



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

R178:1980

**Energibesparing genom
fönsterisolering**

Inventering

**Leif Gustavsson
Carl-Hugo Olsson
Göran Svensson**

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	80-2558
Plac	ser

R
ant

R 178:1980

ENERGIBESPARING GENOM FÖNSTERISOLERING

Inventering

Leif Gustavsson
Carl-Hugo Olsson
Göran Svensson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
791384-3 från Statens råd för byggnadsforskning
till Resursbesparande Byggande RBB, Lund.

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

R 178:1980

ISBN 91-540-3430-2
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1980 059378

INNEHÅLL

1.	SAMMANFATTNING	5
2.	PASSIV SOLTEKNIK	9
3.	FÖNSTERISOLERINGAR	11
3.1	Allmänt	
3.2	Litteratur på området	12
3.3	Typer av fönsterisoleringar och drift	18
3.3.1	Utvändiga fönsterisoleringar	18
3.3.2	Isolering mellan glasen	18
3.3.3	Invändiga isoleringar	20
3.3.4	Isoleringar på glas - efter montering av fönster	21
3.4	Selektiva skikt	21
3.4.1	Allmänt	21
3.4.2	Verkningsätt	22
3.4.3	Selektiva skikt på marknaden	25
4.	ENERGIBESPARING OCH EKONOMI	27
4.1	Rapporterade besparingar och beräkningar	27
4.2	Slutsatser genom refererade beräkningar	28
4.3	Ekonomiska synpunkter	29
5.	PROGRAM FÖR FORTSATT ARBETE	31
5.1	Fältstudier och teoretiska studier	31
5.2	Genomförandet av fältstudier	33
5.3	Tidplan	34
5.4	Kostnader för fortsatt arbete ...	34
BILAGA 1.	Litteratursammanställning	37
BILAGA 2.	Mätbox	55
BILAGA 3.	Utvändig fönsterisolering	57

1 SAMMANFATTNING

En femtedel av bostädernas energiförbrukning i Sverige går åt till att täcka värmeförluster genom fönster. (Statens Planverk 1977:41).

Detta innebär att 14,8 TWh årligen förloras genom fönster, och att på samma tid måste landet tillföras nästan 20 TWh energi för både fönsterförluster och omvandlingsförluster. (Statens Planverk 1977:41). Energiförlusten motsvarar omkring 2 000 000 m³ olja årligen.

Det föreligger vidare ett nybyggnadsbehov som motsvarar drygt 50 000 - 60 000 lägenheter årligen, där det är av största vikt att finna energisnåla fönsterlösningar.

Mot bakgrund av detta påbörjades på ett tidigt stadium en studie av olika byggnadstyper som i ökande grad medgav utnyttjande av solvärme genom fönster. En praktisk följd blev också förslag till olika slags fönsterisoleringar som skulle kunna förbättra fönstrens roll i en medveten energihushållning.

Problemet är i huvuddrag att få in så mycket sol som möjligt; att minimera nattförlusterna och åstadkomma ett bra inomhusklimat under hela året. Alla lösningar till detta problem måste uppfylla grundläggande krav på användbarhet och anpassning till vardagens krav i byggnaderna.

För att undersöka hur stora besparingar som faktiskt är möjliga att uppnå under olika förhållanden inlämnades ett förslag till Statens råd för byggnadsforskning om hur mätningar av detta slag skulle kunna genomföras. Detta ledde till att Byggnadsforskningsrådet under våren 1980 lämnade stöd till projektets första etapp, som här rapporteras.

Denna första del av projektet har gällt en litteraturöversikt och en inventering av fönsterisoleringar samt erfarenheter kring dessa. Under arbetets gång har en så allmängiltig studie som möjligt eftersträvat av isoleringsproblematiken utan någon särskild inriktning. Därför har möjligheter med selektiva skikt på glas diskuterats, och vidare har jämförelsen mellan treglasfönster och fönsterisoleringar berörts. Avslutningsvis lämnas här ett förslag till principer för det fortsatta arbetet.

Litteraturöversikten har givit vid handen att fönsterisoleringar inte är något nytt problem, utan har med jämna mellanrum återkommit under 1900-talet. De första mätningarna av t ex fyrglasfönster gjordes redan i början av tjugotalet. Att särskilt tilläggsisolera fönster med genomsläpplig plast tillämpades under andra världskrigets blockadår i Sverige.

Vid mitten av femtiotalet aktualiserades åter frågan om treglasfönster och fönsterisoleringar. Därefter är det oljeprispolitiken som under sjuttiotalet och idag medfört nya studier av problemet.

Det har varit intressant att notera att det experimentella underlaget för beräkningar inte varit uttömmande. Man måste förvånas över problemets stora vidd, och de begränsade mäterfarenheter som finns. Det är i huvudsak bara två längre mätserier som har kunnat rapporteras.

Först var det docent Gunnar Pleijel som i början av femtiotalet genomförde mätningar av ett antal olika fönsterskydd, som han kallade dem. Han avslutar sin rapport med att konstatera att mätningarna bort grundas på större noggrannhet. De ekonomiska möjligheterna hade varit allt för begränsade för att rymma tillräckligt många alternativ. Emellertid kunde Pleijel klart påvisa, att mycket enkla åtgärder hos tvåglasfönster ledde till att man fick samma verkan som med ett tredje glas. Det var också uppenbart att kostnaderna för dessa enkla åtgärder var påtagligt lägre än för en tredje ruta.

Under sjuttiotalet har man vid Chalmers Tekniska Högskola gjort mätningar av vilken besparingsverkan konventionella solskydd kan ha. (Andersson, Jacobson och Wilhemsen, 1975.) Denna undersökning pekade på att upp mot 0,5 TWh kan sparas genom användande av befintliga solskydd nattetid, d.v.s. utan några investeringskostnader.

Förutom dessa har ett flertal andra byggnadsforskare konstaterat att enkla tilläggsisoleringar gör att tvåglasfönster får minst samma isoleringsförmåga som ett treglasfönster.

Beräkningar av den samlade besparingsverkan genom fönsterisoleringar har gjorts i litteraturen. Det är slående hur olika resultat som redovisas. Man finner en möjlig besparing från 66 till 330 kWh/m² och år för tvåglasfönster.

Skillnaden beror på olika typer av fönsterisoleringar, geografiskt läge, orientering och beräkningsmetod. Det har inte gjorts någon samfällid bedömning med en enhetlig beräkningsmetod, och antingen beräknas fönstret separat eller i sammanhang med hela byggnaden. Det har stor betydelse hur pass energikrävande byggnaden är för övrigt, och inte heller härvidlag finns någon samstämmighet i beräkningarna. Vidare finns det bara något enstaka försök att beräkna den möjliga besparingsverkan i olika typer av stadsplaner.

Att därför meningarna om den totalt möjliga energibesparingen för landet går isär, är mot bakgrund av detta

helt naturligt.

Man kan därför konstatera att den övergripande frågan om fönsters isoleringsförmåga och roll i inomhusklimatet ännu idag inte fått sin hela förklaring. Med tanke på fönsterisoleringarnas betydelse för en förbättrad energihushållning i stort, ter det sig logiskt att öka de praktiskt grundade mäterfarenheterna.

Vid uttormandet av byggnader för optimal solinläckning spelar transmissionsförlusterna genom fönstren en avgörande roll i kombination med andra krav såsom byggnadens magasineringförmåga och reglering av uppvärmningssystemet. Detta medför att för fönsterisoleringar bör fältnässiga och teoretiska studier samordnas med studier kring passiv solteknik.

Av vikt är också att visa på hur kraven för optimal solinstrålning kan uppfyllas i praktiskt byggande och vad det får för ekonomiska respektive energikonsekvenser.

Idag torde nästan alla vara överens om att ett av huvudmålen för Sverige är att spara energi och att forska för att i framtiden möjliggöra ett brett användande av förnyelsebara energikällor. Stora satsningar görs för att kunna använda aktiva solfångare för uppvärmningsändamål av skilda slag. Men utvecklande av den mest effektiva solfångaren som torde arbeta vid den lägsta tänkbara drifttemperaturen - utformandet av själva byggnaden som en solfångare - sker ännu inte i särskilt hög grad i Sverige. Vissa utredningar har dock uppmärksammat den potential som finns tillgänglig till en rimlig kostnad. I tekniska högskolornas energi arbetsgrupps rapport "Det oljelösa samhället" återfinns bl. a. följande citat:

"För byggnadsuppvärmning bör eftersträvas att så mycket som möjligt utnyttja den direkta solstrålningen, s.k. passiv solteknik. Detta kräver ändamålsenlig utformning av byggnadernas placering, fönsterriktning och fönsterstorlek. Forskningen är således angelägen både som grund för samhällsplanering och byggnadsutformning. Med rätt utformad passiv solfångning kan varje nytt hus redan idag få betydande värmertilskott."

Rapporten anger vidare att angelägna forsknings- och utvecklingsuppgifter bl. a. är "System för passivt utnyttjande av solenergi, t. ex. solfångande väggar och tak, lämpliga värmeisolerande rullgardiner för nattisolering av fönster, glasade verandor för expanderad boyta under 6-7 månader under året o.s.v. "

Genom att endast orientera byggnaden rätt, vilket i stort kan ske helt utan kostnad, kan en väsentlig reduktion av uppvärmningsenergin göras. Utformas dessutom byggnaden på lämpligt sätt redan vid utarbetandet av arkitekturritningar kan besparingar göras betydligt större. Värden för ett optimalt utformande av byggnaden måste dock utarbetas.

Den främsta nackdelen med den passiva soltekniken är de stora värmeförluster som erhålls från fönster. Dessa går dock att minska med någon typ av rörlig isolering, som träder i funktion då energiförlusterna är större än energitillskottet från solen. Behov föreligger därmed för att undersöka möjligheterna att på ett ekonomiskt sätt utforma rörliga isoleringar som styrs automatiskt eller manuellt. Dessa är nämligen en viktig del av de ekonomiska förutsättningarna för att möjliggöra ett brett användande. Samtidigt erhålls visst underlag för att bedöma möjligheten att tillgodoräkna sig energi-besparingar vid statlig belåning.

Det är av största vikt att forskningen drivs fram så att man inom rimlig tid kan bygga fullskaleanläggningar, eftersom man då direkt kan visa på energibesparing kontra kostnaden. Givetvis erhålls också då lämpliga referensobjekt. Detta tillsammans möjliggör en snabb introduktion av den passiva soltekniken.

Avsikten i det fortsatta arbetet är att studera den passiva soltekniken, med tyngdpunkt på fönsterisoleringars betydelse, för att nedbringa transmissionsförlusterna genom fönster och deras förmåga att fungera som solavskärmare när övertemperaturer uppstår.

Fönsterisoleringars betydelse för befintlig bebyggelse samt för konventionell nyproduktion kommer också att studeras.

3 FÖNSTERISOLERINGAR

3.1 Allmänt

Fönsterisoleringars primära uppgift vid passiv solteknik är att nedbringa de stora transmissionsförlusterna i form av värme genom fönstren på natten. På dagen kompenseras dessa förluster av en ökad solinstrålning som skall ge ett överskott på energiutbytet samtidigt som temperaturen på uteluft är högre. En fönsterisolering kan också uppfylla andra funktioner såsom: vid behov tjäna som solavskärmning, bullerdämpare etc. En dekorativ effekt kan också erhållas med vissa typer av fönsterisoleringar i kombination med lämpliga fasadutformningar, vilket berikar till en mer omväxlande boendemiljö.

Fönsterisoleringar kan utformas och appliceras på flera olika sätt men två olika indelningar kan i grova drag göras:

1. Var de är placerade, (innanför, mellan eller utanför fönstret).
2. Hur de styrs, (manuellt eller automatiskt).

Vid en placering av fönsterisoleringar innanför fönstren finns det möjlighet till att styra dessa på ett relativt enkelt sätt både manuellt och automatiskt. Nackdelar är främst att isoleringen kräver en del av rumsutrymmet samtidigt som krukväxter med mera som normalt ställs i fönsterkarmen eller på fönsterhylla kommer att vara i vägen. Vidare torde man vara tvungen att göra isoleringen relativt tunn, vilket medför en sämre isoleringsförmåga för att utrymmet, som tas i anspråk skall kunna hållas på en rimlig nivå. En nackdel är också att den solavskärmade förmågan minskar, eftersom solinstrålningen tillåts att passera genom fönstren och därmed kommer en större mängd strålningsenergi in i rummet.

Appliceras fönsterisoleringen mellan glasrutorna är den ej i vägen för invändiga arrangemang samtidigt som den ej påverkas av utvändiga mekaniska laster i form av klimatvariationer. För isoleringar som har ett större värmotstånd ($1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$) blir de manuella styranordningarna svårare att anordna än för invändiga isoleringar. Vad det gäller de automatiska styranordningarna torde skillnaderna ej vara särskilt stora. Främsta nackdelarna blir dock att ett särskilt utrymme måste finnas för att föra ned isoleringen i, samtidigt som den ej kan göras för tjock. Vidare måste fönstren förändras i stor omfattning vilket i början - kanske även senare - av introduktionen av passiv solteknik skulle medföra att fönstren fick specialtillverkas till en högre kostnad samtidigt som specialarrangemang fick göras för väggen.

Enkla fönsterisoleringar i form av persienner etc fungerar praktiskt bra och är relativt billiga. Deras isoleringsförmåga kan vanligtvis jämföras med ett ytterligare glas i fönsterkonstruktionen.

Fönsterisoleringar placerade utanför fönstren i form av fönsterluckor har bortsett från klimatpåverkan, som de måste kunna motstå, flera fördelar. Det finns inga begränsade utrymmen eftersom de i öppet läge placeras utanför ytterfasaden. Solavskärmningen fungerar på bästa tänkbara sätt eftersom avskärmningen sker utanför byggnaden. Det finns också möjlighet att fönsterluckorna vid öppet eller halvöppet läge fungerar som dekoration och ger mer livfullhet åt husets exteriör. För att de skall fungera som bra solavskärmare bör öppning respektive stängning ske i vertikalled, vilket medför ett större arbete vid öppning eftersom fönsterluckorna måste lyftas. Svårigheter kan det vara att inifrån styra isoleringen manuellt.

3.2 Litteratur på området

Som en del av programarbetet har ingått att göra en litteraturöversikt rörande fönsterisoleringar. Vidare avsågs att göra en sammanställning av fönsterisoleringarnas tekniska egenskaper, styranordningar och driftserfarenheter.

Det ligger i sakens natur, då fönsterisoleringar är sällsynta, att de flesta av erfarenheterna härrör från skilda platser och från tillfällena ibland längre tillbaka i tiden. Därigenom har delvis sammanställningen av erfarenhetsunderlaget kommit att ingå i litteraturöversikten. De flesta beskrivningar av drift m.m. av fönsterisoleringar är idag bara möjliga att få genom litteraturen.

Problemet att förbättra fönsters tekniska, termiska och praktiska egenskaper har länge bearbetats inom byggnadsforskningen. Problemet har sina rötter redan i 1800-talets byggnadsforskning.

Man kan säga att under 1900-talet har forskningen kring och utvecklingen av fönster, och inte minst förbättringen av fönsters isoleringsförmåga, kommit att ta fart vid fyra olika skeden.

Först var det under och strax efter första världskriget, när bränslepriserna började stiga markant. Det var i detta skede nödvändigt av ekonomiska skäl att undersöka olika byggnadsmaterials isoleringsförmåga och vad som betingade byggnaders bränsleförbrukning.

Diskussioner kring hur fönsters k-värden kunde förbättras kom igång då. Man kan särskilt märka arbetet som drevs av Kreuger & Eriksson (1922-24). Dessa forskare startade första k-värdesmätningarna på experimentell grund vid Tekniska Högskolan i Stockholm.

I deras program låg också att undersöka hur fönsters k-värden varierade beroende av väder och vind. Man uppförde en provstation där mätningar under olika förhållanden kunde ske.

Kreuger & Eriksson gjorde mätningar av tvåglasfönster av skilda slag, med olika typer av karmar och bågar. Av särskilt intresse för fönsterisoleringar är att de gjorde de första mätningarna på tre- och fyrglasfönster. Möjligheten att gå upp till fyra glas i fönster var vid denna tid något helt nytt, och måste ha verkat främmande vid tanken på att en enda ruta i fönster var vanlig. Det stod emellertid klart för dessa forskare att det var ekonomiskt att i norra Sverige börja använda treglasfönster istället för fönster med två rutor.

Möjligheten att koppla samman k-värdesmätningarna med beräkningar av byggnaders energibehov var vid denna tid mindre klara. Man hade inte ett lika fullgott underlag av klimatdata, närmast temperaturkurvor, för så många platser som idag. Det rådde också en viss osäkerhet om hur byggnaders energiförbrukning varierade. Därigenom kunde man vid denna tidpunkt inte sätta fönsters k-värden i relation till variationen av isoleringsförmågan hos andra byggnadsdelar. Ett steg framåt, med indirekt betydelse för beräkningen av fönsterisoleringar, togs genom Fagerström (1922), som sammanställde en metod för beräkning av byggnaders energibehov.

Efter den skarpt markerade kostnadstoppen för bränslet i tjugotalets början, sjönk priset rätt snabbt under åren därefter. Energipriset, och därmed ansträngningarna att isolera byggnader och fönster särskilt, avmatades. På det hela taget stod utvecklingen stilla fram till andra världskriget.

Problemet kom emellertid att skärpas i och med den försämrade bränsleförsörjningen och de kalla vintrarna i början av fyrtiotalet. Man hade vidare under föregående decennium givit sig in på ett byggande med allt större fönsterytor, som hade blivit arkitektoniskt mode. Det hände t.o.m. att stora glaspartier gjordes i ett glas, exempelvis vid trapphus.

Problemet var ytterst allvarligt, och under 1942 beräknades bränsleförbrukningen hos bebyggelsen motsvara kostnaden för den årliga nyproduktionen i dess helhet enligt Eriksson (1942).

Av naturliga skäl skärptes kraven på energisparande, och frågor rörande fönsterisoleringar av skilda slag började undersökas. Installation av treglasfönster blev åter aktuell. Det uppfördes ett antal byggnader vid denna tid som hade treglasfönster, bl. a. Gärdesgården i Stockholm som invigdes hösten 1942.

Vid denna tid läggs förslag fram om att orter norr om Stockholm bör ha treglasfönster istället för den då som nu vanliga tvåglasvarianten, t. ex. genom Eriksson (1943).

Fönsterisoleringar blir samtidigt aktuella. Man hade vid denna tid tillgång till ett isoleringsmaterial med namnet isoflex. Detta är ett transparent plastmaterial med små hålrum för luft, som hade en viss isolerande verkan. Mätningar gjordes i början av fyrtiotalet av vilka besparingar som kunde göras vid inplacering av materialet mellan glasen i tvåglasfönster.

Eriksson (1943) gjorde jämförande mätningar för treglasfönster, fönsterisoleringar av isoflex och träfiberskivor över fönster. Problemet med fönsterisoleringar och treglasfönster är redan i detta skede i sin helhet beskrivet. Man saknar dock mät- och beräkningserfarenheter för angivandet av den instrålningsvinst som är möjlig att göra genom fönster. På det hela taget framgår det av litteraturen från denna tid, att man inte tillmäter solinstrålning vintertid någon ekonomisk betydelse. Det är heller inte att förvåna då den tidens hus var betydligt mer energikrävande, och andelen hushållsvärme och solvärme spelade en mindre roll än idag.

Fysiologiska aspekter på stora glasytor och följande temperaturförhållanden hade redan tidigare undersökts. Dessa frågor får emellertid förnyat intresse med försöken att spara bränsle. Det föreslås att utnyttjande av fönsterisoleringar kan medföra förbättringar av strålningsklimatet inomhus, t. ex. genom Frisk (1942). Mätningar refereras av denna källa som visar att genomskiktliga fönsterisoleringar framför befintliga fönster leder till att radiatortemperaturer kan sänkas med en energibesparing som följd.

Alla dessa resonemang ledde, som de flesta väl känner, till att fönstertygorna allmänt sett reducerades i nybyggnaden under och strax efter andra världskriget. I och med det förbättrade försörjningsläget åren efter minskade intresset för möjligheten att isolera fönster.

Det finns dock ett undantag. I början av femtiotalet påbörjade Gunnar Pleijel undersökningar av fönsterisoleringar som var unika. Pleijel gjorde fältmätningar av upp till nio olika fönsterskydd, som de benämndes. Projektet pågick under åren 1952-54. Dessa var de första långtidsprov som gjordes, och ledde till mycket anmärkningsvärda resultat.

Pleijel (1957) kunde visa att tvåglasfönster med enkla isoleringar av pappersjalusier och persiennor uppnådde ungefär samma k-värden som treglasfönster. Mätningarna var unika också så tillvida att både k-värde och solskydd studeras samtidigt. Än idag tenderar dessa frågor att behandlas artschilda i en stor del av litteraturen.

1956 kom Suezkrisen, och därmed skärptes medvetandet om landets besvärliga oljeförsörjningsläge. Diskussionen om fönsterisoleringar tog åter fart, och Adamson & Höglund (1957) gjorde en jämförelse mellan två- och treglasfönster.

Denna undersökning gällde kostnader för bågar, karmar, putsning och bränsle. Författarna visade att det kunde finnas skäl att gå över till tre glas från två i olika fall.

Emellertid anfördes kritik mot att solinstrålningsvärdet för treglasfönster överskattats jämfört med tvåglasalternativet. Detta torde ha hängt samman med att beräkningsunderlaget ännu på femtiotalet i detta hänseende inte var genomarbetat.

Emellertid ger Höglund (1964) en förnyad beräkning mot bakgrund av en fördjupad bearbetning av strålningsfrågorna. Härvid visas att skillnaden i besparing för de två fönsteralternativen är beroende av orienteringen och möjligheten att i verkligheten tillgodogöra sig solvärmens. Denna synpunkt har en allmängiltig betydelse för alla slags fönsterisoleringar. Dessa beräkningar av Höglund gällde dock för en plats, och det har senare visats att också det geografiska läget påverkar besparingsmöjligheten. Ju längre norrut fönsterisoleringen installeras i Sverige, desto större blir besparingen.

Diskussionerna kring treglasfönstret ledde till att de statliga lånemöjligheterna utökades att omfatta treglasfönster. Dessa lån upphörde dock få år härefter. Fönsterisoleringar kom inte att stödjas på motsvarande sätt.

Härefter är det först under sjuttioalet i och med oljeförsörjningsproblemen som frågan om fönsterisoleringar på nytt berörs, och då på ett mer genomgående sätt.

I och med 1975 framkommer allt mer litteratur inom området. Hagman (1975-80) beräknar i flera rapporter och tidningsartiklar de möjliga besparingseffekter fönsterisoleringar kan ha. Denne anger att det är möjligt att spara 200-300 kWh/m² och år genom utvändiga fönsterisoleringar. Hagman har vidare lagt vikt vid att göra omfördelningsberäkningar enligt SBN-75, där mindre areor med tvåglasfönster skall totalt ge lägre kostnad och energiförbrukning än alternativ med treglasfönster.

Utvecklingen rörande fönsterisoleringar kom emellertid att gå andra vägar. Det blev treglasfönstret som vid mitten av sjuttioalet ansågs vara den bästa lösningen. Skälen härför lades fram av t. ex. av Adamson & Källblad (1975), och genom lånevillkor för statliga lån har åren därefter treglasfönstret kommit att uppfattas som normbestämt.

Adamson & Källblad har mot bakgrund av förbättrade datorberäkningsmetoder år 1975 uppskattat treglasfönstrets besparingsmöjligheter beroende av orientering och geografiskt läge. Energibesparingen genom det tredje glaset anges för Malmö, Stockholm och Luleå till 75, 90 och 120 kWh/m² och år i medeltal.

Dessa datorberäkningar avsåg ett avgränsat rum med ett fönster och en yttervägg. Bl. a. mot bakgrund av dessa

beräkningar menade författarna att det var nödvändigt att stimulera användningen av treglasfönster genom att förbättra lånemöjligheterna. Dessa utökningar av låneunderlaget infördes också som nämnts.

De synpunkter och beräkningsmetoder som kommit fram vid utvecklingen av treglasfönster har samma betydelse för andra typer av fönsterisoleringar. Därför är en stor del av litteraturen om treglasfönster av allmänt intresse trots att här först och främst arbeten med anknytning till andra fönsterisoleringar tagits upp.

De rent tekniska möjligheterna att spara energi med fönsterisoleringar har experimentellt provats under sjuttio-talet.

Det finns inte något överflöd av mätdata, och långtidsprov förutom Pleijels existerar veterligen inte. Dock har längre undersökningar under några månader gjorts av Andersson, Jacobsson och Wilhelmsen (1976). De rapporterar att gängse rullgardiner, persienner och metalliserade filmer kan medföra förbättringar av tvåglasfönstrets värmevinst med upp till 32% jämfört med oisolerat fönster. De har då prövat olika användningssätt och nyttjandetider. Denna experimentella undersökning kunde enligt författarna bekräfta tidigare resultat från undersökningar av solskydd.

I samma skede uppger Isfält (1976) att enkla isoleringar som tätslutande gardiner kan ge tvåglasfönstret samma isoleringsförmåga som med ett tredje glas.

Därefter har inte några systematiska undersökningar rörande fönsterisoleringar kunnat rapporteras från annat håll. Visserligen har en del provanläggningar uppförts med olika typer av fönsterisoleringar, t. ex. genom Euroc och HSB, men mätningarna har inte kunnat särskilja fönsterisoleringarnas besparingsverkan i förhållande till andra installationer.

De fönsterisoleringar som under senare år lanserats, har grundat sina verkningsgradssiffror på momentana mätningar i olika provstationer. HSB genom Blomquist (1979) och Statens Provningsanstalt har gjort sådana k-värdesbestämningar för fönsterisoleringar.

Ett förslag till fönsterisolering lämnas av Brosenius (1979) som också gjort vissa mätningar på besparingsverkan. Denna isolering är tänkt för invändigt bruk, och antyder de möjligheter som finns att göra lättmanövrerade isoleringar.

En ny ansats att beräkna fönsterisoleringars besparingsverkan har gjorts av Adamson & Eftring (1979). Man har genomfört datorberäkningar av tvåvånings radhus med fönsterisoleringar för olika driftsfall.

Besparingsmöjligheterna har angivits till under 100 kWh/m² och år för den beräknade isoleringsvarianten. Dessa datorberäkningar är de första som sökt ta in utnyttjandet av fönsterisoleringar i ett större sammanhang med en byggnads samtliga energiflöden.

Det framgår genom litteratur på området att beräkningar av besparingsmöjligheter i andra fall tidigare gällt det enskilda fönstrets värmetransport. Man har då inte beräknat hur den samtidiga inverkan av flera energibesparande installationer kommer att se ut. Risken för övertemperaturer ökar i och med att byggnaderna blir mer täta och välisolerade, vilket gör att besparingsmöjligheterna för nytillkommande installationer minskar.

Försök att nå bättre isolerförmåga hos fönster har gjorts genom att belägga glasytor med reflekterande skikt. Det var från och med femtiotalet allt mer nödvändigt att använda belagda glas i kontorsbyggnader för att sänka kostnader för luftkonditionering och förbättra rumsklimatet.

Dessa typer av beläggningar var metalloxider eller rena metaller som visat sig användbara för att minska glasens emissionsförmåga, och följaktligen förbättra glasens k-värde. Sådana glas har börjat tillverkas utomlands, och syftet är att man skall kunna uppnå en selektiv verkan inom våglängdsområdet för ljus och värme. Ljuset släpps i huvudsak in medan långvågig strålning reflekteras från bakomliggande rum.

Litteraturen om dessa glas är i huvudsak utländsk. Det sker inte någon tillverkning av dessa glas i Sverige för närvarande, och någon uttömmande presentation av ämnet har inte kunnat finnas inom landet. Pilkington installerar dock för närvarande en maskin för framställning av dessa selektiva skikt i Halmstad, och tillverkningen beräknas börja hösten 1980.

Den tillverkning som nu planeras omges av sekretess, och kontaktade företag har inte kunnat meddela annat än allmän information. Tre utländska arbeten inom ämnet, Yellott (1964), Schröder (1968) och Abelès (1971) ger emellertid en god bakgrund till diskussionen. Brown & Isfält har mer översiktligt refererat dessa 1974.

De frågor som litteraturen inte kunnat ge svar till angående fönsterisoleringar är flera. Hit hör det geografiska lägets betydelse förenat med inverkan av olika orientering och skuggning, styrsystemens betydelse, rumsklimat och hur fönsterisoleringar kan utnyttjas i olika byggnadstyper med hänsyn till samtliga energiflöden.

Den genomgångna litteraturen anges i bilaga 1, med kommentarer till titlarna.

3.3 Typer av fönsterisoleringar och drift

Inventeringen har visat att det inte finns särskilt många fönsterisoleringar i drift, och några automatiskt styrda fönsterisoleringar har inte kunnat hittas i Sverige.

Å andra sidan finns det som bekant ett stort antal installationer av solskydd, markiser och persienner. Många av dessa har olika styrordningar av både manuellt och automatiskt slag. Det har emellertid legat vid sidan av vår uppgift att studera dessa typer, och här anges endast de fönsterisoleringar som tillkommit i energibesparande syfte och som är kända.

3.3.1 Utvändiga fönsterisoleringar

Hagman (1975) ger en noggrann beskrivning av konstruktionen till utvändiga fönsterluckor. Dessa är uppbyggda kring träramar och fyllda med mineralullsisolering, samt beklädda med panel eller skivor. Reglaget är manuellt, och kan styras inifrån eller utifrån.

Mätningar har gjorts av verkningsgraden momentant, och k-värdet har bestämts till $0,7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ för fönster och lucka. (2 glas).

3.3.2 Isolering mellan glasen

Den tidigast rapporterade isoleringen mellan glasen har gjorts av Eriksson (1943). Denne gör en ekonomisk kalkyl som grundas på skattning av k-värdet hos fönster med en extra isolering. Det var här frågan om isoflex, som var ett genomskiktigt plastmaterial med luftfyllda hålrum. Denna isolering kom att få en bredare användning. Några mätningar av isoleringsverkan i samband med byggnaders andra energiflöden anges inte av denna källa.

K-värdesförbättringen för tvåglasfönster torde ha legat vid $0,5 - 0,7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, vilket medförde att isoleringsförmågan då kom att motsvara ett fönster med tre glas. I de undersökningar som Eriksson gjorde framgick att denna isolering kunde betala sig på en till två eldningsssäsonger.

Ett liknande material finns idag tillgängligt. Berga Kemi AB i Dösjebro tillverkar ett isoleringsmaterial bestående av två plastfolier med geometriskt uppbyggda hålrum för luft. I första hand har materialet använts vid isolering av kyldiskar och kylgondoler.

Företaget har gjort ett antal installationer, som vid kyldisktillämpningar förutsätter manuell hantering. Detaljlösningar har provats av olika slag för såväl horisontell som vertikal och lutande montering. Eftersom materialet är böjligt tillåter det upprullning på spolar av olika storlek.

Det rapporteras inte om några mätningar av isoleringens verkningsgrad, men erfarenhetsmässigt torde denna typ ha åtminstone samma isoleringsförmåga som isoflexen från tidigare exempel.

Kostnaden för isoleringsmaterialet ligger vid ca 8:-/m² före installationen. Kostnaden för den färdiga isoleringen blir beroende av hur stora ytor som täcks vid samma tillfälle. Några uppgifter om kostnader för hela installationer har inte kunnat anges. Emellertid gäller förmodligen att kostnaden för denna plastisolering är låg, och kan tänkas vara rimlig i förhållande till energibesparingen.

Berga Kemi AB, och andra företag, tillverkar filmer för installation mellan glaset som solskydd. Dessa har en reflekterande sida, som avses veta utåt i utrymmet mellan glaset.

Denna folie har i och för sig inte kommit till användning i syfte att förbättra k-värdet hos fönster, men torde ha en viss inverkan i den riktningen. Genom mätningar av t. ex. Höglund (1973) har kunnat visas att reflekterande folier påtagligt minskar strålningsöverföringen mellan glaset, och samma effekt uppnås troligen med dessa typer av reflekterande solskyddsfilmer. Kostnaden för denna isolering ligger emellertid för högt för att motivera användning för k-värdesförbättring i fönster. Man får räkna med att denna typ av material kostar ca 200:-/m², varvid tillkommer arrangemang för upprullning och installation. Enligt uppgift ligger i ett flertal fall kostnaden vid 400:-/m² glasyta. Det är först när man har ett uppenbart kylbehov som ett material av denna typ och kostnadsklass kan komma ifråga. Det finns erfarenheter från ett stort antal installationer och man har kunnat få fram driftssäkra system, i de flesta fall manuella.

Det normala tillvägagångssättet vid installationen är att det tillverkande företaget besöker platsen för installationen, varefter folier etc. tillskärts och anpassas till de lokala förutsättningarna. Försäljning sker därför nästan alltid av material och installation på en gång.

Genom stöd från Styrelsen för Teknisk Utveckling har en isolerande persienn utvecklats av företaget Duraflexpersiennier. Lamellerna i persiennen har fått en förbättrad utformning med avseende på tätheten och lingenomföringen. Vidare är den ena eller båda sidorna reflekterande, vilket förbättrar värmemotståndet och minskar strålningsutbytet.

Enligt mätningar hos Statens Provvningsanstalt fås k-värden hos glasdelen som ligger mellan 1,4 och 1,7 W/m². K, hos tvåglasfönster. Persiennen regleras manuellt i likhet med vanliga persiennier.

Kostnaden för persienner av detta slag skiftar beroende av hur stora fönster som avses. Emellertid ligger kostnaden vid ca 120:-/m² vid nyinstallation i ett småhus. Erfarenheter från dessa persienner kan inte anges, men eftersom konstruktionen i övrigt är konventionell kan användningen troligen likställas med gängse typer.

3.3.3 Invändiga isoleringar

Bland isoleringar för användning bakom glaset har några av de tidigaste erfarenheterna beskrivits av Eriksson (1943). Denne undersökte kostnaden och isoleringsförmågan hos träfiberskivor insatta bakom tvåglasfönster. Efter tidens förutsättningar var isoleringen billig och hade god verkningsgrad. En påtaglig nackdel var av naturliga skäl en viss otymplighet och att solinstrålning inte kunde utnyttjas när de användes.

Frisk (1942) gjorde försök med stående glasskivor bakom fönster. Mätningar av värmebesparing genom förbättrat klimat gjordes mer översiktligt, men visade att enkla isoleringar av det slaget i flera sammanhang kunde ha god verkan. Nackdelen med isoleringar av detta slag är att fönstret inte är direkt åtkomligt.

Teknoterm AB i Malmö har undersökt, tillverkat och patenterat prototyper till fönsterisoleringar. En installation har prövats i det s.k. Termorochuset i Limhamn. Denna isolering var motordriven på grund av sin storlek. Materialet var en cellplast i stavform limmad på väv.

Andra typer har tillverkats för användning i mindre fönster och för manuellt reglage. Isoleringsförmågan ligger härvid på ca 0,7 W/m². K för de olika typerna. Någon ytterligare tillverkning har inte ägt rum, och det föreligger därför inte något erfarenhetsunderlag bortsett från provhuset.

För provbyggnaden har en rad mätningar skett, men på grund av ett stort antal andra frågor som undersökts har det inte varit möjligt att göra särskilda mätningar på fönsterisoleringens betydelse. Emellertid uppges att det kan finnas risk för kondens vid användning av fönsterisoleringar.

Brosenius (1979) beskriver en invändig fönsterisolering för manuellt reglage. Denna isolering är bestående av cellplastskivor monterade på en tunn träram. Isoleringen är vidare beklädd med ett ytmaterial eller målad. Luckorna är parvis delade och tänkta att symmetriskt skjutas åt fönstrets sidor. Luckorna kan lätt skjutas fram och tillbaka, och tar inte särskilt stor plats i ett fönster.

De flesta typer av fönsterisoleringar medför ett visst ingrepp i fönstret, men denna lösning tycks vara ett exempel

på att påverkan kan göras liten.

K-värdet för isoleringen med tvåglasfönster ligger enligt rapporterat prov på ca $0,9 \text{ W/m}^2$. K. Kostnaden för material och arbete har beräknats att ligga vid ca $120:-/\text{m}^2$ år 1979.

Då detta exempel ännu får betraktas som en prototyp kan inte ett bredare erfarenhetsunderlag rapporteras. Kondens kan inträffa vid särskilt hög luftfuktighet, men har inte utgjort något påtagligt hinder enligt författaren.

Genom stöd från Styrelsen för Teknisk Utveckling har A. Iwanitsky utvecklat en fönsterisolering med cellplastskivor som drivs med tryckluftarrangemang. Trycket är mycket litet och åstadkoms med en fläkt i anslutning till tilläggsisoleringen. Projektet är emellertid en ansats att reglera isoleringen automatiskt. På grund av projektets tidiga skede har inte driftserfarenheter kunnat anges.

Fönsterisoleringar av transparent plast med luftmellanrum, enligt Berga Kemi AB, är också användbar som invändig isolering. Förslag till detaljlösningar har upprättats vid företaget, varvid dock ännu inte driftserfarenheter kunnat anges.

3.3.4 Isoleringar på glas - efter montering av fönster

I handeln har funnits tillgång till folier av plast som fästs på glasytor. Det är tänkbart att använda reflekterande film på detta vis, där alltså glasytan bekläs i efterhand. Import av en sådan filmtyp görs t. ex. av Kema Nobel. Effekten av denna isolering torde motsvara reflekterande folier och persienner m.m. Kostnads- och driftsuppgifter föreligger ej.

3.4 Selektiva skikt

3.4.1 Allmänt

Verknings sättet för selektiva skikt bygger på att glasets transmissionsförmåga för ljus och värme kan ändras genom olika beläggningar. Det är möjligt att öka glasets reflektionsförmåga samtidigt som emissionsförmågan minskas.

En del beläggningar ger möjligheter till att en stor del av synligt ljus släpps igenom, under det att värme infrån rummet till större delen reflekteras. Andra beläggningar tenderar att färga ljuset eller mörklägga rum bakom fönster, varför olika typer av beläggningar får skilda tillämpningar.

Det finns vidare olika hållbarhetsgrader hos denna typ av skikt, som medför att vissa måste skyddas för beröring när andra är tåligare.

Kostnaden för selektiva skikt ligger tämligen högt, och i allmänhet kan de först komma ifråga vid olika typer av solskyddande glas, och i andra hand för värmeisolering.

3.4.2 Verkningsätt

Tillverkare av selektiva skikt omger framställningen med stor sekretess, varför det inte har varit möjligt att från berörda företag och organisationer få upplysningar om givna produkters sammansättning.

Emellertid är detta område väl studerat i fysiken rörande tunna filmer, och det finns en omfattande litteratur i ämnet. Det torde vara möjligt att tillämpa denna kunskap på glas med selektiva skikt, som efterhand kommer ut på marknaden.

De första selektiva skikten utvecklades i samband med nya och förbättrade smältugnar under fyrtioalet i USA. Det var nödvändigt att ha synkontroll över processen samtidigt som man behövde skydda den arbetande personalen från strålningsvärmern. För att lösa problemet anbringades olika typer av keramiska skikt på besiktningsglasens insida, varigenom man fick en minskad emission från glaset.

Verkningsättet hos dessa skikt eller filmer grundas på att summan av transmission, reflektion och absorption är konstant enligt Kirchhoffs lag. Om t. ex. absorption och reflektion ges höga värden följer att transmissionen blir liten.

Detta förhållande har senare främst utnyttjats vid framställningen av värmereflekterande och värmeabsorberande glas. Dessa glas är färgade för att öka absorptionen, och har en reflekterande yta belagd på glasets rumsida. Förutom att öka solavskärmningen medför ett glas av denna typ också att värmeavgivningen under kalla dagar från rummet minskas.

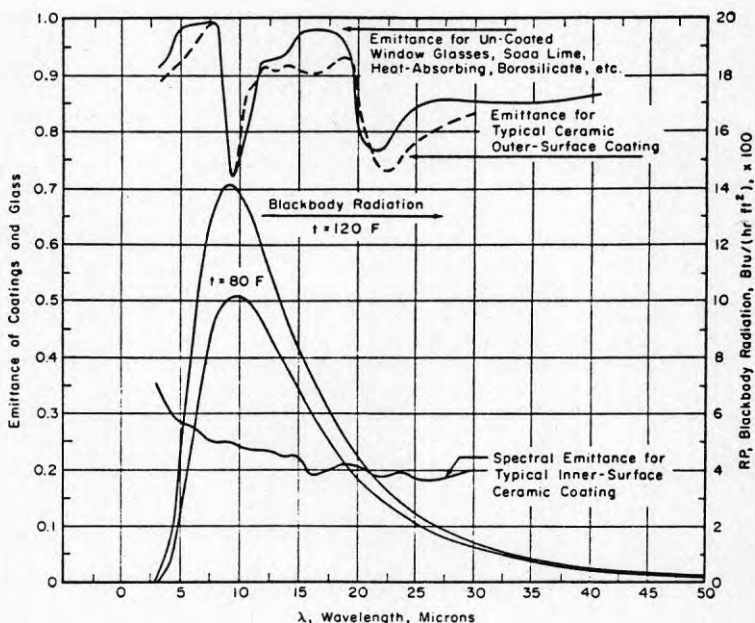
Ett sådant glas bör ha en hög absorptionsfaktor på utsidan så att i lika hög grad värmen kan avges, när glaset är uppvärmt. Steget från teori till praktik är komplicerat, och det har funnits viktiga problem som har uppstått i samband med detta. T. ex. uppstår spänningar i glaset genom uppvärmningen som i flera fall har lett till sprängningar. Dessutom har starkt uppvärmda glas haft en ogynnsam inverkan på rumsklimatet genom ökad utstrålning.

Glastekniken har inriktats på att bringa dessa faktorer under kontroll och få fram glas som haft acceptabla

egenskaper vid praktisk tillämpning. Vid sidan av dessa direkt mätbara förhållanden har olika beläggningar på glaset inneburit att ljuset färgats mer eller mindre vid passagen.

Genom denna färgning har oväntade effekter uppstått vid färgsättning av bakomliggande rum. Vissa typer av beläggningar har lett till att färgskalan förts över till exempelvis gröna och blåa toner, vilket bortsett från psykologiska följder också har haft rent praktiska. Sålunda har säkerhetsfrågor i riskfyllda arbetskedan undersökts med hänsyn till färgförskjutningar.

De keramiska skikten, som är de billigaste, har haft till nackdel att glaset har blivit flammigt. Därför har det inte varit möjligt att använda glaset okritiskt. Emellertid är denna skikttyp effektiv, och Yellott (1964) anger mätningar där emissionsförmågan för keramiskt belagda glas är sänkt till mellan 1/3 och 1/4 för ljusets hela våglängdsområde. Se figur 1.



Figur 1.
Spektrala emissionsfaktorer för icke-belagt glas och glas med keramisk beläggning, för långvågig strålning. Samtidigt visas utstrålningen från en svart kropp med temperaturen $26,7^{\circ}\text{C}$ (80°F) och $48,9^{\circ}\text{C}$ (120°F). Yellott (1964).

De keramiska skikten består av metalloxider. Oftast är metallen titan, tenn, indium eller järn.

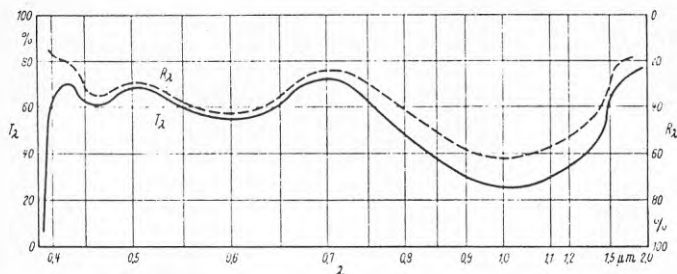
För att få fram jämna och icke-flammiga beläggningar har man tidigt använt rena metallbeläggningar eller filmer. Det är här guld eller nickel-krom som har givit de bästa selektiva egenskaperna.

Guld har de bästa egenskaperna ur denna synpunkt genom att hindra infraröd utstrålning samtidigt som det synliga ljuset passerar utan färgförskjutningar av märkligt slag. Nickel-kromfilmer på glas gör bakomliggande rum mörkare. Kostnaden för guldskiten ökar nu starkt, och för båda typerna gäller att de är känsliga för mekanisk påverkan. Av denna anledning anbringas de på något av glasens mellansidor vid två- eller treglasfönster.

Tekniken att öka selektiviteten har studerats både teoretiskt och praktiskt. Genom att välja ut de våglängdsområden man önskar spärra, är det möjligt att med interferens utsläcka ljuset inom det valda intervallet. Genom en sådan interferensteknik är det möjligt att öka selektiviteten fem till sex gånger.

Det är genom att använda tunna materialfilmer av icke-ledande material som metalloxider, och som har liten absorption och ett högt brytningsindex (Ca 2,3), som det är möjligt att få denna verkan förstärkt. Filmens tjocklek har direkt betydelse för vilket våglängdsområde som påverkas. Därför måste den optiska tjockleken, filmens djup gånger brytningsindex vara $1/4$, $3/4$ eller en högre ojämn multipel av $1/4$.

Förbättringar i selektiviteten kan vidare åstadkommas genom att lägga flera filmer på varandra som har olika brytningsindex. T. ex. om man lägger tre filmer på varandra, varvid man har ett lågt värde hos brytningsindex för den mellanliggande filmen och höga värden för den första och tredje filmen, är det möjligt att öka reflektionen för långvågig strålning. Se figur 2.



Figur 2.

Spektral transmission och reflektion för ett glas som på båda sidor belagts med tre icke-ledande skikt. Observera att detta glas har högsta reflektion och lägsta transmission i det infraröda området. Schröder (1968).

Dessa problem för ljusets brytning och reflektion kan studeras matematiskt, och det är teoretiskt möjligt att bygga upp skikt som har en mycket selektiv verkan för vissa våglängdsområden. Emellertid är de praktiska problemen att få fram material, som är stabila och ekonomiskt gångbara väsentligt större, vilket gör att dessa möjligheter att öka fönsters isoleringsförmåga ännu är i början.

3.4.3 Selektiva skikt på marknaden

Alla solskyddsglas som har någon reflekterande beläggning har en viss selektiv verkan för strålning, i den meningen att transmissionen över våglängdsområdet för ljus är olika.

De flesta belagda glas som marknadsförs har till syfte att vara solavskärmade. De har därför ofta ett reflekterande skikt på det yttre glasets insida, som därför förbättrar k-värdet något.

Några få glastyper försäljs som särskilt värmeisolerande glas. Man har då kunnat slopa det tredje glasets, och med två glas av vilka det ena är belagt uppnås k-värden som är minst lika bra som för treglasfönster. Exempel på dessa typer är Elioterm (R), Climaplus (R) och Thermo-plus (R) m. fl.

Beläggningen är utförd på det inre glasets yttre sida mot luftspalten. I samtliga fall torde det vara metallbeläggningar eller metalloxider.

K-värdet hos dessa tvåglastyper ligger mellan 1,3 och 1,6 W/m². K enligt uppgift. När fabrikanterna med dessa värden beräknar den förbättrade värmeisoleringen tas emellertid bara hänsyn till k-värdet. Det visar sig att transmissionen hos dessa glas är lägre, och att beläggningarna hindrar utnyttjande av inkommande solvärme. Ljustransmissionen anges till lägre värden än för vanliga treglasfönster och ligger under 65 % för de belagda glasen. Härigenom torde besparingen komma att skifta beroende av hur mycket solvärme som är tillgänglig i varje särskilt fall. När man har tillgång till sol när fönstret inte är skuggat blir besparingen liten eller ingen.

Kostnaden för olika typer av glas stiger med beläggningar, och följande värden ger en bild av fördyringen. Om glaskostnaden för 2 glas anges som 1,0, blir kostnaden för 3 glas 1,61 och kostnaden för 2 glas med beläggning 1,96. Då det belagda tvåglasfönstret och det vanliga treglasfönstret närmast kan likställas ur k-värdessynpunkt (inte minst om karmar och bågar medräknas) får den högre kostnaden för emissionsskiktet motiveras på annat sätt än genom värmebesparande verkan. T. ex. genom lättare fönsterkonstruktion.

4 ENERGIBESPARING OCH EKONOMI

4.1 Rapporterade besparingar och beräkningar

I litteraturen om fönsterisoleringar framgår hos flera källor beräkningar över hur mycket energi man kan spara genom att utnyttja fönsterisoleringar av olika slag. De mest aktuella beräkningarna är av Hagman (1975-80), Adamson & Eftring (1979), Brosenius (1979) och Olsson (1980).

Hagman anger i byggforskningsrapporten 1975:43 följande värden för möjliga besparingar genom fönsterisoleringar vid tvåglasfönster.

	kWh/m ² . år		
	Norr	Söder	Öster/väster
Luleå	449	395	426
Stockholm	333	280	311
Malmö	292	248	273

Tabell 1.

Möjlig energibesparing med fönsterluckor vid tvåglasfönster.
Hagman (1975).

Beräkningen grundas på värmeflödet genom fönster och randförluster, samt att fönstret betraktas isolerat från byggnaden. Vidare gäller att glas och fönster har k-värdet $0,7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Det förutsätts optimal användning av luckorna, där dessa är frändragna när det är möjligt att göra energivinst och eljest tillslutna. K-värdet hos fönstret sätts till $4 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, som ett realistiskt värde för den befintliga bebyggelsens tvåglasfönster.

Adamson & Eftring (1979) anger i beräkningar för ett energisnålt radhus i Stockholm följande värden för möjliga besparingar;

Fönsterluckor framför tvåglasfönster	sparar	66 kWh/m ² . år
"	"	treglasfönster " 40 "
"	"	fyrglasfönster " 28 "

Beräkningarna grundas på simuleringsteknik med dator. Byggnadens övriga energiflöden är medräknade. Luckorna har k-värdet $1,0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, och är tänkta att vara utvändigt monterade. Avsikten är att de skall vara öppna från kl 6 till 22, annars stängda. Detta schema gäller under tiden oktober till april. Fallen är beräknade med söderorientering.

Brosenius anger för ett särskilt fall att luckor med k-värdesförbättringen $1,9 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, att besparingen blir 114 kWh/m^2 och år på tvåglasfönster i mellersta Sverige.

Detta värde anges som ett överslagsvärde, och rymmer inte hänsyn till byggnadens energiflöden. K-värdet hos tvåglasfönster har satts till $2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$.

I en anslagsrapport till Byggforskningen rapporterar Olsson (1980) jämförande värden för vad olika fönsterstorlekar, fönsterisoleringar och olika grader av energisparande i mindre täta och täta stadsplaner har för verkan.

Härvid framgår att fönsterisoleringar har den största besparingsverkan på stora avskärmade fönster. Fönsterytan är då ca 25-30 % av lägenhetsytan. Genom fönsterisoleringar minskar behovet av tillskottsenergi till ca 60 %. Särskilt att märka är dock att den lägsta energiförbrukningen fås med halverade fönster (ca 15 % av lägenhetsytan) och med fönsterisoleringar. Maximerade fönsterytor med isoleringar når inte lägre värden på grund av den ökade skuggningen i tät bebyggelse. Vidare förutsätter så stora fönster att avskärmningar görs av fönster utvändigt för att hindra onödig solvärmeinläckning sommartid. Beräkningarna avsåg treglasfönster och Malmös klimat.

I fall med halverade fönsterytor sjunker behovet av tillskottsenergi till 75 % med fönsterisoleringar jämfört med utan. Det visar sig att oberoende av stadsplanetyper minskar besparingseffekten för varje installation ju längre energisparandet drivs. Det innebär att fönsterisoleringar som sätts in efter andra åtgärder också har mindre spar-effekt.

Förutsättningar för dessa beräkningar är tillämpning av SBN-75, samt exploateringsgrader från 100 till 330 invånare per hektar, orientering från söder till öster och väster samt att fönsterisoleringarna ger det genomsnittliga k-värdet $0,7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.

4.2 Slutsatser genom refererade beräkningar

De nämnda källorna anger beräkningsförutsättningar som borde tillämpas samtidigt vid en ekonomisk bedömning av fönsterisoleringarnas möjligheter och begränsningar.

Det är nödvändigt att ta hänsyn till samtliga energiflöden i byggnaden. Särskilt gäller att intresset borde fokuseras på hur övriga energisparåtgärder samfällt verkar med fönsterisoleringar. Vidare är det av intresse att ange hur stommens värmelagringsförmåga och fönsterisoleringar kan samspela.

Det är särskilt viktigt när byggnaden utformas för passiv solteknik.

Fönstersättning, orientering, skuggning och därmed stadsplanetyper har betydelse för besparingsverkan genom fönsterisoleringar.

Det är nödvändigt att utgå från klimatdata av enhetligt slag, och de citerade undersökningarna grundas på olika metoder härvidlag.

Vilken typ av fönsterisolering som diskuteras påverkar besparingsmöjligheterna, varför en specifikation av enhetligt slag är önskvärd.

Man måste konstatera att för närvarande saknas ett enhetligt underlag för bedömning av fönsterisoleringar, och att i det fortsatta projektet är det nödvändigt att behandla dessa frågor.

4.3 Ekonomiska synpunkter

En översiktlig bedömning av de ekonomiska kraven på fönsterisoleringar kan först göras när ett enhetligt beräkningsunderlag har fastställts. Emellertid har ett par av de här nämnda källorna gjort bedömningar av tillverkningskostnader och energibesparing vilket lett till några allmänna kostnadsramar. Hagman och Brosenius redovisar kostnader för ett par fönsterisoleringar, den ena invändig och den andra utvändig.

Deras utförande är skilda och leder till olika k-värden. De intervall som diskuteras ligger mellan 120:- och 500:- per m². Utvändiga isoleringar ligger i övre delen av intervallet, och det motsatta gäller för invändiga.

De få källor som redovisar dessa beräkningar anger emellertid att återbetalningen för fönsterluckor är god, och i förhållande till treglasfönster betydligt bättre.

Alla ekonomiska bedömningar av fönsterisoleringar står och faller med de verkliga och praktiska resultaten. Det är först fungerande fönsterisoleringar som är praktiskt användbara utan för stora krav på användarna som kan ge den beräknade och önskade besparingseffekten.

Det är därför för tidigt att i detta skede av projektet tillägga något till de beräkningar som redan har gjorts av andra. Uppenbart är att en ekonomisk bedömning i fortsättningen måste grundas på praktiskt genomförda mätningar på verkliga isoleringar under längre tid med inriktning på,

- o driften, fönsterisoleringarnas hållbarhet och underhållskostnad
- o den praktiska användbarheten, funktionsstudier
- o verklig uppmätt energibesparing med hänsyn till olika driftsfall i specificerade rum
- o jämförelse med datorberäkningsmodeller

Idag måste konstateras att det föreligger ett obetydligt erfarenhetsunderlag, och att det är nödvändigt att genomföra ett praktiskt fältarbete för att fönsterisoleringens ekonomi skall kunna diskuteras. Det är också först då som det överhuvud taget är möjligt att ange fönsterisoleringars del av byggnaders totala ekonomi, vilket bör vara den vägledande synpunkten vid dessa undersökningar.

Genom att minimera fönsterarean åt norr och optimera den mot söder för att minska energiförbrukningen kan troligtvis en väsentlig reduktion av uppvärmningsenergi göras till en relativt begränsad ekonomisk uppoffring.

Den ekonomiska vinsten kan bestämmas med hjälp av beräknings-exempel genom att jämföra energiförbrukning och produktionskostnad mellan en konventionell byggnad och en byggnad utformad för optimal solinläckning.

5. PROGRAM FÖR FORTSATT ARBETE

5.1 Fältstudier och teoretiska studier

Fältstudiernas primära syften i kombination med teoretiska studier är att studera möjligheterna att spara energi vid användandet av passiv solteknik och/eller fönsterisoleringar samt göra en kostnadsbedömning för detta.

För att uppnå dessa syften bör följande delstudier göras:

A. Fältstudier

- .1 Hur påverkas transmissionsförlusterna genom fönstren och hur stort energitillskott kan erhållas från solen, vid styrning av fönsterisoleringar på olika sätt?
 - a. Ej användande av fönsterisolering
 - b. Mörkeranvändning av fönsterisoleringarna
 - c. Automatisk styrning av fönsterisoleringarna, som möjliggör ett optimalt användande, då de boende ej är hemma
 - d. Optimering ur energisynpunkt

Studium kommer att göras för samtliga väderstreck och jämföras med databeräkningar, varvid den teoretiska analysen vid behov justeras så att generella beräkningsprogram, som stämmer med verkligheten, erhålles. Den kommer vidare att omfatta både invändiga och utvändiga isoleringar. Främst på grund av att de invändiga isoleringarna lämpar sig bäst för den befintliga bebyggelsen medan utvändiga isoleringar troligtvis kan vara det bättre alternativet vid nyproduktion.

- .2 Hur isoleringarna fungerar som solavskärmare (mörkerläggare).
- .3 Hur fönsterisoleringarna driftmässigt fungerar i provanläggningen.
- .4 Hur värmemagasineringsbehovet varierar mellan olika väderstreck och hur snabbt värme måste kunna tas upp vid en viss temperaturskillnad.

B. Teoretiska studier

- .1 Erhållna resultat genom fältstudier sätts i relation till en byggnads energiomsättning med hjälp av databeräkningar. För varje väderstreck bedöms energitillskottet genom solinstrålning och minskade transmissionsförluster p g a användandet av fönsterisoleringar. Mot denna bakgrund görs sedan försök att ge-

nom beräkningar optimera storleken på fönsterarean för olika väderstreck. Genom antagandet av viss värmekapacitet för bostaden bedöms de temperaturer som erhålls med respektive utan fönsterisoleringens funktion som solavskärmare. Därefter görs en bedömning av hur stor magasineringsförmåga som behövs i förhållande till mängden infallande solstrålning för olika väderstreck för att möjliggöra ett stort nyttjande av gratisenergin.

- .2 Vilka krav måste vara uppfyllda för att byggnaden skall fungera för optimal solinläckning och hur uppfylls de lämpligast i praktiskt byggande? (Litteraturstudier).

- Magasineringsförmåga

Idag byggs enbostadshus till helt övervägande del med träregelstommar med liten magasineringsförmåga. Byggs stommarna i betong fördyras huset med upp till 10.000 kronor. Kan någon typ av ämne som genomgår fasomvandling användas för energilagring uppnås flera fördelar.

En stor fördel med energilagring genom fasomvandling är att man under eldningssäsongen, då man vanligtvis har en inomhustemperatur som är någon grad lägre än fasomvandlingstemperaturen, har en "lätt" byggnad när man vill sänka temperaturen vid exempelvis behovstyrt inomhusklimat medan man däremot har en "tung" byggnad vid höjning av temperaturen.

- Utformning och reglering av uppvärmningssystem respektive ventilationssystem.

Är det möjligt att sammankoppla en automatisk styrning av fönsterisoleringar med automatik för behovstyrt inomhusklimat - temperatursänkning och reducering av ventilationen - ur teknisk/ekonomisk synpunkt.

- .3 För att bedöma de ekonomiska förutsättningarna för passiv solteknik utformas ett flexibelt hus som passar in i olika stadsplaner med en så pass flexibel planlösning att varje långfasad kan ha en fönsterarea på minimum tre till fem procent av boendeytan och en maximum area på tolv till femton procent. Detta medför att man i hög grad kan variera fönsterarean och har härmed möjligheter att optimera den efter möjlig energivinst. Huset skall uppfylla kraven för statliga lån och kunna fungera som radhus eller enbostadshus. Den ekonomiska bedömningen görs genom att jämföra det passiva solhuset med ett konventionellt hus som har en så likartad boendestandard som möjligt.

Genom att använda personal som normalt handlägger totalentreprenadtävlingar och har en lång och gedigen erfarenhet på detta område, kan en säker to-

tal ekonomisk utvärdering göras. Oftast sker sub-optimeringar vid ekonomiska bedömningar som ej betraktar helheten utan endast en del av den. Samma sak gäller för byggnaders energiomsättning, det går ej att bedöma effekten av en åtgärd om den inte sätts i relation till hela byggnaden.

5.2 Genomförandet av fältstudier

Genomförandet av energimätningar i ett vanligt bostadshus torde möta flera hinder, främst på grund av att det i praktiken är omöjligt eller mycket svårt att kontrollera flera variabler såsom: diverse defekter på isolering och täthet, energiutbyte mellan olika rum, de boendes påverkan etc. Det bästa tillvägagångssättet är att bygga en mätbox, som är indelad i exakt fyra lika delar i varje väderstreck med isolering mellan varje del, se bilaga 2.

Praktiskt genomförs mätningarna på så sätt att temperaturen i varje del av mätboxen hålles konstant vid 20°C (solinstrålningen kan medföra att högre temperaturer erhålles) genom att tillföra energi när så erfordras. Genom att jämföra energitillskottet för de olika väderstreckorienterade rummen erhålls underlag för att bedöma skillnaden mellan olika väderstreck. Samtidigt mäts solintensiteten för de olika väderstrecken. De uppmätta värdena relateras till de teoretiskt uträknade.

Genom att jämföra mängden tillförd energi med transmissionsförlusterna erhålls mängden solenergi som tillgodogörs. Transmissionsförlusterna kan bestämmas noggrant när temperaturerna på ytterytorna är kända. Vid uppförandet av mätboxen eftersträvas en mycket god täthet som gör den ofrivilliga ventilationen försumbar.

Temperaturfördelningen i rummen studeras genom mätning med termoelement. För att studera dygnsvariationerna krävs det att mätningarna sker med korta intervaller, vilket medför att en kontinuerlig insamling av mätvärdena är att rekommendera. Varför det är lämpligt att använda en minidator som kontrollerar, bearbetar samt lagrar mätvärdena.

Den utvändiga fönsterisolering som är tänkt att användas är uppbyggd i tre delar av ett styvt högisolerande material och styrs genom en trippelaxel. Kostnaderna för tillverkning är utan automatisk styranordning ungefär 1.200 kronor, vid mindre serier, för en lucka. Vid en vidareutvecklad produkt i serieproduktion kan troligtvis tillverkningskostnaden sjunka till 800 kronor per lucka. Vid en fönsterstorlek på 1,2 x 1,1 m² skulle kvadratmeterpriset för luckan bli ungefär 600 kronor. Den utvändiga fönsterisoleringen fungerar troligtvis lika bra som en vanlig markis vad det gäller solavskärmning. Vidare finns möjlighet till relativt god mörkläggning av rummet om så önskas. I bilaga 3 redovisas fönsterluckan.

5.3 Tidplan

Mätstudien kommer att i huvudsak ske i slutet av sommaren 1981 och under eldningssäsongen 1981 -82. Fram till dess kommer utarbetandet av mätprogram, tillverkning av fönsterisoleringarna samt uppförandet av mätboxen att genomföras. Utvärdering av resultat kommer att ske under våren 1982 och slutrapportering göres senast den 31 juni 1982.

5.4 Kostnader för fortsatt arbete

Mätboxens kostnader fördelar sig på projektering av arbetsritningar 4.000 kronor byggnadslov och hyra av mark 5.000, entreprenadkostnader 30.000 samt rivning (20 % av entreprenadkostnaden) 6.000. Detta medför en totalkostnad på 45.000 kronor.

Fönsterisoleringarna skall gå att styra automatiskt vilket medför att tillverkningskostnaderna blir relativt höga för pilotmodeller. Eftersom funktionen både för utvändigt och invändigt monterade isoleringar kommer att provas måste två olika typer i vardera fyra exemplar tillverkas. Ett rimligt antagande av kostnaderna för tillverkningen kan dock vara 60.000 kronor. Eftersom kostnaderna är så pass svåra att uppskatta kan en relativt stor avvikelse erhållas.

För att genomföra mätningarna krävs den utrustning som redovisas i tabell 5.4.1.

Utrustning	Mängd	Kostnad
Termoelement ^x	200 m	1.500
Elenergimätare ^x	4 st	2.200
Solarimeter	4 st	16.000
Vent strålningsskydd	1 st	3.000
Minidator med omvandlingsenhet	1 st	82.000
Pulsräknare	1 st	22.000
Plotter	1 st	15.000
Mini-Floppy Disc Drive	1 st	5.900
Mini-Floppy Disc ^x	1 pkt	600
Summa kronor		148.200

^x
Förbrukningsmaterial

Tabell 5.4.1 Mätutrustning för projektets genomförande

För att genomföra mätningarna måste följande forskningsarbete utföras:

1. Utformning av mätprogram
2. Utformning av dataprogram för mätningarna
3. Uppkoppling av mätgivare och mätutrustning samt kontroll av mätsystemet
4. Övervakning av mätdatainsamlingen och avhjälpning av driftstörningar.

I tid krävs det cirka 200 h för att utforma mätprogram och dataprogram. Antalet mätpunkter för att kunna genomföra mätningarna torde vara ungefär 40 stycken. För uppkoppling av varje mätpunkt samt kontroll av dess funktion är tidsåtgången ungefär 3 h. Uppkoppling av mätinstrument samt injustering av mätsystemet tar ungefär 40 h. Tidsåtgången för att avhjälpa driftstörningar är mycket svårt att uppskatta men en trolig tidsåtgång för detta och allmän övervakning är 80 h. Den totala tidsåtgången att genomföra mätningarna blir då 440 h.

För utvärdering av mätstudierna och jämförelse med dataprogram för både solinstrålning och hur hela byggnadens energiomsättning påverkas är tidsåtgången 400 timmar. Kostnaden för datatid och eventuella konsulter är 15.000 resp 20.000 kronor.

Tidsåtgången att bedöma vilka krav man skall ställa på den passiva soltekniken och hur man lämpligt uppfyller dessa krav är ungefär 300 timmar.

För den ekonomiska utvärderingen åtgår det till kalkylarbete ungefär 15.000 kronor och för framtagandet av kalkylunderlag cirka 80.000 kronor.

För rapportskrivning krävs 450 h och för administration 40 h.

I tabell 5.4.2 finns samtliga kostnader sammanställda.

Typ av kostnad	Total kostnad kronor
Mätbox	45.000
Fönsterisoleringar	60.000
Mätutrustning	148.200
Lön för forskning 1590 h	318.000
Utarbetandet av kalkyl	15.000
Utarbetandet av kalkylunderlag	80.000
Utomstående konsulter	20.000
Datatid	15.000
Resor o traktamenten	20.000
Administration 40 h	8.000
Utskrift och kopiering	10.000
Summa Kronor	739.200

Tabell 5.4.2 Kostnader för fortsatt arbete

BILAGA 1 Litteratursammanställning

Abelès, F, 1971, *Optical Properties of Metallic Films. (Physics of Thin Films.)* New York.

Kommentar:

Denna artikel ger en utmärkt översikt till tunna filmers optiska egenskaper, med teoretiska och matematiska förklaringar. Indelningen av artikeln är i huvuddrag följande; först beskrivs metallers optiska egenskaper allmänt varvid ges definitioner och beskrivningar, därefter behandlas mycket tunna filmers reflektion och transmission, vidare filmer med anisotropa egenskaper, hur tunna metallfilmers optiska egenskaper kan mätas och särskilt specifika optiska egenskaper hos dessa metallfilmer. Artikeln ger en fyllig litteraturlista som för till ett antal viktiga verk inom ämnet.

Adamson, B & Höglund, I, 1957, *Ekonomiska synpunkter på treglasfönster. Byggmästaren, B9, sid. 199-206. Stockholm.*

Kommentar:

Artikeln huvudsyfte är att beräkna hur mycket mer ett treglasfönster får kosta i förhållande till ett fönster med två glas. Man gör en bedömning efter rådande bränslepris, putsningskostnad, kostnaden för fönstret och kapitalkostnad. Vid jämförelsen diskuteras treglasvarianten som antingen slutna hermetiskt eller kopplade fönster.

Särskilt anmärkningsvärt är att värmeinstrålningen genom fönster med tre glas sätts till endast ca 5 % mindre än tvåglasfönster. Skillnaden mellan två- och treglasfönster i detta hänseende försummas i diskussionen.

Det görs vidare inte någon jämförelse med fönsterisoleringsringar av något slag.

Den metod som använts för bedömningen av rimligheten hos treglasfönstrens extrakostnad bör kunna användas för motsvarande bedömning av fönsterisoleringsringar. Emellertid bör man då ta särskilda hänsyn till möjligheten av ett kontinuerligt ökande energipris, och att besparingsverkan är beroende av byggnadens alla installationer samtidigt.

Adamson, B & Källblad, K, 1975, *Dags för treglasfönster, Väg- och Vattenbyggaren, 1:2-1975. Stockholm.*

Kommentar:

Artikeln utgör en motivering för att staten skall medverka vid långivning till treglasfönster, i syfte att spara energi. Argumentationen följer i huvuddrag följande linjer.

Det har funnits regler för långivning till treglasfönster under 50-talet, vilka emellertid slopades senare. Författarna menar att landets behov av energisparande samtidigt med de förbättrade datorberäkningsmetoderna vid detta tillfälle gav anledning till en ny prövning av frågan. Härefter beskrivs översiktligt en beräkningsmodell för strålningsbalans över ett rum och fönster. Beräkningen av energibalansen för rummet anges därefter.

Man nämner att det råder brist på klimatuppgifter, vilket föranlett val av vissa år som företett ett karakteristiskt klimat. Uppgifter visas för Malmö, Stockholm och Luleå.

Ett ordinärt kontorsrum med ett fönster beräknas med Källblads datorprogram. Rummet tänks vara helt avskilt och bara motta värme från fönster, personer, belysning och uppvärmningsanordning. Beräkningsfall anges med olika grader av värmetröghet hos väggar, bjälklag och tak. Emellertid kan inte några skillnader av större betydelse mellan de olika konstruktionerna konstateras vad gäller uppvärmningsbehov.

Effektbehovet vid uppvärmning för rummet jämförs när man har två eller tre glas i fönstret. Skillnaden är 1 W/m^2 . K oberoende av orientering och till fördel för treglasfönstret.

Ett antal fall där fönsterytan är 20 respektive 40 % av golvytan beräknas för treglas- och tvåglasfönster. I genomsnitt blir besparingen (med hänsyn till orientering) för Malmö 75 kWh/m^2 , för Stockholm 90 kWh/m^2 och för Luleå 120 kWh/m^2 och år, jämfört med tvåglasfönster.

När rumstemperaturen har satts till högst 25°C och kylning blir nödvändig ger treglasfönster ca 10% lägre effekt- och energibehov i förhållande till alternativet med två glas. Detta beror på att det tredje glaset minskar transmissionen av ljus och värme utifrån.

En jämförande ekonomisk bedömning av tvåglas- och treglasfönster görs. Priser från 1974, ränta och avskrivning samt hänsyn till beräknade energivinster påvisas ge en bättre ekonomi hos treglasfönster.

Det görs bedömningen, att om treglasfönster införs i alla hus från 1975, skall detta leda till en besparing motsvarande 3-4 TWh till 1985.

Det framhålls att energiinnehållet i det tredje glaset är 30 kWh/m^2 , vid 4 mm tjocklek. Eftersom energivinsten per år är $80-120 \text{ kWh/m}^2$ kan man räkna med att det tredje glaset är inbesparat på 4 månader.

Artikeln avslutas med en appell om ökade lånemöjligheter för treglasfönster, samt ett krav på att Planverket

skall kräva treglasfönster i normerna. Det hävdas slutligen krav på att k-värdena skall förbättras till 0,2-0,25 i väggar och tak samt på temperaturreglering.

Adamson, B & Efring, B, 1979, Design of Low-Energy Houses. (Institutionen för byggnadskonstruktionslära, Lunds Tekniska Högskola.) Rapport BKL 1979:4 (E), Lund.

Kommentar:

Denna rapport omfattar en rad beräkningar av tvåvånings radhus med energibesparande anordningar. Bl. a. beräknas inverkan av fönsterisoleringar vid olika fönsterstorlekar och glasantal.

Vid beräkning enligt institutionens datorprogram av Efring, har den möjliga energibesparingen för tvåglasfönster beräknats till 66 kWh/m². år, vid treglasfönster till 40 kWh/m².år och vid fyrglasfönster till 28 kWh/m².år.

K-värdet hos fönsterisoleringen anges till 1 W/m². K, och det förutsätts en utvändig placering. Tiden för användningen är mellan kl 20 och 06 under tiden oktober till april.

Andra alternativ redovisas där fönsterstorleken minskas till sin yta under november till februari, varvid framgår att besparingen blir mindre än de här nämnda värdena, eller ungefär hälften av dessa.

Det är värt att notera att endast söderorienterade fall har redovisats. Man har skäl att jämföra andra orienteringar också, då skiftande tillgång på sol påverkar värdena för möjlig besparing. Slutligen kan nämnas att denna studie är den första i sitt slag, där fönsterisoleringar beräknas i samband med hela den övriga byggnaden. I princip är det denna typ av beräkningar som bör vidareutvecklas till att omfatta ett större register.

Andersson, E & Jacobson, L & Wilhemsén, AM, 1976, Solskydds användning i energibesparande syfte. (Statens råd för byggnadsforskning.) Anslagsrapport 751011-1, Stockholm.

Kommentar:

Syftet med denna studie har varit att undersöka vilka besparingar man kan göra med befintliga solskydd i bebyggelsen. Man har gjort mätningar i tre provfönster, varav ett för referensmätningar. I de övriga mättes verkan av olika solskydd.

Dessa solskydd användes antingen konsekvent under dygnet, enbart under natten eller optimalt efter instråling.

Det visade sig att ständigt fördragna fönster med rullgardiner, persienner eller metalliserade filmer ökade energi-behovet, relativt sett det oskyddade fönstret med 10 till 19%. Vid användning enbart nattetid kunde besparingar göras på 10 till 22%, och vid optimal användning kunde man nå 32% vinst i förhållande till det oskyddade fönstret.

Mot bakgrund av dessa resultat beräknar författarna att den årliga besparingen i befintlig bebyggelse vid en konsekvent användning av solskydd till 0,3 till 0,5 TWh för landet.

Slutligen anges beräkningsunderlaget för mätningar, och använt datorprogram är listat i sin helhet. Undersökningen är av stort intresse för förnyade mätningar inom området.

Blomquist, S, 1979, Tilläggsisolering av fönster. (Statens råd för byggnadsforskning.) Anslagsrapport 790809-5, Stockholm.

Kommentar:

HSB har undersökt, genom Blomquist, hur man kan tilläggsisolera befintliga fönster. Ett förslag är att sätta till ytterligare ett glas i en aluminiumbåge till redan befintliga tvåglasfönster. Man har gjort mätningar enligt "hot-box"-metoden hos HSB, vilka givit till resultat att k-värdesförbättringen i fönstertypen blir minst 70 kWh/m² och år. I rapporten bedöms ekonomin som god. (6 % inter-ränta, vid 30 års användning, 5 % energiprisökning årligen och energipriset 15 öre per kWh; 11,4 % internranta vid 10% energiprisökning per år och i övrigt samma förhållanden.)

Brown, G & Isfält, E, 1974, Solinstrålning och solavskärmning. (Statens råd för byggnadsforskning.) Stockholm.

Kommentar:

Instrålningen genom glas kan komma att förändras vid användningen av fönsterisoleringar utformade som persienner t. ex. mellan glas. Instrålningsförhållanden mellan glas behandlas i rapporten, i vilken datorberäkningar presenteras. Dessa frågor tas upp i kapitel 3.5 sid 174-183.

Beräkningsfall med diffuserande och speglade lameller beskrivs i rapporten. De reflekterande lamellerna kan i fönsterisoleringar komma till användning för sommar- och vinterbruk, genom att den reflekterande ytan vänds antingen utåt eller inåt.

Beräkningsgång för reflekterande respektive diffuserande lameller tas upp. Persiennernas transmitterande förmåga beräknas efter lamellytans absorptionsfaktor, lamellytans reflekterande egenskaper, förhållande mellan lamellbredd och steghöjd, lamellernas lutningsvinkel, och den infallande strålningens skuggvinkel.

På motsvarande sätt beräknas transmission genom gardin som hänger för glasparti invändigt, i kapitel 3.6 sid. 183-185. Vid lösningar till fönsterisoleringar är det tänkbart att skikt av tunna gardiner kan komma till användning, och dessa kan tänkas ha en viss transmissionsförmåga för ljus och värme.

Byggnadsindustrin 1979:25, Saltplatta sänker värmekostnader med 30 procent. Osignerad artikel. Stockholm.

Kommentar:

Tidskriften rapporterar om den första villan i Norden som har ett energilagringssystem bestående av glauber-saltkassetter för infästning i tak. Det första provet görs i Skövde. Enligt artikeln har goda resultat erhållits i Förena Staterna. Samband med fönsterlösningen i huset finns genom en reflekterande persienn som placeras i fönstren. Denna persienn är ställbar och skall reflektera solljuset upp mot taket och kassetterna. Provet genomförs av företaget Climator AB i samarbete med Lunds Tekniska Högskola.

Byggnadsvärlden, 1975:3, Solavskärmningar. Osignerad artikel. Stockholm.

Kommentar:

I artikeln nämns ett flertal leverantörer till solavskärmningar, persienner, solavskärmade glasrutor och filmer. Detaljlösningar av intresse för arbetet med fönsterisoleringar, reglage och infästningar, visas.

Eggenberger, A, 1978, Der Wärmehaushalt von verglasten Gebäudeflächen. Schweizerische Bauzeitung, Zürich.

Kommentar:

I andra europeiska länder har man erfarenhet av fönsterluckor av olika slag i större utsträckning än i Sverige. Bl. a. i Schweiz ingår fönsterluckor i byggnadsskicket. Där har man av denna anledning undersökt värmebesparingsmöjligheter genom utnyttjande av fönsterisoleringar i form av utvändiga luckor.

Denna artikel ger en bred översikt av fönstrets strålningsproblem och anger besparingsmöjligheter. Beräkningar görs för fönsterluckor med olika användningstider, varvid får noteras att resultaten är beroende av det schweiziska klimatet och inte direkt överförbart till svenska förhållanden.

Eriksson, A, 1943, Byggnadsteknisk värmekonomi. (Ingenjörsvetenskapsakademien.) Handlingar nr 167. Stockholm.

Kommentar:

Denna uppsats avser att ge en möjlighet till beräkning av olika besparingsåtgärders lönsamhet.

Bakgrunden är att under krigsåren 39-45 ökade bränsle-kostnaderna markant, vilket ledde till ökade ansträngningar att förbättra byggnaders värmeekonomi. I den tidens byggande var värmeförlusterna genom fönster 4-5 gånger större än genom väggarna i medeltal, och relativt sett. I absoluta tal var förlusterna genom fönster betydligt större än idag, och man beräknade att omkring en tredjedel av värmen förlorades genom fönster. Med tanke på detta utvecklades lösningar till fönsterisoleringar.

I redogörelsen för fönsterförluster har man dock inte tagit upp instrålningsvärden, och de möjliga fördelar som fönster kan medföra ur denna synpunkt. Det sammanhänger med det mindre väl bearbetade mättingsunderlag man hade vid denna tidpunkt, och inte minst att alla besparingsåtgärder var tänkta i ett kort perspektiv - under krisåren.

Det första, och mest dramatiska förslaget, är att sätta igen fönster permanent med skivor av isolerande material. Vidare rekommenderas, och beräknas, insättning av extra glas och bågar. Särskilt nämns användningen av isoflex, samt ett riktigt utnyttjande av gardiner.

I rapporten beräknas de ekonomiskt motiverade isoleringsvärdena för olika byggnadskonstruktioner, också fönster. Man får genom rapporten en översiktlig bild av kunskaperna inom området vid fyrtiotalets början. Särskilt är att notera de mindre goda insikterna i strålningsberäkningar, samt att treglasfönster rekommenderas för orter norr om Stockholm.

Eriksson, A, 1942, Värmeisoleringens ekonomi. (Ingenjörsvetenskapsakademien.) Handlingar nr 118, Stockholm.

Kommentar:

Särskilt tas i uppsatsen upp isoflexens ekonomi och lönsamhetsberäkningar visas. Detta material använt som fönsterisolering uppges betala sig på en till två säsonger.

Frisk, P, 1942, Farliga och ofarliga fönster. (Ingenjörsvetenskapsakademien.) Handlingar nr 118, Stockholm.

Kommentar:

Denna uppsats behandlar en rad fysiologiska aspekter på fönsterplaceringar och läget av radiatorer. Särskilt behandlas strålningsförhållanden vid olika isoleringsförmåga hos fönster.

Det görs en jämförelse mellan installationen av treglasfönster och en fönsterisolering av isoflex mellan glaset i ett tvåglasfönster. Författaren menar att detta

ger nästan samma effekt som installationen av ett tredje glas, samt att denna åtgärd leder i främsta hand till förbättrad energihushållning men inte markant förbättrat strålningsklimat. Som stöd för detta anges mätningar av lufttemperaturen framför fönsterrutorna gjorda under vinterförhållanden ute.

Det konstateras vidare att radiatorluften inte förmår att värma fönsterytorna, utan att det är främst rumsluften som gör det. Inte minst har fönsterbänken betydelse för detta förhållande.

Författaren lägger själv fram ett förslag till fönsterisolering som skall ha haft en gynnsam verkan. Denna isolering bestod av en glasskiva som ställs framför fönstret mot rummet. Skivan behöver vara ca 60 cm hög. Framför radiatorn under fönstret ställs en skärm, som har till uppgift att styra den varma luften uppåt förbi glasskivan framför fönstret. Denna skiva värms då av luften underifrån. Den kalla luften som kommer från fönstret faller ned i utrymmet bakom glasskivan, och bildar en isolerande luftficka. På så vis kan både isoleringen och strålningsklimatet förbättras. Enligt uppgift har i praktiska fall radiatorerna delvis kunnat stängas av efter denna förändring tack vare klimatförbättringen i rummet. Dessa förändringar återges med tabeller över mätvärden.

Hagman, F, 1975, Fönster som energifaktor. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 43. Stockholm.

Kommentar:

Rapporten behandlar tilläggsisolering av tvåglasfönster med hjälp av utvändiga fönsterluckor. I rapporten sätts k-värde för befintliga fönster till $4,0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, varav 25 % av energiförlusterna utgörs av ofrivilligt luftläckage. För nya tvåglasfönster förutsätts k-värde $3,0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, d.v.s. inget ofrivilligt luftläckage finns som försämrar k-värdet.

Fönsterluckan antas förhindra ofrivilligt luftläckage. K-värdet för tvåglasfönster med fönsterluckor beräknas till $0,7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. För att studera energiflöden jämförs fyra olika alternativ.

1. Fönsterluckor alltid stängda.
2. Fönsterluckor aldrig stängda.
3. Fönsterluckor stängda på natten, d.v.s. luckorna öppna mellan kl. 8-22, när solinstrålning är möjlig.
4. Fönsterluckor stängda när detta ger energivinst.

Energivinsten vid optimalt använda fönsterluckor i förhållande till gängse tvåglasfönster återges på sidan 20 i denna rapport, tabell 1.

Besparingen ligger mellan 273 och 449 kWh/m² och år för de olika beräkningsfallen.

Om fönstren inte har luftläckage, d.v.s. k-värdet 3,0 W/m². K minskar energivinsten 65-70 %.

I rapporten beräknas den möjliga energibesparing för ett ordinärt småhus i Stockholm till 10.000 kWh per år i tillförd energi (med omvandlingsförluster). Motsvarande värden beräknas för lägenheter och bebyggelsen i stort.

Rapporten tar upp fönsterluckornas ekonomiska förutsättningar och tänkbara produktionskostnader. Vid fortlöpande produktion bedöms kostnaden (1975) ligga vid ca 400:-/m².

Rapporten tar inte upp energibesparingen när man sätter luckor till treglasfönster, mot bakgrund av den befintliga bebyggelsens utseende och låneförhållanden vid tiden för rapportens tillkomst. Detta har senare beräknats av Hagman.

Beräkningen av möjlig besparing har skett för ett fönster isolerat från byggnaden. Temperatur och instrålning har för den 15:e varje månad beräknats halvtimmesvis. Genomsnittliga förhållanden för solinstrålningen är beräknade med s.k. relativ solskens-tidsmetod. Anpassning av värden för diffusstrålning görs till genomsnittliga värden för globalstrålning. Under senare år har nyare datorberäkningsmetoder framkommit, som givit anledning till omprövning av denna beräkningsmetod, dock utan att i grunden förändra resultatet. Av stort intresse är att Hagmans systematik blir tillämpad på fall där hela byggnaden ingår i beräkningen för att påvisa besparingsmöjligheter genom fönsterisoleringar, och dessas beroende av andra energisparåtgärder.

Hagman, F, 1977, En alternativstudie av fönsterekonomi. VVS, nr 3. Stockholm.

Kommentar:

Denna artikel ansluter sig till Byggeforskningsrapporten 75:43. Ytterligare alternativ beräknas i artikeln, rörande treglasfönster med och utan fönsterluckor. Kostnader för treglasfönster befinns ligga högre än för motsvarande beräkningsfall med tvåglasfönster. För övrigt redovisas ekonomiska beräkningar, vilka i huvudsak justerats efter det rådande penningläget vid tiden för publicering.

Hagman, F, 1977, När väggarna har isolerats tillräckligt: Fönsterlucka spar värme. Ny Teknik, nr 20, Stockholm.

Kommentar:

Artikeln är ett kort sammandrag av Hagmans synpunkter på och arbete med fönsterisoleringar.

Hagman, F, 1979, *Tvåglasfönster och bättre isolering ett alternativ till treglasfönster*. Byggmästaren, nr 9. Stockholm.

Kommentar:

Artikelns huvudsyfte är att påvisa att det kan finnas ekonomiska motiv för att utnyttja tvåglasfönster istället för treglasfönster, när man förbättrar k-värdet hos andra byggnadsdelar som t. ex. bjälklag och väggar.

Det konstateras att 70 % av fönsterproduktionen i Sverige under 1979 omfattar treglasfönster. I prognoser som har gjorts (Statens industriverk) beräknas denna andel öka till 90 % år 1983. Hagman påpekar att denna studie emellertid också nämner att fönsterproduktionen genomgår förändringar, och bättre isolerade tvåglasfönster under utveckling kan komma att förändra bilden.

Vidare önskar Hagman förtydliga innehållet i SBN-75 med supplement. Författaren menar att det ofta antas att det är normkrav med treglasfönster. Emellertid gäller inte något sådant absolut krav. Byggnormen kräver att den totala transmissionen inte skall överskrida givna krav och gränsvärden, vilket inte utesluter tvåglasfönster om andra förbättringar görs istället.

Hagman utgår i beräkningen för ett sådant fall från ett källarlöst, enplans-, friliggande småhus och anger transmissionsvärden i enlighet med normen. Samma byggnad tänks med tvåglasfönster och tak samt väggar bättre isolerade. I väggarna ökas isoleringen från 15 cm till 18 cm. Takets isolering ökas från 21 till 35 cm. Vid en jämförande kostnadskalkyl för de två alternativen visar författaren att tvåglasalternativet leder till lägre kostnad. Dessutom är den totala transmissionen något lägre, (3 %). Den ekonomiska besparingen är 3.000:-.

Vidare görs en jämförelse av två- och treglasfönster när dessa typer har försetts med fönsterisoleringar med k-värdet $0,7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ (glas och lucka). Denna typ av isolering för tvåglasfönster bedöms kunna spara 200 kWh/m^2 och år, vid användning nattetid. Orten för beräkning antas vara i mellersta Sverige.

Mot bakgrund av besparingsmöjligheten presenteras diagram för den årliga kostnaden för tvåglasfönster med och utan luckor, samt motsvarande fall med treglasfönster.

Den lägsta årskostnaden fås med tvåglasfönster med luckor och den högsta kostnaden fås för samma fönster utan luckor. Treglasfönster med eller utan luckor hamnar mellan dessa värden. Således är det enligt artikeln mest ekonomiskt att ha tvåglasfönster med fönsterluckor. Samma förhållande kvarstår vid ökande energipris, upp till 30 öre/kWh.

Hagman, F, 1979, *Bara treglasfönster ett dyrt missförstånd? VVS*, nr 6. Stockholm.

Kommentar:

Denna artikel ansluter till föregående. Ytterligare titlar av Hagman berör akustiska frågor, vilka har betydelse för utnyttjandet av fönsterisoleringar. Emellertid har det legat vid sidan av uppdraget att undersöka dessa aspekter närmare.

Höglund, I, 1964, *Treglasfönstrets ekonomi. Byggnadsvärlden*, nr 27/28. Stockholm.

Kommentar:

I Höglunds och Adamsons gemensamma beräkning av treglasfönstrets lönsamhet från 1957 ingick inte en noggrann beräkning av solinstrålningens betydelse, och det faktum att treglasfönster skärmar av mer sol än tvåglasfönstret.

I denna uppsats gör Höglund en kompletterande beräkning där nödvändiga hänsyn tas. Treglasfönstrets transmission sätts till ca 10 % lägre än tvåglasfönstrets. Vidare konstateras att söderfönster visar en lägre lönsamhet för treglasvarianten, än vid norrfönster. Detta beror på solinstrålningen från söder. Emellertid påpekas att denna skillnad inte alltid är verklig på grund av de ökade riskerna för övertemperaturer under vårvintern i södervända rum. Man måste räkna med att en del av solvärmen ventileras bort.

Här gäller att den först föreslagna kostnadsjämförelsen från 1957 kan bibehållas i huvudsak. Genom en parallellförflyttning av lönsamhetskurvorna kan man ta hänsyn till solinstrålning. Samma slags resonemang går att föra gällande fönsterisoleringar, och det är nödvändigt av samma skäl att undersöka risken för övertemperaturer. Som här har visats av Höglund, är lönsamheten beroende av orientering.

Höglund, I & Ahlgren, B, 1973, *Fönsterteknik. (Byggförlaget.)* Stockholm.

Kommentar:

Boken är en allmän översikt av problem inom fönstertekniken. Den uppmärksammar en rad viktiga delproblem, bl. a. också fönster värmeisoleringsförmåga och tilläggsisoleringar. Detta görs i kapitel 2.2 .

Först systematiseras värmetransporten genom fönster. Ledning, konvektion, strålning och luftläckning påverkar fönstrets termiska kvalitet.

Fönstrets värmemotstånd i glasdelen kan i stort sett förklaras med övergångsmotstånden vid glasytorna och mellanliggande luftspalters värmemotstånd.

Ifråga om långvågig strålning har glaset samma egenskaper som de vanligaste byggnadsmaterialen. Vid rumstemperaturer och strax under ligger glaset nära en helt svart kropp i strålningsegenskaper. På grund av detta kan man räkna med samma värmemotstånd i luftspalter mellan glasskikt, som för andra material som trä eller tegel som exempel. Värmemotståndet beror då främst på luftspaltens tjocklek. Vid en ökning av luftspalten mer än till 30 mm sker en liten ökning av värmemotståndet, som är försumbar.

Att förbättra värmemotståndet i luftspalterna är möjligt genom att föra in reflekterande folier av t. ex. aluminium. Då värmeöverföringen genom tvåglaspartier till ca 70 % sker genom strålning och till 30 % genom konvektion har just minskningen av strålningsdelen stor betydelse. Insättningen av ett tredje glas har också en gynnsam verkan, samtidigt som konvektionen minskas.

Emellertid konstaterar författarna att "en isoleringsförbättring av samma storleksordning erhålls även med persienner eller jalousier placerade mellan glaset vid tvåglasfönster." Förbättringen av tvåglasfönstrets värmeisolering är då beroende av strålningsegenskaperna hos ytmaterialet.

Man konstaterar vidare att det inte är av praktiskt intresse att ersätta luften mellan två rutor med högmolekylära gaser som freon eller neon. Besparingen blir allt för liten.

Isfält, E, 1976, Byggnadens energibehov för uppvärmning. (Institutionen för värme- och ventilationsteknik, KTH.) Tekniska meddelanden 96-104, Stockholm.

Kommentar:

Denna rapport behandlar problemet att beräkna byggnaders energibehov översiktligt. Emellertid ägnas fönsterförluster och instrålningen uppmärksamhet. Ett avsnitt berör fönstrets k-värde och avhandlar grundläggande ekvationer för beräkning av värmemotstånd hos glaspartier och luftspalter. Bl. a. påvisas att värmetransporten till övervägande delen sker genom långvågig strålning.

Sammanfattningsvis konstateras att enkla anordningar vid tvåglasfönster kan ge samma isoleringsverkan som hos treglasfönster. "En helt tät gardin innanför ett fönster, som är upphängd så att den innesluter ett luftskikt, får samma verkan som ett extra glas. Om upphängningen är sådan att luften fritt kan cirkulera kring gardinen, får man inte något extra isolerande luftskikt. Gardinen kommer då att fungera som en strålningsskärm. Om väven är gles, kommer en del långvågig strålning att transmitteras och i motsvarande grad minska den strålningsavskärmande effekten."

Krellger, H & Eriksson, A, 1924, Undersökningar rörande byggnadskonstruktioners värmeisoleringsförmåga. (Ingenjörsvetenskapsakademien.) Handlingar nr 36, Stockholm.

Kommentar:

Vid slutet av första världskriget ökade behovet att hålla med energin. Som en följd av detta påbörjades ett antal forskningsprojekt för att utröna byggnadskonstruktioners isoleringsförmåga.

Bl. a. undersöktes k-värdet hos varierande typer av fönster. I detta arbete lämnas k-värden hos enkla glas till fönster med fyra rutor. Det uppges att k-värdet hos fyrglasfönster är $1,28 \text{ W/m}^2$. K vid laboratorieprovning, och $1,51 \text{ W/m}^2$. K vid praktisk tillämpning med hänsyn till blåst etc.

Treglasfönstret anges på motsvarande sätt till $1,62$ och $1,97 \text{ W/m}^2$. K. För tvåglasfönster anges ett antal värden skiftande mellan $2,20 \text{ W/m}^2$. K och $5,22 \text{ W/m}^2$. K.

Det görs en anmärkning beträffande provningarna, där det sägs att utskjutande karmar och bågar kan ge bättre k-värden beroende på att glasytan skyddas för vindens påverkan. Denna aspekt hade dock inte ännu inte provats. Rapporten ger vidare beräkningsmetoder för ekonomisk isolertjocklek, och andra data om värmeförbrukningen på olika orter i landet, samt uppgifter om rikets energiförbrukning.

Författarna har tidigare presenterat sina resultat angående mätningar av två- och treglasfönster redan 1922 i en föregående IVA-rapport.

Lundborg, A, 1973, Utvändiga rörliga solskydd effektivast men dyrast. Byggnadsindustrin, nr 40. Stockholm.

Kommentar:

Artikeln handlar främst om solskydd av typen utvändiga och invändiga persienner. Man redogör för ett antal detaljlösningar som emellertid har intresse för lösningar till fönsterisoleringar.

En persienn som refereras har provats i 100.000 cykler, och klarat kraven. Denna hade lameller av aluminium och linor av konstfibrer. Reglaget var både manuellt och maskinreglerat. Det berättas vidare om lösningar till kraftöverföring i fasaden för att klara reglage av utvändiga persienner. Olika typer kan klara partier upp till 14 m^2 utan att tyngden av persiennerna blir för besvärande. Av artikeln att döma kan lösningar till fönsterisoleringar i flera avsnitt grundas på erfarenheter från solskydd.

Lyng, O, 1965, *Värmetransport genom fönster. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 15. Stockholm.*

Kommentar:

Rapporten utgör en litteratursammanställning kring fönstrets värmetekniska problem. Specifikt material om fönsterisoleringar ingår ej, men denna byggforskningsrapport ger en klar översikt av andra fönstertekniska frågor som också har betydelse för användningen av fönsterisoleringar.

Det presenterade materialet består av två delar. Först görs en sammanställning av de fysikaliska problem som är förenade med värmetransport genom fönster. Därefter visas en bred litteraturöversikt fram till år 1965. Litteraturen är indelad efter författare och ämnesområden var för sig, vilket ger möjlighet till sökning i annan litteratur efter ett särskilt problem.

De viktigaste avsnitten är: värmetransport som fysikaliskt och tekniskt problem, värmetransport genom glas - ledning, konvektion och långvågsstrålning, kortvågsstrålning, värmetransport genom karm och båge, värmetransport genom materialet, värmetransport genom springor, värmetransport genom fönstersmyg, fönstrets värmeisolering och rumsklimat, kondensering, fönstrets värmeekonomi med underrubrikerna; allmänt, luftläckning, värmebalans samt värmeekonomiska beräkningar.

Det kan noteras att denna litteraturstudie inte kunnat rymma verk där fönstrets totala värmeekonomi har avhandlats. Man hade inte ens möjlighet att kunna göra jämförelser av kostnader för fönster jämfört med väggkostnader eller beräkningar av alla värmeekonomiska aspekter för hela året (värmning och kylning). Lyngs beskrivning härvidlag är synnerligen klargörande.

Av intresse för studiet av fönsterisoleringar är att författaren konstaterar i slutet av kapitlet som fönsterekonomi, att s. k. fönsterskydd vid tvåglasfönster troligen blir mycket billigare än ett tredje glas. I rapportens avslutning refereras diskussionen om två- och treglasfönster under femtiotalet. Också i Danmark, Tyskland och England har diskussioner förts om de ekonomiska aspekterna vid övergång till två glas från ett enda.

Ny Teknik, 1980, Ny persienn spar värme, nr 20. Stockholm.

Kommentar:

Den redovisade persiennen från Duraflex har omskrivits i ett antal artiklar, där denna för ett tekniskt forum beskriver produkten. Övriga artiklar i Dagens Industri.

Olsson, CH, 1980, Datorberäkningsmodeller för ett optimerat utnyttjande av solvärme i stadsplanen. (Anslagsrapport till Statens råd för byggnadsforskning.) Anslag 760171-4, Stockholm.

Kommentar:

Denna undersökning avhandlar sambanden mellan viktiga variabler för byggnadens energibehov och stadsplanetyper. Undersökningen bygger på ett större antal datorberäkningar av fem stadsplaneförslag av olika täthet.

De variabler som har beräknats är följande; tätheten i planen från 100 till 330 invånare per hektar, orientering av byggnader från söder till öster/väster, fönsters k-värden, byggnaders isolering, byggnaders ventilation, mängd tillgänglig basenergi från byggnaders inre, lägenhetslösningar från små till stora lägenheter, fönsterlösningar och fönsterstorlekar.

De olika stadsplanerna beräknades först med byggnader i enlighet med SBN-75, därefter som påtagligt förbättrade vad avser ventilation och k-värden. Vidare beräknades förbrukningen när fönsterna var 15 och 30 % av planytan. För olika orienteringar prövades därefter betydelsen av fönsterisoleringar med det genomsnittliga k-värdet $0,7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Läget var i Malmö.

Först kunde konstateras att vid ökande täthet i stadsplanen sjönk energiförbrukningen oavsett de tekniska faktorerna. Orsaken är främst minskad ytteryta för varje enhet. Vidare kunde påvisas att vid mindre fönster fick man en lägre energiförbrukning oavsett fönsterisoleringar eller ej. Alternativet med fönsterisoleringar och stora fönster medförde en högre energiförbrukning än enbart mindre fönster utan isoleringar. Det bästa utnyttjandet av fönsterisoleringar beräknades ske i samband med måttligt stora fönster. Söderorientering visades ge en lägre energiförbrukning för samtliga fall.

Sammanfattningsvis var den minst energikrävande planen rymmande femvåningshus, med måttligt stora fönster vettande mot söder. Tätheten var 330 invånare per hektar nettoyta. Alternativet var utformat med fönsterisoleringar.

Persson, R, 1966, Värmeabsorberande och värmereflekterande glas. VVS, nr 2, Stockholm.

Kommentar:

Artikeln tar upp värmereflekterande glas som har selektiv reflektion. Man skiljer på tre typer av beläggningar. 1) inbrända keramiska beläggningar, 2) metalliska beläggningar pålagda genom vakuumfångning, 3) metalliska beläggningar kemiskt utfällda på glasytan.

Peterson, F, 1976, *Byggnadens form med hänsyn till energibehovet för uppvärmning och ventilation.* (Institutionen för uppvärmnings- och ventilationsteknik, KTH.) Tekniska meddelanden 96-104, Stockholm.

Kommentar:

Denna uppsats handlar om hur formen kan optimeras med hänsyn till energiförbrukningen. Solinstrålningens verkan förutsätts vara försummad, vilket leder till att problemet kan lösas som ett minimiproblem. Det kan tilläggas att beräkningen av solinstrålningens verkan och skuggningen kan tänkas ändra resultat som erhålls med denna beräkningsmetod.

Emellertid framstår det som intressant att fönsteraspekten ingår i beräkningsgången. Författaren visar att genom att variera k-värdet hos fönstret kommer man att på ett enkelt sätt med parallellförflyttning av en optimeringskurva kunna ge nya formförhållanden. Dessa aspekter är av betydelse när man planerar fönsterisoleringar, och uppslaget borde vara tillämpligt också vid mer detaljerade beräkningar.

Pleijel, G, 1957, *Fönsterskydd - en experimentell undersökning.* Byggmästaren, nr B9, sid. 207-216. Stockholm

Kommentar:

Pleijels undersökning är en av de få som gjorts med lika hänsyn till fönstrets värmebalans såväl sommar som vinter. Problemet med avskärmning är lika viktigt som möjligheter att minska värmeförlusterna vintertid.

Arbetet påbörjades hösten 1952 och varade till våren 1954. En försöksanordning uppställdes, som bestod av nio boxar, vilka hade glasning åt ett håll mot söder.

Boxarna kalibrerades och bestämdes ur värmeteknisk synpunkt. Instrålningen genom glaspartierna beräknades med vägledning av data som erhållits från SMHI. Temperaturer mättes på platsen och i varje box. Genom denna anordning var det möjligt att bestämma värmeflödena ut och in ur boxarna.

För solavskärmningens del visades att en plan pappersjalusi med aluminiumfoliering på båda sidor och placerad mellan glaset gav det lägsta transmissionsvärdet. Utvändiga markiser gav också låga värden, ca 25 %. Isoflex gav höga värden för värmeinstrålning på ca 80 %, trots att tre skikt hade använts mellan glaset.

Vidare gjordes mätningar av värmeförluster när olika fönsterisoleringar var nedfällda. Flera resultat är anmärkningsvärda.

Det visade sig att en vit pappersjalusi mellan glaset gav k-värdet $1,95 \text{ W/m}^2\text{.K}$, något sämre än för treglasfönster. Värmevinsten genom denna enkla anordning var $0,63 \text{ W/m}^2\text{.K}$. Enligt Pleijels mätningar skall en pappersjalusi innanför fönstret ha en större besparingsverkan genom att karm och båg också isoleras. K-värdet för ett sådant fall blev $1,77 \text{ W/m}^2\text{.K}$.

När pappersjalusin målas med aluminiumfärg på en sida oavsett vilken sjunker k-värdet till ca $1,77 \text{ W/m}^2\text{.K}$. Om båda sidor målas får man k-värdet $1,65 \text{ W/m}^2\text{.K}$, vid placering mellan glaset för nyss nämnda fall.

Sätter man en enkelsidigt aluminiummålad jalusi innanför fönstret sänker man k-värdet till $1,62 \text{ W/m}^2\text{.K}$. Än bättre värden fås om jalusin är beklädd med en aluminiumfolie på en sida. Vid placering av en sådan jalusi mellan glaset kommer man till $1,55 \text{ W/m}^2\text{.K}$. För samma jalusi med dubbla folier, en på var sida och mellan glaset kommer man till värdet $1,35 \text{ W/m}^2\text{.K}$.

I försöksserien ingick persienner av tre slag. De bästa värdena fick man med aluminiumlameller. K-värdet låg på $1,74 \text{ W/m}^2\text{.K}$, eller ungefär lika med pappersjalusin som var bemålad med aluminiumfärg på en sida.

Isoflex provades, varvid man fick värden som kunde jämföras med den vita pappersjalusin, d.v.s. något sämre isolering. Enligt Pleijel kunde detta bero på att plasten var transparent för långvågig strålning, och att isoleringsverkan minskades genom detta.

Det mest anmärkningsvärda resultatet var att ett fönster med enkelt glas som försågs med en vit pappersjalusi på insidan fick ett k-värde som låg nära tvåglasfönstrets. Ökningen av k-värdet var ca $1,67 \text{ W/m}^2\text{.K}$, vilket får betecknas som slående.

Slutligen kan tilläggas att Pleijel själv ansåg dessa mätningar som preliminära, och att man borde utöka mätningarna till att omfatta strålning, vind, fuktighet och yttertemperatur hos de undersökta materialen. Trots detta har Pleijels pionjärinsats ännu efter nära tre decennier stor betydelse i det praktiska arbetet med dessa frågor.

Schröder, H, 1968, Neue Sonnenschutzgläser zur Verglasung von Gebäuden und Fahrzeugen. Heizung, Lüftung und Haustechnik, B 19, nr 2. Düsseldorf.

Kommentar:

Denna artikel ger en översikt till problemet med selektiva skikt. Väsentliga resultat beskrivs och illustreras med diagram.

Sjölund, J, 1979, *Värmeisoleringsekonomi. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 8. Stockholm.*

Kommentar:

Författaren belyser hur olika antaganden om framtida energipris påverkar val av isoleringsdimensioner. Genom att göra omfördelningar av isoleringsvärden som alternativ till värden enligt SBN-75, kan man uppnå lägre byggnadskostnad eller lägre energiförbrukning.

Till en viss del är rapporten tillämplig på resonemang om fönsterisoleringar, vilket t. ex. har visats av Hagman (1979).

Symposium on Energy Conservation through Improved Fenestration Treatment, 1976. ASHRAE Transactions, vol. 82, p. 1. New York.

Kommentar:

Rapporten tar upp olika avskärmningsproblem samt möjligheten att använda akrylglas.

Yellott, I, 1964, Selective reflectance - a new approach to solar heat control. ASHRAE Journal, 6,1. New York.

Kommentar:

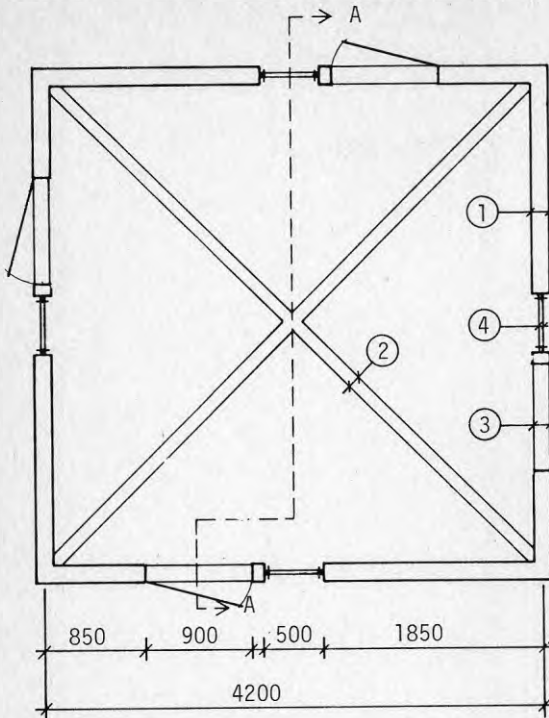
Uppsatsen ger en teoretisk bakgrund till teorier för selektiva skikt, samt redogör för författarens mätningar av olika glastyper. Jämförelse görs mellan beräknade värden och uppmätta.

Yellott, I, 1965, Drapery Fabrics and their Effectiveness in Solar Heat Control. ASHRAE Transactions, vol. 71, p.1. New York.

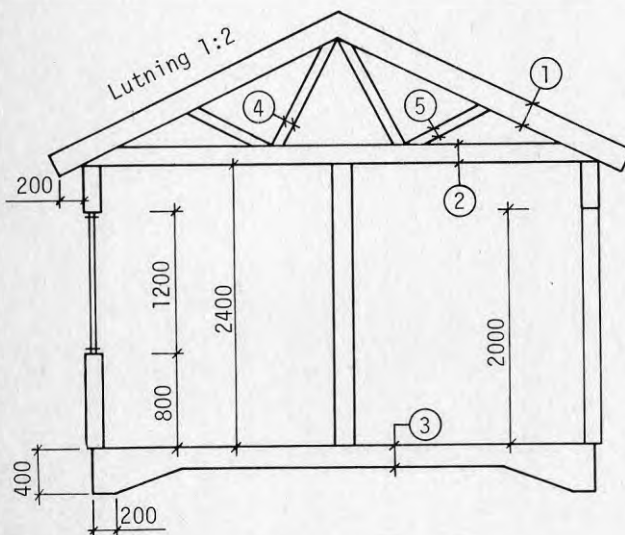
Kommentar:

Fönsterisoleringar kan tänkas bli utformade som gardiner, varvid man får räkna med att en del av solinstrålningen avskärmas. Denna avskärmning kan beräknas beroende av vilken typ av väv som används. Yellott redogör för dels beräknings- och dels mätmetoder i samband med gardiner för fönster, i denna artikel.

Mätbox

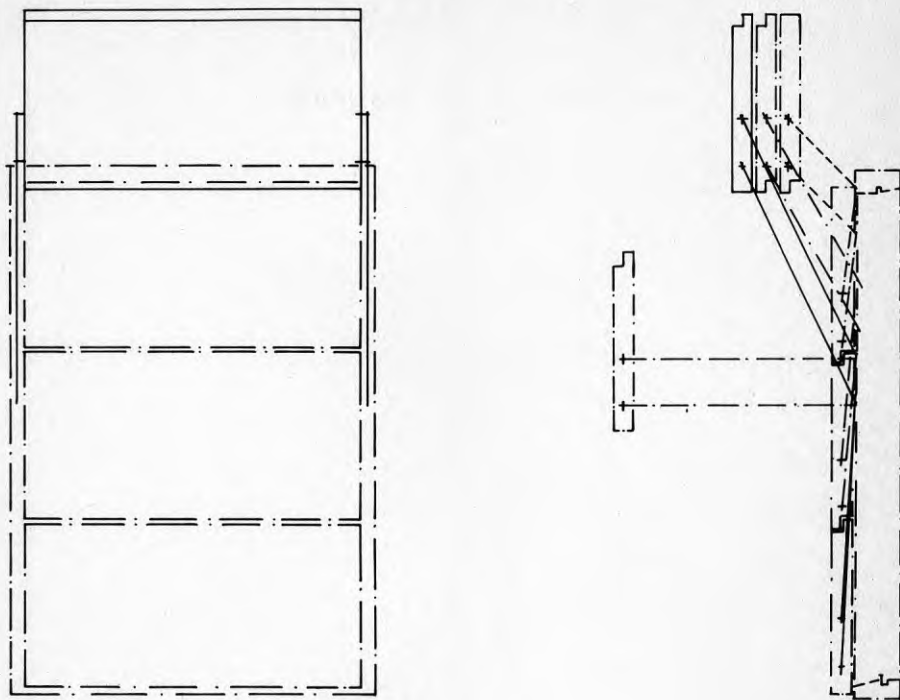


- ① gips 13 mm, plastfolie 0,20 mm, min.u11 klass A 95 mm + träreglar 45x95 C 600, asfboard 13 mm, fjällpanel 22x120 mm
- ② gips 13 mm, min.u11 klass A 95 mm + träreglar 45x95 mm, plastfolie 0,20 mm, gips 13 mm
- ③ dörr 900x2000 mm
- ④ fönster 500x1200 mm

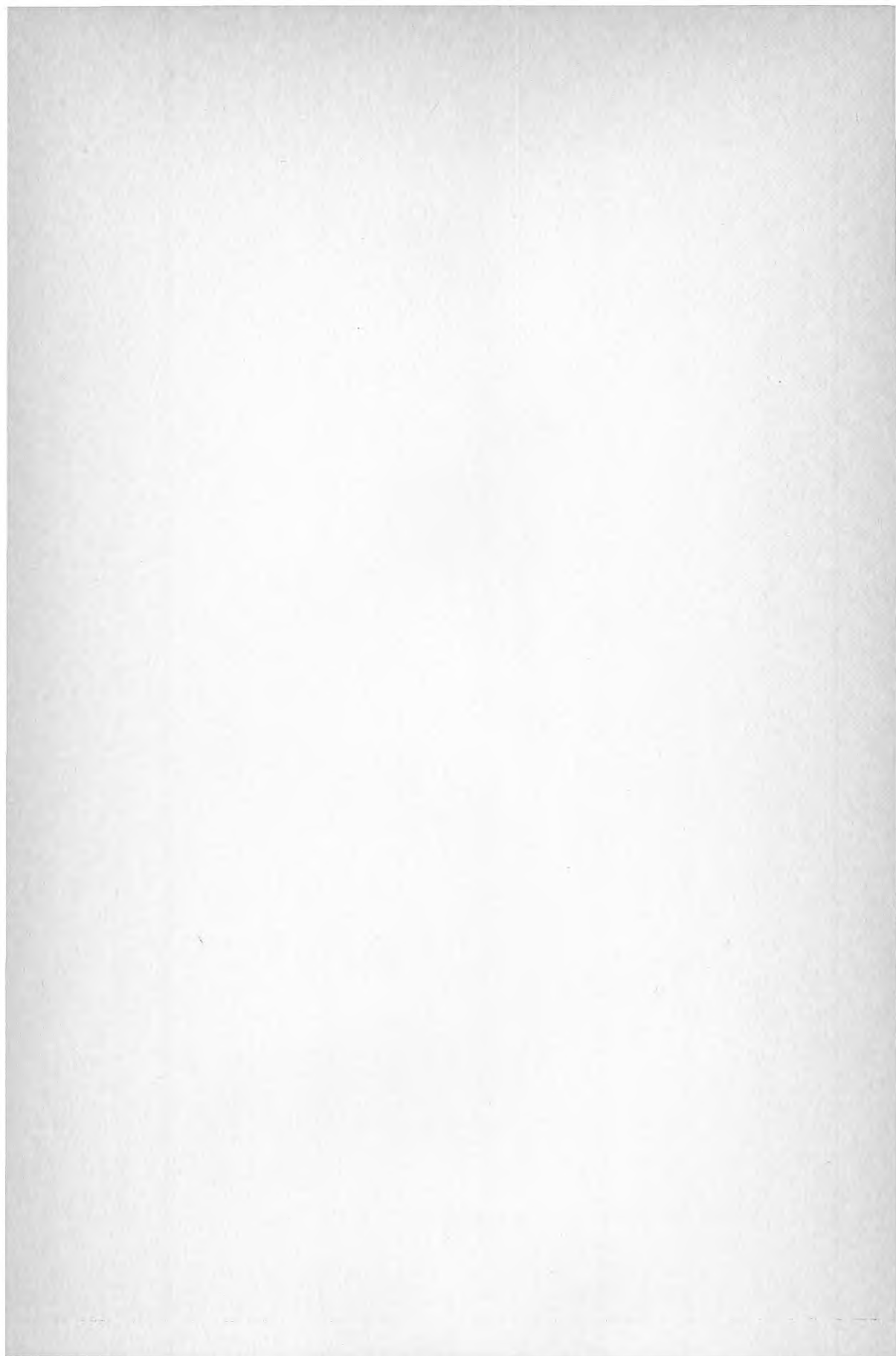


- ① betongtakpannor, bärläkt 50x75 mm, royal board 3,2 mm, högben 34x145 mm
- ② underram 34x120 mm, min.u11 95 + 50 mm
- ③ spånskiva 22 mm, cellplast 60 mm, plastfolie, betong 100 mm, armering nät \varnothing 6 C 200, makadam 150 mm
- ④ träregel 2 st 22x95 mm
- ⑤ träregel 34x95 mm

Bilaga 3 1:1
UTVÄNDIG FÖNSTERISOLERING



Fönsterisoleringen i form av en tredelad fönsterlucka, för att nedbringa moment- och vindpåverkan, består av ett högisolerande styvt material samt styranordningar. Styrningen av de tre delarna sker från en gemensam trippelaxel vilken kan manövreras manuellt eller automatiskt.







**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
791384-3 från Statens råd för byggnadsforskning
till Resursbesparande Byggande RBB, Lund.**

R178: 1980

ISBN 91-540-3430-2

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700278

**Abonnemangsgrupp:
Z. Konstruktioner och material**

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

Cirka pris: 20 kr exkl moms