

Lunds universitet  
Lunds tekniska högskola  
Institutionen för byggande och arkitektur  
Rapport TABK--99/3057



Maria Wall  
Bertil Fredlund

Byggnadskonstruktion



## Lunds universitet

Lunds universitet, med åtta fakulteter samt ett antal forskningscentra och specialhögskolor, är Skandinaviens största enhet för forskning och högre utbildning. Huvuddelen av universitetet ligger i Lund, som har 97 600 invånare. En del forsknings- och utbildningsinstitutioner är dock belägna i Malmö. Lunds universitet grundades 1666 och har idag totalt 5 800 anställda och 34 000 studerande som deltar i ca 60 utbildningsprogram och ca 800 kurser erbjudna av 89 institutioner.

## Institutionen för byggande och arkitektur

Institutionen för byggande och arkitektur ingår i Lunds tekniska högskola, LTH, som utgör den tekniska fakulteten vid Lunds universitet. Institutionen har sex avdelningar, Bebyggelsevård, Boende och bostadsutveckling, Byggnadsekonomi, Byggnadskonstruktion, Installationsteknik och Projekteringsmetodik. Vid institutionen bedrivs forskning och utbildning inriktad på den byggda miljön. Verksamheten, forskning och utbildning, omfattar områden såsom bebyggelsevård, förvaltning, projektering, byggande, rivning och återbruk i både svenskt och internationellt perspektiv. Samverkan mellan aktörer med olika kompetenser vid förändringar i den byggda miljön utgör ett särskilt väsentlig forsknings- och utbildningsområde.

## Avdelningen för byggnadskonstruktion

Avdelningens forskning koncentreras på energihushållning och klimatisering i bebyggelsen. Huvudområdena inom forskningen behandlar

- utformning och prestanda hos nya lågenergihus
- energihushållning i befintlig bebyggelse
- utformning och prestanda hos fönster och solskydd
- solvärmeutnyttjande
- klimatisering med byggtekniska åtgärder
- utveckling av datorbaserade beräkningshjälpmedel för energi- och komfortanalys

# Solskydd i byggnader

redaktörer

Maria Wall  
Bertil Fredlund

## Sökord

solskydd, solavskärmning, fönster, byggnader, energibehov, värme, kyla, mätning, kalorimetrisk, solenergitransmission, avskärmningsfaktor, beräkning, projekteringshjälpmedel, solsimulator, brukaraspekter, komfort, dagsljus

© copyright Institutionen för byggande och arkitektur, avdelningen för Byggnadskonstruktion, Lunds tekniska högskola, Lund 1999.

Layout: Hans Follin, LTH, Lund.

Illustration omslaget: Håkan Håkansson och Hans Follin

Tryck av KFS AB, Lund 1999

Rapport TABK--99/3057

Solskydd i byggnader

Institutionen för byggande och arkitektur, Lunds tekniska högskola, Lund

ISSN 1103-4467

ISRN LUTADL/TABK--3057--SE

Lunds tekniska högskola

Institutionen för byggande och arkitektur

Avd f Byggnadskonstruktion

Box 118

221 00 LUND

Telefon: 046 - 222 73 45

Telefax: 046 - 222 47 19

E-post: [bkl@bkl.lth.se](mailto:bkl@bkl.lth.se)

Hemsida: [www.byggark.lth.se](http://www.byggark.lth.se)

# Referat

Byggnader med väl fungerande solskydd kan minska investeringskostnaden för kyl- och ventilationsanläggningar, minska energianvändning samt ge upphov till god termisk och visuell komfort. Eftersom det saknas vetenskapligt framtagna och jämförbara uppgifter på solskydds fysikaliska egenskaper så pågår forskningsprojektet *Solskydd i byggnader*, beskrivet i denna rapport.

Målsättningen är att ta fram fysikaliska egenskaper för olika typer av solskydd genom mätningar och beräkningar. Projekteringshjälpmedel för byggbranschen skall utvecklas och dessutom bör det utvecklas en standardiserad laboratoriemetod för mätning av solskydds fysikaliska egenskaper.

Mätningar och utveckling av beräkningsmodeller avseende utvändiga solskydd har genomförts. Ett projekteringsverktyg för i första hand utvändiga solskydd håller på att utvecklas och blir klart i mars 2000. En solsimulator har byggts upp för att på ett mer standardiserat sätt kunna mäta på fönster och solskydd. Dessutom har beräkningar utförts för att studera solskydds inverkan på energianvändning för värme och kyla samt även en inledande undersökning angående brukarspekter och inverkan på dagsljus i rum när solskydd används.

Resultat i denna etapp innefattar framtagna värden på solenergitransmittans hos utvändiga solskydd såsom markis, markisolett, fasadpersienn, fast skärm, screen, jalousi samt solskyddsfilm. Beräkningsmodeller för dessa typer av solskydd har utvecklats och visar god överensstämmelse med mätningar. Beräkningar med de nya solskyddsmodellerna implementerade i energibalansprogrammet DEROB-LTH visar att det finns en stor potential i reducering av energibehov vid användning av säsonganpassad solavskärmning. Resultaten tyder på att en automatisk reglering av solskydden som dock fortfarande kan överstyras av brukarna är en optimal lösning.

Fortsatt arbete planeras omfatta ytterligare mätningar och framtagande av beräkningsmodeller för mellanliggande och invändiga solskydd. Projekteringshjälpmedlet skall i senare versioner kompletteras med mel-

lanliggande och invändiga solskydd. Ett internationellt standardiseringsarbete angående mätningar och beräkningsmodeller bör påskyndas. Dagsljus samt termisk komfort är också viktiga delar som planeras ingå.

---

# Innehåll

<b>Sökord</b>	2
<b>Referat</b>	3
<b>Innehåll</b>	5
<b>Föroord</b>	11
<b>1 Bakgrund</b>	13
1.1 Besparingspotential	15
1.2 Tidigare arbeten	16
1.3 Nyttan	17
1.4 Målsättning med projektet	18
1.5 Utfört arbete	18
1.6 Projektorganisation	19
1.7 Koppling till andra forskningsprojekt	20
<b>2 Mätning av solskydds egenskaper i verkligt klimat</b>	21
2.1 Inledning	21
2.2 Metod	22
2.3 Kalibrering	25
2.3.1 Värmeförlust genom fönstret	26
2.3.2 Effekt till värmekapaciteten	28
2.3.3 Linjär regression	29
2.4 Fönster	30
2.5 Markiser	31
2.5.1 Helt utfällda markiser	32
2.5.2 Delvis utfällda markiser	34
2.6 Fasadpersienner	35
2.6.1 Persienner med horisontella lameller	36
2.6.2 Persienner med lameller ställda 45°	38
2.7 Markisoletter	39
2.7.1 Helt utfällda markisoletter	40
2.7.2 Delvis utfällda markisoletter	41
2.8 Screen	43
2.9 Fast skärm	44
2.10 Jalousier	46

2.11	Solskyddsfilm	46
2.12	Sammanfattning	47
<b>3</b>	<b>Sollaboratorium</b>	<b>49</b>
3.1	Målsättning	49
3.2	Beskrivning av solsimulatorns delar	50
3.2.1	Hur vinklar genereras	50
3.2.2	Valda egenskaper hos reflektorarrangemanget	51
3.2.3	Primära ljuskällor	52
3.2.4	Kalorimeterbox	56
3.2.5	Kylning och reglering	60
3.2.6	Simulering av övergångsmotstånd	61
3.3	Mättningsförfarande och kalibrering	62
3.3.1	Mätsekvens med fasta vinklar	62
3.3.2	Mätning för en simulerad solbana	63
3.3.3	Total soltransmittans	63
3.3.4	Relativa mätningar, avskärmningsfaktor	63
3.3.5	Mätning av temperaturer i solstrålningsmiljö	64
3.3.6	Kalibrering	65
<b>4</b>	<b>Beräkningsmodeller</b>	<b>67</b>
4.1	Fönstermodell	68
4.1.1	Sol- och himmelsstrålning	70
4.1.2	Konvektion och långvägig strålning vid ytter- och innerytor	71
4.1.4	Konvektion i luftspalter	72
4.1.5	Långvägigt strålningsutbyte i luftspalter	73
4.2	Sol- och himmelsstrålning vid glaspartier	73
4.2.1	Enkla skikt	74
4.2.2	Glaskombinationer	75
4.3	Skuggning av diffus strålning	76
4.3.1	Beräkning av vinkelfaktorer	76
4.4	Komfortberäkningar	80
4.4.1	PMV och PPD	81
4.4.2	Operativ temperatur	81
4.5	Visualisering av en byggnad	81
4.6	Simuleringar	85
4.6.1	Markis	86
4.6.2	Markisolett	87
4.6.3	Fasadpersienn 80 mm	88
4.6.4	Fast skärm	89
4.6.5	Screen	91
4.6.6	Slutsats av simuleringar	92
4.6.7	Fortsatt arbete	93
<b>5</b>	<b>Egenskaper hos solskydd – generaliserade mätresultat</b>	<b>95</b>
5.1	Parameterstudie	95
5.1.1	Ljus markis	97



5.1.2	Mörk markis	100
5.1.3	Ljus markisolett	103
5.1.4	Mörk markisolett	106
5.1.5	Fast skärm	109
5.1.6	Fasadpersienn 80 mm	112
5.1.7	Screen Soltis 92 1045	114
5.1.8	Screen Hexcel 21136 Sable	117
5.2	Fönsterjalousier	120
5.3	Sammanfattning	121
<b>6</b>	<b>Projekteringshjälpmedel</b>	<b>123</b>
6.1	Startformulär	123
6.2	Geometri	124
6.3	Fönsternisch och karmbredd	125
6.4	Plats och orientering	125
6.5	Väggar	126
6.6	Fönsteruppbyggnad	127
6.7	Beskrivning av solskydd	128
6.7.1	Markis	128
6.8	Enkel indatahantering	128
6.9	Detaljerad indatahantering	129
6.10	Fortsatt arbete	130
<b>7</b>	<b>Solskydds inverkan på energianvändning</b>	<b>131</b>
7.1	Bakgrund och forskningsuppgift	131
7.2	Metod	132
7.3	Resultat och diskussion	133
7.3.1	Solskyddsglas eller säsonganpassad avskärmning	133
7.3.2	Driftstrategi och utformning av säsonganpassade solskydd	136
7.4	Slutsatser	140
7.4.1	Generella slutsatser	140
7.4.2	Begränsningar	141
7.4.3	Fortsatt forskning	141
<b>8</b>	<b>Brukaraspekter</b>	<b>143</b>
8.1	Inledning	143
8.2	Bakgrund och syfte	143
8.3	Metod	144
8.3.1	Försöksrum och solskydd	144
8.3.2	Metod för rumsbedömning	146
8.3.3	Genomförande	147
8.3.4	Försökspersoner	148
8.3.5	Databearbetning	148
8.4	Resultat	150
8.4.1	Väder, ljus och temperatur	150
8.4.2	Upplevelse av solskydden	151
8.4.3	Inställning av solskydden	151

8.4.3.1	Markis	154
8.4.3.2	Persienn	154
8.4.4	Tillsatsbelysning	155
8.4.5	Övriga kommentarer	155
8.5	Diskussion och slutsatser	156
<b>9</b>	<b>Diskussion och slutsatser</b>	<b>159</b>
9.1	Mätningar i verkligt klimat	159
9.2	Sollaboratorium	160
9.3	Beräkningsmodeller	160
9.4	Egenskaper hos solskydd – generaliserade mätresultat	161
9.5	Projekteringshjälpmedel	161
9.6	Solskydds inverkan på energianvändning	162
9.7	Brukaraspekter	162
9.8	Måluppfyllelse	163
9.9	Fortsatt arbete	164
<b>10</b>	<b>Sammanfattning</b>	<b>165</b>
10.1	Bakgrund	165
10.2	Mätmetod och noggrannhet	166
10.3	Sollaboratorium	168
10.4	Beräkningsmodeller	169
10.5	Egenskaper hos solskydd – generaliserade mätresultat	169
10.6	Projekteringshjälpmedel	171
10.7	Solskydds inverkan på energianvändning	171
10.8	Brukaraspekter	172
10.9	Måluppfyllelse	173
10.10	Fortsatt arbete	174
<b>Referenser</b>		<b>175</b>
<b>Bilaga A</b>		<b>179</b>
A.1	Fönstermodell	179
A.1.1	Termisk modell	179
A.1.2	Långvägigt strålningsutbyte i fönsters luftspalter	182
A.1.3	Konvektion i fönsters luftspalter	183
A.2	Sol- och himmelsstrålning vid glaspartier	184
A.2.1	Enkla skikt	184
A.2.2	Glaskombinationer	187
A.3	Skuggning av diffus strålning	192
A.3.1	Några definitioner och grundläggande formler	192
A.3.2	Sol- och himmelsstrålning vid yttertor	195
A.3.3	Beräkning av vinkelfaktorer	196
A.4	Komfortberäkningar	201
A.4.1	PMV och PPD	202
A.4.2	Medelstrålningstemperatur	204
A.4.3	Direkt solstrålning	206

---

A.4.4	Diffus solstrålning	207
A.4.5	Operativ temperatur	208
A.4.6	Vinkelfaktorer	209
A.4.7	Interpolering	212
	<b>Bilaga B</b>	213
	Frågeformulär	213
	<b>Bilaga C</b>	215
	Instruktion	215



# 10 Sammanfattning

Maria Wall  
Bertil Fredlund

## 10.1 Bakgrund

Utvecklingen av fönster med låga U-värden och därmed låga energiförluster har lett till möjligheten att ha stora glasareor i byggnader utan att få problem med drag eller höga uppvärmningskostnader. Med stora glasareor kommer dock krav på solskydd. I annat fall riskerar man att få övertemperaturer och/eller stort kylbehov sommartid. Med solskydd menas här markiser, rullgardiner, överhäng, persienner, beläggningar på glaset etc. De kan vara placerade invändigt, mellan glaset eller utvändigt. Vissa solskydd kan även fungera som nattisolering av fönstren.

Under projekteringsstadiet måste komfort och energibehov för värme/kyla kunna bedömas för att en väl fungerande byggnad skall kunna konstrueras. Dagens situation är att dimensionering av solskydd sällan förekommer på projekteringsstadiet utan solskydd installeras som en nödatgärd först då problemen upptäckts, d.v.s. efter första sommaren byggnaden är i drift.

Det är svårt att marknadsföra och motivera utnyttjandet av solskydd om man inte kan ge en seriös bedömning av effekten av solskyddsprodukter. Problemet är att det saknas relevanta och jämförbara uppgifter på hur mycket solstrålning som transmitteras genom olika typer av solskydd samt funktionen i kombination med fönster. De flesta tillverkare och försäljare av solskydd kan endast redovisa mycket grovt uppskattade värden på hur mycket av solstrålningen som avskärmas - eller inga värden alls! För att kunna göra en korrekt dimensionering av klimatanläggningar i byggnader behöver man naturligtvis veta vilken effekt solskydden har. Dessutom saknas enkla och tillförlitliga projekteringshjälpmedel för VVS-ingenjörer och arkitekter. Detta leder till att möjligheterna med effektiva solskydd ej beaktas vid en projektering. Detta leder i sin tur till att onödigt stora klimatanläggningar, med både stora investeringskostnader och driftkostnader, projekteras och installeras.

I januari 1997 startade därför forskningsprojektet *Solskydd i byggnader*. Forskningsprojektet innebär ett samarbete mellan Byggnads-konstruktionslära vid Lunds Tekniska Högskola, Svenska Solskydds-förbundet, Norges Solskjermingsförbund samt konsultföretaget (VVS) Erichsen & Horgen A/S i Oslo. De svenska och norska solskydds-förbunden är branschorganisationer som ansluter företag med anknytning till solskyddsprodukter för byggnader. Bland medlemsföretagen finns såväl grossister, producenter som återförsäljare.

Målsättningen med projektet i sin helhet är att ta fram fysikaliska egenskaper för olika typer av solskydd vilka skall användas som indata i en *beräkningsmodell* som utvecklas inom projektet. Modellen skall verifieras och utvecklas till ett *projekteringshjälpmedel* för konsultbranschen. Dessutom bör det utvecklas ett förslag till en *standardiserad laboratoriemetod* för mätning av solskydds fysikaliska egenskaper. En sådan metod saknas, vilket också har konstaterats inom internationella standardiseringsarbeten (ISO, CEN).

Detta projekt omfattar många olika delar och rapporten redovisar hur långt vi har kommit inom de olika delarna i forskningsarbetet. Studierna har till största delen begränsats till att studera solskydds egenskaper när det gäller avskärmning av solenergi och därmed påverkan på energi-användningen för kyla och värme. Att arbetet i första hand har begränsats till detta beror på att det inte har funnits jämförbara fysikaliska data för olika typer av solskydd. Denna del är grundläggande och blev därför prioriterad. Detta innebär inte att andra faktorer såsom dagsljus och termisk komfort skulle vara mindre viktiga. Dessa och andra faktorer kommer att behandlas i ett senare skede så fort finansiering kan ordnas.

## 10.2 Mätmetod och noggrannhet

Det har konstaterats att det idag saknas relevanta uppgifter för hur väl olika solskydd skyddar mot oönskad sol. Från företagen som tillverkar och marknadsför solskyddsprodukter kan endast mycket grovt uppskattade data erhållas. Ett undantag är tillverkare av screendukar som alla använder en ASHRAE standard 74-1988. Denna standard ger endast uppgifter om soltransmissionen vid i huvudsak vinkelrätt infall och fungerar därför endast för produkter där egenskaperna är oberoende av solstrålningens riktning.

I detta projekt har en metod som bygger på en dubbel sk hotbox-uppställning med verklig solstrålning som strålningskälla utnyttjats för att studera solskyddens egenskaper. Metoden bygger på kalorimetriska

mätningar där tillförd värmeeffekt, kyleffekt samt temperaturskillnader mellan mätbox och omgivning används för att beräkna totalt och primärt transmitterad solenergi. Fönster och solskydd var monterade i en söderfasad och exponerades för uteklimat. Den relativa noggrannheten vid mätning av transmissionen har uppskattats till  $\pm 5\%$ .

De produkter som hittills studerats är utvändiga solskydd; nämligen två markiser, två fasadpersiennor, två markisoletter, en fast skärm, tre screens, två jalousier samt två solskyddsfilmer. För de produkter där fler än en provning har genomförts har olika varianter testats och i några fall även olika driftstrategier. Markiserna provades med en ljus och en mörk väv. Fasadpersiennorna var silverfärgade med 50 respektive 80 mm lameller. Markiserna provades i läget helt utfällda och delvis utfällda. Persiennorna provades även i två lägen, nämligen helt nedfällda med horisontellt ställda lameller och helt nedfällda med lamellerna vinkelställda i  $45^\circ$ .

Den i försöken beräknade soltransmissionen för de olika solskydden blir p.g.a. att tvåglasfönster används som referens vid mätningarna samma sak som den s.k. avskärningsfaktorn.

För att beräkna soltransmissionen ur försöken ställs en värmebalans upp för hotboxen. I värmebalansen är ett antal termer kända genom mätningar så att det är möjligt att lösa ut den totala solstrålningen som kommer in i boxen genom solskydd och fönster. För att beräkna systemets totala soltransmission divideras den totala transmitterade solstrålningen med dels den globala solstrålning som faller in mot fönstret och dels med fönstrets area.

Egenskaperna för ett specifikt solskydd kan enkelt beräknas om det antas att den totala soltransmissionen är en produkt av de olika delarna som ingår i systemet, dvs fönster och solskydd. Eftersom transmissionen för fönstret kan anses känd genom beräkningar eller mätningar kan solskyddets transmission enkelt beräknas som kvoten mellan systemets och fönstrets transmission. I mätförfarandet ingår möjligheten att mäta solskyddets egenskaper inklusive fönstret i den ena boxen och samtidigt mäta enbart fönstrets egenskaper i den andra boxen. Detta är speciellt tilltalande vid utomhusmätningar när solstrålningen varierar slumpartat p.g.a. olika väderleksförhållanden. En stor fördel med den använda metoden är att solskydden har studerats under verkliga förhållanden. Nackdelen är att mätresultaten endast representerar de driftförhållanden som var aktuella under mätperioden. Detta kräver en väl utvecklad teoretisk modell för att möjliggöra generaliseringar av uppmätta egenskaper.

## 10.3 Sollaboratorium

En solsimuleringsanläggning har konstruerats och byggts upp. Anläggningen möjliggör ett mer standardiserat sätt att mäta och därigenom jämföra egenskaper som soltransmittans för solskydd och/eller fönster i full skala under verklighetsnära förhållanden. Genom tillgången på denna utrustning är det möjligt att studera andra förutsättningar, såsom andra infallsvinklar, än vad som ges av Lunds latitud.

Anläggningens huvuddelar består av en ljuskälla som kan förses med två olika lampuppsättningar, en kalorimeterbox, ett reflektorarrangemang för generering av parallellt ljus samt en mekanisk utrustning för generering av olika infallsvinklar. Till detta kommer utrustning för mätning och styrning.

Den horisontella vinkeln mellan solen och fasaden fås genom att mätobjektet är roterbart runt en vertikal axel. Solhöjden genereras genom att lamparrangemang är monterat på en lyftanordning.

Den första lampuppsättningen består av sju stycken 2.5 kW urladdningslampor från Philips av typen MSR som står för Metal halide Short arch Rare earth som ger en något jämnare spektralfördelning än konventionella metallhalidlampor. Den andra uppsättningen lampor består av tre olika typer strålningskällor som tillsammans ger en spektralfördelning som är befriad från den koncentration till smala band som urladdningslampor uppvisar. De tre strålningskällorna består av en ny typ av lampa, svavelplasmalampa, samt två sorters glödlampor av halogentyp med respektive utan kalljusspegel.

De sju urladdningslamporna alternativt svavelplasmalamporna är placerade i 7 st stora reflektorer i ett bikakemönster. I solsimulatorn utgörs den lysande ytan av en hexagon med en höjd av 2.3 m.

Mätobjekten monteras på en kalorimeterbox som är tillverkad av cellplast. I boxen finns en svartmålad absorbatör som kyls och regleras till en konstant temperatur. Regleringen sker genom mätning av in- och utgående temperaturer för absorbatörplattan vars medeltemperatur styr vattenflödet. Den till absorbatören uppmätta kyleffekten är ett mått på till boxen tillförd solenergi.

Anläggningen som är unik i sitt slag kräver ett omfattande kalibreringsarbete vilket pågår för närvarande. Den uppbyggda anläggningen beräknas efter ytterligare justeringar kunna vara ett förslag till en standardiserad laboriemetod för framtagning av solskyddens termiska egenskaper. Detta kräver dock ett omfattande deltagande i internationellt standardiseringsarbete.



## 10.4 Beräkningsmodeller

Inom projektet har beräkningsmodeller för utvändiga solskydd i kombination med fönster utvecklats och implementerats i datorprogrammet DEROB-LTH. Utvecklingsarbetet har framförallt berört den termiska fönstermodellen för att hantera fysikaliska fenomen som sol- och himmelsstrålning vid glaspartier, skuggning av diffus strålning, beräkning av termisk komfort och visualisering av byggnaden. I den nya fönstermodellen används en temperaturnod för varje glas. Långvågig strålning och konvektion mellan glaset behandlas med full hänsyn till övergångstalens beroende av glasens temperaturer, spalternas dimensioner och fönstrets lutning. Vidare beaktas absorberad sol- och himmelsstrålning i varje glas. Glasen anses opaka för långvågig strålning. Glasens solstrålningsegenskaper antas i nuvarande modell vara våglängdsberoende och anses motsvara medelvärdet för hela solspektrat. Detta är en begränsning som måste beaktas när specialglas ingår i glaskombinationen.

I DEROB-LTH hanteras två typer av diffus strålning, kortvågig sol- och himmelsstrålning samt långvågig strålning. Skuggning av dessa typer av strålning var inte tidigare möjlig att beakta. För att förbättra hanteringen av diffus strålning har nya beräkningsrutiner utvecklats och införts i programmet. För att bestämma den infallande diffusa strålningen mot en ytteryta används vinkelfaktorer. Dessa kan i många fall bestämmas analytiskt men i datorprogrammet har en nyutvecklad generell procedur implementerats. Rutinerna hanterar även strålningsutbytet mellan yttertor och skärmar.

De utvecklade beräkningsmodellerna för solskydd har jämförts med utomhusmätningarna. Dessa jämförelser uppvisar generellt sett en mycket god överensstämmelse mellan modell och verklighet och är fullt tillräckliga för praktiskt bruk. Skillnaden mellan simulering och mätning motsvarade ofta mindre än 3% av den infallande solstrålningen vilket är av samma storleksordning som mätfelet.

## 10.5 Egenskaper hos solskydd – generaliserade mätresultat

Det är svårt att ange generellt användbara värden baserade på mätningarna på de olika solskydden. Resultaten från mätningarna gäller endast för den tid och latitud som de är gjorda. Med hjälp av de beräkningsmodeller som implementerats i datorprogrammet DEROB-LTH kan dock

solskyddens egenskaper beräknas för andra förhållanden. Beroende på samspelet mellan solskyddet och fönstret behövs egentligen en unik beräkning för varje kombination av fönster, solskydd, latitud, orientering, klimat och tidpunkt.

För utvändiga solskydd, som hitintills behandlats, är en rimlig första approximation att beräkna solskyddets totala solenergitransmission ( $G$ ). Förutom att ett solskydd påverkar hur solstrålningen transmitteras genom ett fönster kan de rent termiska egenskaperna påverkas. Denna typ av påverkan ingår inte i  $G$ -värdet. Markiser, fasta skärmar och andra utskjutande utvändiga konstruktioner har dock en mycket liten inverkan på  $U$ -värdet. I denna rapport redovisas endast  $G$ -värdet och en eventuell  $U$ -värdesförändring har inte beräknats.

Beräkningar har utförts för markis, markisolett, fast skärm, fasadpersienn och screen. Vid dimensionering av kylanläggningar samt vid bedömning av energianvändning måste energitillskottet från solen kunna bedömas beroende av bl.a. fönstertyp och användning av solavskärmning. För dessa ändamål har två olika  $G$ -värden tagits fram som månadsvärden; ett  $G$ -värde för energibedömningar samt ett för effektdimensionering.  $G$ -värdet för effektdimensionering är viktat med avseende på infallande solstrålning för varje orientering och klimat. På detta sätt får man fram en representativ solenergitransmission som råder vid maximal solinstrålning för en specifik orientering, dvs vid de tillfällen när effektbehovet för kyla är som störst.

Resultaten visar att årstidsvariationen av  $G$ -värdet är stor för vissa typer av solskydd och liten för andra. T.ex. varierar det dimensionerande  $G$ -värdet för fasadpersienn med horisontella lameller mellan 30% och 90% beroende på årstid. För en typ av screen däremot, varierar det dimensionerande  $G$ -värdet endast mellan 10% och 20% under året.

Presenterade värden på den totala solenergitransmissionen  $G$  är endast exempel eftersom bl.a. antalet kombinationer av typ av solskydd och fönstertyp i princip är oändligt och detta påverkar  $G$ -värdet. Denna påverkan är inte så stor för utvändiga solskydd, men betydande för mellanliggande och invändiga produkter. De redovisade  $G$ -värdena kan dock användas för beräkningar av effekt- och energibehov för de solskyddsprodukter och för de valda situationer som hitintills behandlats. Av denna anledning är det ytterst viktigt att även ett beräkningsprogram utvecklas som hjälp i projekteringsstadiet, där egenskaperna för olika kombinationer av solskydd, fönster m.m. kan beräknas.

## 10.6 Projekteringshjälpmedel

Ett projekteringshjälpmedel med namnet ParaSol baserat på de modeller som är framtagna för markiser, persienner, screens och fasta skärmar är under utveckling. ParaSol är väsentligen ett speciellt framtaget interface till energiberäkningsprogrammet DEROB-LTH som är det hjälpmedel vari de föreslagna simuleringsmodellerna för olika solskydd har implementerats. Målgruppen för verktyget ParaSol är arkitekter, VVS-konsulter och andra tekniker som skall välja solskydd för en given byggnad.

ParaSol blir ett Windows 95/98/NT program skrivet i Visual Basic. Indata till ParaSol görs via ett antal formulär. Utdata från programmet kan ges i olika detaljeringsgrad baserat på detaljeringsgraden hos indata.

I första versionen av programmet är endast en geometri möjlig. Den består av ett kontorsrum med *en* yttervägg och *ett* fönster. Dock kan alla geometriska mått ändras av användaren. Dessutom anger användaren orientering och vilken ort byggnaden skall ligga i. Andra valmöjligheter är väggkonstruktion, fönstertyp samt typ av solavskärmning.

Datorprogrammet beräknar direkt och total solenergitransmission för valt solskydd och fönstertyp. Data kan erhållas som timvärden eller månadsvärden för effekt- eller energiberäkning. Data skall kunna sparas i en fil som kan importeras till andra beräkningsprogram. Dessutom finns möjligheten att direkt i programmet beräkna effekt- och energibehov för värme och kyla samt studera temperaturförhållanden för kontorsrum med eller utan solavskärmning.

Den första versionen skall vara klar i mars 2000. Denna version är begränsad till utvändiga solskydd. Om ytterligare finansiering kan ordnas fortsätter programutvecklingen. Senare versioner av datorprogrammet skall då kunna hantera mellanliggande och invändiga solskyddsprodukter. Dessutom bör programmet så snart som möjligt utvecklas för att kunna bedöma reglering av solskydd.

## 10.7 Solskydds inverkan på energianvändning

Med målet att utveckla hjälpmedel för utformning och reglering av högpresterande solskydd, har en serie parameterstudier utförts. Genom dessa beräkningar kan olika faktorer varieras för att kunna se hur varje faktor

separat inverkar på energibehov för värme och kyla. Beräkningsprogrammet DEROB-LTH med de nya beräkningsmodellerna för solskydd användes i denna studie.

En jämförelse mellan att använda solskydd i kombination med klara glas i fönstret och enbart olika typer av fönster (glaskombinationer), t.ex. solskyddsglas, har bl.a. utförts och ger en uppfattning om potentialen när det gäller att minska energianvändningen. Det visar sig att för nordliga klimat är en säsongsanpassad solavskärmning en mer lovande teknik för att spara energi i byggnader än att använda olika typer av solskyddsglas. Detta beror på att solskyddsglas avskärmar solen även under vinterhalvåret då uppvärmningsbehov finns och solenergitillskotten är till nytta. Resultaten visar även att en betydande energibesparing kan åstadkommas med en enkel säsongsanpassad avskärmning med relativt små dimensioner. Dessa ”minimerade” markiser som studerats skuggar större delen av fönstret samtidigt som de visuellt endast avskärmar en liten del av fönstret, vilket ger en utsikt som uppskattas av brukarna. Om däremot markisen är utfälld under hela året ökar det totala energibehovet för uppvärmning och kyla jämfört med att inte använda solavskärmning. Automatisk reglering av solavskärmning är något som kan vara en stor potential för energibesparing. Det är dock viktigt att brukarna ändå kan överstyra solskyddens läge och inte känner sig utan kontrollmöjlighet.

## 10.8 Brukaraspekter

I en inledande undersökning har några solskydds funktion, manöverbarhet och dagsljuspåverkan studerats genom bedömning med försökspersoner. Studien begränsades till två typer av solskydd, markis och fasadpersienn. Ur studien kan vi få en uppfattning om hur människor, när de själva får styra, väljer att ställa in solskyddet i relation till uteklimatet vid försökstillfället. I försöken ingick även en registrering av hur mycket tillsatsbelysning försökspersonerna väljer vid olika typer av solskydd.

Eftersom undersökningen är mycket begränsad kan inte några generella slutsatser dras rörande brukaraspekter vid användningen av solskydd. Studien skall i första hand ses som ett försök att testa och utveckla en lämplig försöksmetodik.

Undersökningen visar att det är svårt att bedöma när och i vilken omfattning solskydden måste fällas ned med hänsyn till belysnings-situationen. Troligen är det bländning eller kontraster som avgör då en person väljer att fälla ned solskydden. Det tycks finnas en stor individuell variation i hur mycket bländning som tolereras. Det står klart att

bildskärmsarbete kräver någon form av avbländning under en stor del av arbetstiden. Att som i försöken få tillgång till att reglera belysningen från arbetsplatsen upplevdes som mycket positivt av försökspersonerna. Det är även en generell observation från försök av denna typ att individuell kontroll av den fysiska miljön föredras. I försöken kunde inget enkelt samband observeras mellan bruket av tillsatsbelysning och uppmätt belysningsstyrka på arbetsytan vilket tolkas som att dagsljusstyrd belysning inte är en framgångsrik teknik. Det kunde inte noteras någon skillnad i bruket av tillsatsbelysning om fönstret var försett med markis eller fasadpersienn.

När det gäller undersökningsmetodiken kan det konstateras att det finns en stor individuell variation mellan olika försökspersoner. Detta leder till att undersökningar av denna typ kräver betydligt fler försökspersoner och fler vädersituationer för att man ska erhålla en bättre förklaringsgrad i försöken.

## 10.9 Måluppfyllelse

Denna rapport innebär en delredovisning, så långt som projektet har finansiering. När det gäller projektets totala måluppfyllelse är alltså endast delar av projektet klara än. Metoden för mätning av solenergitransmission i verkligt klimat har utvecklats och fungerar väl för utvändiga och mellanliggande solskydd. Metoden får dock förändras något när mätningar på invändiga solskydd skall genomföras. Tack vare investeringsbidrag från Lunds Universitet samt ett tilläggsanslag från BFR har också ett annat viktigt delmål uppnåtts, nämligen uppbyggnaden av en solsimulator. Hitintills har beräkningsmodeller för utvändiga solskydd tagits fram vilket också var målsättningen så här långt. Nuvarande resurser medgav också framtagning av en första prototyp när det gäller projekteringshjälpmedel.

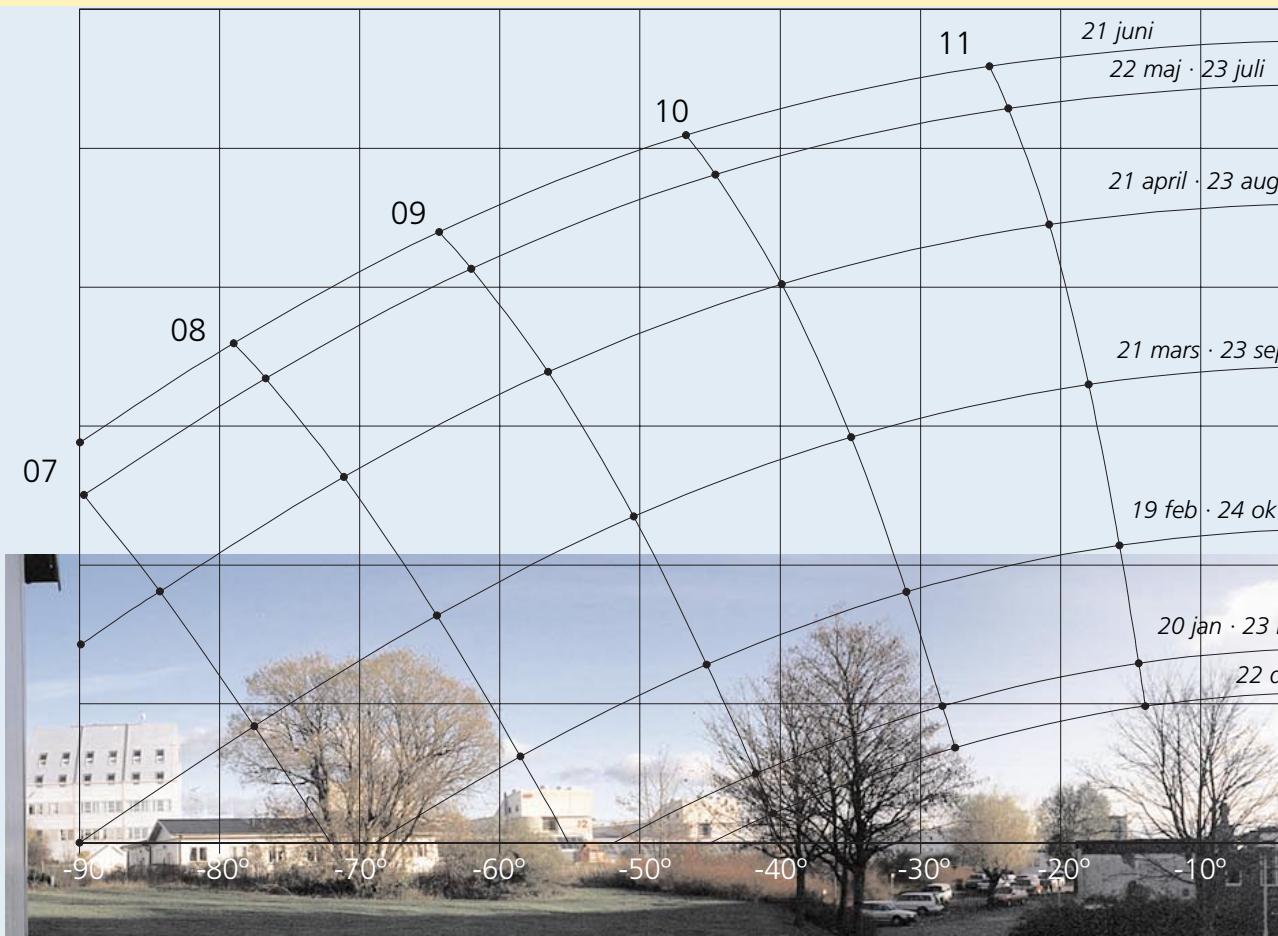
Ekonomiska begränsningar har dock tvingat oss att hitintills avgränsa arbetet till studier av energi. Aspekter som dagsljus, termisk komfort etc är också mycket viktiga men får komma i ett senare skede. Däremot har andra delar tillkommit som vi inte räknat med från början, nämligen generella studier av potentiell energibesparing vid användning av solskydd, tack vare stipendier från Canada till gästforskaren Marie-Claude Dubois. En mindre studie om brukaraspekter har också kunnat genomföras.

## 10.10 Fortsatt arbete

Ett omfattande forskningsarbete kvarstår i projektet och förutsatt att fortsatt finansiering kan ordnas kommer följande arbete att utföras under de närmaste tre åren.

- Mätmetodutveckling
- Mätningar på mellanglasmonterade och invändiga solskyddsprodukter i verkligt klimat
- Framtagning av beräkningsmodeller för dessa solskyddsprodukter
- Mätningar på utvändiga, mellanliggande samt invändiga solskyddsprodukter i sollaboratoriet samt kalibrering mot mätningar i verkligt klimat
- Internationellt standardiseringsarbete
- Utveckling av projekteringsverktyg för utvändiga, mellanliggande och invändiga solskydd
- Systemverifiering med reglering och styrning av solskydd
- Dagsljus och belysning – mätningar och beräkningar
- Termisk komfort
- Utarbetande av informationsskrift





ISSN 1103-4467  
 ISRN LUTADL/TABK--3057--SE