



# Solavskärmningar i ett helhetsperspektiv



# Solavskärmningar i ett helhetsperspektiv

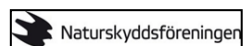
Från energieffektivitet till energiproduktion och  
från produkt till arkitektur

Peter Kovacs, Olleper Hemlin, Jon Persson och Patrik Ollas, RISE

David Larsson, Solkompaniet

Paula Femenias och Liane Thuvander, Chalmers Arkitektur och  
Samhällsbyggnadsteknik

Elsa Fahlén, NCC





## Förord

E2B2 Forskning och innovation för energieffektivt byggande och boende är ett program där akademi och näringsliv samverkar för att utveckla ny kunskap, teknik, produkter och tjänster.

I Sverige står bebyggelsen för cirka 35 procent av energianvändningen och det är en samhällsutmaning att åstadkomma verklig energieffektivisering så att vi ska kunna nå våra nationella mål inom klimat och miljö. I E2B2 bidrar vi till energieffektivisering inom byggande och boende på flera sätt. Vi säkerställer långsiktig kompetensförsörjning i form av kunniga människor. Vi bygger ny kunskap i form av nyskapande forskningsprojekt. Vi utvecklar teknik, produkter och tjänster och vi visar att de fungerar i verkligheten.

I programmet samverkar över 200 bygghandlare, fastighetsbolag, materialleverantörer, installationsleverantörer, energiföretag, teknik konsulter, arkitekter etcetera med akademi, institut och andra experter. Tillsammans skapar vi nytta av den kunskap som tas fram i programmet.

Solavskärmning i ett helhetsperspektiv är ett av projekten som har genomförts i programmet med hjälp av statligt stöd från Energimyndigheten och med stöd från SBUF-Sveriges Byggindustriers Utvecklingsfond, Naturskyddsföreningen och deltagande partners. Det har letts av RISE och har genomförts i samverkan med *Sveriges Byggindustrier, Chalmers, Lunds Universitet, Solkompaniet, PPAM, Svensk Solenergi, Svenska Solskyddsförbundet, Kjellgren Kaminsky Architecture, Inobi, Västfastigheter, Allbohus, NCC, PEAB och Wästbygg.*

Projektet har fokuserat på olika aktörers acceptans för elgenererande solavskärmningar som studerats i ett multidisciplinärt angreppssätt. Solavskärmningsprojektet har testat och utvärderat nya solavskärmningsprodukter. Följeforskningsdelen har utnyttjat projektets erfarenheter till att dra mer generella slutsatser om innovativa produkter och processer i byggbranschen.

Stockholm, 22 oktober 2019

Anne Grete Hestnes,

Ordförande i E2B2

Professor vid Tekniskt-Naturvetenskapliga Universitet i Trondheim, Norge

Rapporten redovisar projektets resultat och slutsatser. Publicering innebär inte att E2B2 har tagit ställning till innehållet.



## Sammanfattning

Rapporten redovisar ett projekt där företag från solskydds- och solelbranscherna tillsammans med bland andra arkitekter och byggentreprenörer har utforskat externa solavskärmningar i syfte att öka kunskap och acceptans för tekniken inom olika målgrupper. Ett starkt fokus har legat på kombinationen solceller och solavskärmningar i produkten **ELgenererande SolAvskärmningar** ("ELSA" har använts som projektakronym). En hypotes har varit att även den etablerade marknaden för solavskärmningar kan dra nytta av att solceller kommer in i bilden, bland annat som ett resultat av arkitekternas intresse för multifunktionella fasadprodukter. Starka drivkrafter som framgent förväntas driva på utvecklingen är prognoser om mycket kraftigt ökande energibehov för kylning av byggnader och en mycket stark teknik- och marknadsutveckling på solelområdet.

En slutsats från litteraturstudien är att fortsatt forskning bör fokusera mer på mätningar än på simuleringar, på visuell komfort och bländning, på den nordeuropeiska kontexten och inte minst på estetiska aspekter och arkitektonisk integration. Samtidigt behöver branschen användarvänliga men kvalificerade beräkningsprogram för att kunna räkna på kombinationen solskydd och solceller. Erfarenhetsåterföringen från ett stort antal genomförda installationer visar på behov av ett tätt interdisciplinärt samarbete för att kunna samordna ekonomi, teknik och estetik till en bra helhet, vilket visat sig svårt i de flesta fall som studerats. Sammanställningen pekar också på stora möjligheter för en aktör som vill arbeta upp en marknad för ELSA-produkter.

Projektet har undersökt ett flertal olika designbaserade hjälpmedel tänkta att uppmuntra och stötta en mångdisciplinär innovationssamverkan och ett verktyg avsett att förbättra kommunikationen kring estetik mellan olika aktörer har utarbetats. En slutsats här är att estetiska integreringskvaliteter behöver samspela med andra aspekter som funktion och effektivitet för att slutresultatet ska bli bra. Flera spin-off projekt har kommit ut från projektet, bland annat en idéävling kring solenergi och en tävling för arkitektstudenter, båda med intressanta resultat om elgenererande solavskärmningar.

Projektets arbete med produktutveckling och kommersialisering har resulterat i en uppsättning nya produkter som har installerats på RISE kontor i Borås och en kommersialiseringsstrategi som belyser olika möjligheter att ta konceptet vidare har skisserats. Arbetet har lett till helt nya samarbeten mellan solskydds- och solelbranscherna. Lärdomar från projektet och utvärderingen av demoanläggningen har sammanställts i en vägledning riktad till arkitekter, beställare och andra intressenter. Rekommendationer om framtida behov av test-, beräknings- och utvärderingsresurser handlar om att tillgodose behov av kvalificerade mätningar och simuleringar som kan hantera kombinationen solceller och solavskärmning.

I en avslutande del om innovation i bygg- och anläggningsbranschen generellt konkluderas att öppenhet och nyfikenhet hos industriaktörerna är en mycket viktig förutsättning för ett framgångsrikt innovationsarbete. En annan slutsats är att forskningsfinansierare för tillämpad forskning behöver ställa krav på och skapa förutsättningar för "innovationshöjd" snarare än "forskningshöjd". Rapporten avslutas med ett försök att konkretisera hur detta kan gå till.

*Solavskärmning, Markiser, Solceller, Solel, Elproduktion, Design, Multifunktion*



## Summary

The report presents a project where companies from solar PV and solar shading industries together with architects and construction contractors have explored external solar shadings to increase knowledge and acceptance for the technology in different target groups. A strong focus has been on the combination of solar cells and solar shading in one product – Electricity-generating Solar Shadings (“ELSA” was used as the project acronym). One hypothesis has been that the established solar shading market can benefit from the fact that solar cells come into the picture, inter alia because of architects' interest in multifunctional facade products. Strong driving forces, which are expected to push ahead, are forecasts of a very strong increase in energy demand for building cooling and a booming development in the solar PV field.

A conclusion from our literature study is that continued research should focus more on measurements than on simulations, on visual comfort and glare, on the Northern European context and not least on aesthetic aspects and architectural integration. At the same time, the industry needs user-friendly but versatile computational programs to be able to simulate the combination of solar shading and solar cells. Experiences from a large number of completed installations indicates the need for close interdisciplinary cooperation in order to unify economics, technology and aesthetics to a good overall, which proved difficult in most cases studied. The summary also points to great opportunities for an actor who wants to create a market for ELSA products.

The project has examined several design-based tools intended to encourage and support multidisciplinary innovation cooperation. A tool designed to improve communication about aesthetics between different actors has been developed. Here, the conclusion is that aesthetic integration qualities need to interact with other aspects such as function and efficiency for the final result to be good. Several spin-off projects have emerged from the project, including an idea competition for solar energy and a competition for architectural students, both delivering interesting results about electricity-generating solar shadings.

The project's work on product development and commercialization has resulted in a set of new products that have been installed at RISE's office in Borås, and a commercialization strategy that highlights different possibilities of taking the concept further has been outlined. The work has led to brand new collaborations between the solar shading and solar PV industries. Lessons from the project and evaluation of the demo facility have been compiled in a guide directed to architects, clients and other stakeholders. Recommendations on future needs of test, calculation and evaluation resources are about meeting the need for qualified measurements and for simulation models that can handle the combination of solar cells and solar shading.

In a final section on innovation in the construction industry, it is generally concluded that openness and curiosity of industry actors are very important prerequisites for successful innovation. Another conclusion is that research funding for applied research needs to demand and create the conditions for "innovation height" rather than "research height". The report ends with an attempt to clarify how this can be done.

Solar shading, Awnings, Solar cells, Solar PV, Design, Multifunction



1	INLEDNING OCH BAKGRUND	7
1.1	PROJEKTGRUPPEN	8
1.2	PROJEKTETS SYFTE OCH MÅL	8
2	GENOMFÖRANDE	9
2.1	PROJEKTLEDNING OCH KOMMUNIKATION	9
2.2	KUNSKAPSÖVERSIKT, ERFARENHETSÅTERFÖRING OCH DIALOG	9
2.3	PRODUKTUTVECKLING, DEMONSTRATION OCH STUDIE AV SOLAVSKÄRMNINGAR	10
2.4	KOMMERSIALISERING OCH VIDARE TILLÄMPNING	10
2.5	GENERALISERING OCH SAMHÄLLELIG RELEVANS	10
3	RESULTAT	11
3.1	PROJEKTLEDNING OCH KOMMUNIKATION	11
3.2	KUNSKAPSÖVERSIKT, ERFARENHETSÅTERFÖRING OCH DIALOG	12
3.3	PRODUKTUTVECKLING, DEMONSTRATION OCH STUDIE AV SOLAVSKÄRMNINGAR	15
3.4	KOMMERSIALISERING OCH VIDARE TILLÄMPNING	21
3.5	GENERALISERING OCH SAMHÄLLELIG RELEVANS	22
4	DISKUSSION	24
5	SLUTSATSER	25
6	PUBLIKATIONSLISTA	26
7	REFERENSER	27
	BILAGOR	28



# 1 Inledning och bakgrund

Forskningsprojektet "Solavskärmningar i helhetsperspektiv - Från energieffektivitet till energiproduktion och från produkt till arkitektur" har huvudsakligen ägnats åt olika frågeställningar kring kombinationen utvändiga solavskärmningar och solceller. Den produkt som blir resultatet av denna kombination - En **EL**genererande **SolA**vskärmning, gav upphov till projektakronymen "ELSA". Denna rapport redovisar projektets genomförande, resultat och slutsatser efter tre års samarbete (2015-2018) i en grupp som omfattat en rad olika branschaktörer och aktiviteter. Projektet redovisas mer utförligt i (Kovacs P. e., 2018)

Solavskärmningar kan minska behovet av energi till kyla i luftkonditionering och därmed ofta avsevärt reducera en byggnads energianvändning och eleffektbehov. Behovet av att kyla byggnader ökar i dag snabbt världen över enligt en färsk prognos från IEA som förutser att kylbehovet globalt kommer att tredubblas fram till 2050 (OECD/IEA, 2018). Även i Skandinavien ökar energibehoven för kyla, bland annat som en följd av mer välisolerade (nya) byggnader och högre komfortkrav.

Förutom att reducera energi- och effektbehov så bidrar en bra solavskärmning till bättre ljusmiljö och bättre termisk komfort vilket man har kunnat visa leder till produktivitetökningar och ökat välbefinnande hos de som arbetar i byggnaden. Eftersom lönekostnader utgör den helt övervägande delen av driftkostnaderna i ett kontor så är denna produktivitetökning oftast mer värd än energibesparingen, men betydligt svårare att kvantifiera. Om solavskärmningsytan dessutom beläggs med solceller genereras förnybar el lokalt vilket ytterligare kan minska behovet av köpt el och bidra med klimatnytta genom minskning av de globala koldioxidutsläppen. IEA-rapporten lyfter specifikt solel som en möjlighet att kapa de effekttoppar som komfortkylan bidrar med eftersom elproduktionen sammanfaller väl, om än inte perfekt, med behovet av komfortkyla.

Elgenererande solavskärmningar utgör en kombinerad lösning för solavskärmning och byggnadsintegrerade solceller där solcellerna helt enkelt ersätter annat material för att skärma av solinstrålningen. Solceller kan integreras i fönsterglasen, installeras på utvändiga solavskärmningar eller möjligen integreras i invändiga solskydd. Ännu finns väldigt få kombinerade produkter tillgängliga på marknaden och samarbetet mellan solskydds- och solenergibranscherna har, åtminstone i Sverige, just inletts som ett resultat av detta projekt.

De huvudsakliga drivkrafterna för projektets tillkomst har alltså sammanfattningsvis varit:

- En stor outnyttjad potential för energieffektivisering, effektreduktion och förbättrad inomhusmiljö genom utnyttjande av solavskärmningsteknik
- Ett energibehov för komfortkyla som förväntas växa kraftigt under många år framåt
- Goda möjligheter till sänkta livscykelkostnader och till förnybar elproduktion genom att kombinera solavskärmnings- och solcellsteknik
- Bristande kunskap och få samarbeten kring kombinationen solskydd-solel och som en följd av detta en avsaknad av produkter som utnyttjar de möjligheter som kombinationen erbjuder



## 1.1 Projektgruppen

De utmaningar vi står inför i omställningen till ett hållbart samhälle behöver på grund av sin komplexitet och mångfacetterade natur breda aktörssammansättningar för att hanteras. I projektgruppen har så gott som alla aktuella aktörer representerats: Forskare med arkitektur- och energifokus, verksamma arkitekter, bygg-, solskydds- och solelentreprenörer, fastighetsägare/förvaltare och sist men inte minst de två branschföreningarna Svensk solenergi och Svenska solskyddsförbundet. Gruppens bredd har gett oss unika möjligheter att dela och ta del av kunskap och erfarenheter från två ganska väsensskilda teknikområden. Många goda idéer och insikter har kommit till i projektet och ett antal frön till nya projekt och samarbeten har såtts. Projektets centrala partners och deras respektive uppgifter beskrivs närmare i Tabell 2-1.

## 1.2 Projektets syfte och mål

Projektets övergripande syfte har varit att öka intresse, kunskap och acceptans för solavskärmningar inom olika viktiga målgrupper och ett starkt fokus har legat på kombinationen solceller och solavskärmningar. Skälet till denna prioritering var att vi tidigt i projektet konstaterade att solavskärmningar i sig är relativt väl utforskade och etablerade men att tekniken att använda solceller för att bygga avskärmningar till och med var mindre spridd än vad vi tidigare förstått. Dessutom var en hypotes bakom projektet att även den etablerade marknaden för solavskärmningar skulle kunna dra nytta av att solceller kommer in i bilden. Detta eftersom arkitekterna, som en viktig aktör i utformningen av byggnadernas fasader, tilltalas av tillkommande funktioner och värden som förnybar el och en ökad möjlighet att via fasaden kommunicera miljömedvetenhet till omgivningen.

Följande mål har satts upp för projektet:

- Ta fram och etablera en enkel kalkylmodell för solavskärmningsprojekt
- Utveckla minst en ny solavskärmningsprodukt
- Genomföra minst två solavskärmningsprojekt
- Ta fram en vägledning för byggherrar, arkitekter och byggare
- Öka antalet genomförda solavskärmningsprojekt med solceller i Sverige
- Ta fram ny kunskap och förståelse för
  - Innovationsprocesser i byggsektorn
  - Betydelsen av bred samverkan i innovationsprocessen
  - Standarders betydelse i innovationsprocessen



## 2 Genomförande

Projektet har delats in i fem delprojekt enligt Tabell 2-1 som också beskriver rollerna i projektet.

Tabell 2-1 Projektupplägg och arbetsfördelning

DP nr. och Innehåll	Ledning	Medverkande (Partners i konsultativa roller inom parentes)
0. Projektledning och kommunikation	RISE	Samtliga d.v.s. RISE Research Institutes of Sweden (RISE), Lunds Universitet, Chalmers, Kjellgren Kaminsky Architecture, Inobi, Västfastigheter, Allbohus, Solkompaniet, PPAM, Svensk Solenergi & Svenska Solskyddsförbundet, Vestamatic, Erco Systems, NCC, PEAB, Wästbygg, Sveriges Byggindustrier
1. Litteraturstudie, erfarenhetsåterföring och inledande produktutvärdering	Chalmers	LTH, RISE (Övriga)
2. Demonstration och studie av utvalda solavskärmningar	RISE	RISE, Solkompaniet, PPAM, Vestamatic, Erco Systems (Kjellgren Kaminsky, Inobi)
3. Produktutveckling, kommersialisering och vidare tillämpning	Solkompaniet	RISE, Svensk Solenergi, Svenska Solskyddsförbundet (Övriga)
4. Generaliserbarhet och samhällelig relevans	RISE	(Samtliga)

### 2.1 Projektledning och kommunikation

RISE har ansvarat för sedvanlig projektledning och kommunikation av resultat i vilket samtliga projektpartners varit delaktiga. Projektet har kommunicerats via seminarier, konferenser, artiklar i fackpress, nyhetsbrev och i sociala media. En referensgrupp har etablerats för projektet och tre referensgruppsmöten har genomförts. Projektledningen har också initierat "spin-off projekt" och planerat fortsatt arbete med solavskärmningar generellt och specifikt i kombination med solceller, se vidare resultatavsnittet.

### 2.2 Kunskapsöversikt, erfarenhetsåterföring och dialog

I kunskapsöversikten, som är baserad på en litteraturstudie, sammanställs resultat av tidigare forskning inom området elgenererande solavskärmningar. Fokus ligger dels på kunskaper och erfarenheter från solcellsintegrerade solavskärmningar, deras energiprestanda och studerade parameter och dels på utmaningar relaterade till arkitektonisk integration. Litteraturen har sökts i databaser som Google Scholar, Inspecta, Scopus, Science Direct, Summon, och Web of science. Sammanlagt har ungefär 100 artiklar granskats i detalj.



En kvantitativ erfarenhetsåterföring består av en sammanställning av ett 70-tal byggda exempel. Syftet med sammanställningen var att få inspiration och kunskap kring byggda exempel med solavskärmningar och solceller. Exempelen omfattar svenska och europeiska projekt. Utifrån listan med 70-talet anläggningar valde projektgruppen gemensamt ut åtta projekt för en kvalitativ erfarenhetsåterföring. Fyra projekt är nybyggnationer och fyra är renoveringsprojekt. Information har hämtats från Internet och genom intervjuer med nyckelaktörer som beställare, arkitekt och brukare.

Inom projektet har Chalmers utvecklat en modell för att utvärdera arkitektoniska integreringskvaliteter, AIQ-modellen (*Architectural Integration Qualities*). Modellen fungerar som ett kommunikationsverktyg för estetiska värden. Parametrarna i AIQ-modellen stödjer sig på tre huvudkällor där integration av solavskärmningar och framför allt byggnadsintegrerade solceller rent visuellt och estetiskt står i centrum (Britain, 2006) (Probst & Christian, 2015) (van Noord, 2010). Modellen har testats i en workshop för att undersöka olika yrkesgruppers uppfattningar kring arkitektonisk integration, se (Femenías, Thuvander, Gustafsson, Park, & Kovacs, 2017).

### 2.3 Produktutveckling, demonstration och studie av solavskärmningar

Två av projektets mål har uppfyllts genom arbetet med demonstrationsanläggningen på RISE kontor i Borås. Utvecklingsarbetet som har gällt två olika typer av avskärmningar, har genomförts av Solkompaniet, PPAM, ERCO, RISE och Vestamatic. Potential för produkternas kostnadsreduktion, inbyggd energi och klimatavtryck har uppskattats med hjälp av gruppens samlade expertis. På RISE ena kontorsbyggnad i Borås har avskärmningar installerats i fyra olika omgångar i olika utföranden – två sektioner med fasta solcellspaneler och två med rörliga moduler. Tekniska data redovisas i avsnitt 3.3.2.1. Installationernas elproduktion och inverkan på kylbehovet har mätts under sommaren 2018.

### 2.4 Kommersialisering och vidare tillämpning

Arbetet har omfattat diskussioner med projektets branschföreträdare (solskydd och solel) om hur konceptet ska kunna etableras på marknaden, en enkät till fastighetsbolag och upprättandet av en enkel kalkylmodell för ELSA-produkter. Resultaten av detta och av andra viktiga resultat från projektet har sedan sammanställts i en vägledning till elgenererande solavskärmningar. Den primära målgruppen är byggherrar och arkitekter men även entreprenörer inom bygg, solel och solskydd och produktutvecklare ska kunna hitta något matnyttigt i skriften vars innehåll beskrivs i avsnitt 3.4.3. Vägledningen har tagits fram med stöd av hela projektgruppen.

### 2.5 Generalisering och samhällelig relevans

En forskare med bakgrund i industridesign har genom följeforskning bistått projektledningen med information om förväntningar, kritik och idéer från projektets partners. En annan uppgift har varit att analysera processerna och arbetet i gruppen för att försöka dra slutsatser om samverkan och innovation och generalisera dessa till att även gälla andra delar av byggbranschen.



## 3 Resultat

### 3.1 Projektledning och kommunikation

#### 3.1.1 *Kommunikation och informationsspridning*

Projektet har kommunicerats av flertalet projektpartners på olika sätt, bland annat via seminarier, konferenser, i en artikel i fackpress, nyhetsbrev och i sociala media. Två konferensbidrag har presenterats under 2017, och en vetenskaplig artikel är sedan 2017 under review, se avsnitt 6.

#### 3.1.2 *Spin-off projekt*

Diskussioner om design och innovation ledde fram till ett nytt projekt i form av en förstudie om ett "Solar Hackathon" finansierat av Solelprogrammet och som en del av förstudien anordnades en idé tävling för att utforska konceptet i pilotskala. Bakgrunden till idé tävlingen beskrivs kort i (Kovacs P. e., 2018). Elva tävlingsbidrag presenterades i tävlingen och ett av dem gällde solavskärmningar. Förslaget som belönades med RISE projektutvecklingspris handlade om att kunna visualisera såväl estetik som mått på besparingspotential för fastighetsägare med intresse för utvändiga solavskärmningar och, generellt sett, för solelinstallationer på fasader. Förstudien som resulterade i SOLution Göteborg har redovisats i (Kovacs P., 2016). Idén om ett visualiseringsverktyg har därefter tagits ett steg vidare mot realisering genom att RISE tillsammans med en tvärdisciplinär projektgrupp genomför en förstudie som bland annat ska resultera i en kravspecifikation för verktyget. Projektet "Beställarstöd för Solenergiinvesteringar genom avancerad visualisering (SOL:AR)" finansieras av Formas genom forskningsprogrammet Smart Built Environment och löper till årsskiftet 2018-19.

#### 3.1.3 *Framtida behov och satsningar*

Nätverket som etablerats genom ELSA-projektet utgör nu, tillsammans med den samlade kunskap och de erfarenheter som byggts upp, en bra bas för fortsatt arbete med solavskärmningar i allmänhet och naturligtvis också med elgenererande avskärmningar. Som tidigare nämnts så förutses behovet av solavskärmning att öka rejält och för att kunna möta detta med smarta, effektiva och estetiskt tilltalande produkter har projektet identifierat ett flertal strategiska behov:

- Fortsatt arbete med att hålla igång en dialog mellan branscherna och uppmuntra nya samarbeten mellan solel- och solskydds företag
- Mer estetiskt tilltalande produkter med högre arkitektonisk integration, särskilt för elgenererande solavskärmningar
- Starkare testresurser för att bedöma funktion, prestanda och kvalitet hos olika produkter
- Bättre beräkningsresurser för att räkna på kombinationen solceller och solavskärmningar. Möjligheter att även räkna på solceller i light-versionen av ESBO (Solskyddsförbundet) och att några generiska ELSA-produkter snabbt kommer in i produktbiblioteket. Möjlighet att beräkna effekten på elutbytet av intern skuggning i en ELSA-produkt



RISE målsättning är att i samverkan med ledande partners från ELSA-projektet och andra strategiskt viktiga aktörer analysera dessa behov vidare för att i ett nästa steg kunna realisera lämpliga resurser. På kort sikt är det också angeläget att ta vara på det moment som projektet skapat och försöka initiera nya industrisamarbeten kring ELSA-produkter.

### 3.2 Kunskapsöversikt, erfarenhetsåterföring och dialog

#### 3.2.1 Kunskapsöversikt

Arbetet med kunskapsöversikten har resulterat i en vetenskaplig artikel, som har skickats in till tidskriften *Renewable & Sustainable Energy Reviews* (Dubois & Haav).

Kunskapsöversikten visar att de flesta undersökningarna inom området har utförts i Asien och Europa där många studier bygger på datasimuleringar. Endast ett fåtal fält- eller laboratorieundersökningar baserade på mätning hittades. Resultaten visar också att de flesta studier fokuserar på elproduktion från solcells-systemet eller minskning av kylbelastningen. Få studier diskuterar solavskärmningars effekter på dagsljus och belysning, och ännu färre anser att bländning eller utsikt genom fönster är viktiga parametrar att studera.

Internationell litteratur understryker att ett avgörande hinder för en bredare implementering av solcellsinstallationer kan relateras till komponenternas visuella uttryck och hur bra solcells-systemen kan integreras i den övergripande byggnadsdesignen. Arkitekten, som är en nyckelaktör i de tidiga skedena i designprocessen, kommer att vara ovillig att integrera tekniken om det visuella uttrycket och möjligheterna till en estetiskt tilltalande integration i arkitekturen inte kan uppnås.

Utifrån ett arkitektoniskt perspektiv så finns det inga solavskärmningstyper som föredras eller ogillas utan litteraturen lyfter fram betydelsen av ett helhetsperspektiv, dvs. att solcells-systemet bör samspela med byggnadens arkitektoniska utformning som helhet och inte bara den berörda fasaden eller byggdelen. Fasadmonterade solavskärmningar bör alltså proportioneras i enlighet med hela byggnaden för att inte dominera eller minska arkitektoniska värden (3XN\_GXN, 2014). Viktiga aspekter att beakta är bland annat installationernas position och dimension; att synliga materialens textur och färg(er) är kompatibla med byggnadens material, färger och texturer som de interagerar med (Probst & Roecker, 2012).

En annan, relaterad aspekt som nämns i litteraturen är kommunikationen mellan de olika aktörerna. Arkitekter och ingenjörer brukar använda olika språk när de pratar om solcellsinstallationen. Arkitekter kommunicerar genom främst med visuella bilder medan ingenjörer framförallt brukar interagera med kvantifierade termer.

#### 3.2.2 Kvantitativ erfarenhetsåterföring - sammanställnings av exempelprojekt

Resultatet av översikten presenteras som en enkel databas i en Excel-fil med 69 exempelprojekt byggda mellan åren 1999 och 2015. Varje projekt redovisas med bild och data. Databasen är open access och tillgänglig via Chalmers bibliotekets hemsida (Thuvander, Femenias, & Park). Sammanställningen har bland annat syftat till:









- Att informera och inspirera om de olika solavskärmningslösningar som finns på marknaden, i första hand som kombinationer med solceller, men även avskärmningar utan sole ingår



- Att ge underlag till den analys som ledde fram till valet av två olika grundlösningar att ta vidare till produktutvecklingsarbetet

### 3.2.3 *Kvalitativ erfarenhetsåterföring genom fallstudier av åtta byggnader med solavskärmning*

I figur 1 sammanfattas resultaten kortfattat. Mer information återfinns i (Kovacs P. e., 2018). Projekt 6 – 8 finns även beskrivna i ett konferenspaper (Femenias, Thuvander, & Kovacs, 2017).

			
1. Oslo operahus, nybyggnad (2007)	2. Örestad gymnasium, Köpenhamn, Nybyggnad (2007)	3. Potsdam Universitet, Tyskland Nybyggnad (2008)	4. Energimidt, Silkeborg, Danmark Nybyggnad (2011)
			
5. Umeå Energi huvudkontor Renovering (2015)	6. KTH, passage mellan hörsalar Renovering (2006)	7. Sollefteå sjukhus Renovering (2010)	8. Alvesta kommunhus Renovering (2015)

Figur 1 Översikt av de åtta system som varit föremål för fallstudier. Mer information i bilaga A.4 av (Kovacs P. e., 2018).

Fallen 1 – 4 liksom 6 är högprofilprojekt med specialdesignade lösningar för solavskärmning. De är alla välintegrerade och en del i det arkitektoniska uttrycket av byggnaden. Fall 2 och 4 har inte solceller men en dynamisk solavskärmning som varit intressant att studera. Estetik och varumärkesprofilering har varit viktigt i de fem fallen och har i fall 1, 2 och 6 satts före en bra funktion.

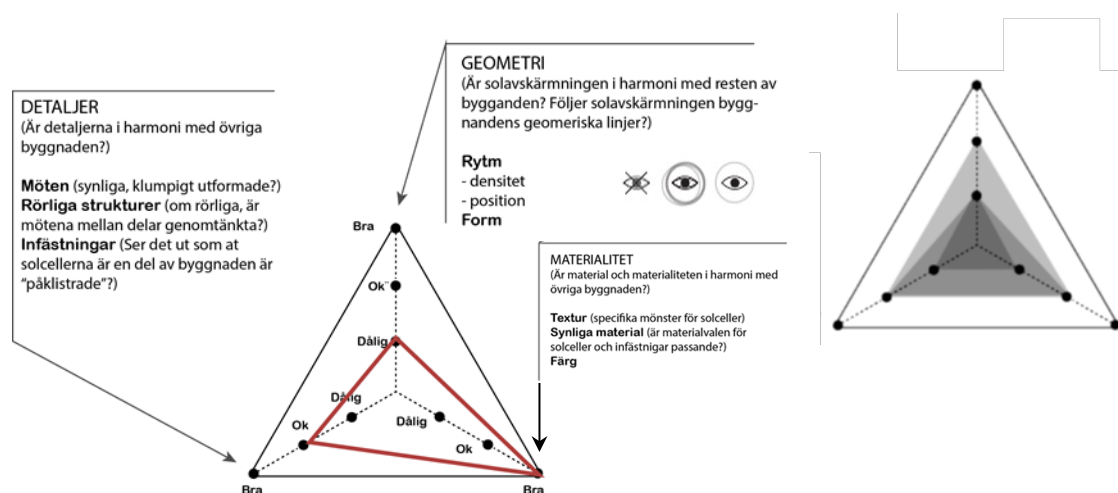
De mest effektiva systemen för att producera el verkar vara de enkla och fasta lösningarna som i fall 5, 7 och 8. De är enkla i underhåll, levererar el och ger en relativt väl fungerande solavskärmning.

### 3.2.4 *AIQ-modellen- Ett dialogverktyg*

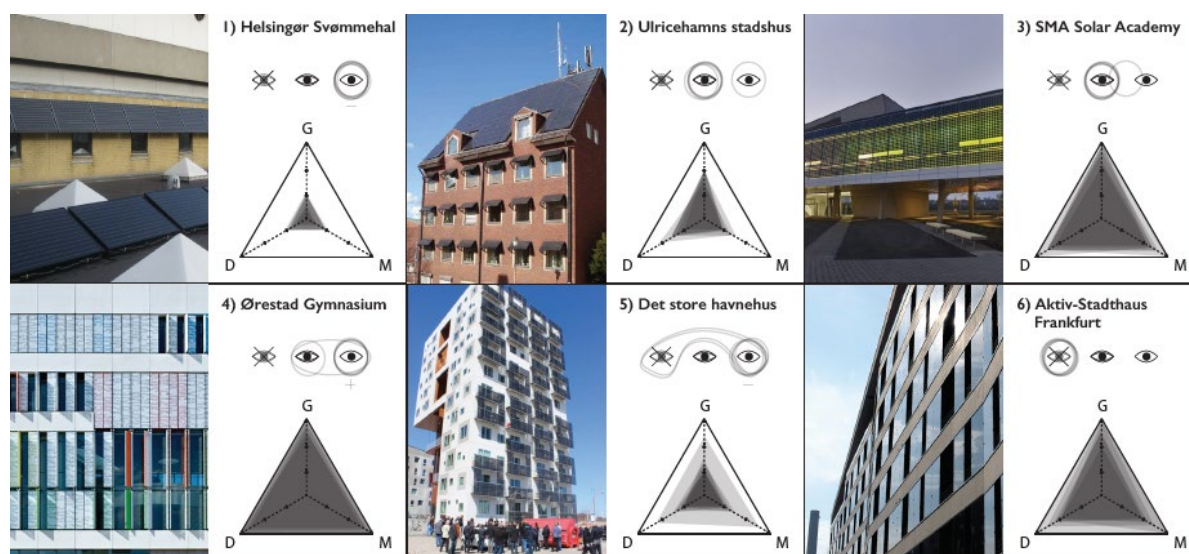
AIQ-modellen visualiseras som en triangel där varje hörn representerar en av följande aspekter: geometri, materialitet och detaljer. Baserat på bedömning av dessa aspekter utvärderas huruvida solavskärmningssystemet är välintegrerat i den övergripande byggnadsdesignen. Modellen har tre betygsnivåer: dålig, ok och bra (figur 2). Geometri bedömer synlinjer, form, rytm, densitet och position.



Materialitet bedömer texturer, mönster, färger och reflektioner. Detaljering bedömer strukturelement, storlek och precision i design och produktion. Vidare utvärderas synligheten hos systemet med hjälp av en ögonsymbol som utvärderar om solavskärmningssystemet är dominerande, synligt eller osynligt. Resultaten från workshopen visar en stor konsensus bland de olika yrkena när man utvärderar den framgångsrika arkitektoniska integrationen av solavskärmningarna. Figur 3 visar resultat från de gruppvisa bedömningarna i del 2 och 3. Modellen och material från AIQ workshopen har publicerats i en konferensartikel (Femenías, Thuvander, Gustafsson, Park, & Kovacs, 2017).



Figur 2 AIQ-modellen med triangeln och synlighetsögat, "Tangibility eye". Röda triangeln markerar bedömning av en person, (t.v.) överlagring av flera bedömningar med semi-transparenta lager ger en helhetsbedömning (t.h.).



Figur 3 Aggregerade resultat från gruppvisa bedömningar i del 2 och 3.



### 3.3 Produktutveckling, demonstration och studie av solavskärmningar

#### 3.3.1 Erfarenheter och resultat från produktutveckling

Två generiskt olika grundtyper av solavskärmningar har tagits fram i projektet i syfte att bidra till projektets lärande kring möjligheter, begränsningar och utmaningar för "ELSA-produkter", se Tabell 3-1. Här redogörs kort för hur arbetet gått till och vilka resonemang som legat bakom de val som har gjorts. Projektets resultat har i stort bekräftat hypotesen att elgenererande solavskärmningar är en intressant kombinationslösning som bör kunna få en tydlig plats i utbudet av solskyddslösningar. Analysen beskriver de båda branschernas prioriteringar och begränsningar och slutsatsen är att det handlar om en relativt komplex produkt som, för att verkligen bli stor på marknaden kräver nya typer av samarbeten mellan flera olika kompetenser och ett starkt fokus på design. Dessutom krävs en branschaktör som målmedvetet satsar på att utveckla denna nisch.

I båda produkterna som tagits fram är grundkomponenten en konventionell solcellsmodul av kristallint kisel i standardstorlek vilket motsvarar 1,6 gånger 1 meter eller 1,9 gånger 1 meter. I vårt fall har detta fungerat relativt bra men generellt sett kan det vara en besvärlig begränsning eftersom storleken på avskärmningarna ofta behöver anpassas till fönstrens höjd och bredd för att avskärmningen ska bli effektiv och estetiskt kompatibel med byggnaden. Vissa avsteg från standardstorlekar på modulerna är alltid möjliga men kan innebära avsevärda fördyringar.

En fast och två dynamiska avskärmningar har tagits fram där den fasta kan sägas representera state of the art för elgenererande solavskärmningar och de dynamiska/rörliga lösningarna är ett svar på solskyddsexpertisens samlade rekommendation om att en riktigt effektiv solavskärmning behöver vara dynamisk.

#### 3.3.2 Resultat från installation och utvärdering av demonstrationsanläggning

Här redovisas utförandet av demonstrationsanläggningen på RISE kontorsbyggnad i Borås. En utförlig redogörelse och analys av demoinstallationerna redovisas i (Kovacs P. e., 2018). En enkel ekonomisk analys följer i avsnitt 3.4.

##### 3.3.2.1 Demonstrationsanläggningens utförande

Den första solavskärmningen uppbyggd av solcellsmoduler, med en topp effekt på 6,5 kW, installerades på RISE kontorsbyggnad i Borås 2014. 2017 installerades ytterligare två anläggningar för delar av kontoren på det övre planet – en variant med fasta moduler och en där panelerna växlar mellan två lägen, se figur 4. De två senare installationerna är gjorda bredvid varandra med samma typ av moduler och med samma systemstorlek. Det rörliga solskyddet ger både ökat dagsljusinsläpp vid mulet väder och bättre avskärmning vid lågt stående sol jämfört med den fasta installationen.



Figur 4 Solavskärmning på plan 2 vid RISE kontor i Borås. Fasta skärmar till vänster i bild och med rörliga moduler till höger.



Figur 5 Vertikala moduler för solavskärmning monterade på plan 2. Från vänster till höger: Onyxium 2\*290 W<sub>p</sub> vit polymerbaksida (fönster 1 o 2 från vänster), Onyxium 2\*195 W<sub>p</sub> transparent polymerbaksida (fönster 3), Transparium 2\*310 W<sub>p</sub> transparent glas/glas-modul (fönster 4)

Ytterligare en anläggning, nu med vertikalt monterade moduler, driftsattes 2018. Skärmarna är reglerbara i höjddled nerifrån och upp, se figur 5, och utgör solavskärmning för kontoren på plan 2. Modulerna är monterade två och två där varje enskilt par kan regleras inifrån kontoret via fjärrstyrning. Dessa avskärmningar skiljer sig i utformning genom att de använder olika typer av solcellsmoduler, se specifikationerna i Tabell 3-1.

Tabell 3-1 Sammanställning av installerade solavskärmningssystem på RISE kontor i Borås.

Installation	Moduler	Lutning <sup>1</sup>	Effekt, växelriktare	Övrigt
Fasta moduler, plan 1	26 st., Mono-Si, 250 W <sub>p</sub> (Totalt 6,5 kW <sub>p</sub> )	45°	6 000 W	
Fasta moduler, plan 2 (figur 4) Solkompaniet	6 st., Mono-Si, 285 W <sub>p</sub> (totalt 1710 W <sub>p</sub> )	40°	1 500 W	
Rörliga moduler, plan 2 (figur 4) Solkompaniet	6 st., Mono-Si, 285W <sub>p</sub> (totalt 1710 W <sub>p</sub> )	22 eller 58°	1 500 W	
Vertikala skärmar, plan 2 (figur 5) PPAM	2 st. Mono-Si, 60-dioder, 290 W <sub>p</sub> , 2 st. Mono-Si, 290 W <sub>p</sub> , vit baksida 2 st. Mono-Si, 195 W <sub>p</sub> 2st. Mono-Si, 310 W <sub>p</sub>	90°	2 500 W	TIGO- optimerare

### 3.3.2.2 Brukarupplevelse

Efter att enkäten testats i projektgruppen kunde vi konstatera att det är mycket svårt att ge ett adekvat omdöme om en enskild avskärmnings funktioner som exempelvis dagsljusavskärmning respektive -

<sup>1</sup> Från horisontalplanet (0° = horisontell montering, 90° = vertikal montering)



inläpp, utsikt med mera, ens vid ett enstaka tillfälle. Slutsatsen blir därför att frågor kring kvalitet/prestanda är alltför komplexa för att det ska vara meningsfullt att försöka kvantifiera dem med hjälp av försökspersoner. Se vidare avsnitt 3.1.3 om framtida behov och satsningar. Syftet med enkäten har följaktligen avgränsats till att samla idéer om hur produkternas design kan utvecklas för att de ska uppfattas som estetiskt tilltalande, sett både inifrån kontoren och utifrån.

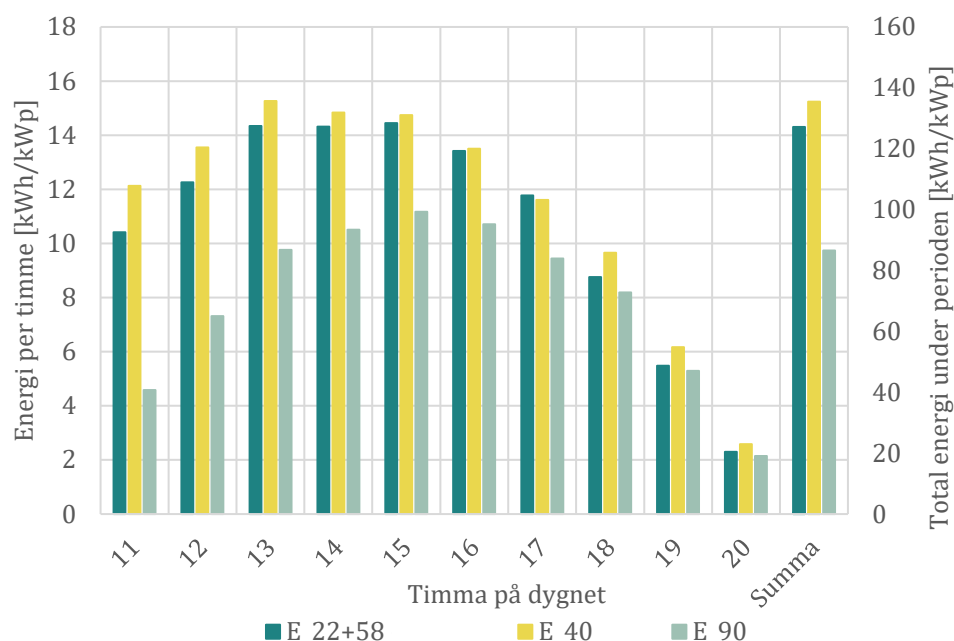


Figur 6 Den ordinarie solavskärmningen på RISE kontorsbyggnader består av aluminiumlameller i ett horisontellt och vertikalt arrangemang. Utsikt från sittande och stående vid skrivbordet.

I (Kovacs P. e., 2018) görs ett försök att förmedla hur de olika avskärmningarna uppfattas från insidan med hjälp av en serie bilder på utsikten från kontoren på samma sätt som i figur 6. Projektets samlade erfarenheter och råd kring design av elgenererande solavskärmningar redovisas i avsnitt 3.3.2.5 till och med 3.3.2.7. Sammanfattningsvis så föredrogs de horisontella skärmarna överlag framför de vertikala, både estetiskt och funktionsmässigt, men det fanns undantag.

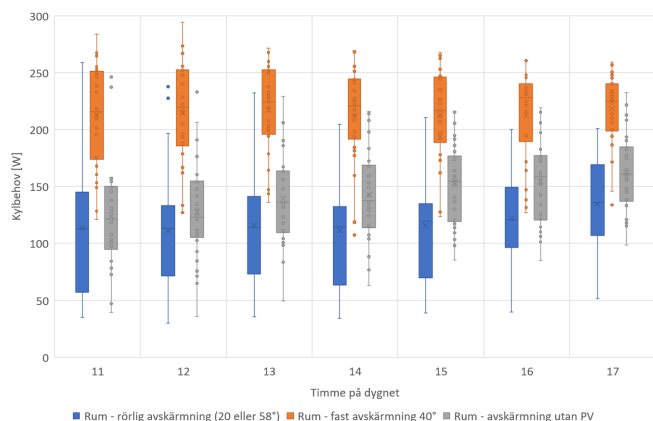
### 3.3.2.3 Mätningar – energiutbyte och kylbehov

Omfattande förseningar i arbetet med att färdigställa installationerna gjorde att dessa i sin helhet stod färdiga först i juni 2018. Ambitionen att genomföra mätningar under minst sex månader måste därför överges. Mätningarna fortgår dock alltjämnt då de ingår i fastighetens centrala driftuppföljningssystem. Uppmätt energiutbyte för perioden 26 juni – 25 juli 2018 presenteras per timme och som totalt energiutbyte under perioden för tre av de fyra solavskärmningarna på RISE kontor i Borås, se figur 7.



Figur 7 Normaliserat energiutbyte för de tre uppmätta solavskärmningarna uppdelade per timme och totalt under den studerade perioden juli 2018, E 22+58 är de rörliga horisontella, E 40 är de fasta horisontella och E 90 de vertikala. Fasaden är riktad mot sydväst, cirka 40 grader från söder.

Förutom att generera energi bidrar solavskärmningarna också till ett minskat kylbehov eftersom en del av uppvärmningen från solinstrålningen genom fönstren kan undvikas. Därför har en jämförelse av kylbehovet för tre olika kontor gjorts under en månads tid för att se hur detta skiljer sig beroende på utformningen av solavskärmningen, se figur 8.



Figur 8 Kylbehov för tre kontor med olika solavskärmningar uppdelat per timme.

Resultaten visar dels på en intern spridning i resultaten som delvis beror på solinstrålningen. Tydligt är dock att rummet med rörlig avskärmning (20 eller 58°) har ett lägre kylbehov eftersom avskärmningen ställer sig i nedfällt läge (58°) vid högre instrålningar och därmed ökar solavskärmningen i en större utsträckning än de fasta installationerna.



### 3.3.2.4 Simulering av årsutbyten från demonstrationsanläggningen

Som en jämförelse har energiutbytet för de tre installationerna simulerats över ett helt år med hjälp av PVSyst<sup>2</sup>, se Tabell 3-2. Tre av de simulerade fallen representerar systemen i demoinstallationen (fall 1, 3 och 4). Som jämförelse har en simulering gjorts där styrningen låter den horisontella avskärmningen följa solens rörelse i höjddled för att maximera energiutbytet (fall 2).

Tabell 3-2 Simulerade energiutbyten för fyra olika solavskärmningsinstallationer där #2 representerar ett hypotetiskt fall med solföljande styrning.

Installation	Moduler	Lutning(ar)	Totalt årligt energiutbyte [kWh]	Specifikt energiutbyte [kWh/kWp]
Fast solavskärmning	Suntech HyPro STP285S - 20/ 6*285 Wp (Glas/ svart tedlar)	40° (fast)	1 588	929
Rörlig installation		22 – 58° (om den varit solföljande)	1 707	998
Rörlig installation		22 eller 58°	1 556	911
Fast installation (vertikal)	Onyxium 4*290 Wp Onyxium 2*195 Wp Transparium 2*310	90° (fast)	1 512	700

### 3.3.2.5 Att designa elgenererande solavskärmningar

Utgående från projektresultaten, i synnerhet från demonstrationsanläggningen, kan vi nu beskriva kriterier för en god design av elgenererande solavskärmningar och vilka begränsningar som i nuläget gäller. Mer utförliga rekommendationer kring design och konstruktion ges i (Kovacs P. e., 2018). En produkt som ofta nämns i sammanhanget är fönster där glaset belagts med en elgenererande tunnfilm. Dessa avskrevs dock tidigt för att projektets solskyddsexpertis avfärdade den som en klart bristfällig solskyddsprodukt, och för att elproduktionsförmågan är högst begränsad om en rimlig transparens ska upprätthållas.

Slutsatserna kring de produkter som demonstrerats i Borås är att designen kan förbättras betydligt både med avseende på hur produkterna ser ut utifrån och inifrån. Hur man uppfattar avskärmningarnas färg, form, struktur och eventuell transparens beror väldigt mycket på byggnadens uttryck och är dessutom väldigt individuellt. Solavskärmningarna behöver därför i så stor utsträckning som möjligt kunna anpassas till aktuell kontext för att döljas eller framhävas alltefter arkitektens och beställarens önskemål. Mycket flexibla substrat för tunnfilm går att hitta i andra tillämpningar men vår bedömning är att dessa än så länge har långt kvar till att uppfylla de krav som man bör kunna ställa på en utvändigt solavskärmning. Solceller som på så sätt fungerar som en textil snarare än som en styv och tung skärm kommer troligtvis så småningom att öppna helt nya möjligheter för elproducerande solavskärmningar. Samtidigt kan vi utifrån projektets samlade resultat hävda att det är fullt möjligt att

<sup>2</sup> <http://www.pvsyst.com/en/>



åstadkomma fullgoda solavskärmningslösningar genom att använda standard solcellsmoduler som huvudsakligt konstruktionsmaterial.

### 3.3.2.6 Design av horisontella skärmar



Figur 9 Under tidig vår och sen höst när solen står lågt på himlen är de fasta avskärmningarna inte särskilt effektiva som avskärmningar om de också ska medge god utsikt och dagsljusinsläpp.

Principen för horisontella skärmar med solceller är att likna vid markiser, där den fasta varianten alltid är utfälld medan den dynamiska kan dras undan från fönstret för att öka inflödet av dagsljus vid mulet väder, se figur 9. Måttbegränsningarna för de massproducerade solcellsmodulerna gör det lämpligt att arbeta med grupper av moduler som täcker in flera fönster, snarare än separata avskärmningar för varje fönster.

Att utforma en fast solcellsskärm innebär en kompromiss mellan tillräcklig solavskärmning sommartid, tillräckligt dagsljusinsläpp vid mulet väder, tillräcklig utsikt inifrån, god elgenerering samt estetik. Den dynamiska solavskärmningen har samma grundposition som den fasta.

Vid mulet väder lyfts och vrids hela konstruktionen så att solcellernas lutning minskar och hamnar intill fasaden, ovanför fönstret. Vid soligt väder finns också en möjlighet för användaren att maximera solavskärmningen genom att manuellt styra ner solcellerna ännu brantare och längre ner.

### 3.3.2.7 Design av vertikala skärmar

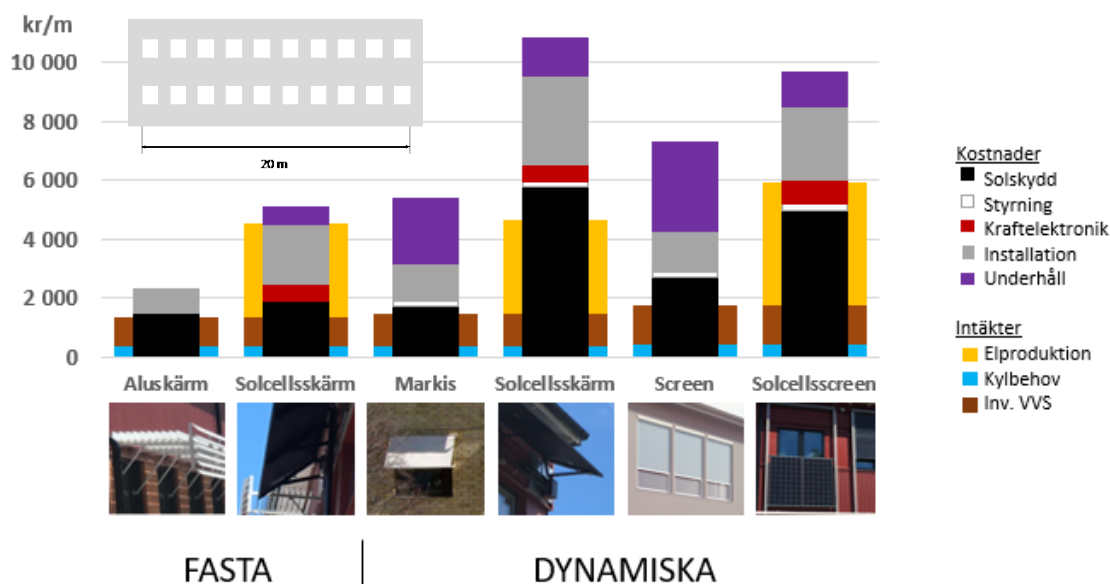
Solskydd i liv med fasaden och fönstren smälter in i byggnaden på ett annat sätt än markiser eller skärmar över fönstren. Det krävs dock oglasade partier antingen vid sidan av, under och/eller över fönstren för att det ska fungera bra. Skjutbarhet i horisontal- eller vertikalled (uppifrån och ner eller nerifrån och upp) ger också olika resultat med avseende på ljusmiljö och kontakt med omgivningen. I demo-installationen var endast rörelse nerifrån och upp möjlig av utrymmesskäl. Detta kan i vissa lägen vara att föredra framför en rörelse uppifrån och ner, men generellt sett är "både och" att föredra ur användarsynpunkt. Uppifrån och ner torde ändå vara den totalt sett bästa lösningen för denna typ av avskärmning.



### 3.4 Kommersialisering och vidare tillämpning

#### 3.4.1 Jämförelse mellan elgenererande och vanliga solavskärmningar

Inom ramen för ELSA-projektet har vi utvecklat och demonstrerat tre olika elgenererande solavskärmningar som beskrivits närmare i tidigare avsnitt. I figur 10 redovisas en ekonomisk jämförelse mellan dessa och vanlig solavskärmning utan solceller, vid installation på en kontorsbyggnad. Kalkylbladet med beskrivning av antaganden och datakällor kan laddas ner på följande länk: <https://solartestbed.se/om-projekten/elsa-elgenererande-solavskarmning/>.



Figur 10 Ekonomisk jämförelse mellan solavskärmningar med och utan solceller (per meter fasad) för en exempelbyggnad med 20 fönster i två plan.

Det ska poängteras att denna jämförelse är schematisk och att resultaten kan variera stort beroende på förutsättningarna<sup>3</sup>. Värdet av minskat kylbehov beror till exempel mycket på hur klimatskalet är dimensionerat, vilken verksamhet som bedrivs i lokalerna och hur kylan genereras. De kontinuerliga solskydden (skärmarna) är också mer ekonomiska ju tätare det är mellan fönstren och fungerar bäst på söderfasader. Intäkten "inv. VVS" betecknar minskad investering i VVS-komponenter jämfört med en installation med solskyddsglas, utan yttre solavskärmning. Storleken på denna besparing blir som störst vid nyproduktion eller om hela VVS-systemet byts ut vid renovering. Andra värden kopplade till miljönytta, estetik, utsikt och dagsljus tillkommer utanför denna jämförelse.

<sup>3</sup> Kostnader och intäkter har beräknats under 30 år, där underhållet utgörs av reinvestering helt eller delvis efter 15 år. Kalkylränta 3%, elpris 1 kr/kWh



Det analysen ändå indikerar är att fasta elgenererande solskydd har goda förutsättningar att vara konkurrenskraftiga, medan de dynamiska behöver kostnadsreduceras – eller värderas högre ur andra perspektiv.

### 3.4.2 *Strategi för kommersialisering av elgenererande solavskärmningar*

Att produkter är ekonomiskt konkurrenskraftiga är ett kriterium för kommersialisering, men inte det enda. Det måste också finnas företag som är villiga att ta dem till marknaden. ELSA-projektet har bidragit till ett första närmande mellan solskydds- och solcellsbranscherna, men det finns flera steg kvar att gå. Sannolikt kommer det att krävas fördjupade samarbeten mellan företag från båda branscherna, eller att det bildas helt nya företag, innan vi ser en påtaglig marknadstillväxt. Diskussioner som förts mellan projektpartners från de två branscherna har landat i att solskyddsföretagen är den mest sannolika aktören att ta kombinationen solceller och avskärmning vidare.

### 3.4.3 *Guide till elgenererande solavskärmningar*

En del av resultatet och erfarenheterna från projektet har sammanställts i en guide eller vägledning till elgenererande solavskärmningar som får formen av en broschyr och en kort powerpointpresentation, se bilaga 1. Det främsta syftet med projektet och med skriften har varit att öka intresset och kunskapen kring solavskärmning i allmänhet och i synnerhet kring solceller som konstruktionsmaterial i solavskärmningsprodukter. Skriften riktar sig främst till fastighetsägare/förvaltare och arkitekter, men vi hoppas och tror att även konsulter, byggtreprenörer och inte minst innovatörer och designers ska kunna hitta inspiration till spännande projekt och nya lösningar här.

## 3.5 *Generalisering och samhällelig relevans*

### 3.5.1 *Samverkan och innovation*

ELSA-projektet har involverat ett stort antal partners ur ett antal aktörskategorier: Två branschföreningar och två leverantörsföretag ur vardera kategorin solavskärmningar och solceller. Två fastighetsförvaltare, två arkitektbyråer, tre byggtreprenörer och tre forskningsutförare. En tanke bakom detta upplägg har varit att många frågeställningar vi adresserat i projektet berör alla dessa olika grupper. En stor del av hindren för en positiv utveckling av solskyddsbranschen i allmänhet och av marknaden för kombinerade produkter i synnerhet ligger också i bristande förståelse och kunskap om varandras teknik, språk, drivkrafter, affärslogik etc. En del av vägen framåt är därför den plattform för kunskaps- och erfarenhetsutbyte och samarbete kring nya lösningar som projektet format och som RISE efter projektets slut vill bygga vidare på.

För att skapa förutsättningar för ett fruktbart innovationsmöte mellan de två branscherna som trots nämnda olikheter har ett antal gemensamma intressen att bygga på har projektet tillämpat tre principer inspirerade av designmetodik och designtänkande. Av dessa principer var *inkludering av alla relevanta aktörer* som beskrivs ovan den första. Den andra principen var att *skapa neutral mark*. Här spelade RISE med sin status som oberoende statlig innovationspartner en viktig roll som garant för ett likvärdigt intresse för båda branscherna, och utan särintresse att äga resultatet av



innovationsarbetet. RISE kunde också erbjuda en neutral test- och demoanläggning vid sin verksamhet i Borås för test av lösningar som utvecklades i projektet.

Den tredje principen, att basera projektets process på en *designbaserad metodik* har av olika skäl bara kunnat tillämpas i liten omfattning. Viktiga egenskaper i en designorienterad metodik är att göra tidiga och gärna enkla prototyper för att snabbt iterera mellan lösningsförsök och utvärdering, liksom att använda flera olika gestaltungsformer, till exempel skisser, mock-ups och prototyper. De olika prototyperna fungerar som så kallade gränsobjekt (Star & Griesemer, 1989). Projektet har dock, direkt eller indirekt, genomfört ett flertal aktiviteter i syfte att utforska olika innovationsrelaterade möjligheter och verktyg, samtliga med ett stort aktivt engagemang från projektets partners. Bland dessa kan nämnas en designworkshop under ledning av en extern industridesignbyrå, en idéävling i form av ett "Solar Hackathon" som lett vidare till ett intressant spin-off projekt om solavskärmningar samt en tävling för arkitektstudenter på Chalmers.

I projektplanen fanns också målet att försöka generalisera erfarenheterna av det multidisciplinära samarbetet och två RISE-medarbetare har haft detta till uppgift i rollen som projektets följeforskare. Innan ett år av projektet förflutit genomförde dessa följeforskare en intervjuomgång i projektet där samtliga projektets partners intervjuades under cirka en timma var. Bland resultaten kan nämnas en stor enighet om värdet av att samla aktörerna från de olika branscherna, och från den relevanta forskningen. Samverkan mellan utvecklare och arkitekter betonas – här finns ett stort gap. En utförlig och intressant redogörelse återfinns i (Kovacs P. e., 2018).



## 4 Diskussion

ELSA-projektet har varit ett ambitiöst försök att sammanföra två branscher och teknikområden med många olikheter men också en hel del gemensamt. I fokus har legat en produkt som många intuitivt känner är helt rätt men som för att bli riktigt bra kräver ett nära samarbete mellan dessa branscher och flera andra aktörer.

Solskyddsbranschen, som värt att notera inte representerar de företag inom glas- och fasadbranschen som arbetar med solskyddsglas, går idag allt bättre men upplever alltjämnt att man ofta kommer in för sent i processen, när problemen med övertemperaturer, bländning etc. redan är ett faktum. Projektet har också visat på utmaningen att hantera en viss skepsis bland fastighetsägare och förvaltare, mot de dynamiska lösningar som branschen menar är en förutsättning för en fullgod solskyddslösning. Företagen i branschen utgörs främst av antingen små familjeföretag med fokus på markiser, invändiga gardiner och persienner eller av återförsäljare till stora internationella företag med aluminiumbaserade lösningar och produkter för drivning och styrning av avskärmningar. De svenska företag som arbetar med att utveckla nya produkter är således lätt räknade och projektet har varit privilegierat som fått möjlighet att samarbeta med flera av dem. Även i solcellbranschen är den svenska innovationskapaciteten mycket begränsad men här är sannolikt inte behoven lika stora. I alla fall inte för att stärka marknadstillväxten. Branschen växer kraftigt och marknaden består enkelt uttryckt av ett fåtal svenska eller internationella grossister och ett stort och stadigt ökande antal företag som säljer och installerar standardprodukter på byggnadernas tak eller i större fält på marken.

Det finns förutsättningar för nya svenska produkter som kombinerar solavskärmning med solcellsteknik och projektet har försökt belysa och vidareutveckla dessa möjligheter. Projektet har också lyft fram vad vi anser dessutom krävs för att resultatet ska bli bra. Så bra att produkterna på allvar kan etableras på den svenska marknaden och i bästa fall, som en erfaren projektpartner från industrin uttryckte det "kunna få ett ordentligt genombrott – och då talar vi om mycket stora marknader!". En innovationsupphandling skulle, åtminstone på lite sikt, kunna vara ett bra sätt att ta ELSA-produkterna vidare mot marknaden. Kanske som en samlad nordisk övning då projektet visat att kraven på produkterna här delvis skiljer sig från kraven i Syd- och Mellaneuropa.

Projektupplägget har varit utmanande genom det stora antalet partners, men bredden har också varit en stor tillgång och fruktbara samarbeten har manifesterats i flera olika former. Nya, från början oförutsedda möjligheter har öppnats under projektets gång och oftast tagits tillvara på ett bra sätt medan vissa tyvärr har gått förlorade. Projektets andra stora utmaningar har bestått i produktutvecklingsarbetet och i etableringen av den demonstrationsinstallation där resultaten från detta arbete senare togs i bruk tillsammans med instrumentering för att möjliggöra en utvärdering av de olika systemen. Sammanfattningsvis skulle det ha lönat sig om mer arbete lagts på planering av arbetet med utveckling och demonstration och på att upprätthålla en kontinuerlig dialog mellan ett mindre antal projektpartners med tydligt beskrivna roller.



## 5 Slutsatser

Slutsatserna från kunskapsöversikten är att fortsatt forskning bör fokusera mer på mätningar än på simuleringar, på visuell komfort och bländning, utsikt genom fönstren, den nordeuropeiska kontexten och inte minst estetiska aspekter och arkitektonisk integration. Bristande kunskap och få samarbeten kring kombinationen solskydd-solel och som en följd av detta en avsaknad av produkter som utnyttjar de möjligheter som kombinationen erbjuder innebär också att det finns stora möjligheter för en industriaktör som tar sig an att utveckla området. Komplexiteten och multifunktionaliteten kräver samverkan mellan arkitekter, konstruktörer, tillverkare, entreprenörer, beställare och slutanvändare.

Studien visar svårigheten att hitta en balans mellan olika funktioner för en elproducerande solavskärmning. En dynamisk lösning, särskilt om den kan skötas individuellt är effektiv som solavskärmning men framställs som svår att underhålla, särskilt om den kombineras med solceller.

AIQ-modellen är ett användbart verktyg i gruppdiskussioner med representanter från olika yrken där det kan förbättra kommunikationen mellan dessa aktörer. Potentiellt gynnar detta utvecklingen och en bredare implementering av energiproducerande solavskärmningar i byggnader. En slutsats är också att olika syn på estetiken inte kommer att vara det främsta hindret för en bredare implementering av elgenererande solavskärmningar. Utmaningen ligger istället i att estetiska integreringskvaliteter behöver samspela med andra aspekter som funktion, effektivitet, energiproduktion eller ekonomi.

Produktutvecklingsarbetet har på ett påtagligt sätt bidragit till att nya samarbeten mellan solskydds- och solelbranscherna har etablerats. En tydlig aktör som kan ta ELSA-produkterna vidare saknas, trots att projektet visat att här finns en tydlig potential. Projektet har dock bidragit med resultat som kan katalysera den fortsatta utvecklingen, till exempel en guide till elgenererande solavskärmningar.

Slutsatsen om behovet av bred samverkan mellan olika intressenter för att lösa branschens utmaningar återkommer i många delar av projektet. Detta menar vi gäller generellt för att byggbranschen ska bli bättre på utveckling och innovation mot mer hållbara lösningar. Öppenhet och nyfikenhet hos industriaktörerna är en annan viktig förutsättning. Ytterligare en är att forskningsfinansierare för tillämpad forskning behöver ställa krav på och skapa förutsättningar för "innovationshöjd" snarare än "forskningshöjd". Konkret kan detta till exempel realiseras genom demonstrationsprojekt med högt ställda mål kring bred och aktiv samverkan mellan relevanta aktörer och genom att ge entreprenörer från olika samverkande branscher möjlighet att samarbeta i den för-kommersiella fasen, gärna på en neutral mark som hos RISE.

Ambitionen till mer gemensam utveckling kring en gemensam produkt (gränsobjekt) baserat på en designprocess kunde inte realiseras, men de många aktiviteter och initiativ som istället genomförts kan ändå ses som resultat av projektets medvetna designansats. Vi dristar oss därför till att säga att de anpassningar som gjorts, inklusive aktiviteter som design tävling med studenter, Solar Hackathon etc. kan ses som en mer realistisk modell för att aktivera samverkan mellan två branscher än ett enskilt produktutvecklingsprojekt. Modellen är därmed intressant att utveckla vidare i kommande projekt, gärna baserad på ELSA som en prototyp för en sådan designbaserad branschsamverkan.



## 6 Publikationslista

- Dubois, M.-C.; Haav, L. (submitted). Shading devices integrating photovoltaics: a literature review. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*.
- Gustafsson, A.; Xu, Y.; Femenías, P. & Thuvander, L. (2018). ELSA- databasen: Erfarenhetsåterföring från byggda exempel med solavskärmning och solcellsintegration. Elektronisk resurs, Göteborg. <https://research.chalmers.se/publication/504751>
- Femenias, P., Thuvander, L., & Kovacs, P. (2017). Improving the Market Up-take of Energy Producing Solar Shading: Experiences from three cases of retrofit. In proceedings of the World Sustainable Built Environment Conference. Hong Kong 5 – 7 June 2017.
- Femenias, P; Thuvander, L; Gustafsson, A; Park, S; Kovacs, P (2017). Improving the market up-take of energy producing solar shading: A communication model to discuss preferences for architectural integration across different professions, *Proceedings of the 9th Nordic Conference on Construction Economics and Organization*, 13-14th June, Gothenburg, Sweden, pp. 140-151.
- Solskyddsaktuellt 2018. ELSA - Solceller, solskydd och arkitektur i ett. Svenska Solskyddsförbundet. Hämtat från <https://news.cision.com/se/svenska-solskyddsforbundet/r/solskyddsaktuellt-2018-ute-nu-,c2543241>
- Artiklar, intervjuer och pressmeddelanden om SOLution, se <http://www.energiforsk.se/program/solel/rappporter/solar-hackathon-fran-id%C3%A9-till-genomforande/>
- Föreläsning på Chalmers om solceller som solavskärmning oktober 2016
- Presentation vid Svenska Solskyddsförbundets årsmöte i november 2015
- Presentation vid projektmöte IEA PVPS Task 15 i Uppsala i september 2017
- Presentation vid Svenska solelmässan i Uppsala i november 2017
- Presentation vid möte med HSB Living Lab i Göteborg juni 2018
- Presentation vid styrelsemöte i FoU väst i Göteborg juni 2018
- RISE hemsida <http://solartestbed.se/om-projekten/elsa-elgenerande-solavskarmning/>
- RISE samhällsbyggnadsblogg <http://spsamhallsbyggnad.blogspot.com/2015/06/sp-leder-projekt-om-solavskarmningar-i.html>
- Chalmers hemsida <https://research.chalmers.se/project/6875>
- Solkompaniets hemsida <https://solkompaniet.se/2017/11/22/elgenererande-solavskarmning-ny-demoanlaggning-boras/>



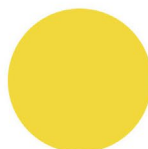
## 7 Referenser

- 3XN\_GXN. (2014). *Pv grid teknologirapport*. Hämtat från [https://issuu.com/3xnarchitects/docs/pv\\_grid\\_teknologirapport](https://issuu.com/3xnarchitects/docs/pv_grid_teknologirapport)
- Britain, G. (2006). Design Review: How CABE Evaluates Quality in Architecture and Urban Design. *Commission for Architecture and the Built Environment*.
- Femenias, P., Thuvander, L., & Kovacs, P. (2017). Improving the Market Up-take of Energy Producing Solar Shading: Experiences from three cases of retrofit. In proceedings of the World Sustainable Built Environment Conference. Hong Kong 5 – 7 June 2017.
- Femenías, P., Thuvander, L., Gustafsson, A., Park, S., & Kovacs, P. (2017). Improving the market up-take of energy producing solar shading: A communication model to discuss preferences for architectural integration across different professions. *9th Nordic Conference on Construction Economics and Organization 13-14 June, 2017 at Chalmers University of Technology*, (s. 140). Gothenburg.
- Kovacs, P. (2016). *Solar Hackathon från idé till genomförande*. Energiforsk. Hämtat från <http://www.energiforsk.se/program/solel/rapporter/solar-hackathon-fran-id%C3%A9-till-genomforande/>
- Kovacs, P. e. (2018). *Solceller som solavskärmning- Forskning, utveckling och demonstration*. Borås: RISE rapport 2018:59.
- OECD/IEA. (2018). *The Future of Cooling- Opportunities for energy efficient air conditioning* © OECD/IEA, 2018 International Energy Agency Website: [www.iea.org](http://www.iea.org).
- Probst, M. C., & Christian, R. (2015). SOLAR ENERGY PROMOTION & URBAN CONTEXT PROTECTION: LESO-QSV (QUALITY-SITE-VISIBILITY) METHOD.
- Probst, M. C., & Roecker, C. (2012). Criteria for Architectural Integration of Active Solar Systems. *Elsevier Energy Procedia*.
- Solskyddsförbundet, S. (u.d.). SSF ESBO Light. Hämtat från <http://www.solskyddsforbundet.se/ssfesbo> den 19 06 2019
- Star, S. L., & Griesemer, J. R. (1989). Institutional Ecology, 'Translations' and Boundary Objects: Amateurs and Professionals in Berkley's Museum of Vertebrate Zoology. *Social Studies of Science*. 19(3), 387-420.
- Thuvander, L., Femenias, P., & Park, S. (u.d.). Databas med exempel på elgenererande solavskärmningar. Hämtat från <https://research.chalmers.se/publication/504751>
- van Noord, M. (2010). *Byggnadsintegrerade solcellsanläggningar–Europeisk Best-Practice*. Elforsk.



## Bilagor

Bilaga 1- Guide till elgenererande solavskärmningar "Solavskärmningar med integrerade solceller-Hur och varför?"



*Runt 35 procent av all energi i Sverige används i bebyggelsen. I forskningsprogrammet E2B2 arbetar forskare och samhällsaktörer tillsammans för att ta fram kunskap och metoder för att effektivisera energianvändningen och utveckla byggandet och boendet i samhället. I den här rapporten kan du läsa om ett av projekten som ingår i programmet.*

*E2B2 genomförs i samverkan mellan IQ Samhällsbyggnad och Energimyndigheten åren 2013–2017. Läs mer på [www.E2B2.se](http://www.E2B2.se).*

