år og ved et udhæng på 1 m bliver forøgelsen på ca. 600 kWh/år.

I figur 9 vises de beregnede mængder af overskudsvarme. Med horisontafskæringen bliver overskudsvarmen reduceret med ca. 300 kWh/år, hvilket ikke er ret meget.

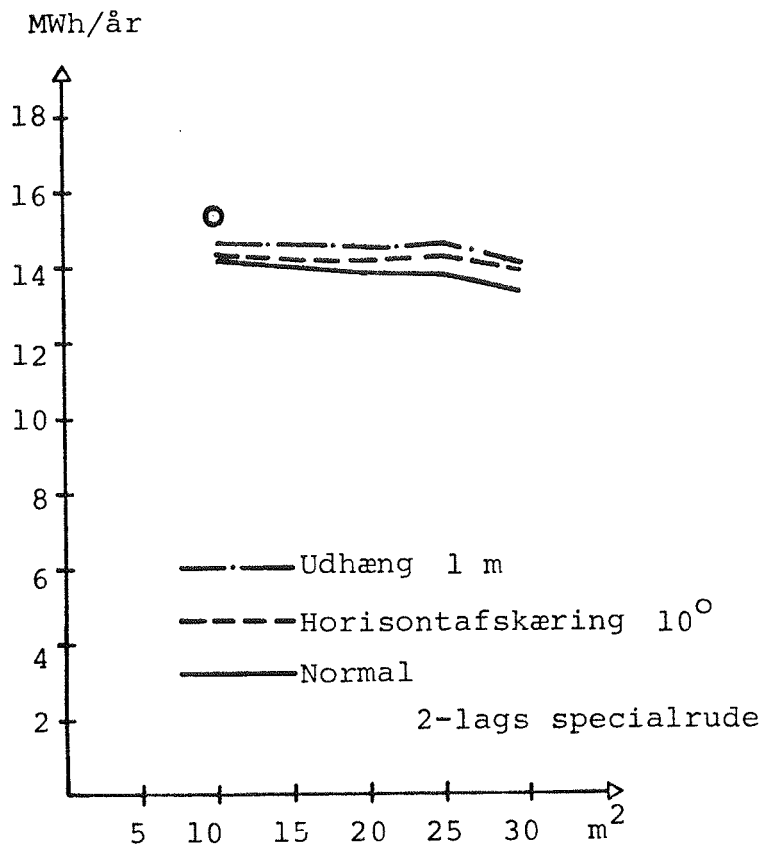


Fig. 8. Energiforbruget for et 140 m² enfamiliehus med varierende glasareal samt skyggeforhold.

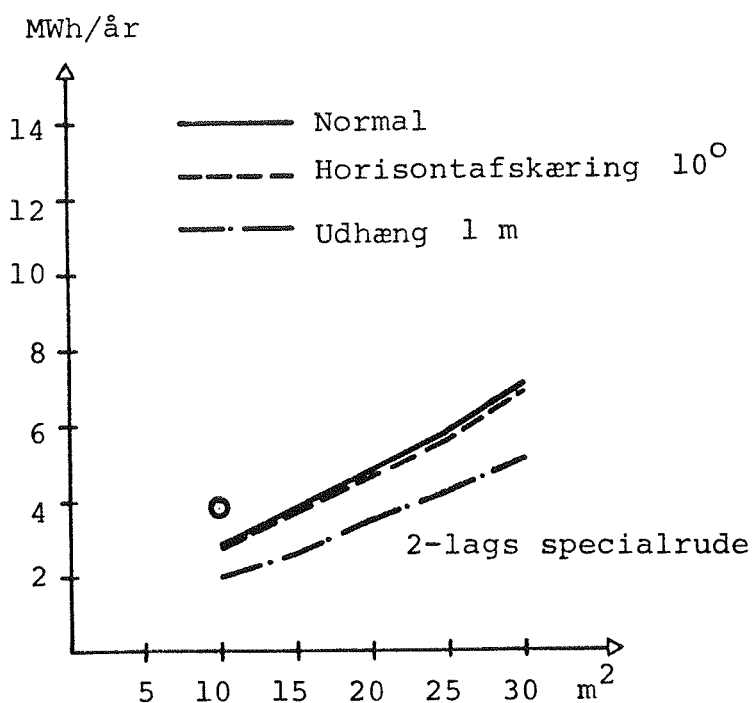


Fig. 9. Overskudsvarmen i et 140 m² enfamiliehus med varierende glasareal samt skyggeforhold.

Til gengæld medfører anvendelsen af udhæng en kraftig reduktion i overskudsvarmen fra 800 til 2000 kWh/år. Hvis det som tidligere omtalt er acceptabelt at tillade en overskudsvarmemængde på 4 MWh/år vil det være muligt at øge vinduesarealet i sydfacaden fra 15 m² til 25 m², når der er et 1 m udhæng.

Beregningerne viser, at brug af udhæng er en udmærket metode til reduktion af generne fra overophedning uden at energiforbruget ændres væsentligt. Til gengæld ses det også, at en horisontafskæring kun har ringe effekt. Dette skyldes, at i sommermånederne står solen højt på himlen, så reduktion i solindstrålingen morgen og aften er næsten uden betydning. Til gengæld medfører horisontafskæringen en betydelig reduktion i vinterperioden.

I fig. 10 til 13 findes optegninger af overskudsvarmens fordeling over året ved forskellige vinduesarealer og afskærmninger. Disse figurer viser horisontafskæringens ringe effekt, mens udhængets betydning i sommermånederne ses klart.

Fig. 13 og 14 viser effekten af afskærmning på huset med 3-lags ruder i vinduerne. Resultaterne er af samme karakter som for 2-lags ruder.

10.. Varmeakkumulerings betydning

En faktor som også påvirker energiforbruget i huset, er størrelsen af den varmeakkumulerende masse. Denne faktor er vanskelig at vurdere betydningen af, idet ikke alle overflader behøver at medvirke. Formentlig vil det have størst betydning, hvilken masse vægge og gulv har i de områder, som bliver direkte solbeskinnet.

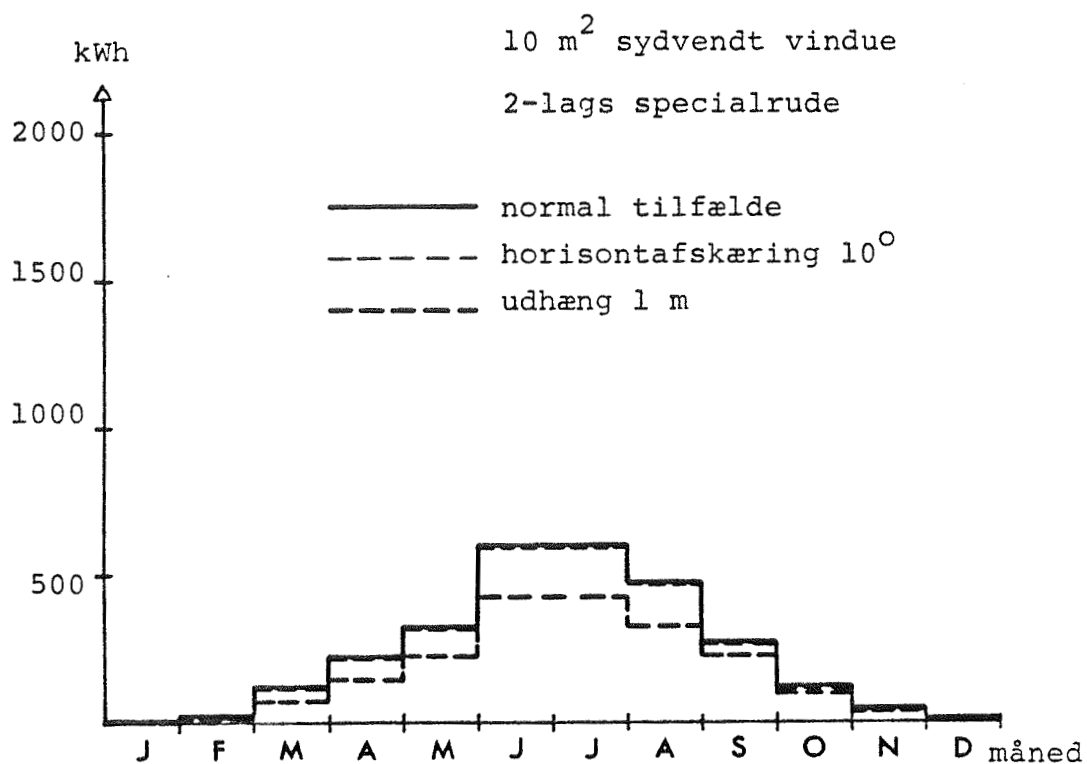


Fig. 10. Overskudsvarmens fordeling over året i et 140 m² enfamiliehus med forskellige skyggeforhold.

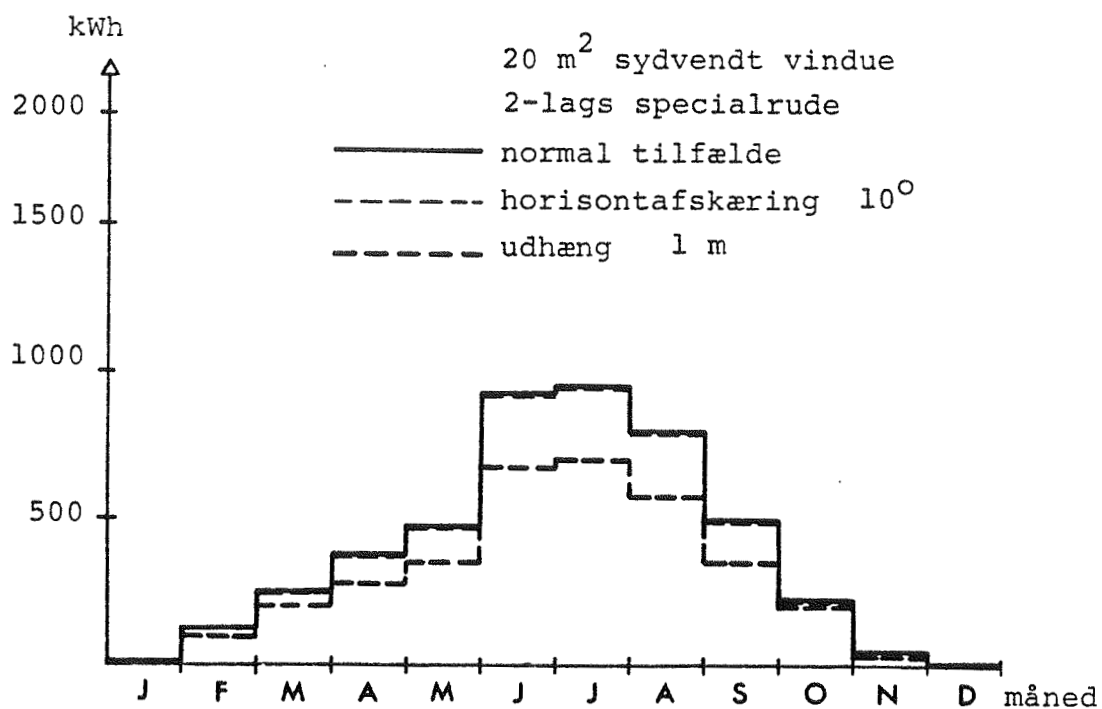


Fig. 11. Overskudsvarmens fordeling over året i et 140 m² enfamiliehus med forskellige skyggeforhold.

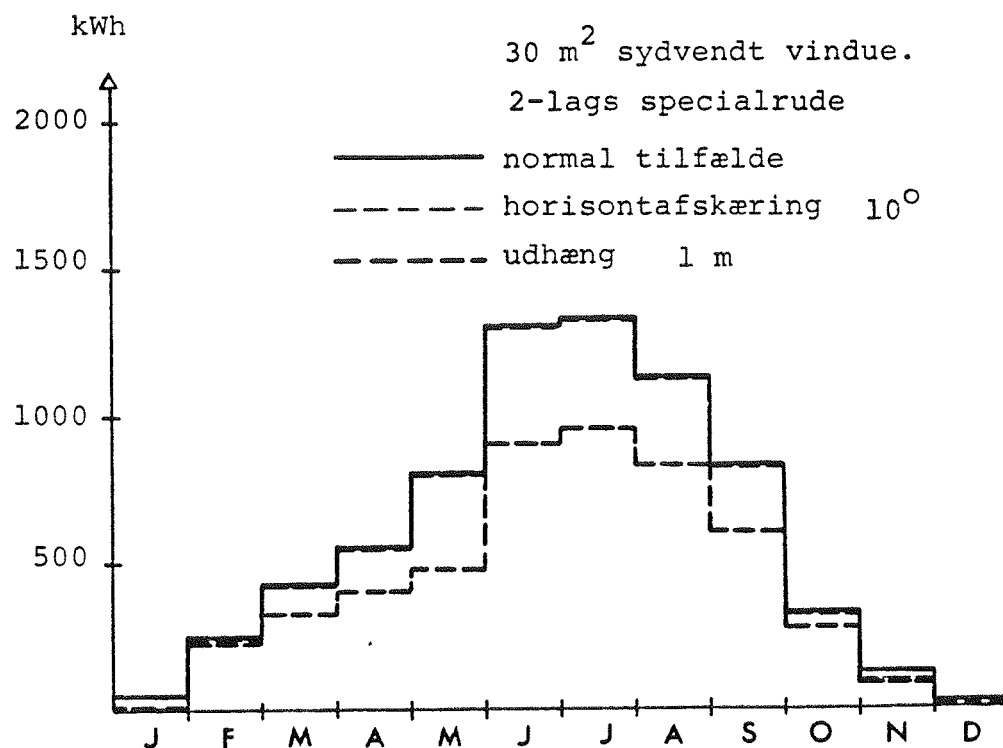


Fig. 12. Overskudsvarmens fordeling over året i et 140 m² enfamiliehus med forskellige skyggeforhold.

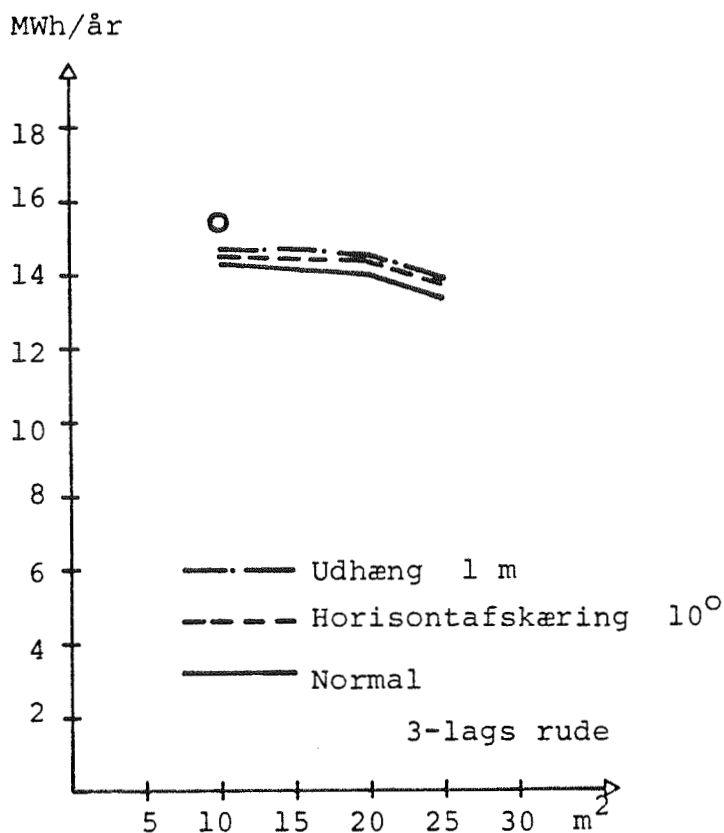


Fig. 13. Energiforbruget for et 140 m² enfamiliehus med varierende glasareal samt skyggeforhold.

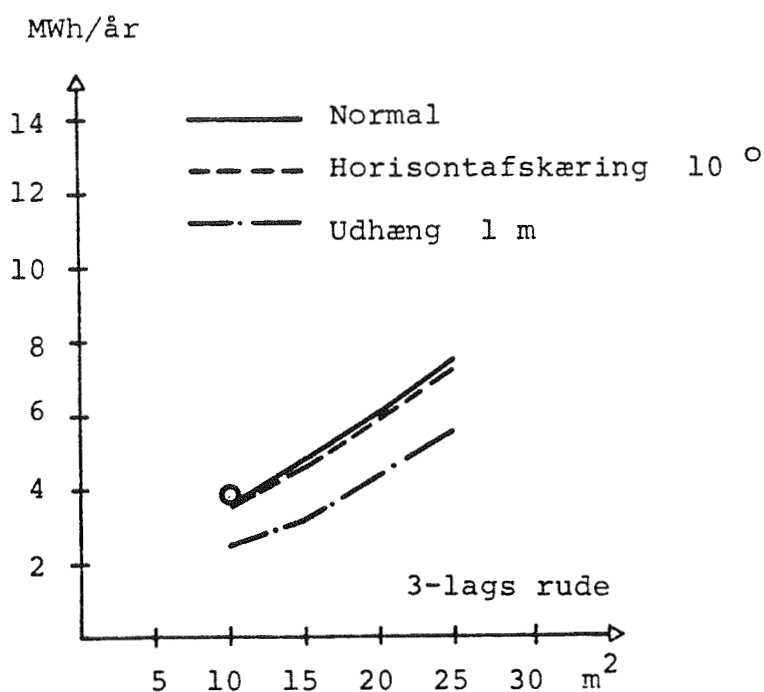


Fig. 14. Overskudsvarmen i et 140 m² enfamiliehus med varierende glasareal samt skyggeforhold.

Ved gennemregning er 3 størrelser varmeakkumulering anvendt:

- 1) Ringe varmeakkumulering.
Dette svarer til et hus med overflader af gipsplader eller træfiberplader.
- 2) Middel varmeakkumulering.
Dette svarer til et hus med indevægge af letbeton.
- 3) Stor varmeakkumulering.
Dette svarer til et hus med indervægge af teglsten eller beton.

Der kan ikke i øjeblikket opstilles klare grænser mellem de 3 hustyper. I praksis vil de fleste huse have overflader af flere typer, og her må der ske en vurdering af varmeakkumuleringen.

Fig. 15 viser det beregnede energiforbrug ved forskellige varmeakkumulerende konstruktioner. Det er valgt at foretage beregningen med vinduer med 2-lags specialruder og 1 m udhæng. Ved mindre glasarealer er forskellen mellem et hus med stor og lille varmeakkumulering på 800 - 1000 kWh/år, mens den ved større arealer kan nå op på 1400 kWh/år. Der vil være et mindre energiforbrug, hvis der anvendes tungere varmeakkumulerende konstruktioner. Også for overskudsvarmen har varmeakkumuleringen betydning, som det fremgår af fig. 16. En større varmeakkumulering medfører færre gener fra overtemperaturer.

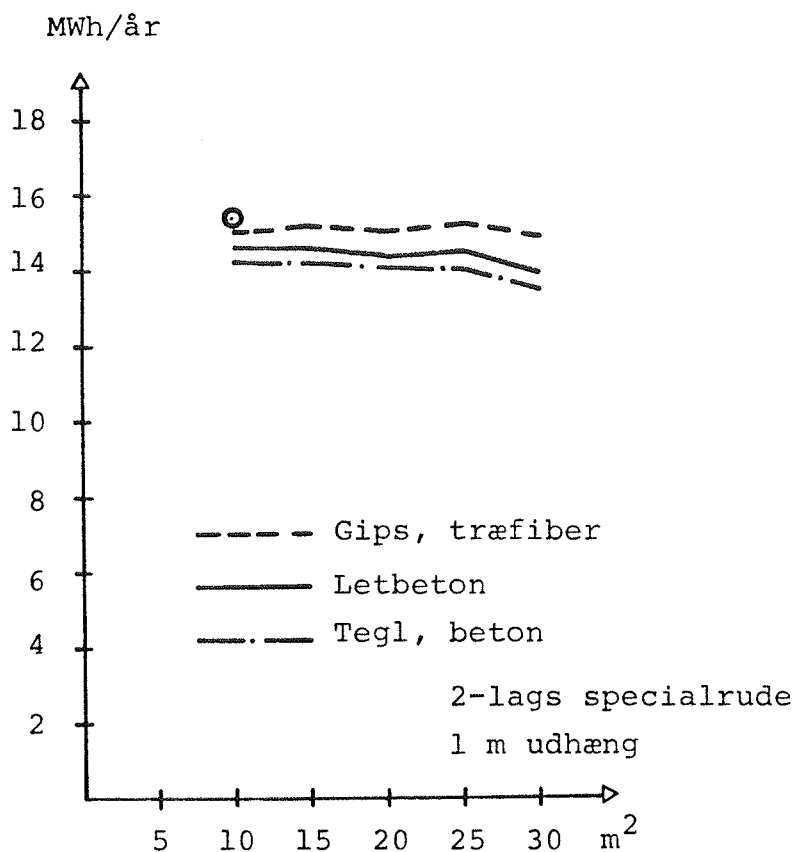


Fig. 15. Energiforbruget i et 140 m² enfamiliehus med varierende glasareal og forskellige varmeakkumulerende indebeklædninger.

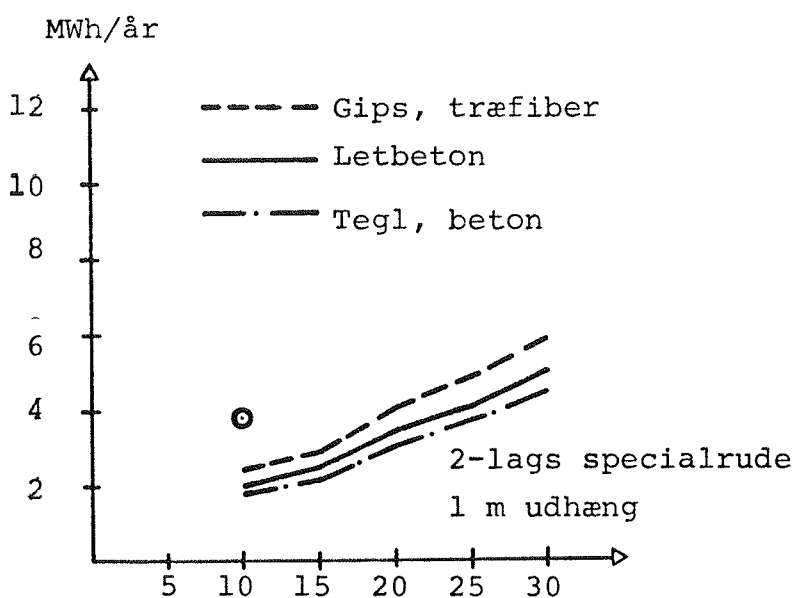


Fig. 16. Overskudsvarmen i et 140 m² enfamiliehus med varierende glasareal og forskellige varmeakkumulerende indebeklædninger.

11. Vinduesretningens betydning

I det foregående er forudsat, at størstedelen af vinduerne vender mod syd. Herved kan solindfaldet bedst udnyttes. Men hvis nu huset ikke kan vendes på den måde, hvilken effekt vil det så have på energiforbruget ? Hvor meget forøges energiforbruget ? Hvilken indflydelse får det på overskudsvarmen ?

Der er gennemført beregninger for 2-lags specialruder med huset drejet i spring på 30 ° så vinduer drejes fra syd til nord. Om drejningen foregår med eller mod uret får ingen betydning for resultaterne. Fig. 17 viser de beregnede energiforbrug. Det ses, at en mindre drejning fra syd $\pm 30^\circ$ har næsten ingen indflydelse, men ved større drejninger fås et væsentligt forøget energiforbrug.

Drejes huset med hovedarealet af vinduerne fra syd til nord bliver resultatet:

glasareal	forøget energiforbrug	
10 m ²	1,0 MWh/år	7 %
15 m ²	1,7 MWh/år	12 %
20 m ²	2,3 MWh/år	16 %
25 m ²	2,7 MWh/år	20 %
30 m ²	3,0 MWh/år	23 %

Dette skema viser tydeligt, at ved store vinduesarealer er der en meget væsentlig forskel mellem om vinduerne vender mod syd eller nord. Energimæssigt vil det være bedst med det største vinduesareal mod syd.

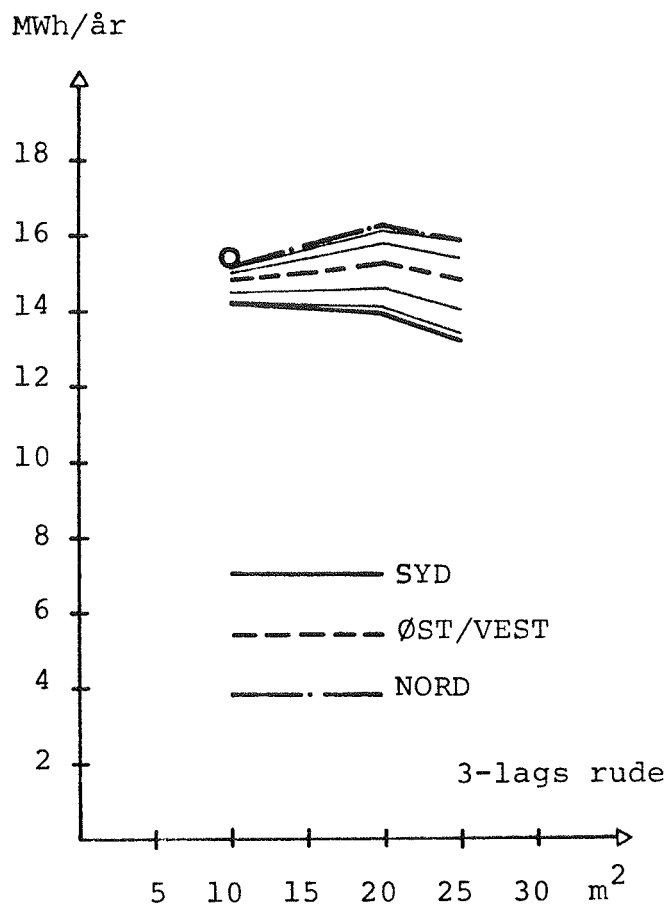


Fig. 17. Energiforbruget i et 140 m² enfamiliehus med varierende retning af vinduer.

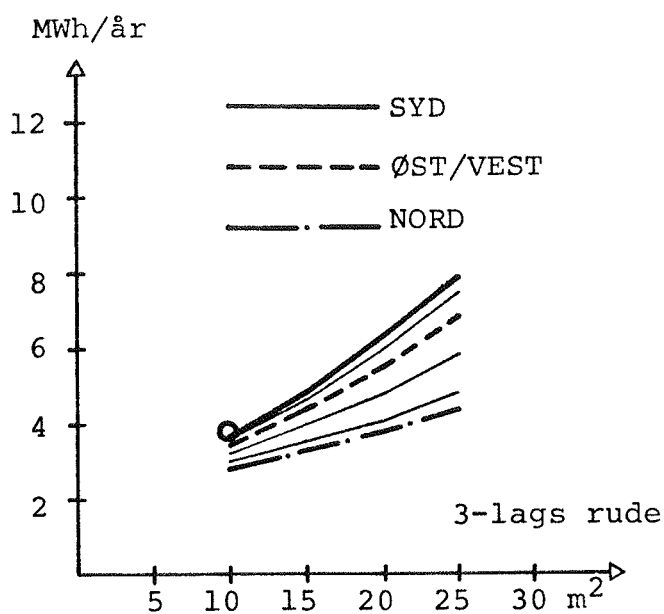


Fig. 18. Overskudsvarme for et 140 m² enfamiliehus med varierende retning af vinduer.

Store vinduesarealer mod syd vil samtidigt medføre øgede problemer med uanvendelig overskudsvarme, se fig. 18. Dette betyder, at ved udformningen af huset, må der tages hensyn til dels energiforbruget og dels overskudsvarmen, når vinduesarealernes størrelse og retning bestemmes. Det valg, der er foretaget, kan få en væsentlig betydning for energiforbruget.

Der er tilsvarende gennemført beregninger med 3-lags ruder med huset drejet i forskellige retninger. Disse resultater, fig. 19 og fig. 20, er af helt tilsvarende karakter som for 2-lags specialruder.

12. Klimavariationer.

På grundlag af tidligere undersøgelser [5] kan det siges, at et forøget vinduesareal vil medføre større procentvise svingninger i det årlige energiforbrug. Dette skyldes, at solindfaldet varierer mere end ude-temperaturen fra år til år. Men over nogle år vil middelenenergiforbruget nærme sig de her beregnede energiforbrug. De her beregnede energiforbrug og overskudsvarmemængder bygger på beregninger ud fra et normalår.

13. Konklusion

Er bygningsreglementets grænse for 2-lags rudeareal på 15% af bruttoetagearealet rimelig? Ja, beregningerne viser, at energiforbruget stiger med stigende vinduesareal (fig. 1). Denne stigning er ikke stor. Men det forøgede vinduesareal medfører stigende gener fra overophedning i huset. De fleste beboere i et hus med store sydvendte vinduer vil hurtigt gøre en hel del for at afskærme solen og dermed skaffe et bedre indeklima. Denne afskærmning vil, som der er vist, medføre et forøget energiforbrug undtagen for udhæng.

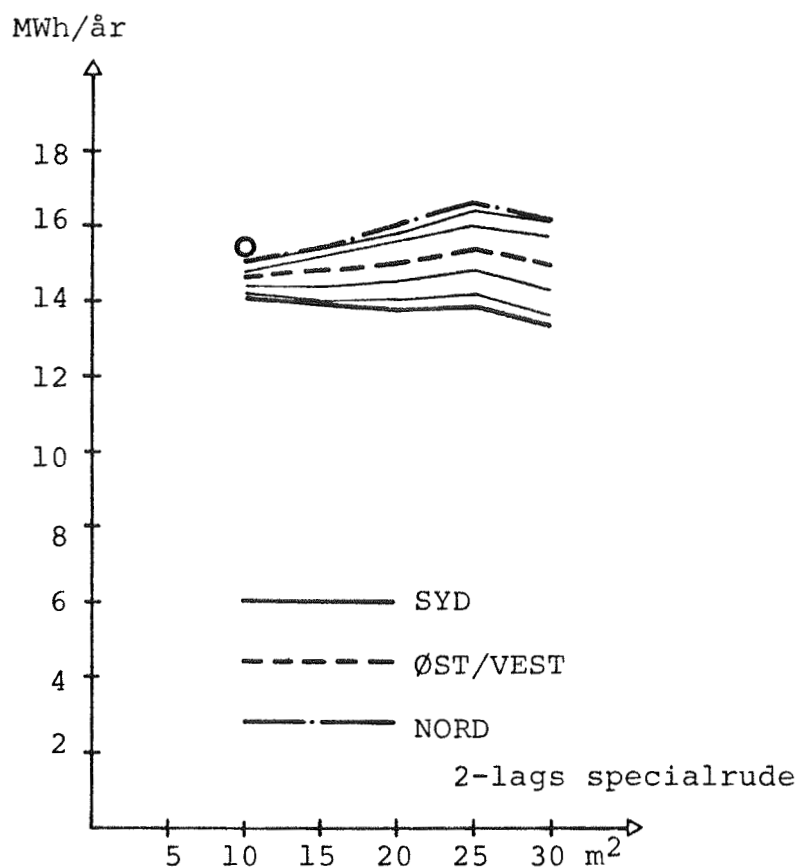


Fig. 19. Energiforbruget for et 140 m² enfamiliehus med varierende retning af vinduer.

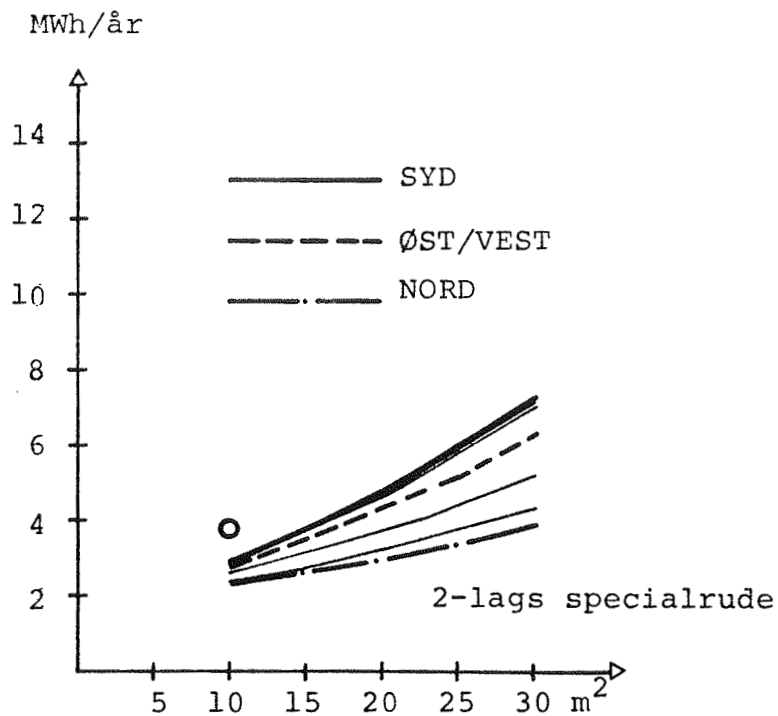


Fig. 20. Overskudsvarmens fordeling i et 140 m² enfamiliehus med varierende retning af vinduer.

Der findes i bygningsreglementet muligheder for at forøge vinduesarealet ved at forbedre isoleringen af vinduerne. Disse regler medfører, at hvis vinduesarealet forøges vil det årlige energiforbrug til opvarmning og ventilation gå ned. Samtidigt medfører kravet, at generne fra overophedning reduceres.

Der er følgende fordele ved forøgede vinduesarealer:

- 1) Bedre udsyn, hvis der er kønne omgivelser.
- 2) Mindre energiforbrug på årsbasis, men dette kan meget let sættes til igen på grund af afskærmning af solindfaldet i huset eller fra omgivelserne.

Der er følgende gener ved forøgede vinduesarealer:

- 1) Flere timer med overophedning. Dette kan til en vis grad forbedres ved brug af udhæng eller gardiner.
- 2) Dårligere holdbarhed. En termorudes levetid er 10 - 15 år, hvorimod vægge holder meget længere og ikke kræver vedligeholdelse.
- 3) Special-termoruder er dyrere end almindelige 2-lags termoruder. Den opnåede energibesparelse ved brug af specialtermoruder står i mange tilfælde ikke i et rimeligt forhold til prisforskellen.

Det har ikke særligt stor betydning for energiforbruget, hvilket sydvendt vinduesareal der anvendes i et enfamiliehus, men det har meget stor betydning for indeklimaet.

De i disse beregninger fundne besparelser i energiforbruget ved større vinduer er væsentligt mindre end beskrevet for svenske forhold [6]. Dette skyldes forskelle i beregningsmetoderne og forudsætningerne. Brug af en forenklet metode til beregningerne som EFB-1 er ikke så nøjagtig, som store EDB-programmer. Til gengæld kan der let foretages gennemregninger for den aktuelle udformning af huset.

Litteratur.

- [1] BR77: Bygningsreglement 1977, Boligministeriet.
- [2] Nielsen, Anker: Beregning af energiforbrug i bygninger (EFBl). En metode til brug for bordregnemaskiner. Laboratoriet for Varmeisolering, DTH. Meddelelse nr. 92, 1980.
- [3] Nielsen, Anker: Beregning af energiforbrug i bygninger (EFBl). Brugervejledning for TI-59. Laboratoriet for Varmeisolering, DTH. Meddelelse nr. 93, 1980.
- [4] Lund, Hans: Program BA-4. For calculation of Room Temperatures and Heating and Cooling loads. Users guide. LfV meddelelse nr. 44, 1979.
- [5] Nielsen, Anker: Isolering og vedvarende energi. En analyse af klimaets indflydelse. LfV meddelelse nr. 75, 1978.
- [6] Adamson, Bo: Fönstret - en viktig del i en byggnads energisystem. Byggmästeren nr. 6, side 21-24, 1980.

Projektorganisation

Styregruppe

Energiministeriet har udpeget følgende styregruppe for projektet:

V. Korsgaard, professor, Laboratoriet for Varmeisolering, DTH (formand).
J. Lemming, civilingeniør, Energiministeriet.
V. Bruhn, ekspeditionssekretær, Energistyrelsen.
J. Fischer, civilingeniør.
E. Pedersen, lektor, lic. scient, H.C. Ørsted Instituttet.
O. Paulsen, civilingeniør, lic.techn., Teknologisk Institut.
J.S.R. Nielsen, civilingeniør, Birch & Krogboe.
M. Michelsen, lektor, Instituttet for Kemiteknik, DTH.
C.W. Kallenbach, civilingeniør, Industrirådet.
O. Rathman, civilingeniør, lic. techn., Forsøgslæg Risø.

Projektmedarbejdere fra

Laboratoriet for Varmeisolering, DTH:

P. Christensen, civilingeniør, lic. techn.
S. Furbo, civilingeniør.
K. K. Hansen, akademiingeniør, stud.lic.techn.
P.N. Hansen, lektor, lic.techn. (projektleder fra 17/9-79).
H. Lawaetz, adjunkt, HD, (projektleder indtil 17/9-79).
A. Nielsen, civilingeniør, lic.techn.
L. Olsen, civilingeniør, stud.lic.techn.

Liste over udkomne rapporter

- Nr. 1. Litteraturundersøgelse og vurdering af kemiske varmelagre, af Peter L. Christensen, august 1979.
- Nr. 2. Sæsonlagring af varme i store vandbassiner. Udført af Dipco Engineering ApS, november 1979.
- Nr. 3. Beregning af energiforbrug i bygninger (EFB-1). En metode til brug for bordregnemaskiner, af lic.techn. Anker Nielsen, februar 1980.
- Nr. 4. Beregning af energiforbrug i bygninger (EFB-1). Brugervejledning for TI-59, af lic.techn. Anker Nielsen, februar 1980.
- Nr. 5. Prøvning af varmelagerunits til solvarmeanlæg, af Simon Furbo, april 1980.
- Nr. 6. Beregning af ruminddelte bygningers energiforbrug. De forenklede metoder EFB-2 og EFB-3, af lic.techn. Anker Nielsen, oktober 1980.