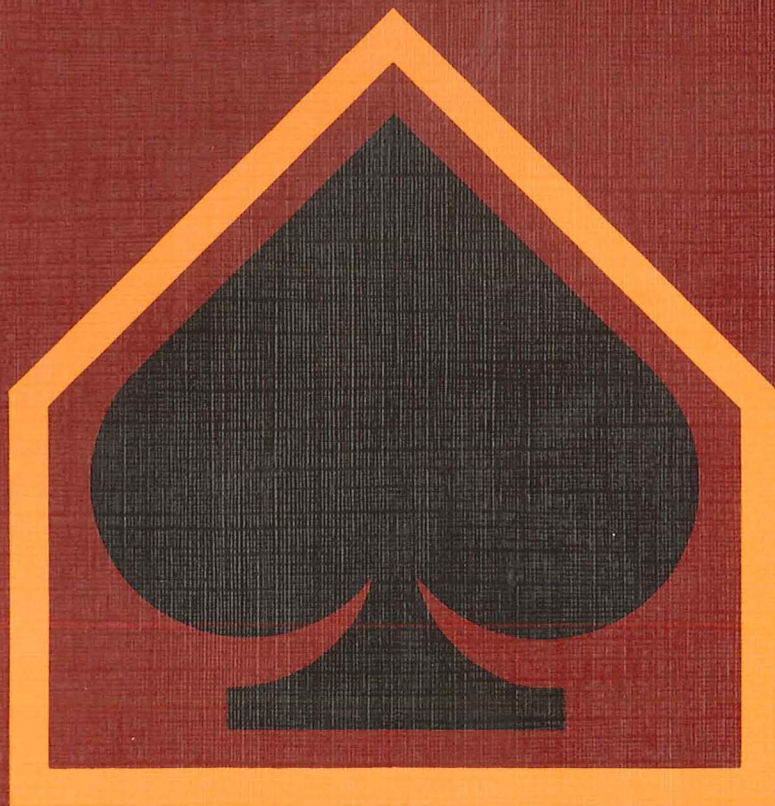


Varmeisolerende vinduesskodder



- med et eksempel på transparente skodder anvendt på en ældre beboelsesejendom

SBI-RAPPORT 138 · STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT 1982



Varmeisolerende vinduesskodder

– med et eksempel på transparente skodder anvendt på en ældre beboelsejendom

TORBEN ESBENSEN
CHRISTIAN P. SKJOLDBORG

Indhold:

Forord	2
Traditionel anvendelse af vinduesskodder	2
Varmeisolerende vinduesskodder	3
Udvendige vinduesskodder	
Indvendige vinduesskodder m.v.	
Isolation mellem glaslag i vinduer	
Vinduesskodder til eksisterende bygninger	4
Eksempler på varmeisolerende vinduesskodder m.v.	4
Beregning af k-værdier	6
Beregningsgrundlag	
Overgangsisolans	
Isolans af materialelag	
Udregnede k-værdier	
Demonstrationsprojekt	8
Generelle bemærkninger om skoddernes konstruktion	
Generel beskrivelse af skoddernes konstruktion	
Skoddedetailler	
Skoddernes betjening	
Lydtekniske målinger	
Brugernes vurdering	
Beregning af energibesparelse	13
Beregningsmetode	
Energibesparelse pr. m ² skodde	
Sammenfatning	14
Litteratur	15
Summary	15
Appendiks: Udvendige transparente rullegardiner	16

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT
STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT



EX-3
- 7 OKT. 1982

EX-3
- 4 NOV. 1992 00288P

Formålet med projektet har været gennem en analyse og et demonstrationsprojekt at påvise muligheder for energibesparelser i eksisterende bygninger ved anvendelse af varmeisolerende vinduesskodder.

Demonstrationsprojektet blev oprindeligt planlagt til en ældre bygning, der skulle totalrenoveres og indgå i udstillingen Lav-Energi 79 i Skive. Renoveringsprojektet blev imidlertid opgivet. En skodeløsning blev derefter udviklet til og afprøvet i en ejendom, ejet af Københavns kommune, på hjørnet af Borups Allé og Hillerødgade i København.

Ved udarbejdelsen af rapporten har medvirket:

Arkitektfirmaet J. E. Andersen og Chr. P. Skjoldborg:
Jørgen E. Andersen og Christian P. Skjoldborg, arkitekter
M.A.A. (projektkoordinatorer); medarbejder Steen Mortensen, arkitekt M.A.A.

Esbensen og Korsgaard, rådgivende civilingeniører:
Civilingeniør Torben Esbensen; akademiingeniør Poul E. Kristensen.

Dansk Lukningsentreprise A/S:
Arkitekt Leo Svane.

Projektet er finansieret under energiministeriets forskningsprogram vedrørende energianvendelse i bygninger.

Rapporten henvender sig først og fremmest til projekterende og producenter som grundlag for et videre produktudviklingsarbejde.

Statens Byggeforskningsinstitut, juli 1982.
Afdelingen for bygningsfysik.
Georg Christensen.

ISBN 87-563-0450-1.
ISSN 0573-9985.
Pris: Kr. 59,50 inkl. 22 pct. moms.
Oplag: 1.300.
Tryk: Dyva Bogtryk, Glostrup.

Statens Byggeforskningsinstitut:
Postboks 119, 2970 Hørsholm. Telefon 02-86 55 33.

Eftertryk i uddrag tilladt, men kun med kildeangivelsen:
SBI-rapport 138: Varmeisolerende vinduesskodder. 1982.

Traditionel anvendelse af vinduesskodder

Herhjemme har vinduesskodder kun været anvendt i begrænset omfang.

På gamle bygninger findes massive vinduesskodder af træ anvendt i stueetager som værn mod indbrud og indblik. Disse vinduesskodder er altid sidehængt-udadgående, og de er af og til forsynet med mindre udskæringer for at tillade lidt dagslyspassage og eventuelt et begrænset udsyn.

I lidt nyere byggeri bruges massive vinduesskodder af og til ved vinterlukning af sommerhuse, men den hyppigst anvendte type er jalousi-skodden med skråstillede trælameller, som tillader en del dagslys at passere, men standser eller reducerer solindstrålingen.

Jalousi-skodder er næsten altid sidehængt-udadgående, men har dog været anvendt sidehængt-indadgående til ventilationsåbninger sammenbygget med vinduer.

Hensynet til muligheden for åbning og lukning af vinduesskodderne har som regel begrænset deres brug til stueetager.

Hvor afstanden mellem vinduerne er mindre end bredden af vinduesåbningerne, kan der ikke anvendes enkeltfløjede vinduesskodder, og tofløjede vinduesskodder vil som regel lappe over hinanden når de åbnes.

Fra det fjerne udland - Kina, Korea, Japan - kendes forskellige typer af tophængte-udadgående skodder. De anvendes om vinteren som værn mod vind og kulde. Om sommeren står skodderne vandret ud under de store tagudhæng, fastholdt med kroge.

Fra Sydeuropa kendes et utal af forskellige skoddetyper af træ, metal og plastic.

Disse vinduesskodder har til formål at værne mod uvejr og solindstråling, samt i visse tilfælde mod indbrud. Skodderne kan være massive eller af jaloustypen, ved de sidstnævnte er jalousivirkningen ofte justerbar. Yderligere har mange vinduesskodder små oplukkelige, tophængte partier.

De sydeuropæiske vinduesskodder er næsten altid kombineret med vinduer, der har sidehængte, indadgående rammer. Der er derfor som regel ikke besvær med at åbne skodderne og slå det fastholdebeslag til, som sikrer, at skodderne ikke blæser i. Lukning af skodderne kan ske med et simpelt pasquillbeslag.

Problemet med for lille afstand mellem vinduerne opstår næsten aldrig, da foldeskodder er almindelige. Foldeskodder anvendes i øvrigt også, hvor de åbentstående skodder ønskes »skjult« i vindueslysningen eller hvor vinduet ligger langt fra facadeydside.

Ingen af de traditionelt anvendte vinduesskodder har haft som primært formål at yde varmeisolation.

Varmeisolerende vinduesskodder

Der er i de senere år udviklet varmeisolerende vinduesskodder samt andre løsninger, som på samme måde tilsigter at nedsætte varmetabet gennem vinduer. Blandt de sidstnævnte løsninger kan nævnes reflekterende rullegardiner og varmeisolationsmaterialer anbragt mellem glaslagene i vinduer.

I de herstående illustrationer er givet en oversigt over en række forskellige løsninger.

Udvendige vinduesskodder

De bedste, udvendige vinduesskodder kan udføres i forbindelse med vinduer, der har indadgående rammer. Både skoddekonstruktion og betjening af skodden kan her være ganske enkel.

Det er også muligt at anvende en konstruktiv enkel udvendig vinduesskodde ved andre vinduestyper, men det vil her ofte være en forudsætning, at skodderne åbnes og lukkes udefra. Dette vil dels begrænse skoddernes anvendelsesområde (vinduerne kan fx ikke anvendes som redningsåbninger ved brand), dels er det sandsynligt, at de ikke vil blive benyttet i dårligt vejr.

Problemerne med betjening indefra af udvendige vinduesskodder, der anvendes i forbindelse med andre vinduestyper med dem, der har indadgående rammer, kan løses på forskellige måder. Eksempler herpå gives senere i rapporten.

Indvendige vinduesskodder m.v.

Alle løsninger som indebærer, at der anbringes et varmeisolerende lag inden for vinduet, lider af den svaghed, at de kan medføre, at der sker kondensdannelse på indersiden af vinduet. Dette skyldes, at det er vanskeligt at opnå en så effektiv tætning omkring det isolerende lag, at der ikke strømmer varm stueluft ind i mellemrummet mellem isolationslaget og vinduet. Når den varme - og måske ret fugtige - stueluft derpå afkøles, kondenserer dens indhold af vanddamp.

Et andet problem i forbindelse med de indvendige løsninger er, at hvis de anvendes om dagen bag en forseglede isolationsrude, vil der kunne opstå en solfangereffekt, som kan medføre, at ruden revner.

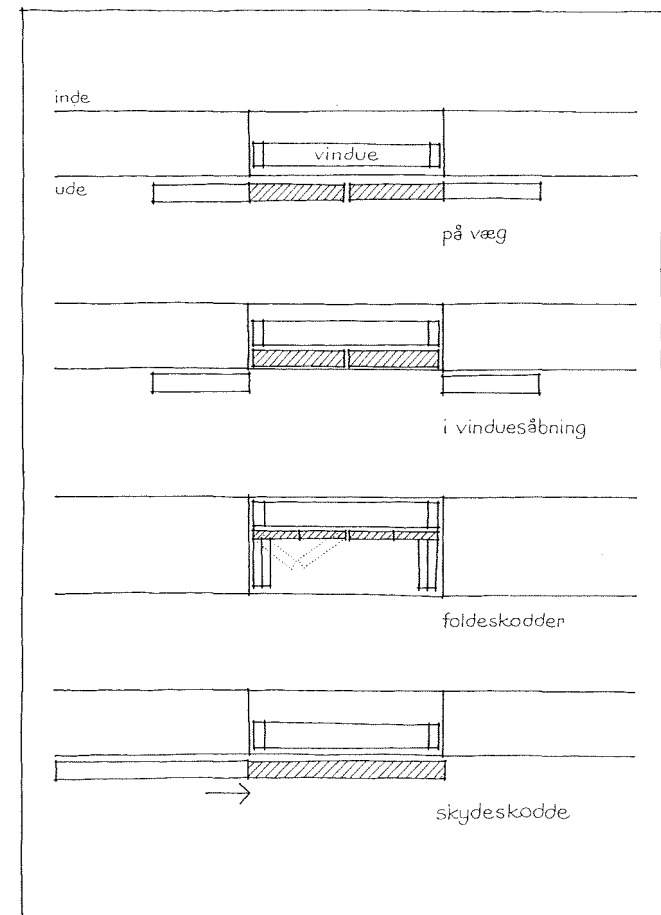
Selve betjeningen af de indvendige løsninger giver ikke store problemer, men det kan være vanskeligt at finde en »parkeringsplads« for skodder der åbnes eller tages af.

Isolation mellem glaslag i vinduer

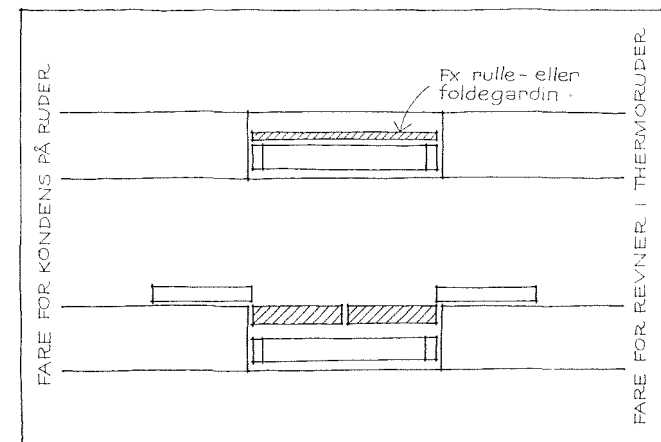
Eksempler på sådanne løsninger er persienner, indblæst, kornformigt isolationsmateriale samt sammentrykkeligt isolationsmateriale. Anvendelsesområdet er hovedsageligt begrænset til vinduer med fast glas og/eller kun lodrette underdelinger. Som ved de indvendige løsninger kan der opstå uheldige solfangereffekter.

I forbindelse med højisolerede ydervægskonstruktioner er det allerede foreslået at anvende vinduer, hvis karme er opdelt, således at kuldebroer i disse undgås.

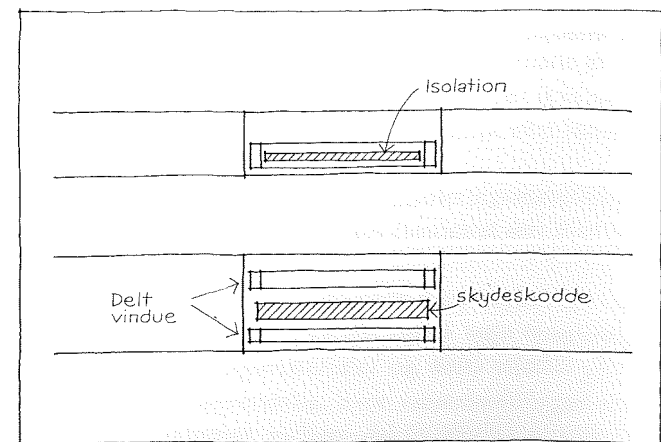
En videreudvikling af sådanne vinduestyper kan eventuelt gøre det muligt at anvende en egentlig skodde mellem de to dele af et vindue.



Figur 1. Udvendige vinduesskodder.



Figur 2. Indvendige vinduesskodder mv.



Figur 3. Isolation mellem glaslag i vinduer.

Vinduesskodder til eksisterende bygninger

Ved nybyggeri er det et led i projekteringsarbejdet at integrere enten kendte eller nye skodeløsninger. Dette arbejde vil som regel bl. a. omfatte, at skodderne udformes således at de, udover at opfylde deres primære funktioner, bidrager til en bygnings arkitektoniske udtryk, at deres detaillering er byggeteknisk afklaret, at deres brug (betjening) er gjort rimelig enkel, og at dagslyset i og udsynet fra de rum, hvor vinduerne er forsynede med skodder, ikke er forringet på uantagelig vis.

Hvor det drejer sig om at forsyne eksisterende bygninger med vinduesskodder, kan to af de ovennævnte forhold medføre vanskeligheder:

Vinduesskodder – især udvendige vinduesskodder – kan ændre en bygnings udseende radikalt, og dagslyset i de rum, hvor vinduerne forsynes med skodder, kan også blive ændret.

Spørgsmålet om, hvorvidt og på hvilken måde især udvendige skodder kan ændre en bygnings udseende kan ikke besvares her. Det vil afhænge af opgaven – og de projekterendes dygtighed!

Hvad angår spørgsmålet om ændring af dagslysbelysningen i rum, hvor vinduerne forsynes med skodder, så kan en mulig løsning være transparente skodder, som yder fornøden varmeisolation uden at nedsætte dagslysfaldet væsentligt.

I mange tilfælde kan det yderligere være et krav, at transparente skodder skal tillade et udsyn, som ikke er mærkbart ringere end gennem almindelige vinduer.

Endnu et forhold, som gør det vanskeligt at nå frem til generelt anvendelige skodeløsninger til eksisterende bygninger er, at der i de seneste hundrede år er anvendt et meget stort antal forskellige vinduestyper og -udformninger.

Nogle vinduestyper er dårligt egnede for tilføjelse af skodder. Dette gælder fx fremspringende karnapper med vinduer mod tre sider, og de i efterkrigstidens boligbyggeri meget almindelige altan-karnappartier.

Til det demonstrationsprojekt, der er omtalt detaljeret senere i rapporten, er der på basis af betragtninger som ovenfor anført udviklet og afprøvet skodeløsninger, som tillader dagslyspassage og et vist udsyn. Løsningernes anvendelsesområde er begrænset til almindelige to-rammede vinduer med udadgående, sidehængte rammer.

Eksempler på varmeisolerende vinduesskodder m.v.

I det følgende gennemgås eksempler på varmeisolerende vinduesskodder og andre foranstaltninger til at reducere varmetabet gennem vinduer, fordelt på nedennævnte 6 typer:

- 1) Udvendige sidehængte skodder
- 2) Udvendige vandretgående skydeskodder
- 3) Indvendige lodretgående skydeskodder
- 4) Indvendige lodretgående foldegardiner
- 5) Sammentrykkeligt varmeisoleringsmateriale mellem glaslag
- 6) Indblæst varmeisoleringsmateriale mellem glaslag.

Eksemplerne kommenteres ud fra deres anvendelighed ved enkelt udformede vinduer (og døre). Der vil ligge et yderligere udviklingsarbejde i at gøre de viste løsninger egnede for mere komplicerede vinduesudformninger, fx karnappartier eller vinduer med opdelinger eller med sprosser.

En særlig løsningsmulighed er udeladt af oversigten, men omtales i appendiks, side 16. Det drejer sig om transparente, udvendige rullegardiner. En løsning af denne art kunne byde på en række fordele, men en del komplicerede tekniske problemer står tilbage.

Den tidligere nævnte løsning med en skydeskodde mellem glaslagene er også udeladt af oversigten. Denne løsningsmulighed er dels kun på idéstadiet, dels vil dens anvendelsesområde hovedsagelig være højisolerede ydervægge i nybyggeri.

Endelig er en løsning med udvendige sidehængte *transparente* vinduesskodder heller ikke omtalt her, idet denne løsning er beskrevet detaljeret i forbindelse med det forsøg i praksis, der gennemgås senere i rapporten.

1. Udvendige sidehængte skodder

Eksempel

Hus E, Energiministeriets Lavenergihusprojekt i Hjortekær, Lyngby, 1978. Projekteret for Københavns Almindelige Boligselskab af Fællestegnesteuen og Dominia A/S.

Beskrivelse

De sidehængte, udadgående skodder er monterede uden på døre med indadgående dørfløje med glasruder.

Skodderne er udført med 36 mm mineraluld omgivet af en træramme (tværsnit 56 · 93 mm) og beklædt med 10 mm vandfast krydsfiner på begge sider.

Skodderne fastholdes i lukket stilling med forviridere. I åben stilling fastholdes skodderne med dørholdere.

Kommentarer

Skoddernes manøvrering kan vanskeliggøres af sne og is.

Ved anvendelse på ældre bygninger vil denne skoddetype kunne ændre såvel bygningernes udseende som rummenes forsyning med dagslys i uheldig retning. Skoddetyper vil ikke uden videre være anvendelig på ældre bygninger, hvor vinduespillerne er smallere end vinduesåbningerne, eller hvor facaderne er profilerede.

2. Udvendige vandretgående skydeskodder

Eksempler

Hus F, Energiministeriets Lavenergihusprojekt i Hjortekær, Lyngby, 1978–79.

0-energihuset, Danmarks tekniske Højskole, Lyngby, 1974.

Beskrivelse

I begge eksempler er skodderne monterede mellem styreskiner på ydersiden af vinduer eller væg.

I det førstnævnte eksempel (Hus F) er skodderne udført med 75 mm mineraluld i en rammekonstruktion, beklædt med 9 mm vandfast krydsfiner på begge sider. Tætning mellem skodde og væg etableres ved et lukket gummiprofil. Skodderne er forsynede med et motordrev, og de kan betjenes manuelt eller automatisk styret af et ur. I det andet eksempel (0-energihuset) er skodderne udført af 50 mm polyurethanskum beklædt på begge sider med ABS-plastic. Disse skodder betjenes manuelt indefra ved hjælp af et snekke- og kædetræk, og tætning mellem vindue og skodde sker ved hjælp af nylonbørster.

Kommentarer

Med de anvendte åbne- og lukkemekanismer er skydeskodder af denne art forholdsvis dyre løsninger.

Der synes i praksis at være problemer med at opnå tilstrækkelig tæthed mellem skodde og vindue henholdsvis væg.

Skydeskodder af denne type vil som regel være vanskelige at indpasse i eksisterende byggeri, både udseendemæssigt og byggeteknisk.

3. Indvendige lodretgående skydeskodder

Eksempel

Lavenergihus af Team Kudu, Skive, 1977. Projekteret af arkitekt Finn Strabo M.A.A. og civilingeniør Torben Esbensen, Superfos Glasuld.

Beskrivelse

Skodderne er monterede mellem styreskiner på indersiden af vinduerne.

Skodderne er udført af mineraluld med en beklædning på begge sider.

Skodderne hæves og sænkes ved håndkraft. Når skodderne ikke er i brug, står de parkeret inden for brystningen. Når skodden skydes op foran vinduet, falder fire styretappe ind i skråtstillede styreriller, således at skodden, der er forsynet med tætningsliste, presses mod karmen.

Kommentarer

Som ved andre indvendige løsninger er det vanskeligt at undgå, at rumluft siver ind mellem skodde og vindue, og der er derfor fare for kondensdannelse.

Tilstrækkelig tæthed mellem skodde og vindue synes vanskelig at opnå uden anvendelse af beslag med en kraftig tilspændingsvirkning, og sådanne beslag vil komplicere åbning og lukning af skodderne.

Skoddens vægt må ikke være over 10–15 kg, hvis den skal kunne hæves og sænkes manuelt.

Denne skoddetype udelukker normal radiatorplacering under vinduet, og den vil i øvrigt som regel kun være anvendelig ved nybyggeri.

4. Indvendige lodretgående foldegardiner

Eksempel

Prototype fra det svenske firma Euroc, 1974.

Beskrivelse

Foldegardinet – der også benævnes isolerende jalousi – monteres indvendigt og kan parkeres fladt under loftet eller i et magasin under vinduet.

Løsningen er udført med 15 mm polyurethanstrimler, der er beklædt på begge sider med gardinstof. Foldegardinet er let og kan manøvreres manuelt.

Kommentar

Det er meget vanskeligt at opnå tilstrækkelig tæthed mellem foldegardinet og vinduet, og der er derfor fare for kondensdannelse. Løsningens karakter af gardin indebærer en risiko for, at det anvendes »trukket for« på dage med solskin. Herved kan der opstå så høje temperaturer mellem foldegardin og vindue, at eventuelle forseglede isolationsruder revner på grund af temperaturspændingerne.

På grund af kravene til parkeringsplads vil foldegardiner som regel kun kunne indpasses ved nybyggeri.

5. Sammentrykkeligt varmeisoleringsmateriale mellem glaslag

Eksempel

Forsøg på Laboratoriet for Varmeisolering, Danmarks tekniske Højskole, 1977.

Beskrivelse

Det varmeisolerende lag er monteret mellem to glaslag, idet der anvendes en overliggende skinne og et snoretæk, både når varmeisoleringslaget trækkes op mellem glaslagene og når det sammentrykkes i bunden af vinduet.

Som varmeisoleringsmateriale er ved forsøgene anvendt et kortfibret nylonmateriale (dynefyld), som tåler gentagne sammentrykninger.

Kondensdannelse modvirkes ved en svag ventilering af mellemrummet mellem glaslagene med udeluft.

Kommentarer

Løsningen er principielt attraktiv, idet den i modsætning til almindelige persienner anvendt på tilsvarende måde giver en varmeisolerende effekt. Løsningen stiller heller ikke særlige krav til udformningen af vinduets udvendige eller indvendige omgivelser.

Der tilbagestår at udvikle et varmeisoleringsmateriale eller lignende, som i årevis beholder sin elasticitet selv efter mange sammentrykninger.

Ligeledes kan selv svag ventilation med udeluft give støvproblemer, ligesom der vil kunne opstå høje temperaturer mellem varmeisoleringsmaterialet og de(t) yderste glaslag. Løsningen er kun anvendelig, hvor varmeisoleringsmaterialet kan glide uhindret mellem de to glaslag (almindelige sprosser vil hindre dette).

6. Indblæst varmeisolation mellem glaslag

Eksempel

Forsøg på Laboratoriet for Varmeisolering, DTH, 1977.

Beskrivelse

Hulrummet mellem glaslagene i vinduet varmeisoleres med små polystyrenkugler, som gennem bunden af vinduet indblæses om aftenen med en ventilator. Om morgenen tømmes hulrummet og polystyrenkuglerne blæses til et magasin.

Betjeningen kan automatiseres ved, at ventilatoren styres af en lysmåler eller et ur.

Kommentar

Løsningen kan kun anvendes ved vinduer med fast glas eller med rammer, der kun åbnes ved vinduespolering. Herudover skal der være mulighed for at anbringe et magasin til varmeisoleringsmateriale.

Selv om der anvendes et varmeisoleringsmateriale, der ikke direkte støver, må der imødeses problemer med støv på glaslagene, ligesom det kornformige varmeisoleringsmateriale vil kunne »klæbe« til glaslagene på grund af statisk elektricitet.

Beregning af k-værdier

I det følgende angives beregninger over k-værdien (varmetabet i $W/m^2 \cdot ^\circ C$) for udvalgte skoddekonstruktioner.

For visse skoddetyper vil den praktisk opnåelige k-værdi afhænge af tætningen mellem skodden og vinduet. Der er usikkerhed mht sådanne utætheders indflydelse på isoleringsevnen. Dels er det svært at beregne varmetabet ved ventilation i mellemrummet mellem skodde og vindue, bl. a. fordi luftstrømmens størrelse kan være svær at fastslå, dels vil utæthedernes omfang meget ofte ændre sig, når skoddekonstruktionen ældes.

Randeffekten har ligeledes indflydelse på isoleringsværdien af en given skoddekonstruktion. Der tænkes her på det forhold, at den egentlige isolering i skodden ofte er monteret i en rammekonstruktion der har en anden k-værdi end selve isoleringsmateriale.

Der er udarbejdet beregninger af k-værdier for varmeisolerende foranstaltninger af følgende type:

- En udvendigt eller indvendigt anbragt skodde, i princippet bestående af et varmeisoleringsmateriale med en beklædning på begge sider.
- Et varmeisoleringsmateriale anbragt mellem to glaslag i et vindue.
- En udvendigt eller indvendigt anbragt skodde, med et antal transparente lag.

Beregningerne er gennemført for to tilfælde, idet den oprindelige vindueskonstruktion antages enten at være udført med 1 lag glas eller med en forseglede termorude med to lag glas. Der er ikke ved beregningerne taget hensyn til de førnævnte randeffekter, ligesom der er regnet med ideel tætning mellem skodden og vinduet.

Beregningsgrundlag

Transmissionskoefficienten for en vindueskonstruktion beregnes ud fra følgende udtryk:

$$\frac{1}{k} = m_i + m_u + \Sigma m_d + \Sigma m_l \quad (1)$$

hvor

k = transmissionskoefficienten i $W/m^2 \cdot ^\circ C$

m_i = overgangsisolans ved den indvendige overflade i $m^2 \cdot ^\circ C/W$

m_u = overgangsisolans ved den udvendige overflade i $m^2 \cdot ^\circ C/W$

m_d = isolans for materialelag i $m^2 \cdot ^\circ C/W$

m_l = isolans for luftlag $m^2 \cdot ^\circ C/W$

Det bemærkes, at der som angivet i [4] ikke regnes med overgangsisolans mellem to materialelag, når disse ligger tæt an mod hinanden.

Overgangsisolans

Både den indvendige overgangsisolans m_i og den udvendige overgangsisolans m_u er sammensat af et strålingsbidrag og et konvektionsbidrag.

$$\frac{1}{m_i} = \frac{1}{m_{ik}} + \frac{1}{m_{is}} \quad (2)$$

og

$$\frac{1}{m_u} = \frac{1}{m_{uk}} + \frac{1}{m_{us}} \quad (3)$$

Den reciprokke værdi af overgangsisolans m betegnes overgangstallet α , dvs.

$$\frac{1}{m} = \alpha \quad (4)$$

I [5] er angivet udtryk for α_{ik} , α_{is} , α_{uk} og α_{us} som funktion af temperatur- og vindforhold. Ved de videre beregninger vil følgende værdier blive benyttet:

Indvendig overfladetemperatur	= 15 °C
Udvendig overfladetemperatur	= 5 °C
Indendørs overfladetemperatur (vægge, loft, gulv)	= 20 °C
Rumtemperatur	= 20 °C
Udetemperatur	= 0 °C
Himmelstrålingstemperatur	= -10 °C
Lufthastighed (udendørs)	= 5 m/s

Herefter fås iflg. [5]:

$$\alpha_{ik} = 2,5 W/m^2 \cdot ^\circ C$$

$$\alpha_{is} = 5,3 W/m^2 \cdot ^\circ C$$

$$\alpha_{uk} = 25 W/m^2 \cdot ^\circ C$$

$$\alpha_{us} = 4,3 W/m^2 \cdot ^\circ C$$

Isolans m_l af en luftspalte mellem to lag glas er i [5] angivet som en funktion af luftspaltens bredde. Der forudsættes en temperaturdifferens på 20 °C og en middeltemperatur på 0 °C.

k-værdien for et vindue med to lag glas kan herefter beregnes. Ved en glasafstand på 10 mm fås en isolans af luftmellemrummet på:

$$m_l = 0,15 m^2 \cdot ^\circ C/W$$

Vinduet k-værdi kan da beregnes efter formel (1) som

$$\frac{1}{k} = m_i + m_u + m_l$$

idet (2), (3) og (4) benyttes, fås

$$\frac{1}{k} = (\alpha_{ik} + \alpha_{is})^{-1} + (\alpha_{uk} + \alpha_{us})^{-1} + m_l$$

$$= (2,5 + 5,3)^{-1} + (25 + 4,3)^{-1} + 0,15$$

$$\frac{1}{k} = 0,128 + 0,034 + 0,15 m^2 \cdot ^\circ C/W$$

eller $k = 3,2 W/m^2 \cdot ^\circ C$

Denne værdi kan benyttes som udgangspunkt for vurdering af skodders isolerende effekt, når de anvendes i forbindelse med vinduer med to lag glas. Tilsvarende beregninger viser, at der for vinduer med ét lag glas kan anvendes en k-værdi på 7,0 $W/m^2 \cdot ^\circ C$.

De her fundne værdier for indvendige og udvendige overgangstal vil herefter blive benyttet ved udregning af k-værdien for sammensatte konstruktioner.

Isolans af materialelag

Isolansen af det enkelte materialelag fås af

$$m = \frac{e}{\lambda}$$

hvor

m = isolans for det givne materiale ($m^2 \cdot ^\circ C/W$)

e = materialetykkelse (m)

λ = praktisk varmeledningstal for materialet ($W/m \cdot ^\circ C$)

Udregnede k-værdier

En skodde med nedenstående materialelag placeret ud- eller indvendigt i forhold til vinduet

Materialelagene er:

10 mm hård træfiberplade	$\lambda = 0,13 W/m \cdot ^\circ C$
50 mm mineraluld	$\lambda = 0,038 W/m \cdot ^\circ C$
10 mm hård træfiberplade	$\lambda = 0,13 W/m \cdot ^\circ C$
20 mm luftmellemrum	$m_l = 0,17 m^2 \cdot ^\circ C/W$
4 mm glas	
10 mm luftmellemrum	$m_l = 0,15 m^2 \cdot ^\circ C/W$
4 mm glas	

Det bemærkes, at der kan ses bort fra glaslagenes isolans, idet $\lambda_{glas} = 0,8 W/m \cdot ^\circ C$ og isolansen af 4 mm glas bliver dermed $0,005 m^2 \cdot ^\circ C/W$ eller svarende til 1 mm hård træfiberplade eller 0,2 mm mineraluld.

Idet formel (1) benyttes, fås

$$\frac{1}{k} = m_i + m_u + \Sigma m_d + \Sigma m_l$$

$$\frac{1}{k} = \left[0,128 + 0,034 + \left(\frac{0,01}{0,13} + \frac{0,05}{0,038} + \frac{0,01}{0,13} \right) + (0,17 + 0,15) \right] m^2 \cdot ^\circ C/W$$

$$\frac{1}{k} = 0,16 + 1,47 + 0,32 m^2 \cdot ^\circ C/W$$

$$\frac{1}{k} = 1,95 m^2 \cdot ^\circ C/W$$

$$k = 0,51 W/m^2 \cdot ^\circ C$$

Hvis den eksisterende vindueskonstruktion kun var forsynet med 1 lag glas, ville et led på $m_l = 0,15$ bortfalde, således at

$$\frac{1}{k} = 1,95 - 0,15 m^2 \cdot ^\circ C/W$$

$$k = 0,56 W/m^2 \cdot ^\circ C.$$

Tilsvarende beregninger for andre isoleringstykkelser giver de i tabel A viste værdier.

Tabel A

k-værdier $W/m^2 \cdot ^\circ C$	1 lag glas	2 lag glas
uden skodder	7,0	3,2
skodder med 10 mm mineraluld	1,3	1,1
skodder med 20 mm mineraluld	1,0	0,86
skodder med 50 mm mineraluld	0,56	0,51
skodder med 100 mm mineraluld	0,32	0,31

Beregnete k-værdier for vindue + isoleringsskodde.

Isolering af et glasmellemrum med granuleret mobilisolering
Der regnes med anvendelse af polystyrenkugler. Materialelagene er

glas
polystyrenkugler, $\lambda = 0,05 W/m \cdot ^\circ C$, jfr. [3]

Ved anvendelse af (1) fås

$$\frac{1}{k} = m_i + m_u + m_d$$

$$= 0,128 + 0,034 + \frac{e}{0,05} \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$$

hvor e = glasafstanden.

For forskellige værdier af e fås de i tabel B viste værdier.

Tabel B

Isolering	Glasafstand mm	k-værdi $\text{W/m}^2 \cdot \text{°C}$
Ingen	30	3,0
Ingen	50	3,0
Ingen	100	3,0
Polystyrenkugler	30	1,3
Polystyrenkugler	50	0,86
Polystyrenkugler	100	0,46

k-værdi for vindueskonstruktion isoleret med polystyrenkugler imellem to glaslag.

Det bemærkes at isolansen af et 30–100 mm luftlag iflg. [5] er $m_l = 0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$, heraf forskellen mellem k-værdien for en dobbeltrude med 10 mm luft, tabel A, og de i tabel B angivne værdier.

I en laboratorieopstilling [3] er i øvrigt målt $k = 0,50 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$ for en konstruktion med 100 mm polystyrenkugler. Da beregningen for det tilsvarende eksempel giver en k-værdi på 0,46, ses der at være en rimelig god overensstemmelse mellem beregninger og målinger.

En transparent skodde med forskelligt antal glaslag

Skodden er opbygget af et antal glaslag med lige store afstande. Vinduet har et lag glas. Afstanden mellem glaslaget i vinduet og det nærmeste glaslag i skodden regnes at være 40 mm.

For forskellige glaslag og glasafstande fås de i tabel C viste k-værdier. Beregningerne er udført ved anvendelse af udtrykket (1). Isolansen af et 40 mm luftlag er iflg. [5] $m_l = 0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$ og $m_i + m_u = 0,162 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$.

Tabel C

Antal glaslag i skodden	Glasafstand i skodde mm	k-værdi $\text{W/m}^2 \cdot \text{°C}$
1		3,0
2	15	2,0
3	15	1,5
4	15	1,2
5	15	1,0
6	15	0,9
2	10	2,1
3	10	1,6
5	10	1,1
2	5	2,2
3	5	1,8
5	5	1,3

k-værdier for en transparent skodde i forskellige udførelser anbragt foran et vindue med et lag glas.

De skoddeudførelser, der er anvendt ved demonstrationsprojektet, der omtales i det følgende, afviger fra tabellen ved glasafstande samt ved at visse glasmellemrum er gasfyldte.

Demonstrationsprojekt

Demonstrationsprojektet har omfattet opsætning af fire forskellige skoddetyper i en lejlighed på 1. sal i en ejendom beliggende Borups Allé 176 i København.

Ejendommen ejes af Københavns kommune, og den er tegnet af arkitekt M.A.A. F. C. Harboe i 1930.

Bygningen er opført i røde teglsten og har tegtag. Vinduerne er af træ. De vinduer, der er blevet forsynede med skodder, er to-rammede med midterpost, og hovedrammerne er sidehængte udadgående. Vinduerne har 1 lag glas.

Den lejlighed, demonstrationsprojektet er blevet gennemført i, er beliggende på et hjørne mellem to stærkt befærdede gader. Det har derfor været muligt også at konstatere den støjdæmpende virkning ved anvendelse af skodderne.

Ændring af en bygning ved opsætning af skodder kræver en byggetilladelse. For det her omtalte demonstrationsprojekt blev byggetilladelsen udformet med en tidsbegrænsning til 1. juli 1983. Inden dette tidspunkt skal skodderne fjernes, og vinduerne og facaden skal retableres for ansøgerens regning.

Oversigt over de anvendte skoddetyper (detailler side 10–11):

- A1 Opbygning: 1 lag glas; 3 lag acryl; 1 lag glas.
Sandblæst mønster på yderste rude $90 \times 90 \text{ mm}$.
- A2 Opbygning: Som A1.
Sandblæst mønster på yderste rude $75 \times 75 \text{ mm}$.
- B Opbygning: 1 lag glas; 3-lags forseglede isolationsrude.
- C Opbygning: Gasfyldt, forseglede 3-lags isolationsrude.
- D Opbygning: Gasfyldt, forseglede 2-lags isolationsrude; gasfyldt, forseglede 3-lags isolationsrude.

Generelle bemærkninger om skoddernes konstruktion

Arbejdet med projektering og fremstilling af skodderne har været baseret på anvendelse af profiler, tætningslister, greb og beslag, der allerede fandtes på markedet.

Ved fremstillingen af endelige værkstedstegninger er udnyttet de erfaringer den i projektet deltagende producent har erhvervet ved produktion af vindues- og facadekomponenter.

For at lette fastgørelse og manøvrering er det af betydning, at skodderne ikke bliver for tunge. Det har derfor været undersøgt, i hvilken udstrækning der kunne anvendes hule profiler af fx aluminium og plastic.

Det kan især give en vægtreduktion, hvis der kan bruges et andet materiale end glas til ruderne. Vægten af en acrylrude er således kun det halve af vægten af en glasrude i samme størrelse. Det er dog svært at komme uden om glasruder, dels fordi de er relativt billige, dels fordi de er modstandsdygtige overfor ridser og samtidig lette at holde rene.

Ruder af plastic (fx acryl, lexan) ridser forholdsvis let ved rengøring, de kan tiltrække støvpartikler pga statisk elektricitet, og visse typer er på én gang meget vanskelige at slå itu (vandalsikre), men nedbrydes nemt ved brand.

De yderste ruder i alle de anvendte skodder er af glas. I skoddetype A er de tre mellemste transparenter af acryl.

Det har været tilstræbt, at skoddernes rammeprofiler så vidt muligt svarer til rammeprofilerne i vinduerne både hvad angår udvendige rammemål og rammelysningsmål. Herved undgås en formindskelse af redningsåbningen i vinduet, samtidig med at vinduernes udseende og udsynsmuligheder ændres mindst muligt.

Skodderne er konstrueret for fastgørelse til trævinduerne. I ældre murede bygninger, hvor vinduerne ofte er trukket 1/4 sten tilbage i murfalsen, vil en fastgørelse af skodder i murværket kunne blive så nær kanten af murfalsen, at der er fare for sprængning af mursten.

Ved fastgørelse på trævinduer kan det især ved ældre vinduer med gammeldags beslag være nødvendigt at lave udskæringer i skoddekarmene, hvor disse skal passere de gamle vinduesbeslag.

Manøvrering af skodderne og polering af deres ruder er næppe løst tilfredsstillende i demonstrationsprojektet. For at åbne eller lukke skodderne kræves en række manøvrer med såvel vinduesrammer som skodder, og ved polering af ruder må mindst fire overflader behandles. Et udviklingsarbejde vil også være nødvendigt for at finde frem til bedre egnede åbne-, lukke- og sammenkoblingsbeslag.

Generel beskrivelse af skoddernes konstruktion

Karmkonstruktionen, der bærer skodderne, er udført som et sortmalet vinkelprofil af aluminium. Denne karm er fastgjort til trævinduernes karm med skruer.

Overkarmstykket i aluminiumskarmen er på undersiden forsynet med en dryprille. Skoddehængslerne er nittet til ydersiden af aluminiumskarmen.

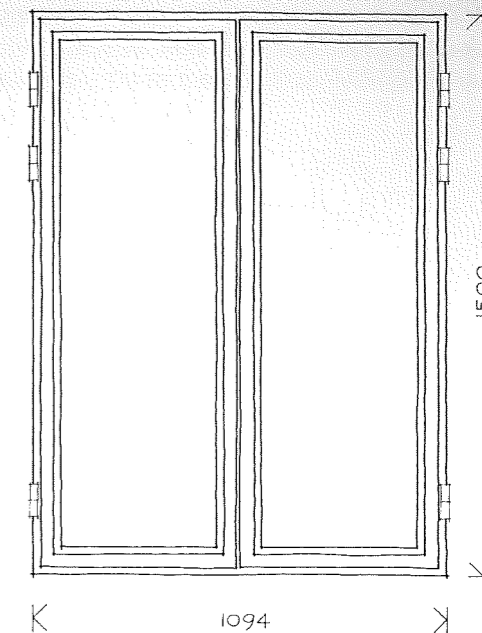
Fugen mellem aluminiumskarmen og murværket er tætnet med en sort fugemasse.

Skodderammerne er udført af vacuumimpregneret træ. Over- og underramstykker er på ydersiden profileret med opkant og dryprille som stop for regnvand. Skodderammerne er hele vejen rundt profileret med en anslagsfals for tætningslisten, således at denne ikke bliver vredet ud af sit spor ved lukning af skodden.

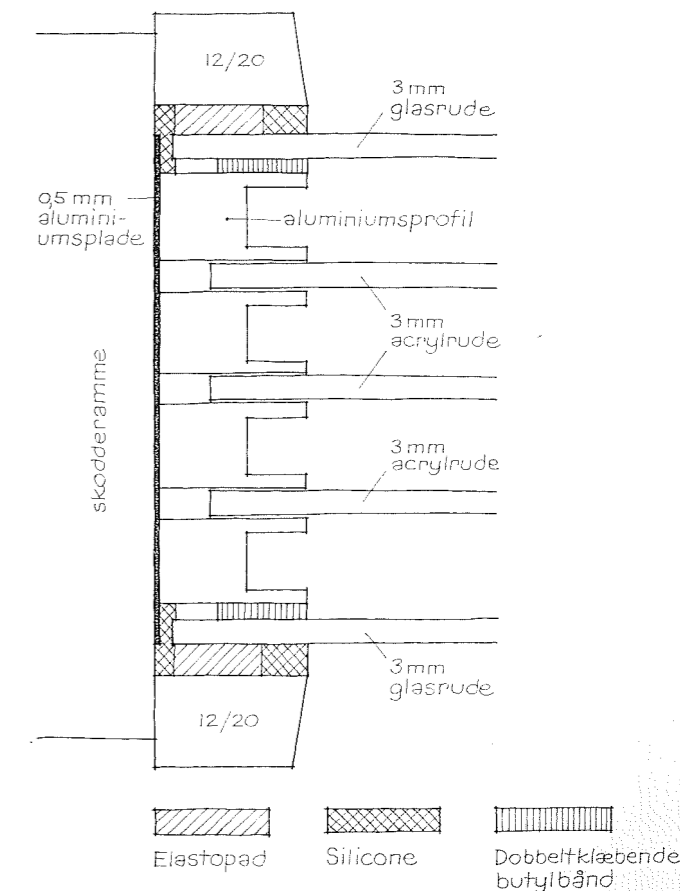
Tætningslisterne mellem ramme og karm er hule gummi-profiler, fastholdt af en fane, der presses ned i en not i rammen. Tætningslisterne ligger i samme plan hele rammen rundt.

Ved de luftmellemrum i skodderne, som ikke er lufttæt forseglede, må fugttransport gennem rammetræet forhindres. Ellers er der risiko for dugdannelse og eventuelt misfarvning på de rudeoverflader, der vender mod de ikke-foseglede luftmellemrum. Fugttransporten standses ved, at der i »glasfalsen« indlægges en dampspærre i form af en 0,5 mm aluminiumsplade, samt ved at forsegle ved glaslisterne med fugebånd og siliconefugemasse.

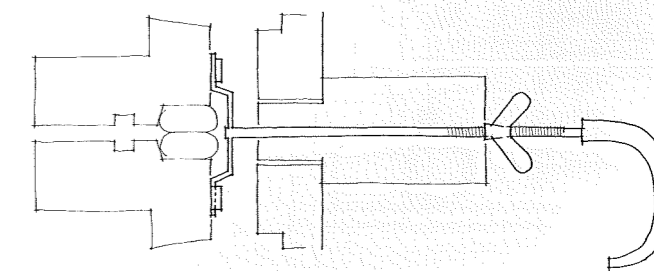
Lukning og tilspænding af skodder sker ved hjælp af et kupégreb monteret på en gevindskåren stang med vingemøtrik for fastspænding. Denne stang er ført igennem vinduets lodpost. Betjening af skodderne er beskrevet side 12.



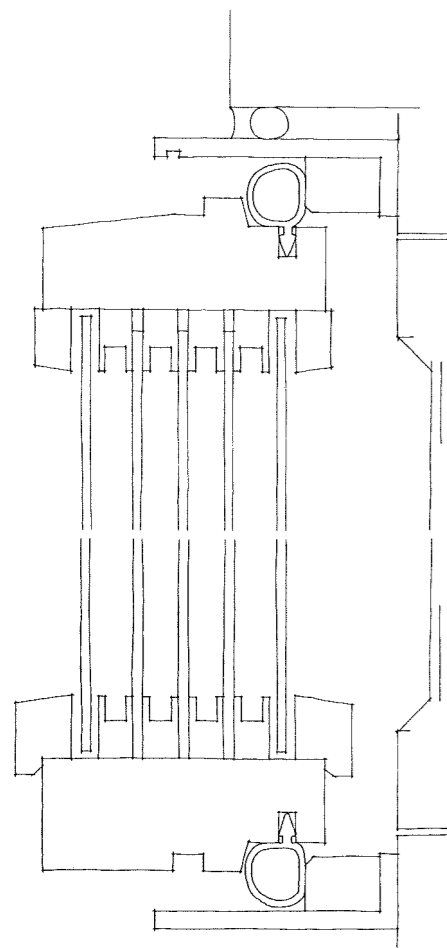
Figur 4. Opstalt af skodde i mål 1:20.



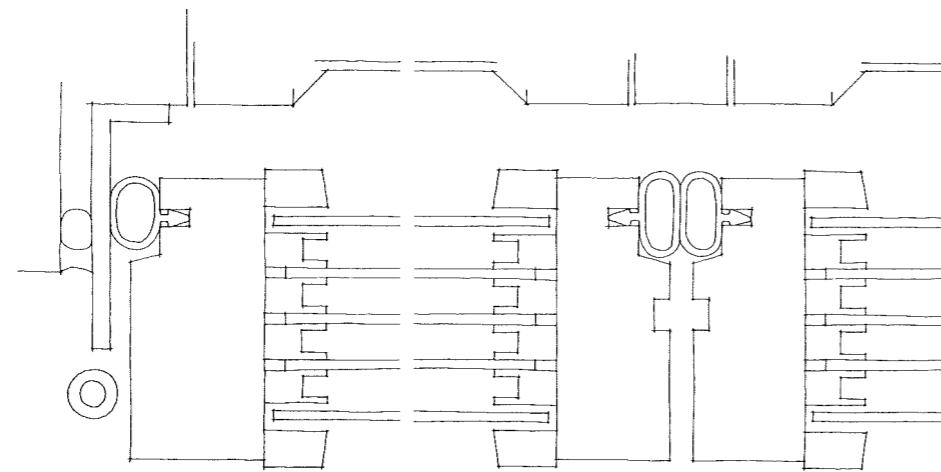
Figur 5. Forsegling af »glasfalsen« ved skoddetype A.



Figur 6. Lukkebeslag med kupégreb.



Figur 7. Lodret snit i mål 1:2,5.



Figur 8. Vandret snit i mål 1:2,5.

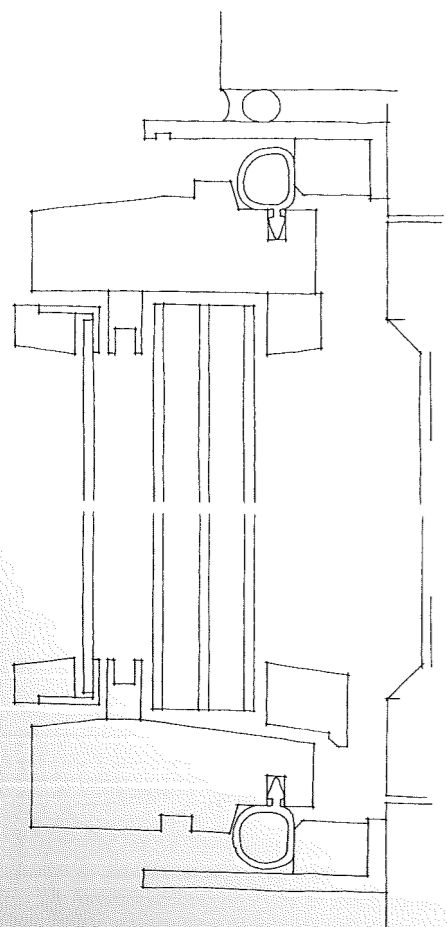
Skoddedetaller

Skoddetype A₁ og A₂

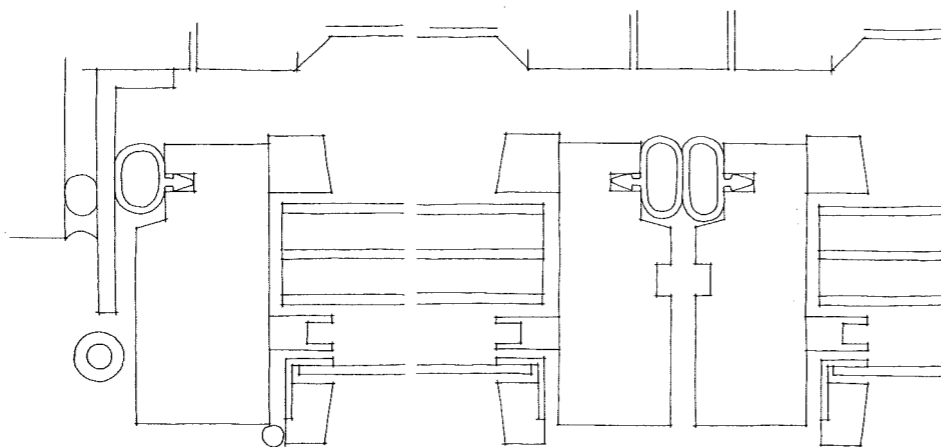
Den yderste og den inderste rude er af 3 mm glas, medens de tre mellemste er af 3 mm acryl. De to glaslag beskytter acryllagene mod at blive ridsede. Vægten af de tre acryllag er ca. 7 kg mindre end vægten af tre tilsvarende glaslag.

I »glasfalsen« er der indlagt en dampspærre i form af en 0,5 mm aluminiumsplade for at hindre kondensation, der kunne give anledning til misfarvning af ruderne.

Det yderste lag glas er sandblæst i et kvadreret mønster på enten 90 × 90 mm eller 75 × 75 mm, med 5 mm brede striber. Hensigten er at kompensere for, at skodderne ikke har en underdeling ud for vinduets tværpost.



Figur 9. Lodret snit i mål 1:2,5.

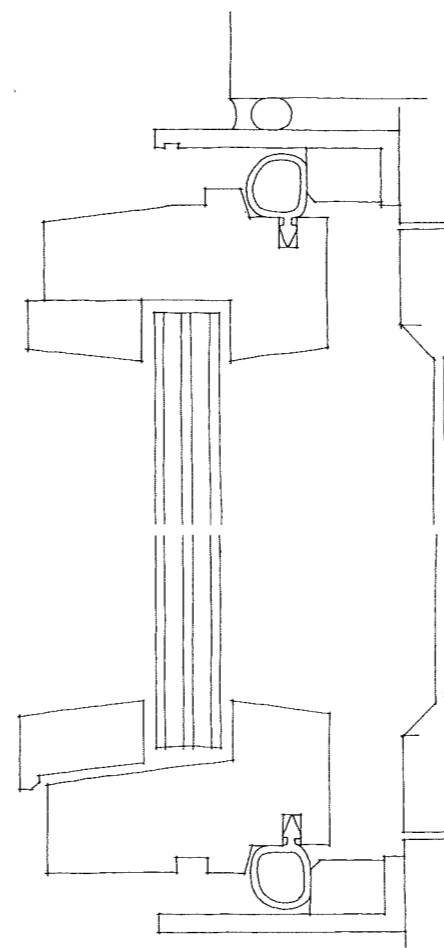


Figur 10. Vandret snit i mål 1:2,5.

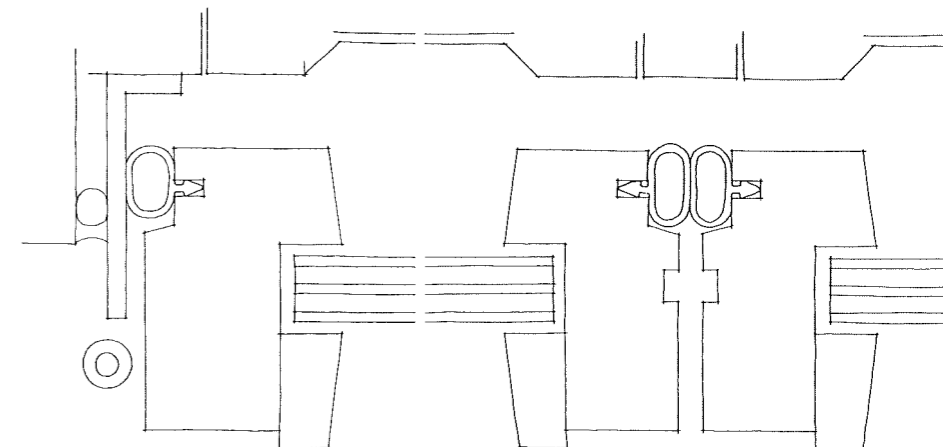
Skoddetype B

Skodden har yderst et 3 mm glaslag i en spinkel metalramme. Inderst en 3-lags forsegleet isoleringsrude med 3 mm glas.

Tilsvarende som ved skoddetyperne A₁ og A₂ er der i »glasfalsen« indlagt en dampspærre i form af en 0,5 mm aluminiumsplade. Formålet er at forhindre misfarvning af inder siden af det yderste glaslag, som sandsynligvis sjældent vil blive poleret, selv om den spinkle metalramme med noget besvær kan åbnes.



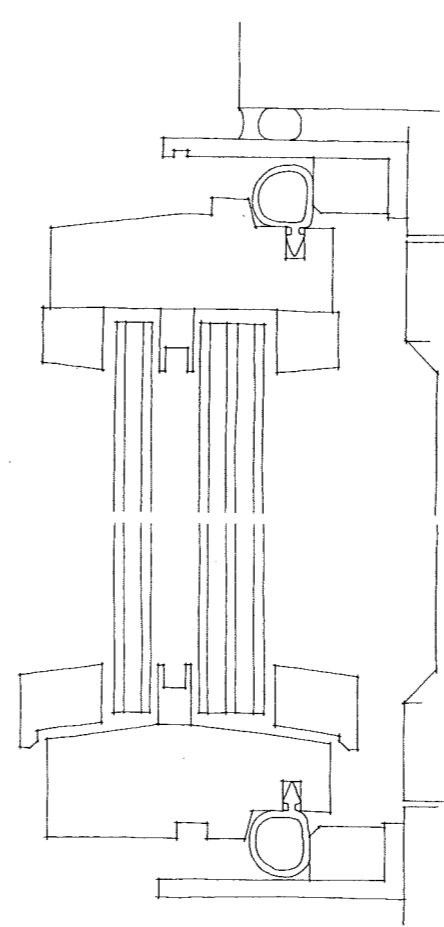
Figur 11. Lodret snit i mål 1:2,5.



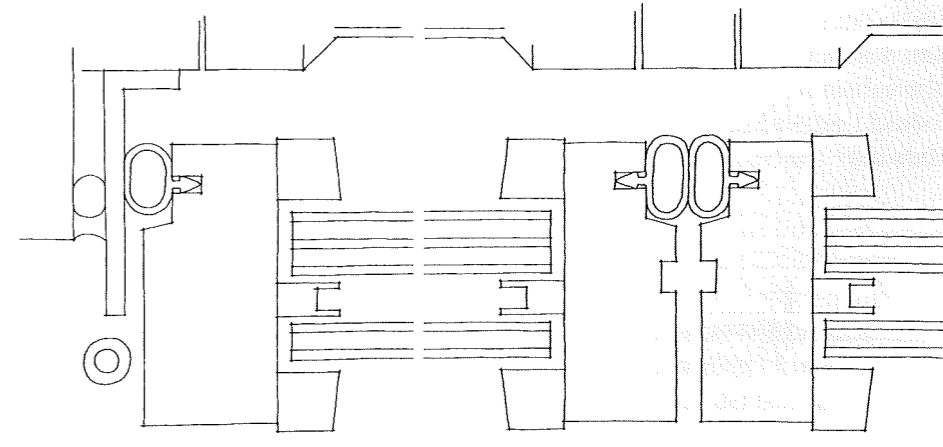
Figur 12. Vandret snit i mål 1:2,5.

Skoddetype C

Skodden er forsynet med en 3-lags forsegleet isoleringsrude med 3 mm glas. De to 6 mm luftmelle rum er gasfyldte.



Figur 13. Lodret snit i mål 1:2,5.



Figur 14. Vandret snit i mål 1:2,5.

Skoddetype D

Skodden er forsynet med en 2-lags forsegleet isoleringsrude udvendigt og en 3-lags forsegleet isoleringsrude indvendigt. Luftmelle rummene i de forseglede ruder er gasfyldte.

Tilsvarende som ved skoddetyperne A₁ og A₂ er der i »glasfalsen« mellem de to isoleringsruder indlagt en dampspærre i form af en 0,5 mm aluminiumsplade.

Skoddernes betjening

Lukning af skodderne er vist i de følgende fem skitser:

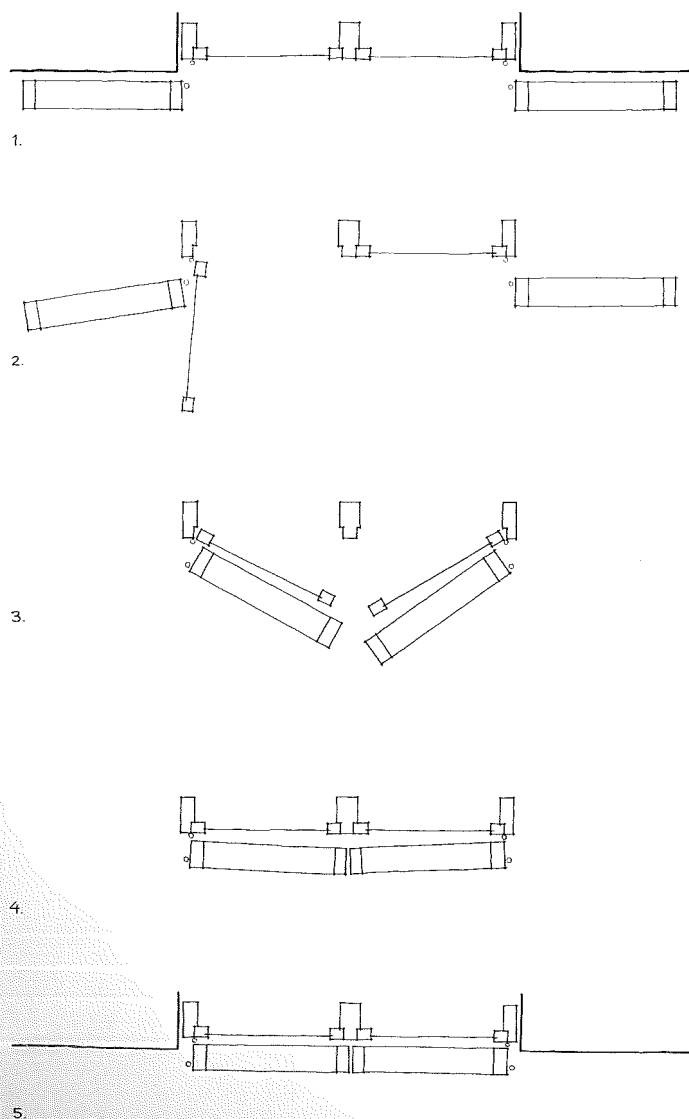
Trin 1: Skodderne er fastholdt i åben stilling.

Trin 2: Den ene vinduesramme er åbnet godt 90°. Ved at række armen under den åbnede vinduesramme er det muligt at frigøre den ene skodde fra beslaget, der fastholder den i åben stilling mod ydervæggen. Samme operation gennemføres for den anden skodde.

Trin 3: Begge vinduesrammer og skodder er lukket delvis i. På dette tidspunkt kobles vinduesrammerne til de respektive skodder med et glidebeslag. Vinduesrammer og skodder lukkes derefter yderligere under ét, idet glidebeslaget kompenserer for at vinduesrammernes og skoddernes omdrejningspunkter ikke er sammenfaldende.

Trin 4: Når vinduesrammerne og skodderne er trukket næsten helt i, kan flangerne på den gevindskårne stang (se figur 6, side 9) ved hjælp af kupégrebet trække skoddehalvdelen helt i.

Trin 5: Med vingemøtrikken på den gevindskårne stang fikseres skodderne i lukket stilling.



Figur 15. Lukning af skodderne.

Lydtekniske målinger

Det er målt, i hvilken udstrækning de i demonstrationsprojektet anvendte skodder kan reducere støjniveauet i lejligheden.

I gadekrydset Borups Allé/Hillerødgade er trafikintensiteten usædvanlig stor, og støjniveauet er af Københavns kommunes Miljøkontrol angivet til at være $L_{Aeq(24)} = 73$ dB.

For et nybyggeri med en beliggenhed som for demonstrationsprojektet ville der af bygningsmyndighederne blive stillet krav om, at det indendørs støjniveau $L_{Aeq(24)}$ ikke måtte overstige 30 dB.

Målingerne viste, at det indendørs støjniveau kunne reduceres fra 43 dB til 36 dB, når skodderne blev lukket for vinduerne. Det kan således konstateres, at skodderne har en væsentlig lydisolerende effekt, men at det dog ikke er muligt at nå ned på et støjniveau i lejligheden, som krævet for nybyggeri.

Det kan nævnes, at skoddernes lydisoleringsevne R'_w blev målt til værdier imellem 27 dB og 32 dB. Hvis det ovennævnte krav om et indendørs støjniveau på 30 dB skulle være opfyldt, kan det beregnes, at R'_w skulle have været ≥ 45 dB.

Beregningsmæssigt er forskellen imellem den lydteknisk bedste og dårligste skodde 4-5 dB, når der ses bort fra tilslutningerne (tætningslisterne). Målingerne viste en mindre forskel, hvilket indikerer, at tilslutningerne ikke er tilfredsstillende.

Brugernes vurdering

Efter at skodderne havde været anvendt i ca. 3/4 år af beboerne – en yngre familie med børn – blev der foretaget et interview.

Beboerne er meget energibevidste og har opsat el-radiatorer med termostat og natsenkning, inden skodderne blev opsat.

Det eksisterende centralvarmeanlæg bruges ikke, og der er opnået en årlig besparelse på 1.800 kr. ved overgang til el-opvarmningen.

Beboerne oplyser (nov. 1981), at der efter at skodderne er opsat, ikke er behov for opvarmning om aftenen efter kl. ca. 21.00, idet fjernsyn og lamper afgiver tilstrækkelig varme til at holde en stuetemperatur på 20 °C.

Støj fra Borups Allé/Hillerødgade har været en stor gene. Efter at skodderne er opsat, er beboerne ikke tvunget til at bruge radioen til at overdøve trafikstøjen. Derfor er skodderne lukket for både sommer og vinter.

På en række direkte spørgsmål svarede beboerne, at det havde været en god idé at opsætte skodderne, først og fremmest fordi støjproblemer var blevet løst. Flere andre beboere havde i øvrigt henvendt sig med forespørgsel om at få skodder opsat, også mest for at få støjproblemet løst.

Beboerne i lejligheden følte, at der var blevet lidt mørkere pga skodderne, og at det især føltes, som om der kom mindre lys ind af de skodder, hvor der er anvendt acryl.

Beboerne følte det som en forbedring af indeklimaet, at »kuldene-fald« fra vinduer var væk.

Til gengæld var der naturligvis flere lag glas at pudse. De forskellige typer var i denne henseende stort set lige vanskelige at have med at gøre, og ældre mennesker ville sikkert have svært ved at klare pudsningen.

Med hensyn til brug og betjening oplyste beboerne, at brugen af skodderne var for kompliceret og måtte kunne forenkles. Især var lukning af både vinduesrammer og skodder de sidste 15-20 cm for vanskelig.

Kun en enkelt skodde og vinduesramme åbnes om aftenen for udluftning. Til sammenligning åbnes køkkenvinduet (mod gården), der ikke har skodder, flere gange om dagen.

Beboerne havde ikke observeret misfarvninger eller egentlig dugdannelse på rammer eller glas. På skoddetyperne A og B havde der et par gange været et »lidt mat« område midt på ruderne, men det forsvandt igen. Vinduesrammer, der tidligere havde været fugtige, var i øvrigt blevet tørre og malingen på dem skallede ikke længere.

Afsluttende gav beboerne udtryk for, at de gerne ville beholde skodderne og fandt det mærkeligt, at de skulle fjernes efter forsøget.

Beregning af energibesparelse

Det har ikke været muligt at foretage måling af varmebesparelsen efter montering af skodderne. I stedet opstilles derfor et beregningsmæssigt skøn over besparelserne ved anvendelse af skoddetype A (med fem lag glas/acryl). Til sammenligning beregnes besparelsen ved anvendelse af en ikke-transparent skodde udført med 50 mm mineraluld.

Beregningsmetode

Det årlige varmeforbrug for en bolig kan udtrykkes som

$\text{Varmeforbrug} = \text{varmetab} - \text{gratisvarme}$.

Varmetabet kan udtrykkes som

$$Q = Gh \cdot V$$

hvor

Q = varmetab (kWh/år)

Gh = gradtimetallet (°C · h)

V = varmetabskoefficienten, dvs. den varmeeffekt, som kan holde boligen 1 °C varmere end omgivelserne (W/°C).

Hvis boligen merisoleres, formindskes varmetabskoefficienten, og samtidig falder gradtimetallet, idet gratisvarmen kan dække varmetabet ved en lavere udetemperatur.

Lejligheden i demonstrationsprojektet har en varmetabskoefficient på ca. 200 W/°C. Regnes gratisvarmen til 1000 W, kan den dække varmetabet ved en udetemperatur på 15 °C, forudsat at der regnes med 20 °C rumtemperatur. Gradtimetallet svarende til 15 °C er 67014, og lejlighedens årsvarmeforbrug bliver i dette tilfælde $67014 \cdot 200 : 1000 = 13400$ kWh.

Merisoleres lejligheden nu så meget, at varmetabskoefficienten falder til 130 W/°C, kan gratisvarmen dække varmetabet ned til 12,6 °C ($1000 : 130 = 7,4$; $20 - 7,4 = 12,6$). Gradtimetallet ved 12,6 °C er 51600, og årsvarmeforbruget bliver $51600 \cdot 130 : 1000 = 6700$ kWh.

Den foretagne merisolering, som svarer til opsætning af isolerende skodder som type A foran ét lag glas, har altså nedsat varmeforbruget fra 13400 til 6700 kWh. Der er sparet 6700 kWh.

Beregningerne for lejligheden viser, at en merisolering svarende til 1 W/°C vil give en besparelse på $6700 : (200 - 130) = 96$ kWh. En nærmere redegørelse for sammenhængen imellem varmetabskoefficienten og besparelser ved merisolering er angivet i [6]. Ved de videre beregninger sættes i henhold hertil besparelsen til 100 kWh for en ændring i varmetabskoefficienten på 1 W/°C.

Energibesparelse pr. m² skodde

Ved opsætning af 1 m² skodde ændres lejlighedens varmetabskoefficient med 100 gange forskellen i k-værdi for vinduet med og uden skodde (Δk). Ifølge det foregående fås således:

$$\text{besparelse} = 100 \cdot \Delta k \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{år}$$

For skoddetype A, opsat på vindue med 1 lag glas, fås:
 1 lag glas: $k = 7,0 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$
 med skodde: $k = 1,0$
 forskel: $\Delta k = 6,0$
 besparelse: $100 \cdot 6,0 = 600 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{år}$.

For skoddetype A, opsat på vindue med 2 lag glas, fås:
 2 lag glas: $k = 3,15$
 med skodde: $k = 0,9$
 $\Delta k = 2,25$
 besparelse: $100 \cdot 2,25 = 225 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{år}$.

Til sammenligning fås for en ikke-transparent skodde med 50 mm mineraluld, opsat på vindue med 1 lag glas:
 1 lag glas: $k = 7,0 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$
 med skodde: $k = 0,56$
 forskel: $\Delta k = 6,44$
 besparelse: $100 \cdot 6,44 \cdot 0,64^*) = 412 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{år}$.

For den ikke-transparente skodde, opsat på vindue med 2 lag glas, fås:
 2 lag glas: $k = 3,15 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$
 med skodde: $k = 0,51$
 forskel: $\Delta k = 2,64$
 besparelse: $100 \cdot 2,64 \cdot 0,64^*) = 169 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{år}$.

Resultaterne for de 2 skoddetyper er vist i tabel D.

Tabel D

Skoddetype	Skodde anbragt foran vindue med	
	1 lag glas	2 lag glas
Type A		
5 lag glas/acryl	600 (75)	225 (28)
Ikke-transparent		
50 mm mineraluld	412*) (52)	169*) (21)

Besparelse i $\text{kWh/m}^2 \cdot \text{år}$. I parentes er angivet besparelse i liter olie/ $\text{m}^2 \cdot \text{år}$ (let fuelolie; udnyttelse af energi 80 pct.).

*) Det er ved beregningerne forudsat, at ikke-transparente skodder i modsætning til transparente skodder som regel åbnes i dagtimerne. En beregning har vist, at 64 pct. af gradtimetallet falder i de perioder, hvor skodderne er lukkede. Der er heri taget hensyn til, at udetemperaturen er lavere i natte-timerne end om dagen. Uden hensyntagen til denne forskel ville kun 57 pct. af gradtimerne falde i de perioder, hvor skodderne er lukkede.

Sammenfatning

Den praktiske afprøvning af forskellige skoddearrangementer har vist, at der endnu mangler et betydeligt udviklingsarbejde, inden gennemskinnelige (og i øvrigt også andre) skoddetyper bliver generelt anvendelige til ældre etageejendomme. De i dette projekt udviklede skodder var i størst muligt omfang opbygget af standardvarer, og skoddernes betjening var ikke enkel nok. En produktudvikling på dette punkt lå imidlertid uden for dette projekts økonomiske rammer.

Det må konkluderes, at der er et betydeligt behov for en udvikling af hængsler, rammer og greb. Det må også forventes, at det fx med udviklingen inden for coated glas bliver muligt at nå ned på k-værdier, betydeligt lavere end det har været muligt at opnå i dette projekt.

Fastgørelsen af skoddekarm til vindueskarm eller mur har vist sig at byde på problemer, hvis der tilstræbes generelt anvendelige løsninger. I det her gennemførte projekt er omdrejningspunktet for skodder og vinduesrammer ikke sammenfaldende, hvilket har medført specielle krav til åbne- og lukkegreb. En ideel løsning blev ikke opnået. Endelig skal det fremhæves, at poleringsproblemet altid vil være til stede ved gennemskinnelige skodder, og at der derfor bør udvikles beslagtyper, som letter dette arbejde.

Projektet har vist, at det er muligt at indpasse skodder i ældre bygninger. Den her valgte gennemskinnelige skoddetype bidrager til, at et arkitektonisk antageligt resultat lettere opnås end ved almindelige skodder.

De fem skoddetyper har kostet 12.000 kr. pr. vindue i gennemsnit. Det skønnes dog, at de ved en industriel produktion kan udføres og monteres for ca. 3000 kr. pr. vindue.

I forsøgslejligheden med et areal på 80 m² og et vinduesareal på 11,5 m² er det årlige varmetab gennem vinduerne beregnet til 13400 kWh. Ved montering fx af skoddetyperne med fem lag ruder reduceres dette varmetab med 6700 kWh.

Litteratur

- [1] 6 lavenergihuse i Hjortekær. Laboratoriet for Varmeisolering, DTH. Meddelelse nr. 83, maj 1979.
- [2] DTH-0-energihus. Danmarks tekniske Højskole. Arkitektur 1976, side 30.
- [3] Undersøgelse vedrørende Højisolerede vindueskonstruktioner med mobil natisolering. T. Vest Hansen. Meddelelse nr. 45, januar 1977. Laboratoriet for Varmeisolering, DTH.
- [4] DS 418, 4. udgave 1977. Dansk Ingeniørforenings regler for beregning af bygningers varmetab.
- [5] Vinduer og Energi. Lars Ravn Jensen. Meddelelse nr. 55, april 1977. Laboratoriet for Varmeisolering, DTH.
- [6] Varmebesparelse ved merisolering. Nils Erik Andersen, Statens Byggeforskningsinstitut. Artikel i Byggeindustrien 11-77.
- [7] Beregning af varmebesparelser ved merisolering. Bo Andersen. Artikel i Varme, oktober 1974.
- [8] Energibesparelse i etageejendom fra 1940. Niels Henrik Rasmussen. Meddelelse nr. 111, juli 1981. Laboratoriet for Varmeisolering, DTH.
- [9] Värmeisolerande Fönsterlucker. Hilding Brosenius. Rapport R121:1979. Statens Råd för Byggnadsforskning, Stockholm.
- [10] Energibesparing genom fönsterisolering. Leif Gustavsson, Karl-Augo Olsson, Göran Svensson. Rapport 178, 1980. Byggnadsforskningsrådet, Stockholm.
- [11] Thermal Shutters and Shades. William A. Shurcliff, Brick House Publishing Co. Inc., Andover, Massachusetts, 1980.

Summary

Heat-insulating shutters for windows

The report surveys traditional forms of window shutters and goes on to analyse newer designs for heat-insulating shutters and other devices to hinder energy losses through windows.

Special attention is paid to the problems in connection with the addition of shutters to older buildings.

Six design possibilities are described in detail:

- 1) External sidehung shutters
- 2) External horizontally sliding shutters
- 3) Internal vertically sliding shutters
- 4) Internal vertically sliding жалюзи/curtains
- 5) Compressible heat insulation between window panes
- 6) Blown-in, granulated heat insulation between window panes.

Two further design possibilities, so far at the idea stage, are mentioned: Sliding shutters between the panes in new window designs; and multiple external rollerblinds of transparent material.

The report next describes a demonstration project, where windows in a building from 1930 were furnished with transparent shutters which had three to five layers of glass and plastic. Some sealed window panes were gasfilled.

Advantages and difficulties are described. Ironmongery needs to be developed to facilitate operation of the side-hung shutters used.

Calculations clarify the economy in using various shutter types in connection with respectively windows with one layer of glass and windows with two layers of glass, presupposing either electric or district heating of an older 80 m² apartment. The mainly positive opinions of the occupants of the demonstration project are presented through an interview and their answers to a questionnaire.

Udvendige transparente rullegardiner

Denne »skoddelsøsning« måtte opgives, fordi den viste sig at byde på så store tekniske problemer, at disse ikke kunne løses under nærværende projekt.

Løsningen blev skitseret i forbindelse med en påtænkt renovering og ekstraisolering af et ældre stuehus nær udstillingen LAVENERGI 1979, i Skive.

Ideen gik ud på at indbygge et antal transparente rullegardiner i en kasse over vinduerne, indpasset i den varmeisolerende klimaskærm ydervæggene skulle forsynes med.

Baggrunden for den påtænkte udførelse var, at de transparente rullegardiner ikke ville hindre dagslysindfald, og at luftmellemmrummene mellem de enkelte rullegardiner ville kunne yde en god varmeisolation.

Yderligere ville rullegardinerne kun optage lidt plads i oprullet stilling, og såvel rullegardinerne som deres omgivelser påregnedes at kunne udføres af »metervarer«, som kunne tildannes af lokale håndværkere.

Der påregnedes anvendt fem rullegardiner, anbragt således at luftmellemmrummene mellem dem blev 12-15 mm. De fem rullegardiner skulle have en fælles bundskinne, hvorved de kunne betjenes under ét.

Langs siderne skulle gardinerne styres af profiler i plastic eller aluminium. Tætning mellem gardiner og sideprofiler skulle etableres ved børster eller lignende.

Betjening af rullegardinerne var tænkt udført som ved kendte typer af udvendige persienner/rullegardiner, dvs. ved et rullebånd ført igennem ydervæggen.

Den største vanskelighed viste sig at være, at det ikke var muligt at fremskaffe et rullegardin-materiale, som på én gang var tilstrækkeligt transparent og robust, og samtidig så smidigt og stift, at det kunne rulles op som gardin og alligevel ikke ville blafre i blæsevejr.

Renholdelse - og eventuel antistatisk behandling - af transparente rullegardiner er også et problem, der må afklares.

Endelig pegede et rullegardin-firma på de vanskeligheder, der ville kunne opstå, hvis de enkelte rullegardiner i »skoddelsøsningen« begynder at rulle skævt ved oprulning.

Rapporten beskriver en række skoddetyper, med hovedvægten lagt på nyere, varmeisolerende vinduesskodder. Som et demonstrationsprojekt er vinduer i en ældre beboelsejendom blevet forsynede med transparente skodder. Der redegøres for skoddernes konstruktion og betjening, idet der peges på behovet for udvikling af bedre beslagtyper. Energiøkonomien ved forskellige kombinationer af vinduer og skodder eftervises ved beregning. Endelig omtales beboernes erfaringer efter knap et års brug af skodderne. Rapporten henvender sig hovedsagelig til projekterende og producenter, der påtænker et udviklingsarbejde om varmeisolerende vinduesskodder.