



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

R121:1979

Värmeisolerande fönsterluckor

Hilding Brosenius

TEKNISKA HÖGSKOLAN I LITH
SEKTIONEN FÖR VÄG- OCH VATTEN
BIBLIOTEKET

Byggforskningen

R121:1979

VÄRMEISOLERANDE FÖNSTERLUCKOR

Hilding Brosenius

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
770473-6 från Statens råd för byggnadsforskning
till Inst. för byggnadsteknik, KTH, Stockholm.

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

R121:1979

ISBN 91-540-3114-1
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

INNEHÅLL

ALLMÄNNA SYNPUNKTER	5
TEKNISK BESKRIVNING AV FÖNSTERLUCKORNA	14
1. Utrymmesfrågan beträffande luckor i öppnat läge	16
2. Funktionsfrågan: "på nolltid" öppnings- eller stängbara luckor	19
3. Värmeisoleringsfrågan vid fönsterluckor	26
3a. Luckornas egen värmeisolering	26
3b. Luckornas tätning	29
PROVNINGAR AV FÖNSTERLUCKORNA	31
1. Provning av fönsterluckors värmeisolerings- effekt	31
2. Kondensproblem vid invändiga isolerings- luckor	38
FÖNSTERLUCKORS EKONOMI	41

Allmänna synpunkter

Detta delprojekt avser ett sätt att öka isoleringsgraden för fönster, d.v.s. omvänt minska de tidvis mycket avsevärda värmeförlusterna genom fönster. Projektet igångsattes egentligen som ett resultat av den analys av värmebesparande åtgärder, som författaren publicerade i form av en artikel, "Energibesparingsmöjligheter vid småhusuppvärmning", i tidskriften Byggnadsindustrin nr 39 i december 1973. Artikeln skrevs i omedelbar anslutning till den s.k. oljekrisen 1973, och den avsåg att söka belysa vilka anordningar som i förhållande till insatta investeringar vore mest lönsamma ur energibesparingssynpunkt. Redovisningen av olika anordningar uttrycktes därvid i mängden inbesparad olja vid ett oljeeldat genomsnittligt småhus.

Enligt den sålunda presenterade redovisningen var det framförallt genom fyra speciella åtgärder som mera väsentliga besparingar kunde åstadkommas, nämligen genom sänkning av rumstemperaturen, genom minskning av ventilationen, genom bättre fönsterisolering samt genom uppvärmning via flexibelt vattenburet värmesystem i stället för genom enbart elvärme (direkt elvärme).

Däremot påvisades i samma redovisning att ökning av värmeisoleringskiktet för ytterväggar utgjorde en förhållandevis litet lönsam åtgärd (nyligen f.ö. bekräftat av chefen för Bostadsstyrelsen i ett radioanförande om en utredning vid Bostadsstyrelsen).

I enlighet med den åberopade redovisningens resultat har författaren utformat ett antal konstruktiva och i en del fall patentsökta lösningar för de olika åtgärderna. I vad avser den stora värmeförlustkällan fönstren ställs man då inför frågan: Hur ska man på ett ekonomiskt sätt kunna minska fönsterförlusterna?

En sedan länge känd lösning på detta problem är att övergå från den mest använda fönstertypen 2-glasfönster till 3-glasfönster och i extremfall till fönster med 4 glas.

Tyvärr är värmebesparingen genom övergång från 2- till 3-glasfönster ganska begränsad. Den motsvarar en ändring av k-värdet från ca $2,8 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ till ca $2,0 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$. Eftersom fönsterna endast upptar en mindre del av ytterväggsytan motsvarar detta ganska små absoluta värmebesparingar, och detta bör ses mot bakgrunden av att utbyte av 2-glasfönster mot 3-glasfönster i befintliga hus i regel är en ganska dyrbar åtgärd.

Författaren har därför för sin del sökt finna andra konstruktiva lösningar på fönsterisoleringsproblemet. Kort uttryckt har dessa lösningar inneburit anordnande av värmeisolerande fönsterluckor, vars isoleringsförmåga adderar sig till fönstrets. I princip kan därigenom isoleringsförmågan hos ett ordinärt 2-glasfönster utan större svårigheter tre- eller rentav fyrdubblas, vilket bör jämföras med den endast ca 30-procentiga förbättringen genom övergång från 2-glas- till 3-glasfönster.

Nu är öppnings- och stängbara fönsterluckor som isoleringsförbättring av fönster ett föga uppskattat alternativ vid samtliga de myndigheter, som behandlar fönsterisoleringsekonomi. Det anges uttryckligen i olika bestämmelser att energibesparande lösningar med användning av fönsterluckor icke kan erhålla stöd i form av energibesparingsbidrag, och det anges t.o.m. i vissa bestämmelser

att inte heller utveckling av lösningar baserade på fönsterluckor kan erhålla något stöd. Tyvärr måste dessa fakta uppfattas så, att utvecklingen av isoleringsförbättrande fönsterluckor är i högsta grad effektivt spärrad.

Eftersom undertecknad efter långvarigt arbete med lösningar baserade på användningen av fönsterluckor kommit till uppfattningen att 3-glasfönster inte, som synes ha förutsatts, är den enda möjliga realistiska lösningen, skall här först diskuteras vissa jämförelser mellan lösningar med 3-glasfönster och med fönsterluckor.

Isoleringsförbättrande fönsterluckor kan i princip utföras antingen som utvändigt eller invändigt anbragta fönsterluckor.

Utvändigt anbragta luckor har i och för sig åtskilliga principiella fördelar. De kan uppfattas som ett slags fortsättning av den övriga värmeisolerande ytterväggytan, och eftersom det relativt enkelt kan anordnas effektivt tätande anslutning mellan luckor och angränsande väggdelar, vållar anordning av utvändiga fönsterluckor inga egentliga andra invändiga klimatproblem än vanliga ytterväggar. Exempelvis vållar de knappast några nya kondensproblem.

Utvändiga fönsterluckor har också andra fördelar. De kan utföras med betydande tjocklek och därför lätt ges sådan isoleringsförmåga, att de mångdubblar isoleringsförmågan hos ett 2-glasfönster. De är i regel inte heller i vägen vare sig i stängt eller öppet läge.

Konstruktivt är vidare utvändiga luckor lätta att utföra; de kan utföras som vanliga slagluckor upphängda i enkla gångjärn och de kan alltså utföras relativt prisbilliga i förhållande till värmeisoleringseffekten.

Civilingenjör Folke Hagman har i ett till Byggforskningsrådet redovisat arbete (jfr även VVS nr 6-7, 1975) ingående analyserat utvändiga fönsterisoleringsluckor och

med databeräkningar bestämt möjliga energibesparingar under olika förhållanden. Dessa analyser ha visat att energibesparingar genom dylika luckor ofta kan väl täcka och motivera själva luckornas investeringskostnader.

Trots att sålunda utvändiga isoleringsluckor ur många synpunkter kan synas utgöra en förmånlig lösning för förbättrad fönsterisolering finns mot deras användning ett enligt författarens mening helt avgörande hinder: hanteringen vid öppnande och stängande. Normalt måste sådan hantering ske genom hantering av luckorna inifrån. Detta kräver i sin tur dels tillfälligt öppnande av fönstren för att komma åt luckorna och dels en relativt tidsödande stängning eller öppning av luckorna.

Bortsett från att även ett kortvarigt öppnande av fönstren förmodligen skulle spoliера en rätt stor del av den förväntade värmebesparingseffekten, så måste det nog anses praktiskt taget uteslutet att, låt oss säga, en husmor i varje hushåll morgon och kväll underkastar sig besväret att öppna kanske 6-8 fönster i varje småhuslägenhet för att stänga eller öppna tillhörande fönsterluckor. Inte minst vintertid, då luckorna skulle åstadkomma den största effekten, skulle sådan manöver vålla både besvär och olägenheter. Härtill kommer att snöanhopningar, isbildning och hård blåst ofta skulle starkt försvåra öppnande eller stängande av utvändiga luckor och även spoliера deras tätning mot sina respektive anslag. Utvändigt manövrerade fönsterluckor synes av nu antydda skäl vara helt orealistiska.

Det återstår då att anordna inifrån manövrerbara stängnings- eller öppningsbeslag. Det torde väl inte vara omöjligt att åtminstone vid nybyggnader konstruera och installera dylika manöverbeslag till rimliga kostnader, men åtminstone vid det verkligt stora beståndet av byggnader, de befintliga husen, torde utförande och installa-

tion av dylika manöverbeslag ställa sig alltför kostsamma i förhållande till nyttoeffekten.

Författaren har av bl.a. nu nämnda orsaker ansett invändigt anordnade fönsterluckor utgöra enda realistiska möjligheten att enligt luckprincipen förbättra isoleringsförmågan hos fönster. Fig. A 1 - 12 visar några exempel.

Invändiga luckor kräver för sin hantering inget öppnande av fönster, men i stället blir bl.a. utrymmesproblemen ofta besvärligare än vid utvändiga luckor. Dels får luckorna inte vara alltför tjocka för att inte utseendemässigt störa en rumsinteriör, dels och framförallt kan det möta svårigheter att i öppnat läge bereda utrymme i sidled för fönsterluckorna.

Ett ganska stort antal förslag har publicerats för undanförande av invändiga fönsterluckor till öppet läge så att de frigör själva fönsteröppningen. Vid en del sådana förslag nedsänks fönsterluckorna i fönsterbröstningen. Svårigheter möter dock härvidlag att på ett konstruktivt tillräckligt enkelt sätt erhålla höjdutrymme för undanförande av luckorna. Det är vidare uppenbart att denna typ av konstruktionslösning icke lämpar sig för befintliga byggnader, eftersom det erfordrar en omfattande ombyggnad av fönsterbröstningspartiet. Vid vissa andra förslag utföres fönsterluckorna böjliga och undanförs rakt uppåt utefter väggpartiet ovan fönstret samt horisontellt utefter anslutande innertakparti. Luckorna styrs härvid i bågkant av böjda gejdrar. Detta utförande är uppenbarligen både dyrbart och ur utseendesynpunkt störande, men utföringsformen, som lanserats av ett större företag, är intressant ur den synpunkten att man ägnat avsevärt utvecklingsarbete även åt denna utföringsform för att försöka komma fram till en inifrån hanterbar isoleringsförstärkning av fönster.

Ytterligare en rad av olika utföringsformer av invändiga isoleringsluckor skulle kunna omnämnas.

Mot nu nämnda utföringsformer, som alla kräver rätt avsevärd arbets- eller tidsinsats vid öppnande eller stängande, har från vederbörliga myndigheter anförts, att anordningarna för att ge värmebesparingseffekt förutsätter regelbunden manuell åtgärd. Mot sådant har yppats principiella invändningar och metoderna har redan av dessa skäl ansetts orealistiska.

Till ur manövreringssynpunkt samma principiella typ av värmeisoleringsanordningar bör sådana anordningar som gardiner och persienner, som i stängt läge bildar en någorlunda slutna luftspalt mellan anordningen ifråga och närmaste fönsterglas. En sådan luftspalt verkar i och för sig i viss mån värmeisolerande, ehuru med långt mindre effekt än en värmeisoleringslucka. Av särskilt intresse ur föreliggande synpunkt är i detta sammanhang den dubbel-persienn, som lancerats av Johnsonkoncernens industriforskningsinstitut, och enligt vilken persiennen vid stängningsmanöver delar upp luftspalten i ett fönster i tre delspalter. Härigenom ökas spaltens värmeisoleringsförmåga en hel del.

Denna lösning har ansetts så intressant att den för ett par år sedan vid IVA:s årsmöte och tillhörande traditionell presentation av teknikens framsteg av IVAS:s VD presenterades som en särskilt intressant lösning av fönsterisoleringsproblemet. Principiellt är den emellertid av samma art som redan omnämnda fönsterluckor såtillvida, att den förutsätter manuell åtgärd morgon och kväll och detta vid samtliga berörda fönster. Det kan visserligen sägas, att en sådan åtgärd sker ganska snabbt och med begränsat besvär, men för varje enskilt fönster kräver dock åtgärden åtskilliga sekunder och den dubbla persiennen är ändå ingen särskilt billig lösning.

Eftersom lösningen emellertid presenterats vid IVA:s årsmöte som en föredömlig lösning, trots att dess isoleringsförbättringsförmåga är ganska begränsad, så skulle man ändå kunna dra den slutsatsen att manuellt hanterade anordningar, som är ännu snabbare att manövrera än den

nämnda dubbla persiennen och som likväl har betydligt bättre isoleringsförmåga, borde kunna uppfattas som realistiska lösningar av fönsterisoleringsproblemet. Denna synpunkt synes därför böra beaktas vid ett i det följande framfört annorlunda förslag.

Det ovan sagda synes kunna sammanfattas sålunda:

1) Myndigheter av typ Planverket, Bostadsstyrelsen, Energisparkommittén m.fl. anser för närvarande att isoleringsförbättringsanordningar för fönster måste vara fast anordnade för att kunna godkännas av nämnda myndigheter, resp. för att kunna erhålla någon form av ekonomiskt stöd för vidareutveckling. I sak innebär detta påtagligen, att den enda isoleringsförbättringsåtgärd som godkännes i praktiken är 3-glasfönster eller 4-glasfönster. Alla former av isoleringsförbättringar, som kräver manuellt ingripande, kan däremot inte ges vare sig utvecklings- eller annat stöd. (3-glasfönster etc. kan innefatta extra tillsatsrutor m.m.).

2) Ett offentligt organ, nämligen IVA, har däremot som en föredömlig isoleringsåtgärd vid nyligen avhålllet årsmöte presenterat en anordning, den dubbla persiennen, som kräver manuell åtgärd för att inkopplas resp. från-kopplas. Den manuella åtgärden kräver normalt besök vid varje enskilt fönster, eventuellt undanförande av gardiner o.d., för att komma åt manöverorganen för persiennen och slutligen utlösning av resp. manöverorgan. För varje enskilt fönster kräver dessa åtgärder något antal sekunder. Ökningen av fönstrets isoleringsförmåga enligt det av IVA framhållna systemet kan enligt offentliggjorda uppgifter anses motsvara en ändring av k-värdet för ett 2-glasfönster från ca 2,8 till ca 2,0 watt/m²°C eller med ca 30 %.

Det kan sålunda konstateras, att förutnämnda byggnadsmyndigheter och Ingenjörsvetenskapsakademien i denna speciella fråga redovisat olika uppfattningar. Byggnadsmyndigheterna ifråga har ställt sig klart avvisande till varje

isoleringsförbättring vid fönster, som kräver manuell åtgärd, och har därmed inskränkt utvecklingen till användning av 3-glasfönster eller motsvarande. IVA har däremot under ganska uppmärksammade former framhållit en utvecklingslinje för samma ändamål, där manuella åtgärder erfordras.

Det råder inget tvivel om att förstnämnda myndigheters hittillsvarande ställningstagande utgör ett effektivt stopp för vidareutveckling av isoleringsförbättringsåtgärder av typ rörliga luckor. Den i föreliggande rapport behandlade lucktypen har därför ur industriell tillverknings synpunkt stått i stort sett helt stilla under det gångna året. Det företag, som på ett tidigare stadium uttryckt sitt intresse för anordningen och delvis svarat för vissa utvecklingskostnader, nämligen Svenska Tändsticksaktiebolagets (STAB:s) dörrdivision, har helt följdriktigt för tillfället upphört med alla åtgärder att från sin sida bidra till vidareutveckling av systemet, eftersom 3-glasfönster erhåller frikostiga subventionsstöd medan föreliggande lucksystem icke kan erhålla sådant stöd. Lucksystemet har därför under rådande förhållanden icke ansetts konkurrenskraftigt relativt 3- eller 4-glassystem.

En naturlig konsekvens av dessa förhållanden vore givetvis från författarens sida att helt nedlägga fortsatt utvecklingsarbete på lucksystemet. Under det gångna året har så i praktiken också varit fallet, eftersom tiden då måst ägnats åt andra mer aktuella energibesparingsystem. Sett på någon sikt anser jag dock fortfarande det skulle vara olyckligt att helt släppa den här aktuella luckkonstruktionen, och detta av bl.a. följande skäl:

1) Lucksystemet möjliggör, sådant det utförts i hittillsvarande prototyputförande, minst en tredubbling (och med något större lucktjocklek en fyrdubbling) av värmeisoleringsförmågan hos ett 2-glasfönster.

2) Manövertiden för manuella stängnings- eller öppningsåtgärder för föreliggande lucktyp är snarare kortare än för den av IVA framhållna persienntypen, som också kräver manuella åtgärder, men som har avsevärt, delvis flera gånger, sämre isoleringsförbättringsförmåga.

3) Kostnaden för här utvecklade fönsterisoleringsluckor är vid någorlunda ordinära förhållanden av storleksordningen hälften eller mindre än för utbyte av 2-glasfönster mot 3-glasfönster.

4) Här ifrågavarande fönsterisoleringsluckor har ett betydligt bredare tillämpningsområde än 3-glasfönster. De är nämligen, utöver värmeisoleringsseffekten, bl.a. användbara som ersättning för rullgardiner för mörklägging eller (reglerbar) minskning av insynen till ett rum. Enbart denna effekt kan i åtskilliga fall betala kostnaden för luckorna. Sommartid kan de användas för tillfällig avskärmning av besvärande stark solinstrålning. Vintertid medger deras höga isoleringsförmåga att man erhåller praktiskt taget full rumstemperatur alldeles intill luckorna och sålunda kan bedriva stillasittande arbete alldeles intill fönstren. Genom att reglera öppningsgraden av fönsterluckorna - vilket är en sekunds snabb åtgärd - kan olika grader av ljusavskärmning eller solvärmeavskärmning åstadkommas.^{x)} Luckorna fungerar även i t.ex. bottenvåningar i småhus som ett ganska effektivt inbrottsskydd genom en mycket enkel tillsatsanordning i form av en påhängbar wire, som effektivt och enkelt låser luckorna i stängningsläge. x) Jämför fig. A 11-12, sid. 37 .

Det är tänkbart att byggnadsmyndigheters starkt negativa inställning till manuellt manövrerade fönsterisoleringsluckor för isoleringsförbättring av fönster åtminstone delvis kan vara motiverade av, att man ansett hittills redovisade typer av isoleringsluckor varit alltför obekväma att stänga eller öppna. Härigenom kunde nämligen befaras att isoleringsluckorna icke skulle åstadkomma

avsedd effekt. Även vissa andra nackdelar vid fönsterluckor kan tänkas ligga bakom myndigheternas negativa inställning.

Den enligt föreliggande rapport utvecklade lucktypen gör icke anspråk på att hittills ha tillfredsställande löst förekommande problem vid fönsterluckor, men den kan kanske åtminstone uppfattas som ett utvecklingssteg för förbättring av sådana luckor. Efterföljande beskrivning omfattar dels en teknisk beskrivning av luckkonstruktionen, dels en redogörelse för med denna utförda provningar.

Teknisk beskrivning av fönsterluckorna

Problemen vid utförande av manuellt manövrerade fönsterluckor kan främst sägas vara av tre slag

1) Utrymmesfrågan: utformning av luckkonstruktionen så, att luckorna i öppnat läge inte är i vägen för annan rumsinredning.

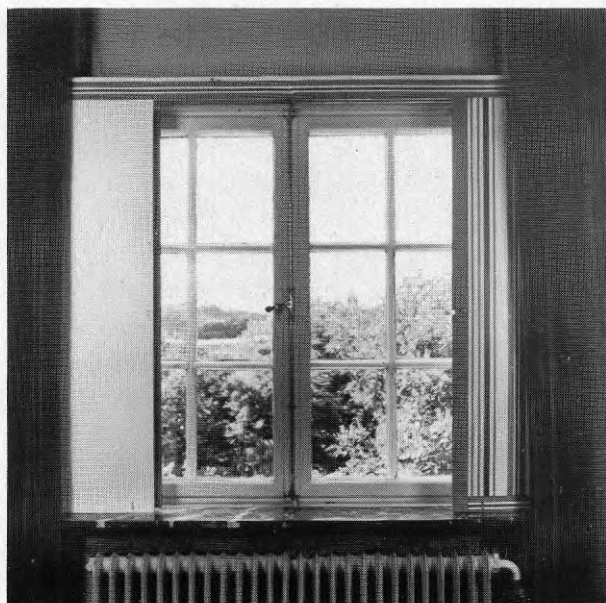
2) Funktionsfrågan: utformning av konstruktionen så, att luckorna "på nolltid" kan öppnas eller stängas eller med andra ord att denna manöver för varje enskilt fönster kan utföras på så kort tid och så bekvämt, att man kan påräkna att vid kall väderlek samtliga eller åtminstone flertalet av luckorna stängas under dygnets mörka timmar. En målsättning för utvecklingen har i detta avseende varit att luckorna skall kunna stängas eller öppnas minst lika snabbt som den av IVA enligt ovan som föredömlig presenterade persiennkonstruktionen, helst ännu snabbare.

3) Värmeisoleringsfrågan: luckkonstruktionen skall självfallet och i första hand förbättra värmeisoleringsförmågan för ett fönster. En viktig förutsättning härför är lufttätande anslutning till fönsteromfattningar. Under samma punkt kan inräknas ett antal sekundära egenskaper.



A 1

Fig. A 1. Fönsteröppning med invändiga isoleringsluckor i öppet läge. Luckorna är här dolda av vanliga sidogardiner



A 2

Fig. A 2. Fönsteröppningen i fig. A 1 med delvis stängda luckor

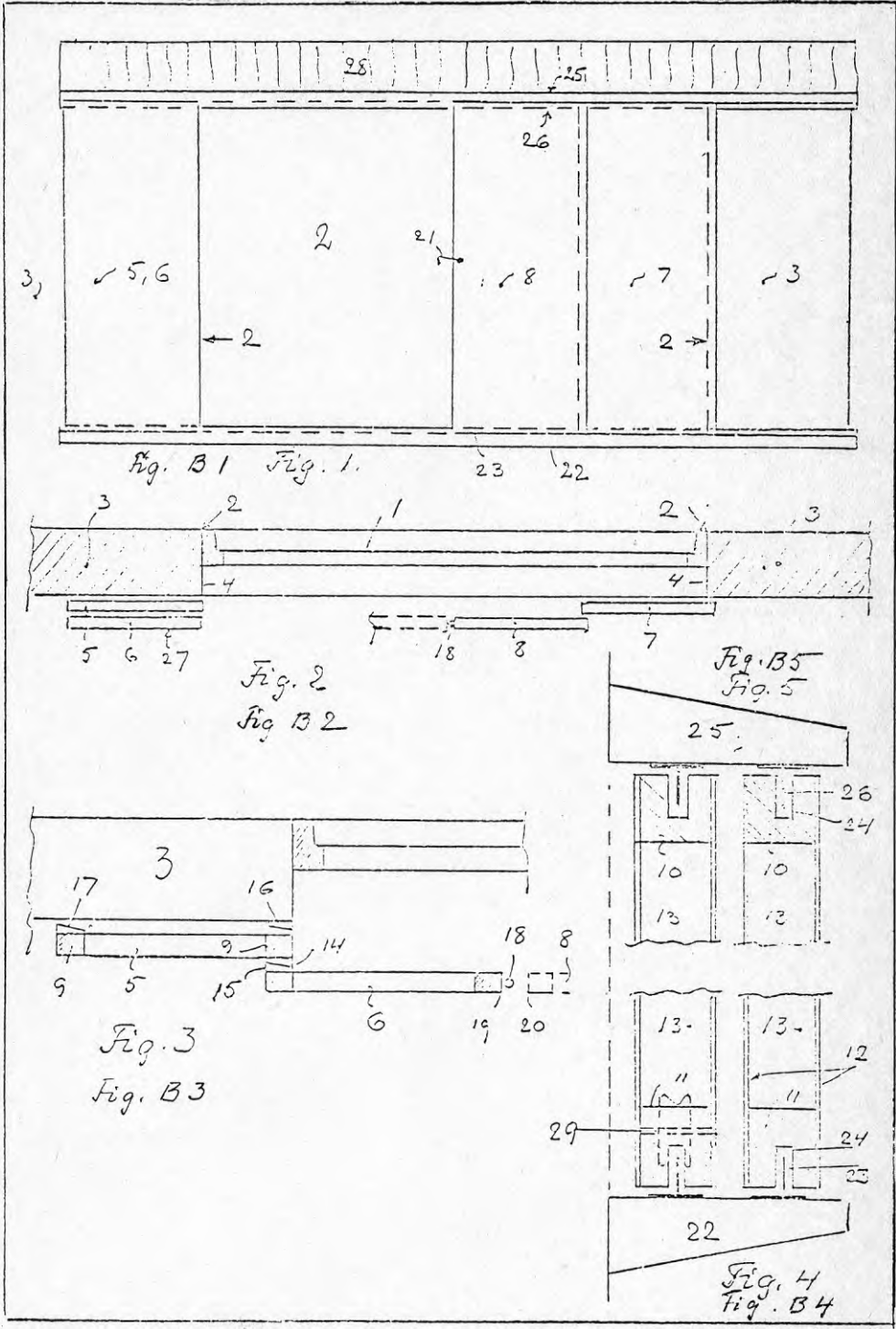
1. Utrymmesfrågan betr. luckor i öppnat läge

Som redan ingressvis anförts har det varit ett besvärligt problem att utforma mer eller mindre styva fönsterluckor så, att de vid undanförande till öppnat läge inte är i vägen eller kolliderar med en annan rumsinredning. Enligt en här föreliggande utvecklingsform, se bif. fig. B1 och fig. B2, har denna fråga lösts så, att luckorna är uppdelade i tämligen smala, varandra överlappande lucksektioner, som löper i två parallella spår och där luckorna i öppnat läge parvis övertäcker varandra. Ett fönster med en av de vanligaste fönsterbredderna av 1,4 m kan enligt denna princip täckas av 4 lucksektioner med en teoretisk bredd av 0,35 m för varje lucksektion. Härtill kommer vissa överlappningsmått. En på så sätt uppdelad luckkonstruktion, där två lucksektioner undanförs i varandra övertäckt läge på bägge sidor av fönstret enligt fig. B1 och fig. B2 täcker alltså på vardera fönstersidan en väggbredd av endast något över 35 cm. Sådana luckor kan i sin tur, om man så önskar, i öppnat läge övertäckas av vanliga sidogardiner och därmed i praktiken bli mer eller mindre helt osynliga. Jfr Fig. A 1.

I stängt läge måste angränsande lucksektioner vara utformade så, att de tätar dels mot varandra och dels mot fönsteromfattningarna så att de tillsammans bildar en möjligast tät och mot fönsteromfattningarna tätt ansluten vägg. Här möter ett tätningsproblem, som kan erbjuda vissa svårigheter och som närmare behandlas under punkt 2.

En tämligen nära till hands liggande lösning av detta problem har utförts enligt sv. patentet 390 048 fig. B. Den innefattar 4 luckor 5, 6, 7, 8, av vilka luckorna 5 och 7 löper i ett spår närmast fönstret och luckorna 6 och 8 i ett strax utanför liggande spår. I öppnat läge övertäcker luckorna 5 och 6 varandra på ena sidan av fönsteröppningen 1, och på liknande sätt övertäcker luckorna 7 och 8 varandra på andra sidan fönsteröppningen. För att minska friktionen vid luckornas sidoförskjutning löper de på små

PATENT RITNING B.



hjul eller trissor, som i sin tur löper på styrskenor, 23 i patentritningens fig. B4. Upptill styrs luckorna av liknande styrskenor via i luckornas toppdelar anordnade urfrästa spår, fig. B 5.

För att luckorna skall kunna åstadkomma avsedd isoleringsfunktion måste de dels täta mot varandra och dels mot omgränsande väggar och fönsterbräda. Den å patentritning B, fig. 1-fig. 5 visade luckkonstruktionen har på sin tid beviljats svenska patentet 390 048 enligt ett mycket vidsträckt formulerat patentkrav. Kravet innebär i stort sett att luckorna i stängt läge intäcker hela fönsteröppningen och i öppet läge frilägger den och "därvid parvis på ömse sidor av fönsteröppningen och med en lucka från vardera styrskeneparet övertäcker varandra". Det föreliggande patentet är intressant ur flera synpunkter och då kanske framförallt därför, att det belyser vilka problem en luckkonstruktion måste kunna lösa och som till stor del inte löses av patentet 390 048.

Rent patentmässigt framgår av motsvarande ansökans behandling i Patentverket att ett mycket stort antal publicerade anordningar sökt lösa just utrymmesproblemet vid öppnade luckor, men att samtliga sådana kända lösningar varit behäftade med klara nackdelar. Lösningen enligt beviljade svenska patentet 390 048 synes sålunda inte ha varit så självklar, som den kan förefalla att vara sedan lösningen en gång presenterats.

En fundamental nackdel vid lösningen enligt patentet 390 048 utgöres av, att luckorna å ena sidan måste väl täta såväl mot styrskenorna nedtill som mellan luckorna inbördes och å andra sidan måste vara lätt förskjutbara för att de över huvud taget skall kunna komma till användning. Det här är i själva verket ett avgörande motsatsförhållande. Tätningen vållar nämligen hur den än utföres vare sig med särskilda tätningslistor eller enligt på patentritning B, fig. 4-5 antytt sätt betydande friktioner, som försvårar luck-

förskjutningen.

Alldeles särskilt gäller detta om luckorna på sätt visas å patentritningens fig. 1 har stor höjd i förhållande till bredden. Sådana luckor har en tendens att "diagonalställa sig" i sitt eget plan, om man nämligen försöker sidoförskjuta dem och anbringar manöverkraften i annat höjdläge än där friktionskrafterna vid tätningarna verkar. En diagonalställd lucka kan lätt helt och hållet låsa luckförskjutningen. Hela systemet enligt fig. B1 är därför redan av denna anledning olämpligt, även om det skulle uppfylla övriga krav på en lämplig luckkonstruktion.

En annan påtaglig nackdel är att för denna konstruktion nödvändiga styrskenelistorna på ett olyckligt sätt blockerar fönsterbräda 22 i fig. 4 å patentritning B. Konstruktionen lämpar sig inte heller vid fönsteröppningar som saknar fönsterbräda, och den är svår att standardisera till ett begränsat fåtal höjd- och breddmått.

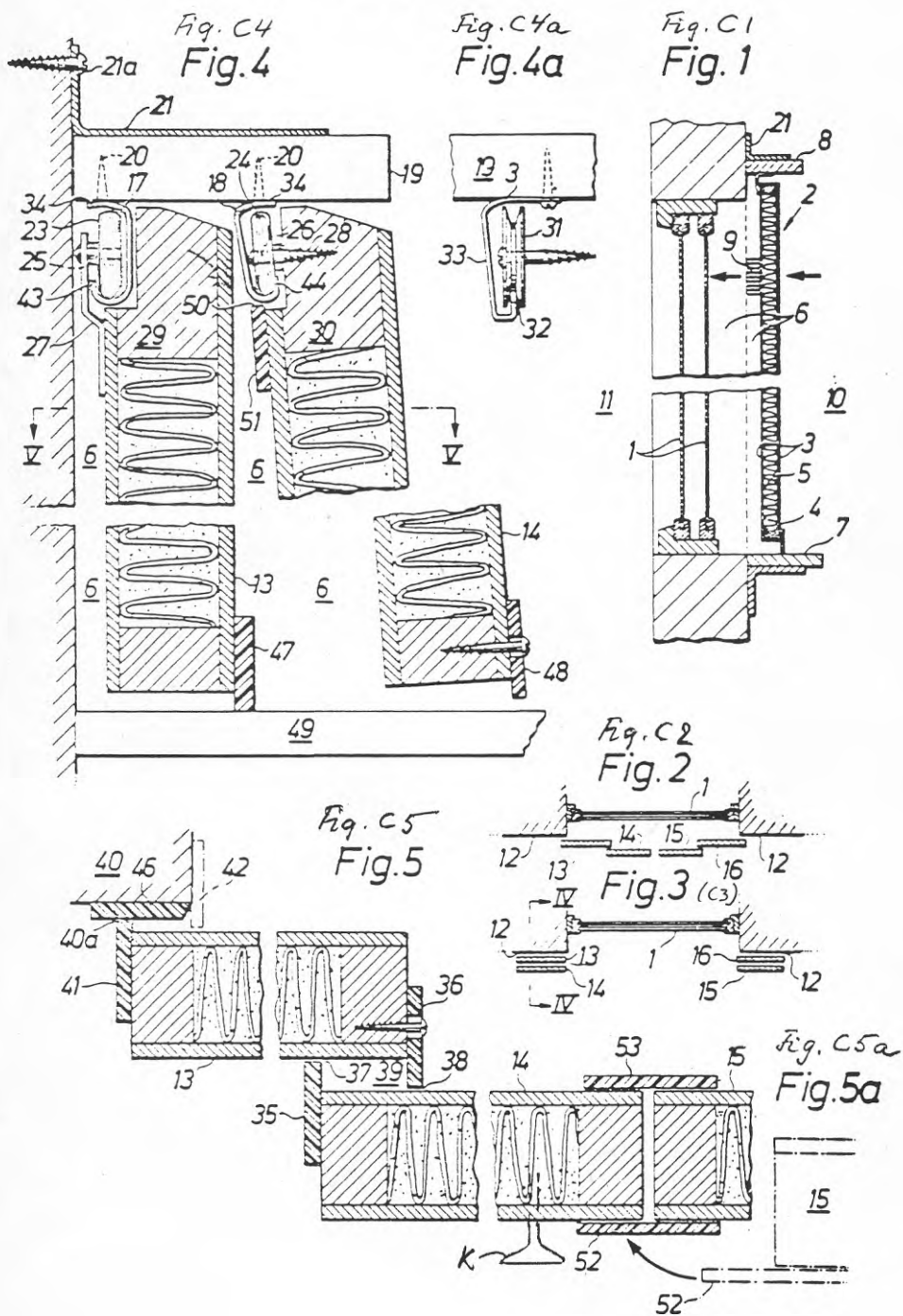
Det är slutligen uppenbart att konstruktionen inte lämpar sig för fönsteröppningar som ligger intill eller nära en tvärgående innervägg, eftersom utrymme då inte finns för undanförande av luckorna på denna sida av fönstret.

Luckkonstruktionen enligt patentet 390 048 har emellertid givit värdefulla erfarenheter för det här aktuella forskningsprojektet och lett vidare till den nedan under punkt 2 beskrivna konstruktionen.

2. Funktionsfrågan: "på nolltid" öppnings- eller stängbara luckor

Av erfarenheterna från föregående punkt 1 framgår, att ett av de viktigaste kraven på en snabbt manövrerbar men ändå fungerande luckkonstruktion är att luckorna å ena sidan måste täta både inbördes och mot angränsande fönsteromfattningar och å andra sidan att friktionen vid tätningarna

PATENT RITNING C



är praktiskt taget försvinnande, när luckorna skall förskjutas. Det ställs därvid också stora krav på dessa tätningars effektivitet, vilket närmare kommer att behandlas under punkt 3.

Kraven på effektiv tätning å ena sidan och lätt förskjutbarhet å andra sidan står i uppenbart motsatsförhållande till varandra. En lösning på detta motsatsförhållande har emellertid erhållits enligt konstruktionen å patentritningen C fig. C1 -C5. Principen för denna lösning kan sägas vara att luckorna i stängt läge med tätningslister anligger mot fönsteromfattningar och mot luckorna inbördes så att effektiv lufttätning då erhålles, men att samtliga tätningslister "på nolltid" frikopplas från sina anslag, då luckorna skall förskjutas i sidled för öppnande eller stängande. Detta har möjliggjorts genom att luckorna är upphängda pendlande inåt i ovanför anbragta styrskenor, som uppbär luckorna och på vilka luckorna är via uppbärande små hjul förskjutbara i sidled. En sidförskjutning vid t.ex. stängning av ett luckpar tillgår då så att man med var sin hand fattar en handtagsknapp (K) i vardera luckan och drar luckorna pendelartat några centimeter i riktning inåt rummet och därefter i fortsatt rörelse för de båda luckorna sidledes mot varandra tills de möts. Vid öppnande förfäres likadant men i motsatt riktning. Jfr fig. A4 - A5.

I fig. C 4 är 34 styrskenor, som uppbär luckhjulen 43, 44, som svängbart, "pendelartat", är sidledes förskjutbara utefter styrskenorna. 47 och 35/36 visar tätningslister i tätningsläge, 48 i pendelartat utsvängt öppet läge.

När man vid första skedet av nu nämnda rörelse pendelartat dragit in luckorna något mot rummet frigörs på en gång alla tätningslister från sina anslag, och luckorna kan sidoförskjutas utan andra friktioner än friktionerna i upphängningshjulen. Dessa kan, som senare kommer att behandlas, utföras så att sistnämnda friktioner blir mycket små. Sedan luckorna på beskrivet sätt förts till anliggning mot var-



Fig. A 4

Vid stängning av luckorna "pendlas" luckorna ett litet stycke inåt rummet med grepp i handtagsknopp K enl. fig. C 5. Bägge luckorna medföljer vid sidoförskjutningen via separat medbringaranordning (se fig. A 5).

I verkligheten manövreras bägge lucksidorna samtidigt, men här visas endast manövrering av högra lucksidan för att inte skymma handgreppen med person mittför fönstret.

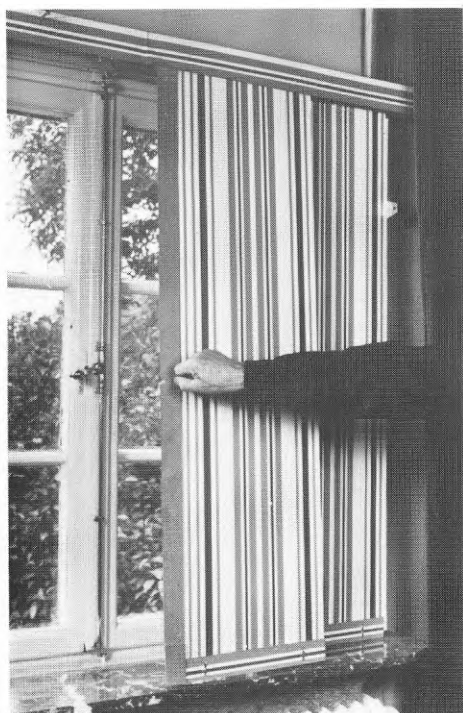


Fig. A 5

I detta skede har högra luckhalvan stoppat i stängningsläge och automatiskt frigjorts från den vänstra som fortfarande föres mot mitten.

Medbringaranordningen för högra luckhalvan skymtar längst upp till höger på bilden

andra vid fönstermitt kan manöverhandtagen släppas. De pendelartat upphängda luckorna återgår då, "pendlar", automatiskt tillbaka till sitt tätningssläge med tätningar både mot fönsteromfattningar och mellan luckorna inbördes. Luckorna är ytterligare excentriskt upphängda i upphängningshjulen, och luckornas egentyngd vållar därvid ett visst av gravitationskraften alstrat tryck i tätningarnas anliggning mot sina anslag, vilket förbättrar tätningen.

Vid i breddled uppdelade isoleringsluckor bringas de närmast fönstret belägna luckorna med hjälp av en enkel automatiskt frigörbar medbringaranordning att medfölja de närmast rummet befintliga luckorna när dessa vid sidoförskjutning "pendlas" inåt rummet. Både inre och yttre luckor manövreras därför med samma handtagsgrepp vid sidoförskjutningen. Jämför fig. A 4 - A 5.

Hela denna stängnings- eller öppningsmanöver kan enligt utförda prov utföras på vardera ungefär 1 å 2 sekunder. Detta torde göra manövern tidsmässigt och bekvämlighetsmässigt fullt jämförbar med förutnämnda av IVA som föredömlig presenterade persiennkonstruktion.

Den nu angivna principen för upphängning och "friktionsfri" sidoförskjutning av isoleringsluckorna är tillämpbar både vid i breddled uppdelade fönsterluckor och vid "hela" fönsterluckor. Principen är numera patentsökt i Sverige och, genom andra intressenter, i USA och Canada.

En betydelsefull detalj vid föreliggande luckutförande för snabb manövrering utgöres av upphängningsanordningarna, d.v.s. upphängningsskenor (styrskenor) och upphängningshjul, se patentritn. C, fig. C4 och C4a. Tillverkningen av dessa bägge detaljer kräver egentligen tillgång till specialverktyg, men vid den prototypskala i vilken luckorna hittills tillverkats, har det helt naturligt inte varit möjligt att anskaffa sådana verktyg. Åtminstone en del av prototypmodellerna har därför utförts med hjälp av marknadsförda styrskenor och upphängningshjul från USA, vilka inte varit helt anpassade till och lämpade för det nu aktuella ändamålet.

Vid luckor i två plan löpande i dubbla spår utföres styrskenorna lämpligen enligt fig. A 6 som plåtprofiler med V-formade löpspår för upphängningshjulen, vilket utförande ger bättre gång för löphjulen än utförandet enligt fig. C4.

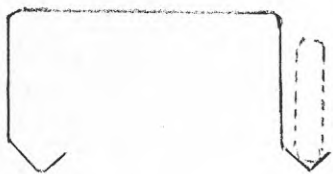
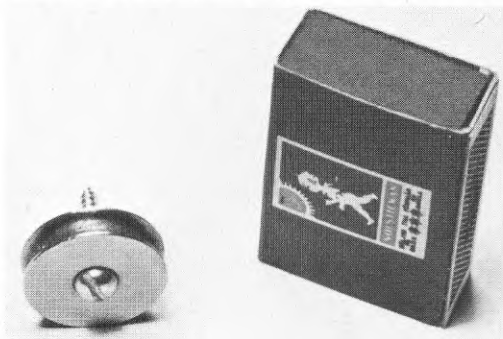


Fig. A 6 ↗

Fig. A 7 →



Hjulen ha provats både som kullagerförsedda stålhjul och som hjul av plast. Provingarna ha visat att upphängningshjul av plast kan bringas att löpa på styrskenorna praktiskt taget lika "friktionsfritt" och ljudlöst som de dyrare kullagerförsedda stålhjulen. Tillverkning i produktionsskala av fönsterluckor till skäligt pris förutsätter dock att både styrskenor och upphängningshjul kan serietillverkas.

De luckorna uppbärande styrskenorna ha i prototypmodellerna utförts av profilerad tunnplåt. Det kan vara av intresse att lägga märke till att de V-formade löpspårerna i plåtprofilerna enligt fig. A 6 är utformade så, att plasthjulen icke löper på styrskeneprofilernas botten utan på de snedställda ytorna något högre upp. Man erhåller härigenom en mycket stabil, lätt och ljudlös gång på plasthjulen.

En ur monterings synpunkt ganska intressant detalj vid lucksystemet utgöres av anordningar för dess upphängning innanför ett fönster. Som framgår av anordningen enligt fig. C4 är de plåtprofiler 34, som enligt denna utföringsform bildar styrskenor för luckhjulen, med skruvar 20 infästade på undersidan av en "gardinbräda" av trä, 19 i fig. C4. Gardinbrädan i sin tur är upphängd i två i gardinbrädan infästa plåtvinglar 21, som vardera vid monteringen av lucksystemet infästes i väggen ovanför fönstret med en skruv 21a. Konsekvensen av detta upphängningssätt är att

en komplett fönsterisoleringsanordning kan uppmonteras innanför ett fönster enbart med två skruvar, de båda skruvarna 21a för infästningsvinklarna 21. Detta betyder i sin tur, att fönster i befintliga byggnader normalt kan tilläggsisoleraras enligt lucksystemet utan några andra ingrepp i den befintliga huskonstruktionen än anbringande av de båda infästningsskruvarna 21a. Luckorna hänges nämligen i sin tur i de redan i gardinbrädan 19 fabriksmonterade styrskeneprofilerna 34 (eller deras motsvarighet enligt exempelvis fig. A 6).

Man jämföre med denna enkla montering en fönsterisoleringsförbättring som utföres genom utbyte av tvåglasfönster med tillhörande karmar mot treglasfönster med likaledes tillhörande karmar!

Vid den i fig. C 1-5 visade luckanordningen har förutsatts 4 smalare del-luckor för intäckning av fönsteröppningen, vilka luckor löpa på två parallella spår. En enklare och också prisbilligare lösning erhålles genom att använda pendlande men dubbelt så breda luckor, som löpa på ett spår. Denna lösning förutsätter att plats finnes på båda sidor av fönsteröppningen för luckor som var för sig är hälften så breda som fönsteröppningen, en förutsättning som ofta är förhanden. Särskilt vid tapetserade luckor som är utförda med samma tapetmönster som fönsterväggen vållar en sådan lösning ofta inga olägenheter ur utseendesynpunkt.

Vid fönsteröppningar som är placerade strax intill en tvärgående innervägg kan ju luckor inte undanföras på denna sida av fönstret, åtminstone inte utmed fönsterväggen. I detta fall kan antingen användas två bredare och varandra övertäckande luckor, som löpa på två parallella spår och där luckorna undanföras åt motsatta hållet relativt tvärväggen. Enligt en lösning enligt författarens amerikanska patent 4115953 är styrskenorna delvis vridbara på sådant sätt att luckorna på ena sidan fönstret kan undanföras utmed en tvärställd vägg, men detta utförande är något mera komplicerat än det normala utförandet med styrskenor parallella med ytterväggen.

Vid mycket breda fönsterpartier, omgränsade av smala väggdelar, är sidledes undanförlåsa fönsterluckor ej lämpliga. I sådana fall förutsättes vid krav på isoleringsförbättring av fönstren, att en lägenhets bredare fönster utföres som exempelvis 3-glas-fönster medan lägenhetens övriga, smalare fönster kan isoleras enligt lucksystemet. Kostnadsbesparing relativt enbart 3-glas-fönster erhålles då för de smalare fönstren, och det här behandlade lucksystemet är därför tillämpligt även i sådana fall att det inte är användbart för samtliga fönster.

3. Värmeisoleringsfrågan vid fönsterluckor.

Fönsterisoleringsluckors värmeisoleringsseffekt beror i första hand av två faktorer: luckornas egen värmeisoleringsförmåga och luckornas tätning (inbördes och mot fönsteromfattningarna).

3 a. Luckornas egen värmeisolering. De enskilda luckorna enligt hittillsvarande utförande är utformade med en tämligen smacker träram runt luckans periferi (jämför fig. C4 och C5). På träramen är genom limning anbragta täckskivor av 2 mm träfiberplatta, och mellanrummet mellan dessa och ramverket är utfyllt med isoleringsskivor av t.ex. polystyrénplast. En sådan lucka med isoleringstjockleken 30 mm och totaltjockleken 34 mm erhåller, bortsett från kantpartierna, ett k-värde av ca $1,3 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$. För att erhålla största möjliga värmeisoleringsförmåga i förhållande till totala lucktjockleken har ytskikten i detta fall utförts med tunnast tillgängliga ytskiktsmaterial (som ju har sämre λ -värde än isoleringsskiktet), vilket för dessa luckor visat sig hållfasthetsmässigt fullt tillräckligt. Ramverket av trä har här utnyttjats för stabil infästning av luckornas upphängningshjul samt för infästning av reglerbara tätningsremsor enligt principerna å patentritning C, fig. C1 - C5. I fig. C4- C5 är 47, 48, 41, 35 och 36 tätningsremsor av träfibermaterial eller plast e.d., vilka med "långhål" och i dessa anbragta skruvar är reglerbart infästade i luckornas träramar. Tätningsremsorna kan här-

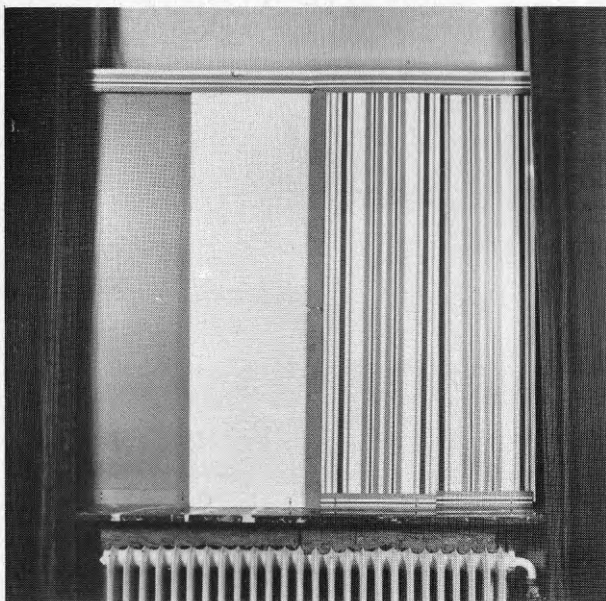


Fig. A 8

Fönster med isole-
ringsluckor i stängt
läge. Av de fyra
provluckorna har
två utförts med
tapetsering (i
rummets tapet-
sort), en målad
vit eller vit-
beige och en omå-
lad för senare
ytbehandling.

Fabriksmålade luc-
kor i vit-beige
torde bli vanli-
gaste ytbehandling

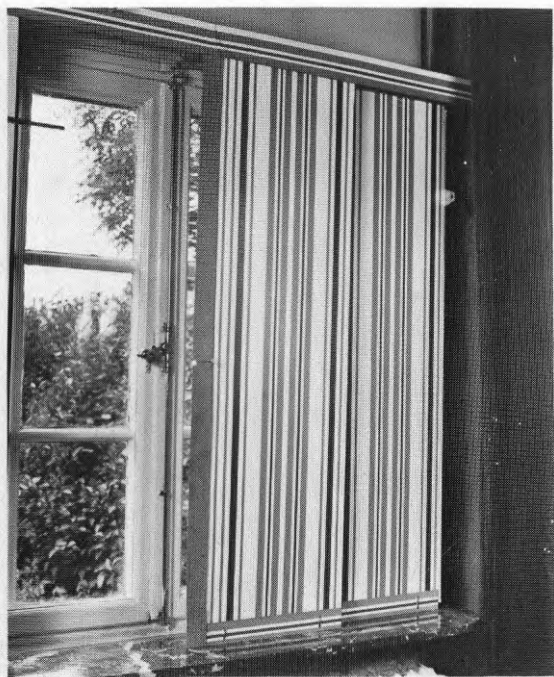


Fig. A 9

Luckorna för hög-
ra fönsterhalvan
i stängt läge och
sedda snett från
sidan. Monterings-
färdig "gardin-
bräda synlig upp-
till, uppåt eller
nedåt justerbara
tätningslister
synliga nedtill

vid luckornas ursprungliga montering injusteras till bästa möjliga tätning mot sina anslag och behöver därefter inte röras.

Den angivna luckkonstruktionen kan i och för sig utföras på åtskilliga andra sätt, t.ex. av formgjutet plastmaterial. Viktigt - förutom k-värdet - är att luckkonstruktionen håller sig plan och att den är lätt (särskilt med hänsyn till lätt förskjutbarhet). Luckorna bör av naturliga skäl på sin mot ett rum vända insida ytbehandlas så, att de utseendemässigt så gynnsamt som möjligt ansluter sig till respektive fönsterväggs utförande. Tämlichen generellt tillämplig är i de flesta fall målning av synliga luckutor med vit eller beige färg. En annan lämplig ytbehandling är tapetsering med samma eller liknande tapeter som för fönsterväggen. Även i frändraget (öppet) läge smälter då luckorna samman med bakgrunden och vållar åtminstone utseendemässigt inga allvarligare störningar. I sådant fall bör emellertid luckorna tapetseras på bägge sidor för att luckorna skall förbli symmetriskt uppbyggda och därigenom hållas varaktigt plana. Vid ensidigt anordnad tapetsering uppstår lätt tendens till buktning av luckorna genom osymmetriska spänningar från tapetseringen.

Fig. A 8 - A 9 visar några exempel på så behandlade isoleringsluckor. Vid provfönstret i fig. A 8 (i stängt läge) är fönsterluckorna utförda av fyra delsektioner, varav de båda sektionerna i högra fönsterhalvan är utförda som tapetserade luckor. Av sektionerna till vänster visas ett alternativ med omålade luckor för att möjliggöra valfri ytbehandling och ett alternativ med vit- eller beige-målade luckor, som torde kunna levereras som vanlig standard.

Den här valda lucktjockleken, 34 mm, kan erfarenhetsmässigt mycket väl ökas utan att luckorna verkar klumpiga. Härigenom kan deras isoleringseffekt ytterligare ökas.

Observeras bör även att lucksystemet inte hindrar att enstaka utsiktsfönster t.ex. vid mindre kyla hålles öppna kvällstid, om man till måttlig kostnad vill ha fri utsikt.

3_b. Luckornas tätning. Vid perfekt tätning mellan invändiga isoleringsluckor och fönsteromfattningar åstadkommes mellan fönsters insida och angränsande luckor ett luftskikt, som vid kallt väder antar väsentligt lägre temperatur än rumsluften. Detta kan sägas vara den primära förutsättningen för luckornas isoleringsförbättrande effekt.

Den kallare luften i luftskiktet blir emellertid tyngre än den varmare rumsluften, och den strävar därför att liksom en vätska "rinna nedåt" genom eventuella otätheter mellan luckor och anslutande byggnadsdelar, som avgränsar luftskiktet från innerluften. Luckorna måste alltså - genom sina tätningslister - effektivt täta mot fönsteromfattningarna både i sidled och nedtill.

Det är däremot av visst intresse att konstatera, att fönsterluckorna inte behöver täta mot vägganslutningen ovanför fönsterluckorna lika litet som t.ex. ett öppet kärl fyllt med vatten alls behöver ha något tättslutande lock ovanpå kärlet för att hindra vatten att rinna ur kärlet. Detta är vid någon eftertanke självklara saker men ändå lätta att förbise även för en tekniker - jag har intervjuat många sådana om det här problemet - och de har genomgående gjort samma missbedömning som jag själv ursprungligen gjorde, nämligen haft föreställningen att god tätning också bör åstadkommas upptill mellan fönsterluckornas överdelar och anslutande byggnadsdelar. Sistnämnda typ av tätning är i praktiken besvärlig att åstadkomma, eftersom den kolliderar med luckornas vid föreliggande konstruktion upptill anordnade rörliga upphängningsanordningar för luckorna. Denna tätning är emellertid helt onödig. Följande experiment ger en drastisk belysning av detta förhållande.

Nedre delen av ett fönster intäcktes en kall vinterdag på insidan med en skiva av isolerplast, som anbragtes tätt mot fönsterkarmens sidor och bottenstycke men lämnade en bred luftspalt helt öppen upptill, fig. A 10. Mellan fönsterglasen och isolerskivan bildades då en nedtill och på sidorna tät "luftficka", som var helöppen upptill.

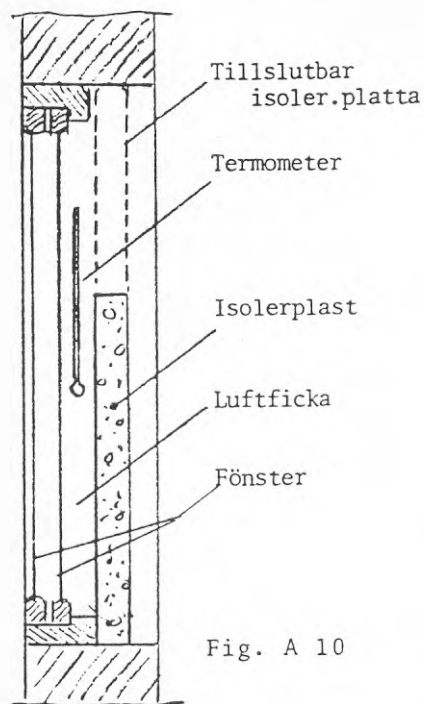


Fig. A 10

Denna öppning kunde dock också lufttätt tillslutas.

I fickan nedsänktes sedan en i tiondedels grader graderad termometer. Termometerkulans höjdläge varierades från botten av fickan till några få centimeter från dess överkant. Bortsett från de allra översta centimetrarna erhöles samma temperatur i fickan överallt och detta oavsett om fickan hölls helöppen upptill eller tillslöts. Temperaturen i fickan överensstämde vidare med den temperatur, som enligt konventionell beräkning erhöles genom att proportionsvis uppdelade temperatursprånget mellan innerluft och

uteluft i den proportion, som motsvarande beräknade värmemotstånden hos de båda skikten fönster resp. isolerskivan.

Tätningarna har här utförts enligt patentritning C som lister av hård träfiberskiva, som med skruvar i "långhål" justerbart fästats vid luckornas kanter. De kan härvid vid luckmonteringen en gång för alla injusteras till god anläggning mot sina anslag. Denna tätningssanordning synes ha fungerat väl - tätningsslisternas eget dåliga k-värde har ringa betydelse vid överbryggning av de smala luftspalterna mellan luckkanterna och deras anslag.

Vid mötande luckor vid fönstermitt har använts dubbla tätningsslistor 52 och 53 i fig. C 5 så anordnade, att den ena luckan vid stängning kan "pendla" relativt den andra.

Vid fönster utan fönsterbänk anordnas tätlistor "på andra leden" vid luckunderkant med anslag direkt mot vägg. Vid "otäta" fönsterbänkar täckes dessa lämpligen med en tunn skiva av träfiberplatta eller ev. av ädlare skivmaterial.

Provningar av fönsterluckorna

Funktion, värmeisoleringsseffekt, kondensproblem m.m. har provats vid ett antal prototyper, som på ovan angivet sätt uppmonterats innanför befintliga fönster i några småhus. Luckorna ha härvid i allmänhet tillverkats vid Svenska Tändsticksaktiebolagets dörrtillverkningsdivision, JiTe AB i Åstorp. Provluckor har därefter uppsatts och provats både i den av undertecknad bebodda villan i Stockholm och vid fabriken vid JiTe AB.

Utförda mätningar ha i första hand åsyftat att mäta den samlade värmeisoleringsseffekten, alltså k-värdet, av ett ursprungligt 2-glas-fönster och en tillfogad fönsterlucka. I andra hand har åsyftats att mäta hur olika grad av tätningar mellan fönsterlucka och fönsterfattningar samt mellan luckdelar inbördes påverkar isoleringsseffekten. Ytterligare har studerats förutsättningarna för fuktkondensation på fönsterytan och i luftspalten mellan fönster och fönsterlucka ävensom vissa andra hithörande problem.

1. Provning av fönsterluckors värmeisoleringsseffekt

Den ojämförligt största delen av provningarna av här ifrågavarande fönsterisoleringsluckor har avsett att studera hur isoleringsluckorna under olika förhållanden ökar värmeisoleringsförmågan av kombinationen fönster - isoleringslucka. Provningarna ifråga har pågått under två vintersäsonger.

Den tillgängliga mätutrustningen har varit av enklaste slag och helt enkelt bestått av två stycken i tiondedels grader graderade precisionstermometrar, av vilka den ena upphängts mitt i luft-mellanrummet mellan insidan av ett 2-glas-fönster och en innanförvarande stängd fönsterlucka och den andra termometern upphängts strax innanför insidan av samma fönsterlucka. Den förstnämnda termometern

mäter alltså temperaturen i luftspalten mellan fönster och lucka och den andra mäter lufttemperaturen i rummet intill fönsterluckan. Slutligen har med andra kalibrerade termometrar dels mätts temperaturen inuti rummet på ca 2 meters avstånd från fönsterluckan, dels yttertemperaturen. Termoelement har i detta fall icke lämpligen kunnat användas eftersom termoelementtrådarna varit i vägen för fönstrets normala användning under icke-mätperioder, och en del av mätningarna har därför utförts utan större precision. Mätningarna har emellertid icke åsyftat någon precisionsmätning utan har endast avsett att klarlägga storleksordningarna av hur olika detaljanordningar, särskilt avseende tätningarna, påverkat luckornas isoleringseffekt. Termometeravläsningar på precisionstermometrar har för detta ändamål ansetts ge tillräcklig noggrannhet.

Den i luftmellanrummet mellan fönster och isoleringslucka anbragta termometern, som ju icke kan kontinuerligt observeras och avläsas utan måste avläsas sedan isoleringsluckan kortvarigt öppnats, har utförts som en "trög" termometer, som mycket långsamt antar omgivningens temperatur. Sagda tröghet har åstadkommit genom att termometerkulan omlindats med ett isolerande bomullsskikt.

Värmeisoleringseffekten av en fönsterisoleringslucka kan till storleksordningen mätas genom att man observerar temperaturfallet över fönsterkonstruktionen dels utan och dels med fönsterluckor. Om tillsvidare bortses från övergångsmotstånden utgörs sagda temperaturfall i det förstnämnda fallet av differensen mellan rumstemperatur och yttertemperatur. I det senare fallet utgörs samma temperaturfall av differensen mellan temperaturen i luftspalten mellan fönster och luckor å ena sidan och i ytterluften å andra sidan.

Vid stängda isoleringsluckor blir (vid kall väderlek) temperaturen i nyssnämnda luftspalt avsevärt lägre än rums-

temperaturen. Följaktligen blir också temperaturfallet över själva fönsterkonstruktionen avsevärt lägre och därmed också värmeförlusterna. Isoleringssluckornas effekt kan därför i princip mätas genom att undersöka förhållandet mellan de nu nämnda båda temperaturfallen. Om t.ex. temperaturfallet över själva fönsterkonstruktionen är 7° C med fönsterluckor och 21° C utan sådana, så skulle detta innebära, att luckorna ungefär tredubblat värmeisolerings-effekten av enbart (2-glas)-fönstret.

Det här beskrivna mätning förfarandet innebär naturligtvis en betydande approximation, eftersom exakt hänsyn icke kunnat tas till bl.a. övergångsmotståndens storlek. Särskilt vid isoleringssluckornas båda sidor erhåller övergångsmotstånden andra värden än vid t.ex. ytterväggar normalt tillämpade värden, och även på ömse sidor om själva fönsterkonstruktionen erhålles med all sannolikhet andra värden på övergångsmotstånden än de vanliga.

Tillgänglig mätutrustning har icke medgivit någon noggrannare analys av storleken av de olika verkliga övergångsmotstånden, vilket självfallet innebär vissa osäkerheter vid tolkningen av isoleringssluckornas effekt. Temperaturmätningarna har emellertid utförts så att den ena termometern anbragts i mitten av den ungefär decimeter-tjocka luftspalten mellan fönster och lucka, och den invändiga termometern ca 5 cm innanför fönsterluckas insida. Sistnämnda termometeravläsning har i regel ganska obetydligt skilt sig från temperaturen inuti rummet. Det har därför bedömts sannolikt att de båda respektive temperaturavläsningarna tillsammans med bestämningar av ytterluftens temperatur givit ett representativt uttryck för temperaturfallet över själva fönstret med och utan fönsterlucka och därmed också av värmeisolerings-effekten av fönsterluckan.

En teoretisk beräkning av värmemotstånden hos resp. ett normalt 2-glas-fönster, en väl tätande isoleringsslucka ensam och kombinationen av fönster och lucka har för de vid

provningarna använda luckorna givit resultaten resp. 0,36, 0,75 och 1,11 $\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{watt}$, motsvarande k-värdena 2,8, 1,33 och 0,90 $\text{watt}/\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$. Några extra värmemotstånd har härvid ej tillräknats luftspalten mellan fönster och lucka utan detta har inräknats i de anslutande skiktens värmemotstånd. Ett temperaturdiagram över tvärsektionen av ett 2-glas-fönster med och utan isoleringslucka har med dessa värden uppritats i fig. A 10 a.

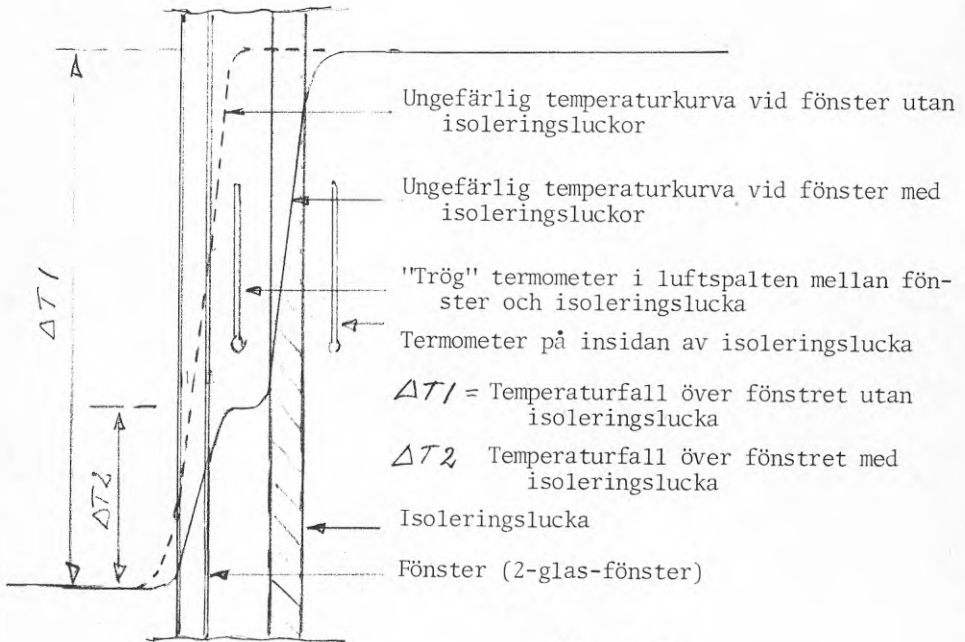


Fig. 10 a

Det framgår av de angivna teoretiska värdena, att den vid försöken använda isoleringsluckan ensam har ett värmemotstånd som är drygt dubbelt så stort som 2-glas-fönstrets och att sålunda kombinationen fönster + isoleringslucka bör ha ungefär tre gånger så stort värmemotstånd som enbart fönstret. Den vid provningarna tillämpade lucktjockleken, 34 mm, förefaller ej särskilt skrymmande eller klumpig, och en ytterligare ökning av lucktjockleken

och därmed dess isoleringsförmåga är därför ej utesluten.

Vid provningarna genomförda mätningar överensstämmer under vissa förutsättningar väl med de teoretiskt beräknade förhållandetalen för de använda provluckorna, d.v.s. att vid stängda luckor temperaturfallet över fönstret (=differensen mellan temperaturen i luftspalten mellan fönster och luckor och ytterluften) uppgår till ungefär $1/3$ av temperaturfallet mellan rumstemperatur och ytterluft utan luckor. Detta motsvarar att luckkombinationen vållar $1/3$ av värmeförlusterna genom enbart fönstret utan luckor. Den viktigaste förutsättningen härför är att god tätning råder mellan samtliga tätningar och deras anslag i sidled och nedtill.

Vid dålig tätning mellan luckornas tätningslister och deras anslagsytor stiger genast temperaturen i luftspalten relativt dess "teoretiska värde", och därmed minskas samtidigt luckornas värmebesparande effekt. Även ganska stora luftspringor vid resp. tätningar t.ex. 2-3 mm ändrar dock inte storleksordningen av värmeisoleringseffekten, men denna minskar från t.ex. en 3-dubbling av enbart fönstrets värmeisolering till en $2\ 1/2$ -dubbling. Goda tätningar är alltså väsentliga.

Vid en av försöksserierna användes avsiktligt luckor på ena halvan av fönstret, vilka luckor tapetserats enbart på ena sidan. Detta förorsakade en buktning av dessa luckor och därmed otillfredsställande tätning mellan i mitten mötande luckor, av vilka de på "andra sidan" var enbart målade och fortfarande plana. Sådan otäthet är svår att motverka och bör därför undvikas, eftersom den genast minskar isoleringseffekten av luckorna.

Några mätserier under speciella förhållanden visade tvärtemot vad som teoretiskt vore möjligt isoleringsresultat som vore bättre än vad den teoretiska beräkningen angivit. Förklaringen härtill var emellertid enkel och när-

liggande: relativt stark blåst direkt mot fönsterytan samtidigt med kall väderlek rådde vid dessa tillfällen. Eftersom fönstrens tätningar var något bristfälliga nedkyldes luften i luftspalten inte enbart på grund transmissionsförluster genom fönsterytan utan också genom onormalt kraftig ventilation med kall ytterluft. Rättvisande mätningar av isoleringsluckornas värmeisolerings-effekt bör därför utföras vid någorlunda lugnt väder.

En intressant temperaturobservation har gällt jämförelsen mellan temperatur avläst på termometern strax innanför en stängd fönsterlucka och samtidig temperatur avläst på termometern inne i rummet. Skillnaden mellan dessa båda temperaturer har varit liten, oftast varierande mellan ca 1 och 1 1/2^o C beroende på yttertemperaturen. Praktiskt innebär detta att man vid kall väderlek i regel kan utan obehag arbeta med stillasittande arbete omedelbart intill ett med stängda isoleringsluckor försett fönster. Den vid ordinära 2-glas-fönster vanliga känslan av "drag" undviks sålunda. Härtill medverkar dock ytterligare, att väl fungerande isoleringsluckor tillföljd av tätningarna runt luckorna bildar en extra barriär mot verkligt fönsterdrag, vållat av blåst i kombination med otillräckliga tätningar av själva fönstren.

Sammanfattningsvis kan av de hittills utförda värmeisoleringsprovningarna dras den slutsatsen, att invändiga värmeisoleringsluckor minskar fönstrens värmeförluster i stort sett på sätt som kan väntas på grund av luckornas egen värmeisoleringsförmåga, om två väsentliga förutsättningar är uppfyllda: att luckorna är tillverkade så att de förblir varaktigt plana och att tätningarna (tätningslisterna) fungerar väl. Enkla (men i stället bredare) isoleringsluckor (som löper på endast ett spår) är ur denna synpunkt att föredra, eftersom detta förenklar tätningarna och reducerar antalet tätningsställen.



Fig. A 11

Genom att reglera öppningsgraden av fönsterluckorna, vilket är en sekunds snabb åtgärd, kan olika grader av ljusavskärmning eller solvärmeavskärmning enligt fig. A 11 och A 12 åstadkommas

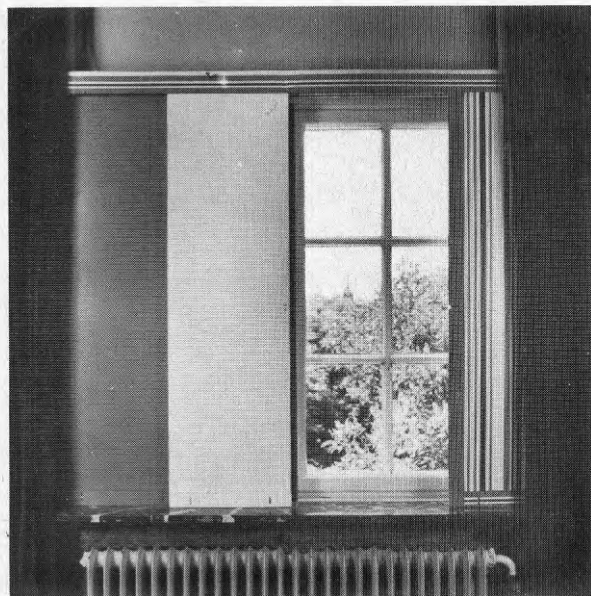


Fig. A 12

2. Kondensproblem vid invändiga isoleringsluckor.

Luftspalten närmast innanför en fönsteryta och mellan den och en stängd fönsterlucka blir uppenbarligen inte ventilerad på samma sätt som luften intill ett motsvarande mot rummet helt fritt fönster. Vid perfekt tätning mellan fönsterluckor och fönsteromfattningar blir luften i stället i princip stillastående i nyssnämnda luftspalt. Man kan fråga sig om avsaknaden vid föreliggande luckanordning av den vid vanliga fönsteranordningar förekommande luftventilationen intill fönsterytan kan vålla besvär med kondensproblem mot fönstret, särskilt som den inre fönsterytan vid kall väderlek kommer att bli betydligt kallare vid förekomsten av fönsterluckor än utan sådana fönster?

Rent teoretiskt förefaller det självfallet, att fukten i den instängda rumsluften mellan fönster och fönsterluckor borde snabbt kondensera mot de (vid kallt väder) invändiga fönsterytorna, som här är betydligt kallare än vanliga fritt belägna fönsterytor. Förhållandena skulle alltså i detta avseende motsvara ökad kondensrisk mot fönstren.

Härvid är också att observera, att det vid konventionella fönsteranordningar vanliga systemet att anordna en värmeradiator under fönstret och låta den från radiatorn uppstigande varma luftströmmen ventilera och värma fönsterytan, i föreliggande fall icke förekommer. Tvärtom bör luftströmmen från värmeradiatorer under fönstren tvingas passera innanför fönsterluckornas insida och sålunda inte alls beröra fönsterytorna. Tillsynes skulle detta förhållande ytterligare förstärka risken för kondensbildning mot fönstrens insida. Om så vore fallet skulle till och med tätande invändiga fönsterluckor vara teoretiskt omöjliga att använda pga kondensrisken och de fuktskador, som sådan kondens skulle tänkas vålla.

Å andra sidan är det också uppenbart, att vid stängda tätande fönsterluckor är det bara en mindre kvantitet fuktig rumsluft, nämligen luften i den trånga luftspalten mellan

fönster och luckor, som kan kondensera mot fönsterytan. Kondensmängden bör av dessa skäl bli liten. I detta avseende är förhållandena annorlunda vid ett konventionellt och mot rummet helt fritt fönster, eftersom där hela rumsluftens fuktinnehåll i princip har tillträde till den kalla fönsterytan. I det sistnämnda fallet finns alltså å ena sidan nästan obegränsad tillgång till fuktig luft men å andra sidan effektiv ventilation och delvis uppvärmning av den luft, som kommer i kontakt med fönsterytan.

Nu antydda förhållanden har emellertid helt naturligt gjort en experimentell undersökning av kondensförhållandena vid fönster med fönsterluckor intressant. Utförda undersökningar har genomförts vid kallt väder, i föreliggande fall dock vid lägst yttertemperaturen -6° C. Rumsluftens fuktighetshalten, dels vid provhuset ifråga normala fuktighetshalten, dels vid extremt hög fuktighetshalt. I senare fallet har rumsluftens befuktats med hjälp av befuktningssystem av känd typ, vid vilken en fläktsanordning pressar ut finfördelade vattendroppar i rummet. I extremfallet har ca 8 kg vatten avdunstat på ca 8 timmar i det avskilda rum, där fönsterluckor monterats innanför fönstret. Relativa fuktigheten har i extremfallet närmast sig 100%. Denna fukthalt har dock mätts med en relativt enkel hygrometer av märket "Defensor", varför sifferuppgifter på relativa fuktigheten är något osäker. Luftfuktigheten har emellertid i detta extremfall uppenbarligen varit mycket hög.

Vid undersökningen av nu angivna förhållanden kunde konstateras, att någon synlig kondens på fönstrets insida i form av "imma" icke kunde observeras vid rumsluft med "normal" rumsfuktighet och sedan luckorna varit stängda i flera timmar. Påtagligen har - åtminstone vid "provhuset" - spalten mellan fönster och tätade fönsterluckor varit alltför liten för att resultera i synlig kondens på fönsterglasen. Härtill kommer naturligtvis förhållandet att rums-

luftens "normala" relativa luftfuktighet är låg vid längre kallperioder vintertid.

Vid rumsluft med extremt hög relativ luftfuktighet och sedan luftbefuktaren varit igång under åtskilliga timmar kunde vid god tätning av fönsterluckorna konstateras en svag kondensbildning på provfönstrets insida. När i detta fall talas om god tätning menas därmed att luckornas förut beskrivna tätningslister varit injusterade till möjligast god anliggning mot fönsteromfattningarna (väggar och fönsterbänk). Detta innebär dock icke hundra procentig tätning, eftersom tätningslisterna inte alltid kan bringas till fullständig anliggning motsina anslagsytor. Den fuktiga rumsluften kan därför inte helt hindras tillträde till kalla fönster och där kondensera.

Vid nu sist beskriven provserie med extremt hög relativ rumsfuktighet gjordes den något överraskande upptäckten, att kondensen på fönsterglaset minskade eller försvann om luckornas nedre, horisontella tätningslister (med anslag mot fönsterbänken) lyftes uppåt några millimeter, så att en mindre springa bildades nedtill mellan tätningslister och deras anslag. Förklaringen härtill förefaller vara, att visst upphävande av lucktätningen nedtill frigör en luftström i riktning uppifrån och nedåt i luftspalten mellan fönstret och luckor. Luften i denna spalt är nämligen i sig själv kall och tenderar att "rinna ut" nedtill, och när så sker påfyller varm rumsluft upptill i luftspalten och underhåller en luftströmning förbi fönsterglaset. Trots att innerluften är fuktig var denna luftström vid försöken tillräcklig att avlägsna kondensen.

Genom det angivna förfarandet, enligt vilket lucktätningen nedtill medvetet något reduceras, minskas omvänt fönsterluckornas värmeisoleringsseffekt, och temperaturen i luftspalten stiger följaktligen något. Provningsresultatet ifråga indikerar emellertid, att man synes kunna undvika

fuktkondens på fönstren även vid tillfällena av hög relativ luftfuktighet i rummet, om man vid sådana tillfällen något öppnar luckornas nedre justerbara tätningar. Man bör härvid uppenbarligen eftersträva ett balanstillstånd, som å ena sidan undviker fönsterkondens men å andra sidan inte i alltför hög grad minskar luckornas isoleringseffekt. Hitillsvarande erfarenheter ha dock givit erfarenheterna, att det endast synes vara i undantagsfall som man behöver tillgripa det nämnda förfarandet för att undvika kondens mot fönsterytan.

Fönsterluckors ekonomi

Fönsterluckornas ekonomi, dvs närmast graden av deras lönsamhet, bestäms huvudsakligen av två faktorer: 1) luckornas investeringskostnad i färdigmonterat skick 2) den energivinst de kan åstadkomma.

Av dessa båda poster är den förstnämnda svår att med någon större grad av säkerhet beräkna i dagsläget, eftersom kostnaden framförallt beror på längden av möjliga tillverkningsserier, som i sin tur mycket beror på myndigheternas ställningstagande för eller emot lucksystemet. Endast i förra fallet kan rimliga kostnader för systemet uppnås.

Energivinsten genom ett lucksystem är lättare att någorlunda riktigt beräkna, särskilt som det finns undersökningar publicerade över möjlig energibesparing per m^2 fönster, som isolerats med luckor av annat utförande men med ungefär samma k-värde.

1) En överslagsberäkning kan emellertid relativt enkelt genomföras på basis av ovan å sid. 34 angivna uppgifter. Enligt dessa har k-värdet med och utan isoleringsluckorna vid 2-glasfönster beräknats till resp. 0,9 och 2,8 $W/m^2 \text{ } ^\circ C$. Teoretisk k-värdesvinst genom användning av luckor blir sålunda $k = 1,9$.

Värmeförbrukningstalet i mellan-sverige utgör åtminsto-

ne ca 90.000 gradtimmar (högre värden brukar numera anges i samband med bl.a. numera vanlig högre rumstemperatur, men här väljes "på säkra sidan" det traditionella lägre värdet). För ett fönster med en av de vanligaste storlekarna $1,4 \times 14 \text{ m} = 1,96 \text{ m}^2$ eller avrundat $2,0 \text{ m}^2$ erhålles då vid ständigt stängda luckor teoretisk värmebesparing =

$$= 1,9 \times 2,0 \times 90.000 \text{ watt-timmar/år} = 342 \text{ kWh/år}$$

Reduceras detta till uppskattningsvis $2/3$ med hänsyn till att luckorna är öppna under den ljusa delen av den kalla årstiden, blir värmevinsten

$$= 2/3 \times 342 = 228 \text{ kWh (eller } 114 \text{ kWh per } \text{m}^2 \text{ fönster)}$$

Den sålunda grovt uppskattade energivinsten stämmer ganska väl med från det s.k. Euroc-huset publicerade siffror, där man för luckor med ungefär samma k-värden som för de här aktuella genomfört en noggrannare beräkning med data och därvid beräknat den årliga värmebesparingsvinsten till ca 100 kWh/m^2 fönsteryta. I fortsättningen må därför räknas med sistnämnda värde.

Energikostnaden må här - i första hand för elvärme - i dagsläget antas till 20 öre/kWh , och det antas vidare enligt numera ofta tillämpad praxis, att energikostnaden stiger med 7% pr år (i verkligheten finns mycket som indikerar en betydligt snabbare prisstegring). Med förstnämnda prisökning blir emellertid energins medelkostnad under närmaste 10-årsperiod = $1,42$ ggr dagspriset eller ca 28 öre/kWh .

Per fönster om $2,0 \text{ m}^2$ blir då den årliga besparingen i medeltal under 10-årsperioden

$$0,28 \times 2,0 \times 100 = \underline{56:- \text{ kr per år och fönster}}$$

2) Investeringskostnaden för isoleringsluckor i färdigmonterat skick är som förut nämnts betydligt svårare att i dagsläget någorlunda riktigt beräkna, eftersom den i så hög grad beror på möjliga tillverkningsseriers omfattning. Därför skall här endast återöpas en i början av 1977 gjord beräkning av i första hand materialkostnaderna för en fönst-

erisoleringsslucka för förutnämnda fönster. Materialkostnaderna var därvid baserade på fabrikspriser. Kalkylen må vidare här begränsas till den något bredare typ av luckor, som löper på ett spår och som därför i frändraget läge upp-tar hälften av fönsterbredden, här alltså ca 70 cm:

2-mm träfiberplatta, (Bergvik & Ala)	
4,0 m ² á 3:95	15:80
30 mm isoleringsskivor, Frigolit, 2,0 m ² á 4:90	9:80
Regelverk: 8 x 1,4 + 2 x 2,0 = 15,2 lm 16x30 mm	
+ 4 x 1,4 = 5,6 lm 9x15 mm	10:-
Tätningsslister av 3,5 mm hård träfiberplatta, medelbredd 40 mm, 8,4 lm = 0,35 m ² á 4:20	1:50
Spill, 15 % av ovanstående	5:40
Plasthjul ø 20 mm, inkl fästbeslag, 4 st. á 2:-	8:-
Plåtprofil av tunnplåt för upphängningsskena	12:-
Spik och skruv	3:-
Målning av luckor	6:-
"Gardinbräda" jämte upphängningsvinklar	5:-
Arbete i fabrik, 0,5 tim. á 45:-	22:50
	<hr/>
Summa	99:-
Inflationstillägg sedan 1977, 20 %	20:-
Pålägg och vinst samt monteringsanvisningar (luckorna antas monterade av lägenhetsäga- ren), 100 % på fabriks-priset	120:-
	<hr/>
Summa	240:-

Nu ersätter isoleringssluckorna i många, kanske de flesta fall, även persienner, "rullgardiner" i sovrum m.m. samt ev. solinstrålningsskydd, bidrag till inbrottsskydd o.d. De ökar också fönstrens ljudisolering. Det är därför tveksamt om kostnaden för isoleringssluckorna enbart bör belasta värmeisoleringsskontot.

Om man emellertid nu bortser från luckornas sist nämnda effekter - som inte förefinnes vid t.ex. 3-glas-fönster - och utgår från de här uppskattade luckkostnaderna, kr. 240:- per fönster om 2,0 m² samt den likaledes uppskattade energikostnadsvinsten 56:- kr/år, så skulle förräntningen i medeltal under en 10-årsperiod uppgå till 56/240 = 23 %. Detta är för energibesparingsändamål en ganska hög

förräntning, och detta trots att man här ej beaktat isoleringsluckornas många sidoeffekter. Även om luckkostnaderna ovan beräknats för lågt rymmer angiven förräntningsprocent rätt betydande marginaler relativt andra energibesparings-system.

Kostnaderna bör även jämföras med kostnaderna för utbyte av 2-glas-fönster mot 3-glas-fönster. Publicerade kostnader för sådant utbyte (se t.ex. Höglund-Johnsson "Byggnadstekniska och installationstekniska åtgärder för energibesparing i äldre byggnader", Väg- och Vattenbyggaren nr 3, 1976) synes vara av storleksordningen 600:- kr per m² fönster, alltså för här angivet fönster ca 1.200:- kr/fönster. Marginalen till kostnaden för 3-glas-fönster synes alltså vara mycket stor även i händelse av avsevärd underskattning av de f.n. svårberäknade tillverkningskostnaderna för isoleringsluckorna. Beaktas även att isoleringsluckorna har ett betydligt bredare användningsområde än 3-glas-fönster och väsentligt högre värmeisoleringsförmåga framstår kostnadsskillnaden mellan de båda metoderna som anmärkningsvärd.

Nu synes från myndighetshåll särskilt ha åberopats att utvecklings- eller energisparstöd inte kan lämnas fönsterisoleringsanordningar, som kräver manuell åtgärd, eftersom man då inte har garanti att åtgärderna används. Gentemot detta torde dock kunna anföras, att det av flera skäl ligger i de enskilda lägenhetsinnehavarnas intresse att använda eventuellt befintliga isoleringsluckor. Vid egna småhus är det kostnadsbesparings-skäl, vid hyreshus kan värmesystemen vara inreglerade med hänsyn till användning av luckorna, varför det blir för kallt om de ej användes. Härtill kommer förutnämnda sidoeffekter ävensom önskvärdheten att undvika t.ex. kallras från fönstren ("drag"), verkligt drag från blåst m.m. Det är därför mycket som talar för att man tämligen regelbundet underkastar sig det obetydliga besvär som stängning eller öppnande av lättmanövrerade luckor medför.

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 770473-6 från
Statens råd för byggnadsforskning till Inst. för byggnadsteknik,
KTH, Stockholm.**

STATENS RÅD FÖR BYGGNADSFORSKNING

R121: 1979

ISBN 91-540-3114-1

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700021

**Abonnemangsgrupp:
Z. Konstruktioner o. material**

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

Cirkapris: 20 kr exkl moms