

SOL:AR

BESTÄLLARSTÖD FÖR
SOLENERGIINVESTERINGAR GENOM
AVANCERAD VISUALISERING

SMART BUILT
ENVIRONMENT

SOL:AR

Beställarstöd för Solenergiinvesteringar genom
avancerad visualisering

Maria Håkansson
Peter Kovács
Liane Thuvander

Med stöd från:



STRATEGISKA
INN OVATIONS-
PROGRAM

Förord

Smart Built Environment är ett strategiskt innovationsprogram för hur samhällsbyggnadssektorn kan bidra till Sveriges resa mot att bli ett globalt föregångsland som realiserar de nya möjligheter som digitaliseringen för med sig. Smart Built Environment är ett av 16 strategiska innovationsprogram som har fått stöd inom ramen för Strategiska innovationsområden, en gemensam satsning mellan Vinnova, Energimyndigheten och Formas. Syftet med satsningen är att skapa förutsättningar för Sveriges internationella konkurrenskraft och bidra till hållbara lösningar på globala samhällsutmaningar.

Samhällsbyggnadssektorn är Sveriges enskilt största sektor som påverkar hela vår byggda miljö, men den är fragmenterad med många aktörer och processer. Att förändra samhällsbyggandet med digitaliseringen som drivkraft kräver därför samverkan mellan många olika aktörer. Smart Built Environment tar ett samlat grepp över de möjligheter som digitaliseringen innebär och blir en katalysator för spridningen av nya möjligheter och affärsmodeller.

Programmets mål är att till 2030 uppnå:

- 40 % minskad miljöpåverkan i ett livscykelperspektiv för nybyggnad och renovering
- 33 % minskning av total tid från planering till färdigställande för nybyggnad och renovering
- 33 % minskning av de totala byggkostnaderna
- flera nya värdekedjor och affärsmodeller baserade på livscykelperspektiv, plattformar samt nya konstellationer av aktörer

I programmet samverkar programparter från näringsliv, kommuner, myndigheter, bransch- och intresseorganisationer, institut och akademi. Tillsammans nyttiggör vi den kunskap som tas fram i programmet.

Beställarstöd för Solenergiinvesteringar genom avancerad visualisering – SOL:AR – är ett av projekten som har genomförts i programmet. Det har letts av RISE Research Institutes of Sweden och har genomförts i samverkan med Castellum, Arkitekterna Krook & Tjäder, Chalmers tekniska högskola, SolTech Energy, Bengt Dahlgren AB och RISE Interactive. Projektet har haft kompletterande finansiering från Västra Götalandsregionen regionsutvecklingsnämnd.

Projektet SOL:AR har handlat om att kartlägga möjligheterna kring hur ett digitalt visualiseringsverktyg skulle kunna underlätta för fastighetsägare som vill undersöka solenergi och solavskärmningar på fasad. Hur skulle ett digitalt verktyg snabbt kunna visa hur olika produkter kan se ut och vad de kan spara eller producera? Genom intervjuer med fastighetsägare och andra aktörer, kartläggning av den senaste tekniken inom bland annat augmented och virtual reality samt aktuella juridiska frågor, så har projektet resulterat i en kravspecifikation för ett sådant verktyg.

Stockholm, 31 mars 2019

Sammanfattning

Utvecklingen inom solenergi i Sverige har gått snabbt de senaste åren, men hittills har de flesta företag och privatpersoner satsat på att installera solceller på tak. En annan resurs som i dagsläget är relativt outnyttjad, men där vi ser både en möjlighet för och en ökande trend av olika sollösningar, är *fasader*. I miljöer där man pga platsbrist inte kan bygga nytt, kan ändå fasadytor på byggnader utnyttjas för en rad saker, bl a till att generera förnybar sol och/eller ge plats för skuggande solavskärmningar och därmed minskat kylbehov. I projektet *SOL:AR* har vi tittat på hur ett framtida digitalt visualiseringsverktyg skulle kunna underlätta för beställare som funderar på sollösningar till fasad, där vi inkluderar såväl traditionella solceller som byggnadsintegrerad sol (BIPV) och solavskärmningar. Skulle ett digitalt verktyg kunna ge en snabb uppfattning om t ex lönsamhet på solceller eller solavskärmningar på fasad, och hur dessa skulle se ut på en fastighet? Skulle detta vara till hjälp för beställare som är nyfikna på och funderar på sollösningar? Ett långsiktigt syfte med projektet är att stötta utvecklingen av fasader som resurs så att nya möjligheter för bl a solcellsinstallationer kan tas tillvara.

Genom att intervjua tilltänkta målgrupper som fastighetsägare och andra nyckelaktörer om deras behov och önskemål kring ett digitalt verktyg, kartlägga vilka tekniska möjligheter samt juridiska och organisatoriska frågeställningar som finns, så har vi utforskat förutsättningarna för ett sådant verktyg. Vi har identifierat fastighetsägare som den primära målgruppen för verktyget och då framförallt mellanstora fastighetsägare med främst kommersiella fastigheter, men konstaterar att det även hos bostadsrättsföreningar och i flerbostadshus finns ett växande intresse för sollösningar. Sammanlagt har minst 30 personer från fastighetsbolag, branschorganisationer, solenergileverantörer, myndigheter och samhällsbyggnadskontor deltagit i våra intervjuer/workshopsaktiviteter och bidragit med sina behov och tankar kring hur ett digitalt visualiseringsverktyg skulle kunna skapa nytta i beställningsprocessen av solenergi/solavskärmningar på fasad.

Resultatet från studiedeltagarna visar på att ett digitalt visualiseringsverktyg kan vara av värde för fastighetsägare om det kan väcka intresse för sollösningar tidigt i en ombyggnad- eller renoveringsprocess; är lätt att använda för olika roller på fastighetsbolag inkl. hyresgäster och BRFer; kan ge en bild av hur en viss sollösning skulle se ut samt en uppskattning av ekonomi och miljönytta (snarare än exakta beräkningar); kan fungera som ett kommunikationsstöd för fastighetsägare i dialogen med t ex hyresgäster; kan användas både "ute i fält" vid en fastighet och på kontoret; ägs av en opartisk aktör och är gratis för fastighetsägaren att använda.

Dessa insikter, tillsammans med kartläggningen av tekniska och juridiska frågor, har sammanställts i en *kravspecifikation för ett framtida verktyg*. Avslutningsvis genomförde vi en workshop med inbjudna aktörer från visualiserings- och solavskärmningsbranschen för att säkra kravspecifikations relevans och identifiera ytterligare viktiga frågor inför en framtida utvecklingsfas. Utmaningar framöver inkluderar att hitta en neutral ägare/förvaltare till verktyget, identifiera en rimlig

finansieringsmodell, samt att implementera och testa verktyget i ett antal steg i väntan på nödvändiga framsteg inom augmented reality-området och 3D-data.

Summary

The solar energy business has developed rapidly in Sweden in recent years, but so far most companies and individuals have chosen to install solar cells on roofs. Another relatively unexplored resource that we argue offer potential and where we see an emerging trend for various solar solutions, is building *facades*. In contexts where lack of space prevents building new or standalone solar energy installments, facades can still be used for a range of purposes, e.g., generating renewable solar power and/or provide space for shading devices and thereby reduced demand for cooling. In the *SOL:AR project* we have investigated how a future digital visualization tool could make it easier for clients who are considering solar solutions, including categories of products like solar cells, building-integrated photovoltaics (BIPV) and solar shading. How could a digital tool give a quick insight into e.g., the profitability of solar cells or a solar shading solution on a certain façade, and how would these look aesthetically? A long term aim in the project is to stimulate the development of facades as a resource that opens for new opportunities for solar solutions.

Through interviewing potential target groups like property owners and other key actors about their needs and requests regarding a digital tool, mapping out technical possibilities as well as legal and organizational aspects, we have investigated the prerequisites for such a tool. We have identified *property owners* as our primary target group, and in particular medium-sized property owners with commercial buildings, although there seems to be an increasing interest in solar solutions also in tenant owners' associations and apartment buildings. In total, at least 30 people from property companies, trade organizations, solar energy companies, governmental agencies, and urban planning offices have participated in our interviews and workshops respectively and contributed their thoughts and needs about how a digital visualization tool could create value in the procurement of solar solutions for facades.

The results from the study suggest that a digital visualization tool could create value for property owners if it triggers the interest for solar solutions early in a renovation-/rebuilding process; is easy to use for people regardless of role at the property company or tenant owners' association; can provide an idea of how a certain solar solution would look along with an estimation of economic and environmental benefits (rather than exact calculations); can support the communication about solar solutions between property owners and tenants; can be used "in the field" at a certain building as well as in the office; is owned by a neutral actor and is free of charge for property owners to use.

Together with insights from the technical state-of-the art mapping and legal issues, we have gathered these user-oriented insights in a *list of requirements for a future tool*. To conclude the project, we conducted a workshop with invited actors from the visualization and solar shading industry to secure the relevance of the technical requirement list and identify further important questions for a future development phase. Future challenges include identifying a neutral owner for the tool, identify a reasonable payment model, as well as implementing the tool step-wise while waiting

for necessary technical advances in the area of augmented reality and 3D data respectively.

Innehållsförteckning

1	INTRODUKTION	8
1.1	PROJEKTMÅL	9
1.2	PROJEKTGRUPPEN	9
2	ARBETSSÄTT	11
3	IDENTIFIERING AV MÅLGRUPP	13
3.1	EFFEKTKARTAN: ANALYS AV POTENTIELLA MÅLGRUPPER	13
3.2	PRIMÄR MÅLGRUPP: FASTIGHETSÄGARE	13
4	KARTLÄGGNING AV BEHOV	15
4.1	DELTAGARE	16
4.2	FASTIGHETSÄGARNAS BEHOV	17
4.2.1	ALLMÄNNA DRIVKRAFTER OCH HINDER FÖR SOLEL	17
4.2.2	HUR OCH NÄR KAN ETT VERKTYG SKAPA NYTTA	18
4.2.3	NÖDVÄNDIG INFORMATION I ETT VERKTYG	18
4.2.4	LÄMPLIG ÄGARE TILL ETT VERKTYG	19
4.3	FASTIGHETSÄGARNA, SVENSK SOLENERGI OCH ENERGIMYNDIGHETEN	20
4.4	SOLENERGILEVERANTÖRER	20
4.5	BYGGLOVSHANDLÄGGARE	21
4.6	IDENTIFIERAD NYTTA	22
5	STATE-OF-THE-ART	23
5.1	ÖVERSIKT ÖVER ENERGIBERÄKNINGSPROGRAM	23
5.2	BEHOV AV DATA I VERKTYGET	28
5.2.1	AKTUELLA PRODUKTKATEGORIER	28
5.2.2	NOGGRANNHET	30
5.2.3	TILLGÅNG TILL DATA	31
5.3	ÖVERSIKT ÖVER VR-TEKNOLOGIER MED HEADSET	32

5.4	ÖVERSIKT ÖVER AR-TEKNOLOGIER MED HEADSET	33
5.5	TEKNOLOGIER FÖR MOBILA ENHETER OCH AR-SYSTEM FÖR MOBILA ENHETER	34
5.6	TEKNOLOGIER FÖR 3D-SCANNING	35
5.7	ÖVERSIKT ÖVER VISUALISERING INOM ARKITEKTUR	36
5.8	EXEMPEL PÅ VERKTYG MED INTERAKTIVA PRODUKTVISUALISERINGAR	37
5.9	SAMMANFATTNING VR- OCH AR-TEKNOLOGIER, VISUALISERINGSPROGRAM OCH TILLÄMPNINGAR	39
6	JURIDISKA OCH ORGANISATORISKA ASPEKTER	40
7	AVSLUTANDE WORKSHOP	41
8	KRAVSPECIFIKATION	42
8.1	USER STORY	43
8.2	SPECIFIKA KRAV	45
9	DISKUSSION OCH NÄSTA STEG	47
10	BILAGOR	48
11	REFERENSER	49

1 Introduktion

Många länder i världen upplever sedan en tid en solenergirevolution och den är nu påtaglig även i Sverige där exempelvis varannan villaägare funderar på att investera i solceller [1]. Energimyndigheten beskriver i sin solelstrategi från 2016 hur användningen av sol i Sverige skall kunna ökas för att om drygt 20 år kunna utgöra en väsentlig del i den svenska el-mixen med 5-10 % av den totala produktionen [2]. För att nå detta mål kommer det att krävas insatser på en rad olika områden och tak och fasader på våra byggnader utgör en resurs i sammanhanget eftersom ingen ny mark behöver tas i anspråk när dessa ytor upplåts för solceller. Lokalproducerad sol kan också bidra till att systemförlusterna minskar, människors energimedvetenhet ökar och energisystemets sårbarhet minskar. Av naturliga skäl har taken hittills utgjort de "låg hängande frukterna" eftersom de kan erbjuda de bästa instrålningsförhållandena och, än så länge, de enklaste installationerna för solceller. Husens fasader börjar dock att beaktas i allt större utsträckning av flera skäl.

- I större städer kan taken vara en resurs för rekreation som konkurrerar om utrymmet
- Gröna tak blir allt mer populärt vilket inte behöver konkurrera med solceller men ändå kan komma att göra det i många fall
- För fastighetsägare som vill visa sitt miljöengagemang utgör fasader ett betydligt "större skyltfönster" än taken
- Det byggs allt högre och ju högre byggnad desto mindre tillgängligt takutrymme per kvadratmeter boarea finns till förfogande
- Fasadmateriäl är generellt sett mycket dyrare än takmateriäl vilket i alla fall delvis väger upp det faktum att instrålningen är lägre, om man ersätter konventionella materiäl med solceller [3]

Ett långsiktigt syfte med projektet har varit att stötta denna utveckling så att nya möjligheter för bland annat solcellsinstallationer skall tas tillvara.

Två projekt ledda av RISE kan sägas ha lett fram till idén om projektet SOL:AR. Projektet "Solavskärmningar i helhetsperspektiv..." även kallat ELSA [4] hade en mångfacetterad projektgrupp som bland annat arbetade med hur man kan kombinera solceller och solavskärmningar i nya produkter. Solavskärmningar minskar behovet av energi till kyla för luftkonditionering, ett behov som idag ökar snabbt världen över enligt IEA [5]. Även i Skandinavien ökar energibehoven för kyla, bland annat som en följd av mer välisolerade (nya) byggnader och högre komfortkrav. Kan avskärmningarna dessutom generera el så motverkas denna ökning ytterligare. 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 produktivitetsökningar och ökat välbefinnande hos de som arbetar i byggnaden. Eftersom lönekostnader utgör den helt övervägande delen av driftkostnaderna i ett kontor så är denna produktivitetsökning oftast mer värd än energibesparingen, men betydligt svårare att kvantifiera. Parallellt med ELSA-projektet pågick projektet "Solar Hackathon-Från idé till genomförande" [6] där RISE tillsammans med bland andra Chalmers Ventures och Business Region Göteborg undersökte förutsättningarna för att arrangera ett internationellt Solar Hackathon.

I båda projekten fanns ambitionen att testa någon form av kreativ design och mångdisciplinär innovationssamverkan i liten skala vilket ledde fram till ett gemensamt event kallat "SOLution Göteborg". Göteborg Energi erbjöd sig att stå värd för eventet som blev betydligt mer omfattande än först planerat. Ett 50-tal deltagare jobbade hårt under 24 timmar för att sedan presentera sina idéer inför en entusiastisk jury och publik. Solcellskollen [7] tog hem första pris och en ide om att visualisera solavskärmningar och solcellsinstallationer på fasader tilldelades "RISE projektutvecklingspris". Priset innebar en research- och ansökningsinsats från RISE för att idén skulle kunna tas vidare mot realisering vilket resulterade i en projektansökan till Smart Built och Västra Götalandsregionen och projektet SOL:AR. Laget bakom idén bestod av representanter för fastighetsbolaget Castellum, arkitekterna Krook o Tjäder och solelntreprenören Solkompaniet. De två förra har sedan ingått som aktiva partners i projektet, kompletterade av deltagare från Bengt Dahlgren AB, Chalmers och SolTech Energy. Dessutom har juridisk expertis kopplats till projektet.

1.1 Projektmål

Projektets slutmål har varit att upprätta en teknisk kravspecifikation för ett digitalt verktyg med förhoppningen att en kommersiell aktör ska finna tillämpningen tillräckligt intressant för att ta specifikationen vidare och utveckla verktyget. I detta har även ingått att beskriva alternativa vägar framåt och att uppskatta nödvändiga resursbehov för att realisera verktyget. Ett mål har också varit att skapa en god förståelse av vilka eventuella juridiska och organisatoriska hinder som finns i dagsläget, och vad som kommer behövas för att adressera dessa. Följande delmål har ställts upp för projektets olika arbetspaket:

AP1: Juridiska och organisatoriska aspekter

Delmål: Kartläggning av aktuella juridiska och organisatoriska aspekter till slutlig projektrapport

AP2: Kartläggning av behov

Delmål: Identifiering av målgrupp(er) samt kartläggning av målgruppens behov inför kravspecifikation till slutlig projektrapport

AP3: State-of-the-art

Delmål: Kartläggning av aktuella tekniska möjligheter till slutlig projektrapport

AP4: Projektledning och kommunikation

Delmål: Projektledning för att säkerställa att projektet fortlöper enligt plan, samt organisering av en avslutande workshop och informationsspridning

1.2 Projektgruppen

Projektgruppen har bestått av personer med olika kompetenser, intressen och roller av relevans för projektet, där RISE har haft en koordinerande projektledarroll. Utöver fastighetsbolaget Castellum och Arkitekterna Krook & Tjäder, som bidrog med själva idén kring ett visualiseringsverktyg, så har också Bengt Dahlgren AB, Chalmers tekniska högskola, SolTech Energy och RISE Interactive aktivt deltagit i projektet. I projektet har vi alltså samlat projektpartners med erfarenhet från både verksamheter och forskning/utveckling, inom nyckelområden som förvaltning, hållbarhetsfrågor i den byggda miljön, arkitektur och estetiska aspekter kopplade till den byggda miljön,

projektering och beräkningar gällande ute- och inomhusmiljö kopplat till energi, solceller och solavskärmningar, solenergiprodukter och framförallt innovativa produkter för byggnadsintegrerad solceller (BIPV), samt digitalisering med specifikt fokus på augmented reality (AR) och virtual reality (VR).

Utöver expertisen ovan, har konsultbolaget Zacco som är specialister på immateriella rättigheter (IP) samt övriga juridiska frågor i relation till digitalisering, kopplats till projektet som underkonsulter för att hjälpa till att identifiera juridiska och organisatoriska hinder och möjligheter.

2 Arbetssätt

Det övergripande arbetssättet i projektet har inneburit att vi har jobbat parallellt med gemensamma möten (fysiska och via Skype) och aktiviteter som en projektpartner haft ansvar för och drivit och återkopplat till hela gruppen. Projektet inleddes och avslutades med gemensamma workshops (28 mars 2018 respektive 29 november 2018) som fungerade mycket väl i att komma igång respektive summera vårt arbete. Vi har haft regelbundna Skypemöten, ungefär en gång per månad, där de flesta partners deltagit aktivt. Under dessa möten har vi haft gemensamma diskussioner kring det fortlöpande arbetet i arbetspaketen och vi har tagit gemensamma beslut i grupp när det har behövts t ex för att göra avgränsningar i projektet. Till den avslutande workshopen bjöd vi även in externa gäster, dels för att kunna sätta projektet i ett bredare perspektiv, dels för att utforska lämpliga aktörer med intresse att ta projektet vidare och utveckla SOL:AR.

Varje arbetspaket har haft en koordinerande partner med huvudansvar som har sett till att arbetet fortlöpt och inom varje arbetspaket har också flera partners aktivt bidragit med sin kunskap, erfarenheter, kontakter, etc. Nedan redovisar vi kort hur vi har gått tillväga i arbetspaketen och återkommer till detaljer och resultat i respektive kapitel.

I AP1 (huvudansvar RISE), där juridiska och organisatoriska aspekter undersöktes, så ingick Zacco för att bidra med sin kunskap. I takt med att vi i projektgruppen lärde oss mer om målgruppen, målgruppens behov, organisatoriska frågor och tekniska hinder/möjligheter, så samlade vi på oss frågor som Zacco svarade på i en delrapport (se Bilaga 1). En utmaning i AP1 var projektets utforskande karaktär som emellanåt inneburit en abstrakt nivå och spekulativ utgångspunkt, vilket gjorde det svårare att ge konkreta svar på vissa frågor då de påverkas av framtida beslut, t ex om ägarskap. För en framtida aktör med intresse av att ta vidare SOL:AR, så ser vi ändå att materialet vi har tagit fram i projektet utgör en bra startpunkt och ger riktlinjer för fortsatt arbete.

AP2 (huvudansvar RISE) har innefattat aktiviteter för att identifiera målgrupp och kartlägga målgruppens behov kring ett visualiseringsverktyg – hur skulle ett sådant verktyg kunna skapa värde, för vem och hur? Kartläggningen utgick från ursprungsidén – dvs ett digitalt verktyg som med hjälp av visualisering förenklar för en användare att se och uppskatta vad solenergi på fasad skulle innebära estetiskt, ekonomiskt och miljömässigt – men var samtidigt öppen för de behov och önskemål som finns ute i aktuella verksamheter. Eftersom målet har varit att bättre förstå användarbehov och hur dessa styr/påverkas av tekniska möjligheter och begränsningar, samt juridiska och organisatoriska utmaningar som påverkar ramarna för en utveckling, så har dessa aktiviteter löpt parallellt. Vi har jobbat utforskande, dvs att vi under hela processen successivt fått nya insikter som hjälpt oss att t ex ställa nya frågor, identifiera kompletterande roller/aktörer att intervjua och så vidare.

Inledningsvis i projektet planerade vi att samla in behov och tankar från fastighetsägare genom workshops, potentiellt tillsammans med solenergileverantörer för att skapa intressanta diskussioner. Under våren 2018 planerade vi därför en första workshop i Stockholm och spred inbjudan i våra kanaler för att nå ut till intresserade. Tyvärr var intresset svagt och vi blev tvungna att ställa in workshopen pga för få

anmällda deltagare. Vår analys av detta inom projektet var att det dels är svårt för representanter från fastighetsbolagen att ta sig tid att delta på en halvdagsworkshop, dels att det pågår en mängd likande aktiviteter som tvingar potentiellt intresserade att prioritera. Vi tog därför ett gemensamt beslut att satsa på *intervjuer* med enskilda fastighetsbolag och andra relevanta aktörer, istället för att försöka samla dem till workshops. Överlag visade sig intervjuer vara betydligt lättare att genomföra än workshops då vi kunde boka in tider som passade deltagarna och genomföra intervjuerna på plats hos dem.

AP3 (huvudansvar Chalmers Arkitektur och samhällsbyggnadsteknik) har haft målet att kartlägga de tekniska möjligheterna och där har Bengt Dahlgren AB, SolTech Energy, Krook & Tjäder, RISE Interactive och RISE Samhällsbyggnad bidragit med material utifrån t ex forskningen inom området, existerande och framväxande programvaror som antingen redan används inom verksamheter (t ex beräkningsprogram eller grafikprogram) och tillgängliga dataset. Ett antal frågor och avgränsningar guidade kartläggningen och det insamlade materialet dokumenterades i matriser utifrån aspekter på t ex användarvänlighet och relevans för projektet (t ex "går det att bygga vidare på en programvara?").

3 Identifiering av målgrupp

Inledningsvis i projektet såg vi fastighetsägare (dvs beställare) och solenergileverantörer som två potentiellt viktiga målgrupper för verktyget, men insåg snart att det fanns ytterligare tänkbara målgrupper som potentiellt också kunde ha nytta av ett digitalt verktyg, fast på olika sätt. Till exempel så skulle ett hypotetiskt behov för fastighetsägare kunna vara att snabbt och enkelt få en uppskattning av solenergi på fasad, medan det för en solenergileverantör skulle vara relevant att använda verktyget som ett kommunikationsstöd i säljprocessen. Eftersom dessa mål/behov ställer *olika krav* på en design av ett verktyg, som kanske i vissa fall är direkt motsättningsfulla, blev det nödvändigt att ta ett gemensamt beslut om vilken målgrupp som skulle vara den primära i projektet. Vi gjorde detta med hjälp av en "brainstorming-aktivitet" som kallas *effektkartan*, vilken presenteras nedan.

3.1 Effektkartan: analys av potentiella målgrupper

Effektkartan går ut på att göra en analys av de målgrupper som kan tänkas vara intresserade av ett verktyg/tjänst/lösning och dessas *hypotetiska* behov, användningsmål och drivkrafter. Effektkartan ger alltså inget underlag som är förankrat i verkliga behov, utan kan ses som ett utforskande steg för att identifiera vilken eller vilka målgrupper man vill fokusera på i ett nästa steg, t ex intervjuer. Aktiviteten gjorde vi genom att gå igenom stegen nedan (frågorna kommer från webbsidan "Helt Sonika" [8]).

1. Vad vill vi uppnå med satsningen? (effektmål),
2. Vilka vänder vi oss till? (målgrupper),
3. Vilka behov eller andra drivkrafter får målgrupperna att vilja bidra till effektmålet? (användningsmål)
4. Hur kan vi tillgodose våra målgruppers behov? (åtgärder)

Vi identifierade ett antal relevanta målgrupper för SOL:AR: fastighetsägare (1), solskyddslleverantörer (2), solenergileverantörer (2), branschorganisationen Fastighetsägarna (3), branschorganisationen Svenska Solskyddsförbundet (3), branschorganisationen Svensk Solenergi (3), arkitekter (4), stadsplanerare (4), samt konsulter (4). Siffran bakom indikerar vår "målgruppsprioritering", dvs i vilken prioritetsordning vi ser dem, där vi kom fram till och beslutade oss för att se fastighetsägare som vår primära målgrupp. Vårt huvudargument för detta är att det är fastighetsägarna (bland de tänkbara målgrupperna) som trots allt ska satsa på solenergi, dvs är beställare och därför kan ha störst nytta av ett förenklande, stöttande verktyg. Se även bilaga 2.

3.2 Primär målgrupp: Fastighetsägare

Utöver att vi landade i att fastighetsägare ska vara primär målgrupp i projektet, så bestämde vi också att fokus för verktyget ska vara *befintliga fastigheter* snarare än nybyggnation (där solenergi förhoppningsvis kommer in i ett betydligt tidigare skede i planeringen). Vårt ursprungliga antagande var dessutom att det är främst *kommersiella fastigheter* (inkl. kontor, handel och industri) liksom *offentliga fastigheter* (inkl. skolor, sjukhus och kontor) som är intressanta för solenergi/solavskärmning

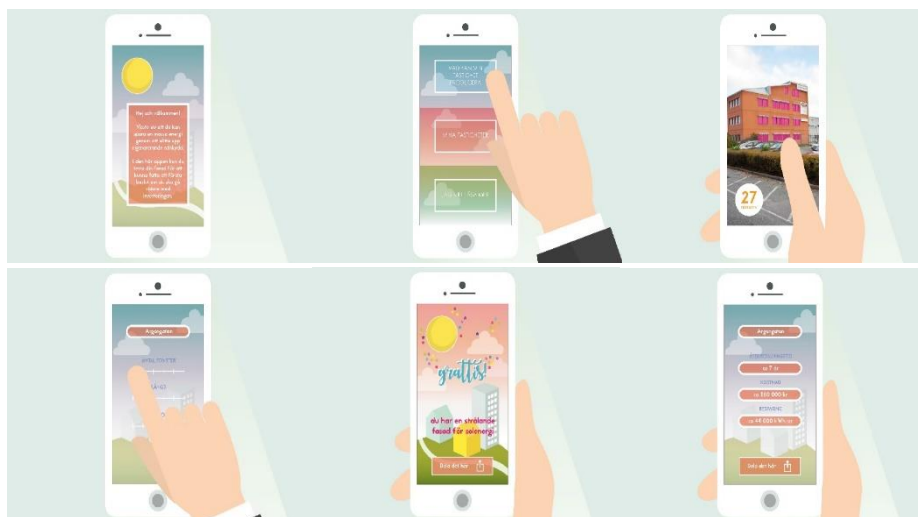
på fasad, vilket gjorde att när vi inledde våra intervjuer (se nedan) så försökte vi främst rekrytera fastighetsägare med kommersiella fastigheter.

4 Kartläggning av behov

För att rekrytera fastighetsägare till intervju så använde vi oss dels av våra egna interna nätverk i projektgruppen, dels av kontakter och förslag som vi fick genom personer vi intervjuade. Till exempel kunde representanten för branschorganisationen Fastighetsägarna bidra med värdefulla kontakter till fastighetsägare med intresse för solenergifrågor. Vad gäller målgruppen fastighetsägare så försökte vi alltså främst rekrytera fastighetsägare med olika typer av kommersiella fastigheter, men även fånga upp andra typer av fastighetsägare, t ex som äger/förvaltar bostäder, för att få fler perspektiv på behov. Enligt intervjun med Fastighetsägarna, så är dock fastighetsägare i Sverige en mycket heterogen grupp med väldigt skiftande behov, kunskap, satsningar och resurser kopplat till t ex solenergi. I det här projektet så har det därför inte varit möjligt eller aktuellt att ge en heltäckande bild där alla typer av fastighetsägare är representerade. Våra intervjuer gav också konkreta förslag om vem som skulle kunna vara en lämplig framtida ägare till ett digitalt verktyg, där vi sen gjorde uppföljande intervjuer med de föreslagna aktörerna.

Under juni-november 2018 genomförde vi totalt 7 enskilda intervjuer med fastighetsägare, en workshopsaktivitet med 15 fastighetsägare i samband med ett av Sol i Västs¹ solenergiseminarier, 2 intervjuer med branschorganisationer, 1 intervju med en solenergileverantör, 1 intervju med en myndighet (som föreslagits som potentiell ägare) och 1 gruppintervju med stadsplanerare. Sammanlagt har minst 30 personer deltagit i våra intervjuer/workshopsaktiviteter och bidragit med sina behov och tankar kring hur ett digitalt visualiseringsverktyg skulle kunna skapa nytta i beställningsprocessen av solenergi/solavskärmningar på fasad.

Figur 1



Ett urval av de bilder som ingick i konceptpresentationen.

¹ <http://www.solivast.nu/>

Intervjuerna var semistrukturerade [9] vilket innebar att vi hade ett antal teman med huvudfrågor som vi ville beröra, men att samtalet sedan fick styras av det som intervjudeltagarna själva tyckte var viktigt för dem, deras verksamhet och deras roller. Våra teman inkluderade 1) deltagarens roll och ev. koppling till solenergi, 2) behovet och intresset för solenergi i dag inom fastighetsbolaget, 3) hur ett visualiseringsverktyg skulle kunna skapa nytta, 4) övergripande organisatoriska- och juridiska frågor såsom ägandeskap och betalningsvilja. För att göra idén med ett visualiseringsverktyg lite mer konkret för deltagarna, visade vi en konceptpresentation för SOL:AR som en del av intervjun. Deltagarna och vi kunde då använda bilderna i presentationen som utgångspunkt för att prata om hur ett visualiseringsverktyg skulle kunna skapa nytta, t ex vad man som fastighetsägare skulle vilja göra och se i ett verktyg. Likaväl kunde de peka på bilder i presentationen för att visa på svagheter med idén. Ett fåtal intervjuer (en branschorganisation, en myndighet och ett solenergiföretag) genomfördes av praktiska skäl på telefon. I dessa fall fick vi beskriva idén så som i konceptpresentationen och/eller mejla konceptpresentationen i förväg. Se Figur 1 för ett urval av de bilder som ingick i konceptpresentationen.

I fallet med Sol i Väst-seminariet som arrangerades av Hållbarutveckling Väst² så blev vi inbjudna att presentera SOL:AR på deras avslutande träff med 15 deltagande fastighetsägare och samtidigt passa på att samla in tankar från deltagarna om idén. Efter vår presentation av SOL:AR genomförde vi en workshopaktivitet där i delade vi in fastighetsägarna i smågrupper där de sedan fick diskutera tillsammans och dela med sig vad man som fastighetsägare skulle vilja kunna se i ett digitalt visualiseringsverktyg. Den här aktiviteten bekräftade främst de tidigare enskilda intervjuerna, men gav också några nya insikter.

4.1 Deltagare

De fastighetsägare som deltog inkluderade allt från ett litet familjeägt företag med ett enstaka relativt unika fastighetstyper till stora fastighetsbolag med ett stort antal kommersiella fastigheter över hela Sverige. Tyngdpunkten låg på fastighetsägare med kommersiella fastigheter, vilket i studien inkluderade bland annat stora logistikhallar, kontor, industri, undervisningslokaler, besökscentrum, köpcentrum, hotell, samt mer unika och kulturskyddade byggnader. Vi hade dock också några fastighetsägare med både kommersiella fastigheter och bostäder, samt en fastighetsägare med bara hyresrätter och bostadsrättsföreningar (BRFer).

De representanter från fastighetsägarna som deltog i vår studie bestod av en blandad grupp vad gäller roll inom företaget, där de hade roller som t ex VD, ägare, energirådgivare, förvaltare, projektutvecklare och elingenjörer. De bidrog därmed med olika perspektiv på ett framtida visualiseringsverktyg, från mer övergripande frågor som satsningar på solenergi till utmaningar i praktiska situationer. För enkelhets skull kallar vi dem för "fastighetsägarna" nedan, även om de hade olika roller inom sina företag.

I studien intervjuade vi också en representant från vardera från branschorganisationerna Fastighetsägarna och Svensk Solenergi samt en från Energimyndigheten. En viktig anledning som nämnts ovan var att dessa tre organisationer pekades ut av fastighetsägarna som lämpliga potentiella ägare till

² Numera Energikontor Väst: <http://hallbarutvecklingvast.se/>

verktyget, vilket vi ville följa upp. En annan lika viktig anledning är att organisationerna också sitter på djup kunskap och erfarenheter om utvecklingen av solenergi i Sverige. I några av intervjuerna med fastighetsägare kom frågan upp om ett digitalt visualiseringsverktyg även skulle kunna ge stöd i en bygglovsanmälan, då deltagarna såg ett värde i att förenkla den delen av processen. Vi ville därför undersöka detta genom att intervjua stadsplanerare som jobbar med bygglovsfrågor. En gruppintervju med en planarkitekt/bygglovsarkitekt och en bygglovshandläggare genomfördes med fokus på dels hur ett digitalt visualiseringsverktyg skulle kunna förenkla för beställare av solenergi, dels eventuellt också indirekt förenkla för handläggare som hanterar bygglov. Vi intervjuade även en solenergileverantör för att få en bättre förståelse för hur man som leverantör av produkter ser på eventuella möjligheter och/eller hinder med ett digitalt visualiseringsverktyg.

Nedan presenterar vi en summerad bild av deltagarnas tankar om ett digitalt visualiseringsverktyg. Vi har valt att anonymisera materialet, förutom för två branschorganisationer och en myndighet som deltog där vi anser att det är av värde att veta vilka de är för att förstå deras perspektiv.

4.2 Fastighetsägarnas behov

Vi börjar med att presentera resultatet från intervjuerna och workshopen med fastighetsägare. De flesta av fastighetsägarna hade tidigare erfarenheter av solenergi och då främst av takinstallationer. En fastighetsägare med utbildningslokaler över hela Sverige stack ut med flera tidigare installationer och ytterligare flera i projekteringsstadiet. En annan fastighetsägare med enbart hyresrätter och BRFer rapporterade om ett stort intresse för solenergi bland boende och BRF-styrelser, vilket pekar på ett växande intresse för solenergi bortom kommersiella fastigheter och därmed också en potentiell större målgrupp av fastighetsägare för ett visualiseringsverktyg än vad vi inledningsvis hade tänkt oss. Vad gäller de deltagande företagens *drivkrafter* mot sole, så var det tydligt att *lönsamhet* är en nyckelfråga men att det för de flesta finns flera "*mjuka värden*" som också är viktiga, som symbolvärden och miljöaspekter.

4.2.1 Allmänna drivkrafter och hinder för sole

Vad gäller fasader så funderade flera fastighetsägare på sole/solavskärmningar på fasad, men man känner större osäkerhet kring ekonomi och kvalitet än vid takinstallationer och deltagarna känner att de saknar kunskap. Bland annat nämndes tveksamheter kring höga installationskostnader. Estetiken blir betydligt viktigare när man ska ändra en fasad kontra ett tak, men när man jobbar med fasaden kan man också kommunicera budskap som t ex hållbarhetsengagemang till omgivningen. För deltagarna med utbildningslokaler nämndes detta som viktigt, eftersom man med hjälp av t ex solceller vill synliggöra en vision om hållbarhet.

En intressant insikt från intervjuerna var vem som driver frågan om solenergi hos fastighetsbolagen. I de flesta fall är det fastighetsägarna själva som driver frågan ut till hyresgästerna (främst då kommersiella) i de fall där man ser en möjlig lönsamhet med solenergi. Hos ett fåtal fastighetsägare var det däremot ibland även de kommersiella hyresgästerna som drev frågan, där de t ex vill satsa på solenergi för att öka sin miljö- och hållbarhetsprofil gentemot egna kunder. Hos fastighetsägaren med BRFer så ser man en stark trend där föreningarna själva kommer och vill ha hjälp med att undersöka möjligheten med solenergi, drivet av både sänkta energikostnader och

miljöengagemang. Här pratade våra deltagare om att det skulle vara värdefullt att använda ett digitalt visualiseringsverktyg som *stöd i kommunikationen* med andra aktörer, t ex mellan fastighetsägare och hyresgäster, när man försöker undersöka möjligheterna med solenergi/solavskärmningar på en fastighet. Fastighetsägarna trodde också att deras hyresgäster (inkl. BRF-styrelser) skulle vilja använda verktyget, för att själva kunna testa och experimentera med olika lösningar, innan man lyfter frågan upp till fastighetsägaren om en potentiell investering.

När det kommer till investering i solenergi/solavskärmningar, så pratade vissa deltagare om att detta är en knäckfråga hur man på ett rättvist sätt kan fördela kostnaderna mellan ägare och hyresgäst (t ex en plan för en given tidsperiod, inkl. hur man löser återstående betalning om hyresgästen säger upp kontraktet), medan andra fastighetsägare ser en så bra lönsamhet med solenergi att man tar investeringen själv.

4.2.2 Hur och när kan ett verktyg skapa nytta

Med utgångspunkt i konceptpresentationen av SOL:AR, så diskuterade deltagarna hur och när de skulle kunna ha hjälp i solenergifrågan av ett digitalt visualiseringsverktyg. Fastighetsägarna ser ett värde i ett enkelt verktyg som kan ge en tidig realistisk uppskattning (dvs som inte är överoptimistisk eller missvisande på annat sätt). Man vill kunna ta höjd för tillkommande kostnader utöver produkterna, t ex installationskostnader och flagga för ev. osäkra faktorer. Det är viktigt att verktyget inte är för "basic" utan tar hänsyn till varje fastighets unika egenskaper. I dag vänder sig de deltagande fastighetsägarna främst till konsulter för att få hjälp med beräkningar vad gäller solenergi och detta tänker de sig att de vill göra även i framtiden, även om man skulle använda ett visualiseringsverktyg. Behovet är alltså inte ett verktyg som ger så pass detaljerade beräkningar att det skulle ersätta en konsulttjänst, utan ett verktyg som väcker intresse för solenergi/solavskärmningar på fasad.

Enligt våra intervjuer kan ett "intresseväckande" verktyg vara värdefullt oavsett vilken roll man har i företaget, inkl. t ex VD och förvaltare, vilket pekar på att ett framtida verktyg måste kunna vara användbart för flera olika typer av användare inom ett fastighetsbolag. Som nämnt ovan så såg deltagarna en nytta i att kunna använda verktyget för att kommunicera med hyresgäster om solelinstallationer samt låta hyresgästerna testa verktyget själva. En förvaltare tänkte sig att han skulle kunna använda ett verktyg tillsammans med både de fastighetsansvariga som jobbar ute i fastigheterna och rapporterar till honom, samt med de hyresgäster han har kontakt med. Deltagarna såg både en användning för ett framtida verktyg "ute i fält" och på kontoret där man kanske har mer tid att testa olika lösningar.

Det framkom tydligt att (realtids-) visualisering m h a ett digitalt verktyg har ett värde i sig själv. Flera fastighetsägare tyckte att det är kostsamt att ta fram visualiseringar (t ex m h a arkitekter) och var därför intresserade av att kunna visualisera många fler kategorier av objekt mot en fasad, t ex tillbyggnader, skyltar, belysning m.m. Relaterat till detta nämnde flera deltagare att det skulle vara värdefullt att få stöd i verktyget att ansöka om bygglov.

4.2.3 Nödvändig information i ett verktyg

Vi bad också deltagarna att prata specifikt om vad de skulle vilja se för information i ett verktyg vad gäller *estetik, ekonomi och energiprestanda*. Det framkom tydligt att *estetik*

är viktigt och att deltagarna vill kunna få en realistisk bild i verktyget av hur en specifik lösning skulle se ut mot en fasad. Utseendet på en installation är inte alltid så viktigt i realiteten – det beror t ex på området där fastigheten ligger (i ett industriområde vs. i en expansiv stadsmiljö) och verksamheten – men det är ett krav att verktyget ska kunna visa hur en lösning kommer att se ut. Alla produktgrupper (t ex solceller, BIPV, solavskärmningar) är av intresse för fastighetsägarna och därmed relevanta att visualisera och det är viktigt att olika fabrikat och leverantörers produkter finns med. Vissa tyckte att det är viktigt att kunna se en helhet där både fasad och tak syns, ifall man vill göra en mer omfattande installation.

Det är ett absolut krav att verktyget kan beräkna och visa information om *ekonomi/kostnader*, men enligt deltagarna så räcker det med en uppskattning därför att exakta siffror inte behövs så tidigt i processen när det mest handlar om att väcka intresse. Som nämnts ovan, så är det dock viktigt att man inte får några "glädjekalkyler". Man vill kunna se återbetalningstid, kostnad och besparing, där det är viktigt att ta hänsyn till eller åtminstone flagga för alla kostnader (t ex installation, bygglov), inte bara produkten, vilket kräver kunskap om fastighetens förutsättningar. I de fall då användaren är intresserad av BIPV, så är det t ex viktigt att kunna jämföra prisskillnaden mot en standardfasad. Användaren ska själv kunna ange viktiga ekonomiska nyckeltal, om de påverkar uppskattningen. Några deltagare föreställde sig att man ska kunna "*klicka på en knapp*" för att se hur verktyget har räknat för att få se beräkningar och detaljer, samt kunna göra någon ändring manuellt t ex kalkylränta.

Liksom ekonomi så är information om energi/prestanda viktigt att redovisa i ett digitalt verktyg, men hur detta bör visas är inte helt trivialt. Deltagarna föreslog olika nyckeltal av intresse, inkl. kWh, CO₂-besparing och kronor. Om verktyget ska redovisa insparade kWh, så innebär detta att man måste kunna säga något om hur en installation skulle ändra t ex kylbehov, vilket är tekniskt komplext. Deltagarna ansåg här att detta är något man kan räkna på separat för att behålla enkelheten i ett framtida verktyg. För CO₂-besparing så föreslog en deltagare att verktyget skulle kunna skilja på, och redovisa, vilka antaganden som är säkra (t ex elmix) respektive vilka som är osäkra. Sammantaget handlar det alltså mer om att ge en uppskattning samt flagga för osäkra faktorer, än att presentera exakta siffror.

4.2.4 Lämplig ägare till ett verktyg

Avslutningsvis bad vi deltagarna att reflektera över lämpliga ägare till ett framtida verktyg, liksom hur en lämplig affärsmodell skulle se ut. Var man villig att betala för att använda ett digitalt visualiseringsverktyg som stöttar i processen att undersöka solenergi på fasad, eller skulle nyttan vara större med ett gratisverktyg? Deltagarna ansåg att de skulle kunna tänka sig att betala en mindre summa i licens för ett användbart verktyg. Däremot trodde de inte att deras hyresgäster skulle vara villiga att betala för att använda detsamma, utan föreslog att det skulle finnas en enklare gratisvariant och en något mer omfattande licensvariant. Vad gäller ägare så ansåg majoriteten av våra deltagare att det är viktigt med en opartisk ägare till ett sådant här verktyg, därför att det stärker trovärdigheten samt gör det möjligt att inkludera produkter från flera leverantörer. Deltagarna föreslog branschorganisationen Fastighetsägarna, Svensk Solenergi, samt Energimyndigheten som opartiska och potentiellt lämpliga ägare i ett framtida scenario, då de alla driver frågan om solenergi.

Enstaka deltagare ansåg inte att verktyget var något för dem eller för fastighetsbolaget – en primär anledning var att företaget redan har god kunskap och erfarenhet av solenergi, upparbetade kontakter med leverantörer och kanske t o m intern kompetens vad gäller beräkningar. Andra anledningar var att man bara fokuserade på takinstallationer (utanför verktygets tänkta fokus) eller inte hade tillräckligt starkt intresse för solenergi i dagsläget.

4.3 Fastighetsägarna, Svensk Solenergi och Energimyndigheten

Alla tre driver på solenergifrågan på olika sätt, genom t ex utbildningar och kurser till medlemmar (Fastighetsägarna och Svensk Solenergi), ge råd och stöd i en rad relaterade frågor t ex laddstolpar, skapa digital plattform (Solelportalen [10]) för att samla myndighetsinformation om solel (Energimyndigheten), samt driva på ändringar i regelverk för att underlätta för solenergiinstallationer (Svensk Solenergi). Enligt Fastighetsägarna så är allt positivt som kan underlätta för fastighetsägare att investera i solenergi, men att det är främst mellanstora företag (ca 10–30 fastigheter) med kommersiella fastigheter i dagsläget som är redo för att satsa. De små fastighetsägarna har svagare intresse och styrs mer av om det gynnar den egna plånboken och de stora bolagen har egen kompetens och kunskap inom solenergi och är därmed inte målgruppen för stödaktiviteter.

Både Fastighetsägarna och Svensk Solenergi såg ett potentiellt värde i ett framtida digitalt visualiseringsverktyg som SOL:AR, men tryckte på vikten av att det ska vara ett ”seriöst” verktyg som verkligen skapar nytta.

I nuläget är ingen av Fastighetsägarna, Svensk Solenergi och Energimyndigheten intresserade av att ta en ägar- och/eller förvaltarroll. De hade olika anledningar till detta. Fastighetsägarna erbjuder en rad rabatterade tjänster och produkter från tredjepartsföretag till sina medlemmar, men har varken intresse eller resurser att utveckla, äga eller förvalta en tjänst som de sen erbjuder till medlemmarna. Detta ingår inte i deras uppgift. Däremot kan Fastighetsägarna potentiellt tänka sig att tillsammans med andra intressenter vara med och finansiera utvecklingen av ett verktyg om en tredje part sedan äger och förvaltar. Energimyndigheten ser inte heller att ägarrollen ingår i deras uppgift, men att de framöver kan tänka sig att länka till ett digitalt visualiseringsverktyg från Solelportalen som en tillgänglig resurs. För Svensk Solenergis del så handlar det i dagsläget om en prioriteringsfråga där man pga det snabbt ökade intresset för solenergi måste prioritera frågor som man anser vara kritiska (t ex regelverk, säkerhet, utbildning och kompetenshöjande) för att hantera den explosionsartade utvecklingen. Därför har de helt enkelt inte resurser just nu att utveckla, äga eller förvalta ett digitalt verktyg. Däremot så utesluter inte Svensk Solenergi att man på 1–2 års sikt kan vara intresserade av ett digitalt visualiseringsverktyg, potentiellt även som ägare.

4.4 Solenergileverantörer

Deltagaren som representerar en solenergileverantör lyfte fram affärsmodeller som en övergripande utmaning för solenergilösningar på fasad, framförallt BIPV, där det handlar om att hitta en långsiktigt ”sund affärsmodell”. Tidigare har aktörer inom branschen som driver på BIPV tryckt på de ”gröna värden” som finns för BIPV, men enligt deltagaren så hamnar man ändå i att det är ekonomin som räknas när/om man

kommer upp i en viss volym. Det finns ändå bra argument för BIPV-fasader eftersom produkterna kan ersätta annat fasadmateriäl och på så sätt hålla en totalkostnad nere. Fasadmaterialet är dessutom oftast dyrare per kvadratmeter än takmateriäl vilket betyder att det finns mer att spara genom att ersätta dem med solceller är när man ersätter ett takmateriäl. Inom företaget vill de kunna erbjuda fasadintegrerade lösningar till intresserade kunder, trots att BIPV är en liten nisch för dem.

Vad gäller ett visualiseringsverktyg som ska kunna visa produkter, så anser deltagaren att den största utmaningen är att välja inriktning mellan generiska produkttyper kontra verkliga kommersiella produkter. Även om han tror mer på generiska produkter, så "bör de ändå se ut mycket som det kommer att se ut i praktiken". Han ser också att det potentiellt kan finnas ytterligare värde för dem i företaget av ett visualiseringsverktyg om "modellen" (dvs 3D bild på fasad med digital överlagring av produkter) går att exportera till och läsas in i program som de redan använder i dag, t ex 3D designmjukvaran SketchUp³. Då skulle de själva kunna använda modellen för vidare bearbetningar. Redan i dag finns ett plug-in, Skelion⁴, som ritar in solcellsmoduler i SketchUp.

Enligt deltagaren så skulle det kunna vara värdefullt för dem som leverantörer att använda verktyget för att projektera och för att kommunicera med beställare och andra aktörer. Däremot är en förutsättning att verktyget är så pass "kraftfullt" att det går att göra vissa bearbetningar av modellen för att företaget skulle vilja betala t ex för en licens. Om det snarare är allmänintresset som driver, så anser han att det är lämpligare om en branschorganisation eller myndighet som äger och driver verktyget.

4.5 Bygglovshandläggare

Deltagarna berättade att de stöter på en del frågor om solceller i sitt arbete, men upplevde själva att de hittills har begränsad kunskap om BIPV. De berättade att allt som förändrar fasaden "avsevärt" (t ex färg, materiäl) och som påverkar byggnader runt omkring och omgivningen är bygglovspliktiga enligt plan- och bygglagen. Vad som räknas som "påverkar avsevärt" är dock en lokal tolkningsfråga, beroende på fall till fall och t ex k-märkningar av områden/fastigheter som skiljer sig från kommun till kommun (alltså vad man har bedömt som lokalt värde). Detta kan bidra till osäkerheten, samt att fastighetsägare är inte alltid medvetna om att deras fastigheter ingår i ett k-märkt område (t ex en innerstad).

Deltagarna var osäkra på om ett verktyg ska eller kan ge stöd i ansökningsprocessen, eftersom detta skulle innebära en annan nivå av komplexitet i ett verktyg och därmed ändra huvudidén (ett enkelt verktyg med målet att väcka intresse). Däremot så såg de att det skulle vara relevant och hjälpsamt att flagga i verktyget att bygglov eventuellt kan behövas vid ändring av fasaden, beroende på valda produkter. Om en renovering med solceller innebär en påverkan på fastighetens brandsäkerhet, konstruktion eller ändring av energisystem så krävs en bygganmälan, vilket verktyget också skulle kunna flagga för. Då bygglovsansökan och/eller bygganmälan är aktuellt så tillkommer en kostnad som i så fall ska ingå i kostnadsberäkningen.

³ 3D design software SketchUp <https://www.sketchup.com>

⁴ SketchUp Skelion solar design plug-in <http://skelion.com/>

Sammantaget såg deltagarna inte att det är nödvändigt eller relevant med ett verktyg som *genererar* bildmaterial och/eller en färdig bygglovsansökan åt användaren. De såg inte heller någon direkt nytta av att använda ett sådant verktyg själva, i det arbete de utför. De tyckte dock att det kan vara värdefullt att flagga i verktyget i de fall då bygglov med största sannolikhet behövs.

4.6 Identifierad nytta

Innan vi går vidare och presenterar de tekniska möjligheter och begränsningar som finns i dag, samt aktuella juridiska och organisatoriska frågor, så sammanställer vi nedan de behov och tankar som framkom i intervjuerna med vår primära målgrupp fastighetsägare. Sammanställningen har vi gjort gemensamt i projektgruppen, där vi har fokuserat på den funktionalitet, egenskaper och krav som vi ansett vara mest realistiska att genomföra utifrån den nytta det kan skapa, vilket har medfört att vi har uteslutit vissa önskemål som legat långt utanför projektets ramar, eller som vi ansett vara alltför tekniskt komplexa.

Utifrån intervjuerna bedömer vi att den mest lämpliga målgruppen för SOL:AR är mellanstora fastighetsägare med främst kommersiella fastigheter men i ökande grad även hyresrätter och BRFer och att ett digitalt verktyg kan ge störst nytta om det:

- Kan väcka intresse kring solenergi tidigt i en ombyggnad- eller renoveringsprocess och öka kunskapen kring solenergi och inspirera till att gå vidare, snarare än att ge korrekta beräkningar av olika slag. Verktöget ersätter alltså inte behovet av mer avancerade visualiseringar och beräkningar från bl a arkitekter eller konsulter, eller mer omfattande utbildningar liknande Sol i Väst
- Är enkelt att använda för anställda på olika roller inom ett fastighetsbolag, t ex förvaltare eller fastighetsskötare, samt kommersiella hyresgäster och BRFer
- Kan ge både en visualisering/bild av en viss solenergilösning och en tidig uppskattning om vad lösningar innebär ("mellan tummen och pekfinger") vad gäller ekonomi och miljönytta
 - Det är viktigt att uppskattningen inte baseras på en "glädjekalkyl"
 - Det är viktigt att hitta en mellannivå där det går att säga något om t ex inneklimat, utan att det blir för beräkningsmässigt komplext
- Kan fungera som ett kommunikationsstöd för t ex dialog/samarbete med hyresgäster
- Kan användas både ute i fält, dvs på en mobil plattform vid en specifik fastighet som användaren på ett realistiskt sätt kan se i verktyget, och på kontoret.
- Det ska vara möjligt att dela data med andra användare, både inom företaget och ev. hyresgäster
- Ska helst ägas av en opartisk aktör för att säkerhetsställa trovärdighet och mångfald vad gäller produkter
- Ska vara gratis eller kosta en mindre summa för licens, dvs kan inte vara för komplex då detta ställer högre krav på förvaltning och därmed kräver intäkter från tjänsten/produkter

5 State-of-the-art

Parallellt med att kartlägga fastighetsägarnas behov kring SOL:AR, har vi i projektet gjort en sammanställning över de tekniska möjligheter och begränsningar som formar hur ett framtida visualiseringsverktyg skulle kunna realiserats. Vad är "state-of-the-art" inom det tekniska fältet och går det att säga något om vart den tekniska utvecklingen är på väg? Sammanställningen har innefattat såväl visualiseringstekniker och hårdvaruplattformar som beräkningsmodeller för att beräkna energipåverkan från solceller och solavskärmningar. Följande frågeställningar har varit ledande: Finns det digitala verktyg eller miljöer vi kan bygga vidare på? Vilka digitala verktyg används i dag, för vad och inom vilka utvecklingsmiljöer?

Målet med sammanställningen av state-of-the-art har varit att ge en översikt kring aktuella

- beräkningsmodeller för solinstrålning, solelproduktion och skuggning kopplade till solceller respektive solskydd,
- beräkningsmodeller för att bestämma minskade kylbehov som funktion av verksamhet och tekniska system
- tillgängliga Virtual Reality/Augmented Reality (VR/AR) teknologier och laserscanning,
- visualiseringsverktyg och program inom området och specifikt vad gäller befintliga byggnader

Eftersom projektet i sin helhet har handlat om att ta fram en kravspecifikation för ett framtida SOL:AR verktyg, är denna översikt väldigt övergripande och visar på generella potentialer eller mindre lämplighet. Översikten innehåller däremot inga specifika utvärderingar gentemot utvalda parametrar utan detta blir del av den fortsatta utvecklingen av SOL:AR när kravspecifikationen är på plats.

Materialet har sammanställts baserat på ingående parter egna erfarenheter och sökning på Internet. Beskrivningen är uppdelad i energiberäkningsprogram, teknologier med headset för VR-system, och AR-system, teknologier för mobila enheter, programvaror för AR, teknologier för laserscanning, och visualisering inom arkitektur.

För energiberäkningsmetoderna har vi dokumenterat namn på beräkningsprogrammet, beräkningsmodellen som ligger bakom, gränssnitt, samt kommentarer kring användning och relevans/intresse för vårt projekt. För de olika programvarorna för visualisering inom arkitektur har vi dokumenterat namn på programvaran, kort beskrivning av funktionaliteten, grad av interaktivitet, och human-computer interaction (HCI).

Sammanställningen är långt ifrån heltäckande utan ger exempel på de vanligaste och olika typer av verktyg och teknologier för att visa bredden.

5.1 Översikt över energiberäkningsprogram

För att kunna kvantifiera nyttan med de olika produkter och lösningar som ska visualiseras krävs beräkningshjälpmedel och data. Det som kan vara av intresse för de

produkter som diskuterats är då först och främst elproduktionen från solceller. För att kunna beräkna den behövs klimatdata, en solcellsmodell samt möjlighet att beräkna skuggningen av solcellerna från omgivande byggnader och föremål samt effekten av detta på elproduktionen. Även insparad energi/effekt för kylning och värmning av byggnaden kan vara av intresse att beräkna och då krävs dessutom en modell av byggnaden och uppgifter om dess energistatus och användning. När solavskärmningslösningar diskuteras med fastighetsägare kan mjukare värden som ljusförhållanden, utsikten och upplevd inomhustemperatur ofta väga tyngre än uppgifter om möjlig energibesparing och det kan då vara av intresse att försöka beräkna även dessa. Om resultaten sedan ska visualisera, vilket varit vår utgångspunkt, så kan man tänka sig att göra detta kvantitativt, om beräkningarna kan göras med acceptabel osäkerhet och om de ska ligga till grund för vidare ekonomisk bedömning. Om beräkningarna däremot är mer osäkra och/ eller ska användas till att beskriva mer mjuka värden kan visualiseringen vara av mer kvalitativ karaktär. **I Fel! Hittar inte referensskälla.** redovisas en översikt av på marknaden vanligt förekommande datorprogram som används av konsulter, arkitekter, projektörer m.fl. för att beräkna solinstrålning, skuggning, solelproduktion, energibehov och inomhusklimat i byggnader. Mer uttömmande sammanställningar av beräknings- och visualiseringsprogram har till exempel gjorts av Jakica [11] och Kanters et.al. [12].

Beräkningsprogram för solinstrålning, solesystem samt för byggnaders energibehov och inneklimat

Tabell 1

Namn	Beräkningsmodell	Gränssnitt	Kommentar	Referens
IDA ICE	Egenutvecklad skuggmodell. Solmodell som bygger på klimatdata / ASHARE 2001/2013. Himmelsmodell enligt Perez.	Sluten miljö som går att komma åt via LISP-script eller API. Svårt att koppla samman med mobila applikationer på grund av att det för närvarande inte går att använda IDA ICE som serverbaserad lösning.	Vanligt förekommande inom byggbranschen i Sverige. Används framför allt för energiberäkningar, klimatberäkningar och dimensionering av tekniska system.	https://www.equa.se/se/ida-ice
ESBO	Förenklad version av IDA ICE med tillämpningar för bland annat solavskärmningar och solceller. Dock inte i någon kombinerad produkt.	Sluten miljö som går att köra som fristående program eller fjärrskrivbord.	Vanligt förekommande inom byggbranschen i Sverige. Begränsad insyn i modellerna.	www.equa.se/en/esbo
Radiance	Standardverktyg för strålningsföljning. Innehåller en	Saknar interface, kommunicerar via textfiler men det finns	Open source/C. Mycket populärt och verifierat. Kan använda illuminans	www.radiance-online.org/

Namn	Beräkningsmodell	Gränssnitt	Kommentar	Referens
	mängd exekverbara filer för en mängd uppgifter.	en mängd gränssnitt utvecklade.	eller irradians vilket gör det användbart för både dagsljus- och solenergianalyser. På grund av simuleringstid är Radiance olämpligt att använda för simuleringar för annat än enstaka ögonblick.	
Daysim	Anpassning av Radiance för årssimuleringar. Använder vanligtvis irradians.	Ålderdomligt gränssnitt, kommunicerar via textfiler.	Open source /C. Mycket populärt och verifierat. Använder vanligtvis irradians som grund, både för dagsljus- och solenergisimuleringar.	
Honeybee	Samling av visuella scripter implementerade i Rhino/ Grasshopper. Använder både Radiance och Daysim	Grafiskt gränssnitt vilket kräver Rhino (Mac /PC)	Open source /Python. Mycket populärt och verifierat. Kan användas för att simulera dagsljus och solenergi. Kan ej användas som Webbaserad lösning.	
Archiwizard/ RayBooster	Egenutvecklad strålningsföljnings modell	Okänd	Iterativ strålningsföljningsmodell implementerad i flera analysverktyg. Finns ej som serverlösning men skulle kunna implementeras i denna form.	
DesignBuilder	Samma modell som Energyplus använder (egenutvecklad skuggmodell som Perez solmodell)	Eget gränssnitt för PC	Populärt i flera länder. Används för energisimuleringar, dagsljus samt luftflödessimuleringar (CFD).	

Namn	Beräkningsmodell	Gränssnitt	Kommentar	Referens
IES VE	Populärt energiberäkningsprogram.		Sluten miljö vilken används för byggnadsoptimering i olika skeden.	
VIP Energi	Populärt energiberäkningsprogram, främst i Sverige.	Finns som experimentell webblösning och är även integrerad i CAD-verktyg.	Relativt enkel solmodell som dock troligtvis är tillräcklig för solskyddsapplikationer. Används ej för dagsljus.	https://strusoft.com/products/vip-energy http://www.vipenergy.net/
Polysun	Program för beräkning och simulering av sol- och solvärmesystem	Eget interface för PC. API för utdataexport till andra applikationer	Skuggningsberäkningar ingår på liknande sätt som för PV SOL	www.velasolaris.com/english/home.html info@velasolaris.com
Pvsyst	Program för beräkning och simulering av solsystem	Eget interface för PC. Inget API	Skuggningsberäkningar ingår på liknande sätt som för PV SOL	www.pvsyst.com/en/ https://www.pvsyst.com/contact/
PV*SOL	Program för beräkning och simulering av sol- och solvärmesystem	Eget interface för PC. Finns även en online-version. Inget API	Avancerade versionen har detaljerade skuggningsberäkningar med 3D-modeller av omgivande byggnader. Oklart om det finns importfunktion för 3D-modeller	www.valentin-software.com/en/products/photovoltaics/55/pvsol pvsol-online.valentin-software.com/#/ Svensk representant: info@solelgrossisten.se
EnergyPlus	Program för beräkning och simulering av solsystem	Det finns flera applikationer, t.ex. Sefaira vilka använder en webbaserad implementering av EnergyPlus	Relativt enkel solmodell vilken främst är avsedd för energi och solberäkningar.	https://energyplus.net/
Radiance 4 Daylight Coefficient Model	Samling scripter liknande Daysim		Open source/ C. Ett spännande alternativ till Daysim	
BV2				
Solcellskollen	Inget program i egentlig mening men en webbportal med beräkning av	Enkelt webbgränssnitt	Erik Wallnér, en av personerna bakom solcellskollen var med i inledande diskussion om	https://solcellskollen.se

Namn	Beräkningsmodell	Gränssnitt	Kommentar	Referens
	solelproduktion genom en validerad öppen modell som använder STRÅNG-data från SMHI. Modellen hanterar dock inte skuggning		SOL:AR och skulle eventuellt kunna vara intresserad av att ta konceptet vidare	

För energiberäkningsmodellerna verkar programmet Radiance/Daysim vara en intressant möjlighet att jobba vidare med inom projektet SOL:AR. Programmet är verifierat i flera studier och används av flera liknande applikationer. Då Radiance/Daysim är mycket noggrant och flexibelt har det möjlighet att hantera dagsljus, solljus, energi med hänsyn tagen till komplex skuggning, reflektioner och lokalt klimat. För att kunna avgöra vilket eller vilka av de tillgängliga programmen som lämpar sig bäst att ingå i ett SOL:AR-verktyg behövs en mer specifik kravspecifikation, dvs. hur noggrant man vill kunna beräkna elutbytet från solesinstallationen, eventuell besparing i energi till komfortkyla etc. Vid en skarp utveckling av SOL:AR verktyget behövs mer information om respektive program i form av:

- Energiberäkningsmodellens detaljeringsgrad och hur det kan hantera delskuggning från omgivande byggnader samt programmets möjlighet att välja en effektiv systemdesign baserat på tillgängliga schabloner som möjliggör automatiserade beräkningar och som minimerar användarens inblandning
- Programmets kapacitet för att importera data (klimatfiler, 3D-modeller...) i olika format och att automatiserat skicka utdata vidare till andra applikationer
- Möjlighet att köra programmet i en mobil applikation (surfplatta)
- Beräkningstid.
- Etc.

Generellt ser vi tre möjligheter för att ta fram utdata om systemets prestanda som behöver vägas mot varandra, bland annat utifrån kriterierna ovan, för att finna den bäst lämpade lösningen:

1. Implementera ett avancerat verktyg
2. Look up tables⁵ baserade på det avancerade verktyget
3. Ett förenklat verktyg t.ex. open source Radiance (eventuellt för omfattande program) eller (hellre, men ej open source) Radiocity

⁵ Tabeller med data som beräknats i förväg med en avancerad modell. Tabellerna ingår sedan i verktyget som hämtar vissa data direkt från tabellerna i stället för att utföra beräkningar med den avancerade modellen. På så sätt sparas datorkraft och beräkningstiden kortas så att realtidsvisualisering blir möjlig.

För energiberäkningsmodellerna verkar programmet Radiance/Daysim vara en intressant möjlighet att jobba vidare med inom projektet SOL:AR. Programmet är verifierat i flera studier och används av flera liknande applikationer. Då Radiance/Daysim är mycket noggrant och flexibelt har det möjlighet att hantera dagsljus, solljus, energi med hänsyn tagen till komplex skuggning, reflektioner och lokalt klimat.

5.2 Behov av data i verktyget

Utöver själva energiberäkningsprogrammen så behöver verktyget indata om olika faktorer som påverkar utfallet. De aktuella produktkategorierna, t ex byggnadsintegrerade solceller (BIPV), har olika egenskaper som måste tas hänsyn till i beräkningen av energipåverkan och verktyget måste känna till ytterligare externa faktorer som positionering, väderstreck, byggnadens energiförbrukning, etc. I avsnittet nedan redovisar vi de behov av noggrannhet i och tillgång på data som vi i dagsläget anser relevanta för en framtida implementering av SOL:AR.

Redovisningen av indata till verktyget utgår från de produkter vi vill visualisera och med vilken noggrannhet vi vill presentera deras utseende och prestanda.

5.2.1 Aktuella produktkategorier

- Fasadelement med integrerade eller utanpåliggande solceller, se Figur 2
- Traditionella solavskärmningar (Utvändiga produkter betydligt lättare att hantera än invändiga. Vi tar oss inte an de senare)
- Solavskärmningar med integrerade solceller (Utvändigt)

Figur 2



Solcellerna kan utgöra en integrerad del av fasaden eller som på bilden, monteras utanpå befintlig fasad.

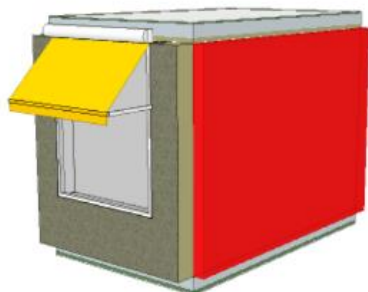
Beträffande fasadelement har vi i projektet haft olika tankar om vilken grad av komplexitet det skulle innebära att visualisera dem. Det blir därmed en fråga att arbeta vidare med i en förlängning. För att visualisera dessa tre produktkategorier och deras tre centrala karakteristika: 1) estetik/ utseende och arkitektonisk integration, 2) kostnader och 3) prestanda/intäkter kommer kraven på indata att se olika ut beroende på vilken produkt det gäller. Visualisering av solavskärmningar med eller utan solceller ställer samma krav på indata så länge det bara är bilden av fasaden i 2D eller 3D och påverkan på inneklimat och energibehov som ska visualiseras.

Beräkningen av solcellernas elproduktion kan däremot, beroende på noggrannhetskraven, behöva ytterligare indata. Däremot blir kraven på data om byggnadens interiör och användning lägre om man ska visualisera fasadelement (kallfasad) som inte påverkar byggnadens energibehov för uppvärmning eller kylning i samma omfattning.

5.2.1.1 Tre karakteristiska egenskaper

- Estetik/ utseende och arkitektonisk integration - Kräver inga fysikaliska beräkningar och därmed inga externa data annat än produktgeometrier och mått, storleksbegränsningar, kulörer, texturer. Så länge fastighetsägarna är den huvudsakliga
- målgruppen är det tillräckligt med "verklighetsnära schablonavbildningar" likande de som finns i ESBO för solavskärmningar. Om avbildningarna skall matcha en verklig bild eller film av fasaden, vilket varit vår tanke, så behöver de vara mer realistiska än de som visas i ESBO, se Figur 3. Ska man i stället matcha en rendering minskar kanske kraven på detta. (Vad gäller om man vill kunna visualisera skuggeffekterna på fasaden på ett visuellt realistiskt vis?). Seriekopplade motorer med genomgående axel- Förekommer det och hur visualiseras det?

Figur 3



Enkel schablonbild av markis från beräkningsprogrammet ESBO

- Ekonomi/ kostnader – Här använder vi schablondata på kostnader, dels för själva produkten, men även för installationsarbetet och eventuella andra kostnader som är en funktion av byggnadens skick och komplexitet. Se även "seriekopplade motorer" ovan.
- Prestanda, ekonomi/ intäkter – Här ligger utmaningen kring fysikaliska data och beräkningar. Storheter att presentera:
 - Det ekonomiska värdet av elproduktion från solceller och sparad energi/ effekt
 - Liten besparing i förhållande till produktion om solceller finns med
 - "Mjuka" parametrar som inneklimat väger oftast tyngre än energibesparing → Uppskattad besparing på kyla/ värme kan vara ganska grov
 - Kilowattimmar antagligen inte så intressant?

- Reducerat klimatavtryck troligen mer intressant än producerade kWh d.v.s. omräkning av sparade/ producerade kWh till utebliven CO₂-belastning. Parametrar som beskriver inomhusklimatet eventuellt av intresse men data- och beräkningsmässigt krävande om det ska ha en rimlig noggrannhet. Kanske överkurs i förhållande till de behov vi klarlagt men indikativa värden kan ändå vara av intresse eftersom solavskärmningar ofta installeras för att i en befintlig byggnad råda bot på ett dåligt inomhusklimat.

5.2.2 Noggrannhet

5.2.2.1 Geodata

Solcellernas prestanda är generellt sett starkt beroende av hur skuggningen av dem ser ut, dvs när den uppträder, om den skapas av näraliggande eller avlägsna objekt och hur den varierar i tiden över fasaden. En bra representation av skuggningen krävs därför av beräkningsmodellen vilket innebär att 3D-data av god kvalitet kommer att behövas. Med "god kvalitet" menar vi att representationen kan ges i form av ett "grid" med läge x,y,z i mittpunkten för varje fönster. Vi behöver inte så hög upplösning för detta. Fyra till fem ytor/ fasader, något tak. Dessa delas upp i ett dussintal trianglar. En till två meters noggrannhet räcker för de skuggande objekten. Vi antar att det i dagens effektiva visualiseringsverktyg finns funktioner för att t.ex. identifiera fönsterstorlekar så att användaren inte behöver komplettera med sådan data.

Skuggning kan alltså endast beskrivas väldigt approximativt om vi inte har tillgång till bra 3D data. Att användaren själv skall kartlägga skuggprofilen som verkar på fasaden rymmer inte med de behov och tillämpningar som vi fångat upp från intervjuade fastighetsägare. Alltså krävs en automatiserad process som läser in en 3D representation av den aktuella fasaden och omkringliggande potentiellt skuggande objekt.

5.2.2.2 Meteodata

Meteorologiska data som solinstrålning och temperaturer är sannolikt inga problem men SMHI-data kan i vissa fall vara av dålig kvalitet. STRÅNG-data [13] från SMHI (satellit) är beräkningsmässigt tungt/ långsamt och lämpar sig därför inte för realtidsvisualisering. Kan dock tankas ned för snabbare access⁶. Behovet av klimatdata beror på vilken solmodell vi använder. Det går att ha betydligt grövre data om man inte räknar timbaserat.

5.2.2.3 Byggnads- produkt- och energidata

Byggnads- och energidata krävs för att kunna säga något om vad som sker på byggnadens insida. Våra fastighetsägare var ganska samstämmiga i att det är tillräckligt om verktyget kan ge en rimlig uppskattning för prestanda och därmed blir kraven på noggrannhet och omfattning på indata också lägre. Ett intressant förslag från intervjuerna är att man skulle kunna presentera utdata med ett "osäkerhetsband" som blir smalare ju mer omfattande och noggranna indata man ger.

⁶ SE t.ex. <https://solcellskollen.se/vanliga-fragor/hur-fungerar-solcellskollens-berakningar>

För vissa solavskärmningar, som t ex "zip-screens"⁷ vertikalkärmar och persienner är det ganska lätt att beräkna hur mycket avskärmningen reducerar solinstrålningen, medan det för andra typer som t ex fasta skärmar, kärmar och "markisoletter"⁸ är betydligt svårare. Verktöget ska kunna lista ut fönsterstorlekarna? Man kan också förhållandevis lätt prediktera hur avskärmningarna kommer att bete sig styrmässigt eftersom det beror av "utsidesdata", men man behöver fortfarande implementera styralgoritmer i form av Lux-mätare, temperaturgivare, vind och eventuellt regn.

Ett antagande vi gjort i projektet är att 0,1 m är en rimlig upplösning på objekten som ska visualiseras, dvs solavskärmningar och fasadelement. Övriga resultat för insidan hanteras schablonmässigt för att göra det möjligt att säga t ex "om detta är ett kontor", "om huset har aktiv kyla, vilken typ..." eller "om fönstren är 2-glas".

5.2.3 Tillgång till data

5.2.3.1 3D-byggnadsdata

Enligt uppgift har ingen ännu släppt fritt bra 3D data. Endast några få lokala initiativ går att finna trots att det finns ett regeringsdirektiv som säger att data ska släppas fritt. Det finns 3D modeller över hela Sverige hos Länsstyrelsen och Lantmäteriet men dessa är inte fritt tillgängliga. Tyréns, som bl.a. har utvecklat 3D solkartor har ett eget 3D verktyg som är helt slutet. Flera kommersiella aktörer bygger upp egna system. 2D data finns fritt tillgänglig men det är alltså inte tillräckligt för önskvärda funktioner i ett framtida verktyg.

Hur spanar vi in i framtiden för fria 3D data? När kommer data? I vilket format? Finns det någon av de kommersiella källorna som kan erbjuda de data vi behöver? Arbetet med 3D data vid stadsbyggnadskontoret i Göteborg kan vara en bra startpunkt men även Chalmers har tillgång till 3D data över campus. VINNOVA som haft flera projekt om öppna data kan vara en annan. Rimligt att vi går på kommunnivå då nationell samordning ligger längre fram i tiden. Mölndal har en 3D solkarta men den klarar uppenbarligen inte att hantera skuggning från omkringliggande objekt.

5.2.3.2 Energidata för byggnader

GRIPEN – Boverkets databas för energideklarationer har lyfts som ett möjligt "snabbspår" till energidata om byggnader⁹. Det finns dock ett behov av "handpåläggning", dvs att någon manuellt måste göra ändringar eller tillägg för att den ska gå att användas för ett annat syfte. Dessa data är fritt tillgängliga för fastighetsägare som söker info om den egna fastigheten och stora datamängder har redan använts i olika forskningsprojekt. En effektiv inläsning av data från Gripen skulle i bästa fall kunna göra ytterligare inmatning av byggnadsdata från användaren överflödigt. En allvarlig invändning är dock att Gripen bara innehåller aggregerade byggnadsdata om t.ex. kylbehov vilket kan visa sig alltför trubbigt för att man ska kunna beräkna energibesparingen som resulterar av en solavskärmning på endast en av byggnadens fasadytor.

⁷ (se t ex <http://www.kdsolskydd.se/vertikalkarmis/z599-zip-screen/>),

⁸ (se t ex <http://sunoff.se/solskydd-utomhus/markisoletter>)

⁹ "För mer komplicerade frågor som inte löses med hjälp av den tekniska manualen eller med vägledning, finns det möjlighet att få hjälp via epost. Adressen till supporten är: energideklaration@boverket.se".

5.3 Översikt över VR-teknologier med headset

Inledningsvis i projektet ville vi hålla det öppet vad gäller hård- och mjukvara och inte låsa in oss innan vi kartlagt behoven. Däremot ville vi kartlägga alla potentiellt intressanta tekniska plattformar/mjukvaruprogram för att bättre förstå vilka tekniska möjligheter och begränsningar som finns i nuläget, inom t ex virtual reality (VR) och augmented reality (AR).

Vad gäller VR, har vi främst tittat på programvarorna, HTC Vive, Oculus Rift, och Windows Mixed Reality (Tabell 2). Dessa program är fortfarande oöverträffade vad gäller detaljrikedom och möjligheter att interagera med VR-miljön. På grund av kravet av stationär hårdvara och infrastruktur är Vive och Oculus Rift inte lämpliga för användning på plats vid potentiella installationer, inklusive i vårt projekt ute framför fastigheter. Däremot kan de vara till hjälp vid demonstration av relaterade tekniska lösningar vid till exempel mässor. Windows Mixed Reality är enklare att ta med sig, men är fortfarande inte lämplig för till exempel utomhusbruk. Graden av interaktivitet är hög för alla dessa teknologier. För utvecklingen av SOL:AR-verktyget är alla tre programvaror mindre lämpade för utomhusbruk, dvs. visualiseringar på plats, eftersom de antingen kräver temporära installationer och därmed är inte särskilt mobila eller är instabila utomhus. Ytterligare en anledning till varför en VR-teknologi inte är så lämplig för SOL:AR i dagsläget är att fastighetsägarna vill kunna titta på ett visualiseringsmaterial *tillsammans* med andra, vilket förhindras snarare än stöds av VR som ger en mer "inåtvänd" upplevelse.

VR-teknologier med headset

Tabell 2

Namn på programvara	HCI/teknologi	Kort beskrivning, funktion	Kommentar
HTC Vive (HTC)	Headset med hörlurar, två trådlösa handkontroller samt sensor-kameror för att tracka användaren. Kopplas till en dator där mjukvara och program körs. Sladdar och montering av passiva lasergivare.	Användaren kan röra sig fritt inom ett avgränsat område på ca 4 x 4 meter. Finns uppföljare Vive Pro med två kameror som möjliggör AR-upplevelser och scanning av rumsgeometrier.	Stödjer SteamVR.* Finns plugins för att inkorporera VR i befintliga spelmotorer, exempelvis Unity, eller Unreal Engine. Ofördelaktigt för utomhusbruk pga. alla installationer som behövs.
Oculus Rift (Facebook)	Headset med hörlurar, två trådlösa handkontroller samt sensor-kameror för att tracka användaren. Kopplas till en dator där mjukvara och program körs. Sladdar och montering av passiva lasergivare.	Användaren kan röra sig fritt inom ett avgränsat område. Generellt är området mindre än hos HTC Vive.	Stödjer SteamVR. Ofördelaktigt för utomhusbruk pga. alla installationer som behövs.

Windows Mixed Reality (Microsoft)	Headset med hörlurar, tillverkas av ett flertal leverantörer. Kameror på headsetets utsida för att både tracka headsetets rörelser i omvärlden och kontrollernas rörelse gentemot användaren. Kan kopplas in i en laptop och är därför en mer mobil lösning än Vive och Oculus Rift. Användargränssnitt för headset som passar Hololens (se nedan).	Användaren kan röra sig fritt inom ett avgränsat område.	Stödjer SteamVR. Väl integrerat system med Windows, men stödjer många av de applikationer som finns till Vive och Oculus Rift. Verkar som om att headsetens kameror i framtiden kommer möjliggöra AR på samma sätt som Vive Pro. Mobilt, men inte lämplig för utomhusbruk ännu.
-----------------------------------	---	--	---

*SteamVR är Valves tjänst (och mjukvarulösning) för VR-spel.

5.4 Översikt över AR-teknologier med headset

Det finns fortfarande bara ett begränsat antal headset med AR-teknologier och det är främst Hololens från Microsoft och Meta 2 som är kommersiellt tillgängliga (Tabell 3). AR-teknologierna är fortfarande i utvecklingsfasen och fungerar bäst i inomhusmiljöer vilket gör de mindre relevanta och intressanta att användas för SOL:AR som ska vara ett verktyg som lätt kan användas och framförallt utomhus. Enligt Per Hjalldahl som är utvecklingschef på företaget wec360 kan AR-teknologier i dagsläget¹⁰ känna av objekt som är ca 4-5 meter framför dem, vilket är långt ifrån tillräckligt för ett visualiseringsverktyg som ska "känna av" fasaden på ett hus.

AR-teknologier med headset

Tabell 3

Namn på programvara	HCI/teknologi	Kort beskrivning, funktion	Kommentar och referens
Hololens (Microsoft)	Trådlöst headset med halvtransparenta displayer framför ögonen. Kamera på headsetet som känner av hur användaren rör sig i rummet.	Hårdvara och mjukvaruplattform framtagen av Microsoft för Augmented Reality. Displayerna visar virtuella världar eller objekt i 3D som placeras/överlagras så att de ser ut att befinna sig i verkligheten. Kan skapa sig en uppfattning av rummets geometri och spara den för senare användning, vilket	Än så länge främst inriktad på utvecklare istället för slutkonsumenter, och därför finns inte så många appar än. Används för mät- och installationsverksamhet i pilotprojekt, t.ex. hos tyska Thyssenkrupp för installation av inomhushissar: https://youtu.be/IgtHnCJJUMU Nu teknologi, främst inomhusbruk.

¹⁰ <https://www.wec360.com/sv/>, personlig kommunikation, november 2018

		ger viss möjlighet att fungera som 3D-scanner.	www.microsoft.com/sv-se/hololens
Meta 2 (Meta)	Trådlöst headset	Liknar i mångt och mycket Hololens men har bredare synfält.	Ett av få andra AR-headset som kommit ut på marknaden. Ny teknologi, främst inomhusbruk. www.metavision.com/
Magic Leap One (Magic Leap)	Trådlöst headset	Liknar i mångt och mycket Hololens men ska ge en mer verklighetstrogen känsla av djup i AR-hologrammen och har bredare synfält.	Första prototyp som väntas släppas mot slutet av 2018. Ny teknologi, främst inomhusbruk. www.magicleap.com/

5.5 Teknologier för mobila enheter och AR-system för mobila enheter

Samsung Gear, Google Daydream och Google Cardboard är exempel på teknologier för mobila enheter i form av hållare för mobiltelefoner (Tabell 4). Dessa hållare är populära för enklare VR-spel och inte minst för 360-filmer, men har begränsade möjligheter till interaktion då de inte trackar position. De är sannolikt inte särskilt relevanta för SOL:AR projekt.

Teknologier för mobila enheter

Tabell 4

Namn på programvara	HCI/teknologi	Kort beskrivning, funktion	Kommentar
Samsung Gear/ Google Daydream/ Google Cardboard	Hållare för mobiltelefoner med två linser som riktar bilden till vardera ögat. På mobilenheten delas skärmen upp i två delar, en för varje öga/lins. Enklare handkontroller för att peka runt. Positionstracking saknas. Inga sladdar, lätta att bära med sig.	Systemen känner av åt vilket håll man tittar med huvudet men inte hur användaren förflyttar sig.	Systemen är mindre immersiva, och användaren löper större risk att bli illamående (virtual reality sickness). 2018 lansering av versioner med inbyggd smartphonehårdvara, vilket gör enheterna lättare att hantera.

AR-system finns tillgängliga för majoriteten av smartphones, till exempel ARcore och ARKit (Tabell 5), och är därför en smidig plattform för att visa olika visualiseringar. Även mät-funktionaliteten skulle kunna användas för enklare mätningar inför

installationer, men detta måste göras med felmarginalen i åtanke. Dessa system skulle kunna vara intressanta för SOL:AR beroende på hur tracking kan hanteras.

AR-system för mobila enheter

Tabell 5

Namn på programvara	HCI/teknologi	Kort beskrivning, funktion	Kommentar och referens
ARcore (Googles system för AR på mobila enheter)	Kameran på mobil enhet används för att leta efter igenkännbara punkter (feature tracking) i kombination med enhetens rörelse-sensorer (accelerometer, gyroskop, och magnetometer) för att förstå omvärlden.	Kan koppla virtuella objekt till 2D-bilder eller mönster. Möjliggör figurer som hoppar ut ur en filmaffisch som hänger på väggen. Går även att låta virtuella objekt ha en fast position gentemot vanliga ytor. Kan användas för att göra mätningar och enklare 3D-scanningar, men felmarginalen uppemot 20%.	Kompatibelt med Android Nougat och framåt. En delmängd av ARCore's funktioner kan köras även på ios. Förhållandevis smidigt att göra appar som är kompatibla med både android och ios. Alla mobiler stödjer inte ARCore men stödet är relativt utbrett förutom i budgetsegmentet. https://developers.google.com/ar/
ARKit (Apples AR system på mobila enheter som kör ios)	Kameran på mobil enhet används för att leta efter igenkännbara punkter (feature tracking) i kombination med enhetens rörelse-sensorer (accelerometer, gyroskop, och magnetometer) för att förstå omvärlden.	Kan spara sessioner eller objekt i "världen" så att användaren senare kan komma tillbaka och fortsätta sin interaktion med den virtuella världen. I övrigt är funktionaliteten väldigt lik den hos ARCore. Precisionen, speciellt i appar som gör mätningar, är något bättre än hos ARCore.	Så gott som alla iPhones och iPads från 6s och framåt stödjer ARKit. https://developer.apple.com/arkit/

5.6 Teknologier för 3D-scanning

3D-scanning kan vara till stor hjälp vid VR- och AR-tillämpningar där riktiga miljöer, till exempel byggnader, ska gestaltas. Inte bara för att ta mått, utan även för att skapa realistiska 3D-modeller. Ofta krävs viss handpåläggning för att få ett bra resultat, men detta arbete är betydligt mindre än att försöka återskapa miljöerna för hand. Mätning och scanning av byggnader kan bli en viktig del av ett projekt som SOL:AR. Det finns flera kommersiella aktörer som kan göra mätningar med hög precision, men för prototypande går det att använda allt från egna drönare till olika sorters 3D-scanrar.

Vi har tittat lite närmare på laserscanning, IR-mätning och fotogrammetri.

Laserscanning är egentligen en relativt gammal teknik som länge använts inom mätning. Utrustning med svepande lasrar möjliggör avläsning av geometrier och inte bara avståndet till enstaka punkter. Priserna har fallit drastiskt på senare år tack vare forskning och utveckling kring självkörande bilar, där dessa sensorer är en viktig komponent, och de återfinns nu i allt från drönare till robotdammsugare.

IR-mätning populariserades av Microsofts speltillbehör Kinect. I grunden består sensorn av en IR-projektor som projicerar ut ett för ögat osynligt rutnät. Bredvid projektorn sitter en IR-kamera som ser hur rutnätet varierar över objekten framför sensorn. Denna teknik har kunnat byggas in i allt från mobiltelefoner till drönare, och är även vanlig i flera AR-headset såsom Hololens. På RISE Interactive har en tillsats till iPad, Structure Sensor, använts under flera års tid.

I fotogrammetri återskapas geometri utifrån video eller ett antal stillbilder. Det är inte alltid lika precist som metoder som använder lasermätning eller IR-projektion, men utvecklingen sker snabbt i detta område tack vare den ökande användningen av AR i smartphones. Stillbilder kan samlas in från en handhållen kamera, men drönarfoto blir mer och mer vanligt, se till exempel <https://www.agisoft.com/> och <https://sketchfab.com/>

5.7 Översikt över visualisering inom arkitektur

För visualisering av den byggda miljön i 3D så används olika program bland arkitekterna. De vanligaste är plug-ins för 3ds Max för modellering, animering och rendering i 3D miljöer. Andra program som används för modellering av 3D miljöer är spelmotorer som till exempel Unreal Engine. För statiska bilder, i fall man vill presentera data i form av scheman / tabeller kan exempelvis Adobe Illustrator användas för att skapa kommunikativ information. Google Data Studio är ett annat exempel på mjukvara som visualiserar *data* men ej arkitektur / byggd miljö. Programvarorna är för det mesta inte interaktiva, förutom programmen som bygger på spelmotorer där man skulle kunna ha interaktiva materialval och användare kan vandra omkring i miljön. Dessa tillämpningar funderar dock bäst på en dator eller VR miljö inomhus.

Programvaror som används inom arkitektur

Tabell 6

Namn på programvara	Kort beskrivning, funktion	Interaktivitet	HCI/teknologi	Open source	Kommentar och referens
VR – Unreal Engine 4 (Epic games)	Spelmotor. 3D-miljö modelleras upp på en dator	Exempelvis interaktiva materialval, användare kan vandra omkring i miljön	VR-glasögon eller vanlig dator	Open licensed men inte open source	Kan vara svårt att lägga upp en sådan scen på en websida eller liknande. Se även översikt över AR/VR-teknologier HTC Vive. www.unrealengine.com/en-US/what-is-unreal-engine-4
360-bilder, 3ds Max® (Autodesk)	Modellering, animering och	Renderingar skapas från en fast punkt/ flera	VR-glasögon eller	Nej	Ingen annan interaktivitet.

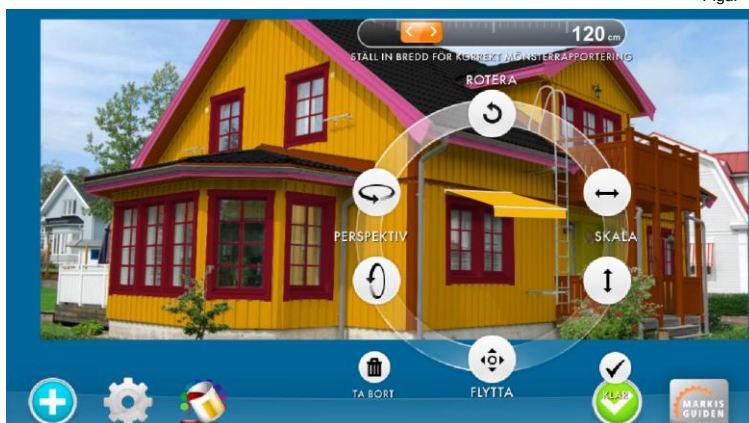
	rendering i 3D-miljö	fasta punkter man kan titta sig omkring i scenen i 360 grader.	vanlig dator		www.autodesk.se/products/3ds-max/features
Filmer – 3ds Max®, Premiere Pro (Autodesk)	Filmredigeringsprogram	Förändringar i en modell kan renderas ut till en film på ett antal sekunder, till exempel solrörelser, materialändringar etc.	Dator	Nej	Inte interaktiv, men kan visa på många möjligheter utan ytterligare programmering. www.autodesk.se/products/3ds-max/features
Bilder – 3ds Max® (Autodesk)	Från programmet kan flera statiska bilder tas ut	Bilder med olika utseende för olika egenskaper gällande material, sollägen, fasadlösningar etc. Kan användas interaktivt på en hemsida.	Dator	Nej	Kan användas liknande IKEA, för att se en produkt i x antal olika miljöer med x antal olika ljusförhållanden. Då behövs ytterligare programvara för att sammanställa alla bilder. www.autodesk.se/products/3ds-max/features

5.8 Exempel på verktyg med interaktiva produktvisualiseringar

Det finns ett antal företag som har utvecklat appar/program för att kunna placera företagets produkter i hemmiljöer, exempelvis på husets fasader eller möbler i rummet.

Företaget SANDATEX tillhandhåller för sina kunder verktyget Markisguiden (<http://www.markisguiden.se/>) så att kunden ska kunna få en uppfattning om hur markiserna skulle kunna se ut på sitt eget hus, se Figur 4. Användaren börjar med att ta ett kort på huset och ladda upp det i företagets program/app. Sedan guidas användaren genom programmet. Initialt kan man ändra färgerna på byggnadsdelarna (fasad, tak, fönsterkarmar, balkonger, dörrar, etc.). Därefter kan användaren dra in digitala objekt (markiser) på bilden. Programmet/appen gör visualiseringar och tillgodoser därmed kraven som ett framtida SOL:AR verktyg har gällande estetik/utseende och arkitektonisk integration. Programmet är lätt att hantera men visualiseringar baseras på ett foto vilket medför några begränsningar såsom låsning till ett visst perspektiv. Olika markisprodukter kan appliceras och testa på datorn hemma eller å en surfplatta utomhus. Programmet tillhandahåller inga energiberäkningar.

Figur 4



Skärmbild på Markisguiden, <http://www.markisguiden.se/>

Företaget IKEA har utvecklat en AR app kallat Place (<https://highlights.ikea.com/2017/ikea-place/>) för att kunna placera IKEA möblerna i hemmet och se hur möblerna passar in storleksmässigt och utseendemässigt, se Figur 5. Det finns också en första version för att placera möbler i utomhusmiljöer. Men noggrannheten i utomhusmiljöerna är begränsad. Liksom markiserna i första exemplet ligger fokus på visualisering av produkten. Det som är intressant för SOL:AR är att produkterna provas i en AR-miljö, en överlagring av verklig och digital miljö.

Figur 5



IKEA Place app som använder augmented reality (AR).

Företaget Wicono har utvecklat ett 3D program som add-in, kompatibelt med Revit Autodesk (<http://www.wic3d-wicono.com/int/>). Bland annat finns det fördefinierade element i programmet, fasadelement, fönster, dörrar, etc. modellerade i BIM. Programmet är enkelt att hantera men samtidigt komplext och verkar ha fokus på nyproduktion.

Linköpings-baserade företaget SpotScale (<https://spotscale.com/>) utvecklar 3D-modeller av t ex fastigheter och stadsmiljöer med hjälp av drönbilder. Ett användningsområde som SpotScale lyfter fram är just stöd för planering av solceller på tak, där de har utvecklat konceptidéer på hur detta skulle kunna fungera. Bland annat har SpotScale tagit fram SpotPanels¹¹, en interaktiv demo där man kan välja stillbilder på fastigheter från en existerande 3D-modell och sen testa att placera ut olika typer av solceller på fastighetens tak, samt mäta dimensionerna på en given yta. I en annan konceptvideo¹² från samma företag visas en liknande idé där man först markerar tillgänglig takyta och sedan låter programmet beräkna optimal placering av solceller.

5.9 Sammanfattning VR- och AR-teknologier, visualiseringsprogram och tillämpningar

Att kunna använda AR-teknologier i SOL:AR-verktyget skulle vara ett spännande sätt att pröva placering och utseende på solavskärmningar med eller utan solceller. Utmaningen ligger i att få en tillräckligt bra noggrannhet för att kunna visa solavskärmningen på rätt ställe eftersom "tracking"-metoderna i utomhusmiljöer ofta är sämre precision än i inomhusmiljöer. VR-miljöer verkar mindre tilltalande för bruk på plats i utomhusmiljöer eftersom mobiliteten är begränsad (man behöver installera datorer och behöver sladdar) eller teknologierna för nya och oprövade. Detta gör dem mindre relevanta om vi tänker oss att SOL:AR verktyget också ska gå att använda på plats.

Tillämpningarna som vi beskriver här fokuserar framförallt på den visuella dimensionen och dessa handlar om att placera produkter på eller i byggnaden. Enkelheten i både hanteringen och interaktiviteten är tilltalande i Markisguiden och i IKEAs Place app. Markisguidens är närmare idéerna vi har för SOL:AR då den visualiserar olika markislösningar på en befintlig fasad. Inga program kombinerar visualiseringar med beräkningsmodeller på ett enkelt och intuitivt sätt.

För att kunna gå vidare behöver vi bestämma vilken funktionalitet vi letar efter, exakt vilka parametrar som ska visualiseras och/eller modelleras, och hur gränssnittet och ägande ska fungera.

¹¹ Företaget SpotScales demo SpotPanels:

<https://spotpanels.spotscale.com/?model=https://productionportalstorage.blob.core.windows.net/spotplanner/nrkpga2spotinspection>

¹² <https://player.vimeo.com/video/164220831?autoplay=1>

6 Juridiska och organisatoriska aspekter

Ytterligare en central aspekt i projektet har varit att undersöka vilka juridiska och organisatoriska frågor och ev. hinder som är viktiga att förstå och ta hänsyn till i en utveckling av ett digitalt visualiseringsverktyg som SOL:AR. Exempel på aktuella frågor har varit: Hur skulle ett lämpligt ägarenskap av verktyget se ut? Vilka rättigheter och begränsningar finns vad gäller data som skapas i verktyget, respektive används som input i verktyget?

Den här aktiviteten har löpt under hela genom projektet och för att få experthjälp i dessa frågor har vi låtit konsultföretaget Zacco som jobbar med immateriella rättigheter (IP) och digitaliseringsfrågor bidra med kunskap och erfarenheter. Zacco har deltagit i gemensamma uppstarts- och avslutande workshops och har däremellan inväntat frågor som vuxit fram ur både intervjuer och den tekniska kartläggningen. Deras huvudbidrag till projektet är en delrapport (se Bilaga 1 för delrapporten i sin helhet) där de redogör för aktuella juridiska och organisatoriska aspekter som är relevanta för en vidareutveckling av SOL:AR. Deras rapport adresserar bland annat de samlade frågor och funderingar som uppkommit både i diskussioner inom projektgruppen och från intervjuer och den tekniska kartläggningen. Vi har valt att lyfta fram och summera delar av deras rapport här.

Rapporten behandlar i huvudsak frågor kring utveckling, rättigheter och kommersialisering av ett verktyg, eller en tjänst som bygger på verktyget. Flera av svaren beror på hur ägandet av verktyget ordnas vilket fortfarande är en öppen fråga. Det mest troliga scenariot, att ingen enskild privat eller offentlig aktör kommer att äga verktyget utan att det kommer att utvecklas vidare i en projektform liknande den nuvarande, är också det mest komplexa att hantera. Frågor om ägande och eventuell licensiering måste då regleras noggrant i avtal mellan parterna vilket förklaras mer ingående. Vidare beskriver rapporten:

- De olika sätt som finns att tillgå för att skydda rättigheterna till en produkt såsom patent, upphovsrätt och mönsterskydd
- Detaljer kring vad som behöver avtalas om man kontrakterar en IT-konsult för programutveckling
- Hänsyn till lärarundantaget och LoU i förekommande fall
- Risker och fördelar med att använda öppen källkod

Relaterat till kommersialisering av ett verktyg lyfter rapporten behovet av att ta fram användarvillkor och beskriver vad som bör ingå i dessa, t.ex. reglering av rätten att använda information som skapas vid användningen av verktyget och ansvarsfriskrivning. Praktiska aspekter på val av varumärke och varumärkesintrång avhandlas också.

Rapporten avslutas med ett avsnitt om GDPR-frågor där man identifierar tre situationer där dataskyddsförordningen kan bli aktuell och kort beskriver hur frågan ska hanteras:

- Vid insamling av bildmaterial där det förekommer identifierbara personer
- När användare registrerar sig för användning av verktyget
- Om drift av verktyget läggs ut på tredje part och ett så kallat personuppgiftsbiträdesavtal behöver upprättas

7 Avslutande workshop

För att få möjlighet att diskutera flertalet frågeställningar kring SOL:AR-verktyget gemensamt i skenet av den information som samlats in under projektet ordnades en avslutande workshop för projektets partners. För att komplettera gruppens kompetens bjöds tre gäster från företag med expertis och erfarenheter inom relevanta frågor och områden in: Per Hjaldal från wec360¹³ (visualisering av fastigheter), Lena Lünning från Metria¹⁴ (geodata/solkartor) och Mattias Klasson från Nimex¹⁵ (solavskärmningar). Målet med workshopen var att jobba tillsammans under en dag för att ta beslut om krav till slutleveransen i form av en kravspecifikation, att ta ett samlat grepp om de behovsmässiga, tekniska och juridiska aspekterna som kan forma ett digitalt verktyg, och att få input från gäster på våra preliminära slutsatser och möjligheterna framåt.

Dagen genomfördes i flera steg:

- En genomgång av projektstatus och resultat från de olika arbetspaketen
- Analys av resultat och diskussioner
- Gemensam lunch med inbjudna gäster
 - Presentation av resultat, analys och preliminära beslut med stöd av mind map och user story, se avsnitt 8.
 - Diskussion med marknadsperspektiv och inbjudna gäster i fokus
 - Summering internt i projektgruppen

Efter en intensiv dag kunde vi konstatera att trots bra diskussioner som hade resulterat i många svar, så hade vi fler frågor vid dagens slut än dess början och att besluten inte blev så många som vi hade tänkt oss. Sammanfattningsvis så genererade vår workshop nya frågor, samt viktiga insikter om:

- Behovet av en *marknadsanalys* som komplement till vår kartläggning för att bättre kunna förstå kundunderlaget, vilket är viktig information för framtida ägare
 - Vilka potentiella intäkter kan verktyget generera? Hur många användare måste man nå ut till för att det ska löna sig?
 - Hur stor är målgruppen fastighetsägare?
 - Andra målgrupper?
 - Om vi tänker oss att det ska vara gratis för fastighetsägarna att använda verktyget, men t ex innebära en avgift för leverantörer att vara med alt. avgift per order, så behöver vi undersöka viljan att

¹³ <https://www.wec360.com/sv/>

¹⁴ <https://metria.se/>

¹⁵ <https://www.nimex.se/>

betala hos solenergi/solavskärmningsföretagen

- Behovet av att titta vidare på olika incitament för användare respektive leverantörer
 - Ägandeskap, gratis för användaren, bredare incitament för användaren? Kan man koppla samman SOL:AR med andra funktioner för att erbjuda *mer* till användare och på så sätt nå en bredare målgrupp?
- Nya dimensioner av samhällsnytta för sollösningar på fasad
 - Extremvärmen under sommaren 2018 har väckt nya frågor med koppling till inomhusklimat och energianvändning, där det finns ett ökat behov i samhället att arbeta proaktivt med t ex solavskärmningar på fastigheter med utsatta verksamheter som vårdhem, skolor och liknande, och att allmänt hitta lösningar som minskar behovet av kyla vid extrema temperaturer.
- Begränsningar i tekniska möjligheter kring positionering och AR
 - I dagsläget finns det inte tillgänglig 3D-data för att verktyget ska fungera enligt kravspecifikationen, alternativt finns det dataset som man måste betala för
 - Indikationer på att AR-tekniken (tracking och positionering) inte är tillräckligt pålitlig eller utvecklad för SOL:AR i nuläget vilket innebär att ett lämpligt första steg mot ett "fullvärdigt" AR-verktyg kan vara att utveckla ett verktyg som bygger på 3D-modell i datorn. En grov uppskattning av erforderlig arbetsinsats pekar på 2-3 personmånader för att ta fram en sådan. För en fullvärdig AR-lösning skattades motsvarande behov till 6-12 personmånader.
- Nya argument för ett ökat fokus på fasadlösningar från fastighetsägare
 - Det finns en ökande trend att utnyttja fasader och tak till mer! Gröna ytor, etc är något vi förmodligen kommer att se mer av framöver liksom relaterade affärsmodeller för att hyra ut ytorna till olika ändamål: "Byggnader som delar av ett ekosystem, där inte bara insidan kan nyttjas..."

8 Kravspecifikation

Ett av projektets uttalade mål har varit att ta fram en "teknisk kravspecifikation" som kan ligga till grund för en utveckling av verktyget i nästa steg. Under projektets gång, parallellt med att kartlägga behov, har vi pratat med utvecklare och teknikföretag i branschen (t ex wec360 som deltog på vår avslutande workshop) om ett *lämpligt format* på en kravspecifikation. Hur sammanställer vi bäst krav så att en tredje part kan ta dessa vidare? Under projektets gång har vi också insett att vi inte kommer kunna få svar på alla tekniska frågor, utan att kravspecifikationen resulterar i ett arbetsdokument som utökas i takt med att de tekniska möjligheterna ändras.

Som ett steg på väg mot kravspecifikationen, så skapade vi en "mind map" där alla kartlagda användarbehov, tekniska aspekter och juridiska-/organisatoriska aspekter var samlade, se bilaga 3. Den gav oss dels en viktig översikt, men hjälpte oss att gå ner på djupet och diskutera olika aspekter av ett framtida system som "krävde" beslut till kravspecifikationen. En kärnfråga har t ex varit hur olika betalningsmodeller (gratis vs. någon form av betallicens) påverkar den tekniska komplexiteten som i sin tur påverkar användarupplevelsen och vad man kan göra i systemet. Den tekniska komplexiteten styrs dock också av t ex val av hårdvara, om beräkningar görs lokalt på en mobil enhet eller i en molntjänst och måste ställas mot användarbehoven och upplevelsen. Ett alltför beräkningsmässigt komplext system som "hänger sig" och skapar en ojämn användarupplevelse kommer förmodligen inte att bidra till nytta, men inte heller ett alldeles för grundläggande system utan riktigt användbar funktionalitet.

8.1 User story

En värdefull insikt från de utvecklare vi pratat med är att en alltför detaljerad kravspecifikation (t ex en lista över alla krav på systemet) inte nödvändigtvis är speciellt hjälpsam. Om man i minsta detalj bara listar vad som ska implementeras, riskerar man att tappa sammanhanget kring *varför* en funktion är viktig och behövs. Ett alternativt sätt att kommunicera vad man vill att ett system ska kunna göra är att ta fram en s.k. "user story" som är en slags berättelse om vad en användare vill kunna göra med ett system. User stories används bland annat inom agil systemutveckling. I en sådan berättelse framgår det varför och hur användaren gör någonting, utan att gå in på tekniska detaljer om hur detta ska implementeras. En mjukvaruutvecklare kan sedan läsa berättelsen och utifrån den själv komma fram till vilka tekniska funktioner som behöver implementeras för att någonting ska finnas/funktionera, vilket ger flexibilitet. Ytterligare en fördel med att lämna några av de tekniska aspekterna öppna är att den tekniska utvecklingen går så snabbt att de hård- och mjukvarumässiga krav vi nu skulle kunna ställa på systemet kanske inte är aktuella inom 6 mån-1 år. Slutligen är en user story kraftfull därför att den kan användas som en konkret utgångspunkt för diskussion inom t ex projektgruppen och med andra aktörer. Här har vi på sätt och vis använt konceptpresentationen som en enklare visuell user story i intervjuerna för att underlätta för deltagarna att komma med synpunkter.

Av anledningarna ovan har vi därför valt att använda oss av en user story för att förmedla idén till den aktör som vill ta över utvecklingen efter det här projektets slut. User storyn, som vi presenterar både som textberättelse nedan och som visuell berättelse, se bilaga 4, kompletteras längre ner av en mer "traditionell" lista över de krav vi i nuläget ändå kan ställa på systemet. User storyn är baserad på intervjuerna där vi kartlade fastighetsägarnas behov och visar på vem som vill kunna använda verktyget i framtiden, hur användarna vill kunna använda det, samt varför de vill använda verktyget till något. På så sätt är den grundad både i hur deras verksamhet ser ut nu och vad man skulle vilja kunna göra i framtiden.

SOL:AR user story:

"Ola jobbar som förvaltare på Fastighetsbolag AB där han allt oftare får förfrågningar från kommersiella hyresgäster som är nyfikna på solceller och vill att han ska undersöka möjligheter att installera anläggningar på deras fastigheter. Uppifrån kommer det också krav på att titta på sätt att öka andelen förnybar energi, så det är en angelägen fråga. Samtidigt har Ola svårt att hinna med att sätta sig in i all information då utvecklingen

inom solenergin går så snabbt. Ola har precis börjat använda ett nytt verktyg – SOL:AR – som gör att både han och hyresgästerna lättare kan undersöka möjligheterna med solel på fasad. Han hoppas att SOL:AR ska göra det lite enklare att gemensamt komma fram till möjliga projekt då han och hyresgästerna snabbt får ett underlag att titta på och ha som utgångspunkt. I dag ska han åka ut och träffa Linda som hyr en lokal på Solskengsgatan 2 och där de båda behöver komma fram till en plan för renovering.

Förra veckan var Ola själv ute i området och rekade lite, eftersom han ändå hade vägarna förbi. Utanför Lindas lokal hade han stannat och öppnat SOL:AR-appen på sin iPad. Först fick han välja fastighet i "Mina fastigheter" och valde då Solskengsgatan 2. Tidigare när han hade laddat ner SOL:AR och skapat ett konto fick han fylla i en del uppgifter för de fastigheter han förvaltar. Annan information hade lags till automatiskt till varje fastighet, vilket kändes smidigt. Sen valde Ola att titta på Solskengsgatan 2 i realtid och göra ändringar, istället för att ta bilder vilket man också kan göra. Ett fönster öppnades då i appen och han kunde se fastigheten framför sig.

Ola gick lite åt sidan för att se den ena fasaden bättre i verktyget, den fasaden som han hade tänkt skulle lämpa sig bäst för solceller. Han kunde se på displayen att programmet automatiskt identifierade fasadens dimensioner och väderstreck. Sen gick Ola in i menyvalet där man kan utforska och lägga till olika produktkategorier av solceller och solavskärmningar. Här hade han inte varit inne tidigare, så Ola valde att skumma igenom korta beskrivningar om varje produktkategori, till exempel solceller utanpå fasad, solskydd för glaspartier och byggnadsintegrerad solel. Byggnadsintegrerad solel hade han läst om innan men visste inte så mycket om. Han kunde också se att det gick att filtrera kategorierna beroende på om man vill generera solel eller inte. Här klickade Ola i "visa produktkategorier som genererar solel".

Sen valde han solceller och testade att dra in ett objekt i visualiseringen av fasaden. Här kände Ola att det var svårt att veta hur de ska placeras. I menyn fanns ett annat val "Optimera placering" och när Ola klickade här, visade visualiseringen automatiskt 86 solcellsmoduler placerade på fasaden. Han klickade vidare på "Mer information om placering" och kunde läsa att verktyget hade beräknat 86 moduler för att matcha fastighetens nuvarande elanvändning samt placerat dem så att skuggning från omkringliggande byggnader inte skulle sänka det årliga energiutbytet mer än 5 procent. Ola klickade vidare på "Kalkyl" och fick se en ny sida i verktyget med olika faktorer som påverkas av valet av produktkategori och antal moduler. Här kunde han se att om han kompletterade fasadmонтаget med elgenererande solavskärmningar över fönstren på de två översta våningsplanen så skulle anläggningen kunna generera ytterligare 10 MWh per år utöver de ursprungliga 18 MWh. Dessutom skulle det ge en besparing på 4000 kWh per år genom att solavskärmningarna minskade behovet av komfortkyla på sommaren. På fliken "Ekonomi" kunde han sedan snabbt få en uppfattning om ungefärligt pris på producerad el och återbetalningstid för de två alternativen, väl medveten om att SOL:AR-appens uppskattningar inte ska tas för sanningar utan är just indikativa uppskattningar.

Det var bra att få siffror snabbt, men Ola kände att det inte var läge att stå kvar för att gå igenom beräkningarna utan valde istället att "Spara nytt" för att gå tillbaka till materialet senare. När han kom tillbaka till kontoret tänkte han kolla på siffrorna och på hur fasaden skulle se ut med andra färger på solcellerna lite mer noggrant.

Nu är Ola på väg ut till hyresgästen Linda för att diskutera renovering och ev. solceller på Solskengsgatan 2. Linda hyr en medelstor lokal till sitt företag och är angelägen om att minska företagets påverkan på miljön samtidigt som att det känns relevant att kunna spara pengar genom egenproducerad el. Ola och Linda sätter sig i ett mötesrum och Linda öppnar en presentation. Hon har också testat SOL:AR sen de pratades vid sist och vill gärna visa vad hon har kommit fram till. Hon börjar med att visa kalkylen och Ola noterar att hon har fått andra siffror än vad han fick. Han frågar vad det är för produktkategori och hon byter bild till stillbilder av fasaden där Linda berättar att hon testade att lägga på byggnadsintegrerade solceller i visualiseringen. Dels så hade dessa sett snyggare ut på fasaden, speciellt eftersom detta ger ett nytt intryck ut mot gatan och med entrén, men sen såg hon att siffrorna inte blev så tokiga eftersom man kan räkna av vissa kostnader för annat fasadmateriäl vid en renovering. De går tillbaka till kalkylen och tittar på uppskattade kostnader och besparingspotential. Här kan de se hur kostnaderna är uppdelade för olika poster, till exempel produkter, installation och bygglovsansökan.

Ola ber Linda att dela sitt materiäl till honom, så lovar han att ta upp det med sin chef för att diskutera möjligheter att gå vidare. I SOL:AR går hon in i sitt projekt och väljer att dela materiälet med Ola, som då får tillgång till både bilder samt kalkyl med beräkningar. Det skulle i så fall bli en relativt omfattande renovering och en viktig fråga är hur och vem som ska bekosta investeringen, men nu har de har fått en uppfattning om en möjlig lösning som man kan låta en konsult räkna på."

8.2 Specifika krav

Som ett komplement till vår user story, så presenterar vi nedan en lista över de krav vi i dagsläget kan och vill ställa. Här har vi som projektgrupp gjort prioriteringar, där vissa önskemål prioriterats bort därför att de ligger utanför verktyget eller är alltför komplexa för att vara rimliga. Precis som user storyn så är listan inte komplett. I en förlängning där en aktör skulle vilja utveckla SOL:AR, så handlar det ändå om att förfina kraven genom att *iterativt utveckla och testa en prototyp* och på så sätt successivt komma närmare ett verktyg som motsvarar och adresserar användarnas behov. Man behöver också jobba vidare för att specificera detaljer kring t ex finansiering och förvaltning, inklusive vad är en rimlig avgift för leverantörer för att få inkludera sina produkter i verktyget och hur ska man se till att information om produkter är uppdaterad och aktuell?

Verktyget ska:

Ekonomiskt/organisatorisk/övergripande:

- Vara gratis för fastighetsägaren/slutanvändaren
- Ägas/förvaltas av en opartisk aktör, t ex branschorganisation
- Finansieras genom att leverantörer får ha med sina produkter/produktkategorier i verktyget gentemot en kostnad
- Visa/erbjuda en bredd på olika kategorier av solcells- och solavskärmningsprodukter och leverantörer, där de presenteras på lika villkor/opartiskt för användaren
- Vara enkelt att använda för olika personer och roller på ett fastighetsbolag, inkl hyresgäster
- Kännas seriös och trovärdig

- Vara baserad på lättillgänglig teknik på den svenska marknaden, t ex iPad, smartphone och dator
- Utgå från uppdaterad och aktuell information om produktkategorier, både visuellt och prestandamässigt
- Förses med tillämpliga avtal för skydd och fördelning av äganderätt till verktyg och av data som genereras vid användning samt för skydd av personuppgifter. Se vidare bilaga 1.

Användaren ska kunna:

- Använda verktyget ute på plats vid en fastighet för att i realtid (dvs, med hjälp av AR) kunna se olika produkter mot en fasad och få olika typer av beräkningar (ekonomiska, miljö- och energimässiga, etc) baserat på valda produkter och ev. indata om fastigheten
- Använda verktyget på en annan plats (t ex kontor) som är avskilt från fastigheten
- I efterhand kunna jämföra olika objekt mot fasaden och få beräkningar för dessa, dvs spara bildmaterial av fasaden för att senare kunna göra ändringar i materialet, t ex lägga till produkter
- Spara bild-/visuellt material och beräkningar till senare (t ex om användaren tar bilder/visuellt material vid fastigheten men vill jobba vidare med dem på kontoret)
- Skapa ett "projekt" för en fastighet, för att man ska kunna titta på, spara material och göra redigeringar tillsammans med fler användare (liknande molntjänster)
- Bjuda in andra personer till ett "projekt"
- Spara material i ett "projekt"
- Dela material med andra i/genom verktyget genom antingen "projektet" som är till för inbjudna medlemmar, eller genom att mejla material
- Dela/redigera material med andra inom i ett "projekt"
- Exportera information (t ex bild-/visuellt material och beräkningar) för intern och extern kommunikation
- Generera/skapa bildmaterial, både originalbilder t ex foton på fasad utan digitala objekt som överlagring och redigerade bilder där digitala objekt (t ex solcell) är synliga
- Generera/skapa beräkningar
- Jämföra olika produktkategorier inom ett "projekt", t ex utanpåliggande solceller och BIPV och se hur dessa påverkar visuellt och få beräkningar
- Få information (t ex i kortfattad form som checklista) om bygglovsanmälan, om de gäller för de produkter man valt att utforska

Verktyget ska kunna:

- Hantera skuggning på fasad
- Hantera skalning
- Hantera olika typer av fastigheter, inklusive större kommersiella byggnader, skolor, kontor och bostäder

- Kunna visa och tillåta enklare manipulering av 3-5 generiska grundtyper för produkter som ändå ger en "rättvis estetik-visualisering" och med verklighetsförankrade mått. T ex ska användaren kunna flytta runt objektet.
- Ge grova men realistiska beräkningar vad gäller kostnad, lönsamhet, energibesparing och miljöpåverkan (inte "glädjekalkyler")
- Flagga för osäkra faktorer
- Ge kostnadsberäkningar uppdelat på produkttyp och installationskostnad
- Visa detaljer för beräkningarna genom att användaren "klickar fram" dessa, ifall användaren vill se hur dessa har gjorts
- Hantera indata från andra externa källor, inkl produktdata, geodata, väderdata, byggnads- och energidata

9 Diskussion och nästa steg

Det kvarstår ett antal utmaningar innan det är möjligt att realisera SOL:AR enligt kravspecifikationen ovan. En är att den teknik som krävs inte är tillräckligt utvecklad i dagsläget. En annan utmaning är att det är önskvärt med en neutral aktör som ägare, men att en sådan aktör fortfarande måste kunna hitta en rimlig finansieringsmodell. Vi diskuterar nedan vad dessa utmaningar innebär och om det finns vägar framåt.

En avgörande insikt i projektet har varit att det i nuläget (mars 2019) finns ett antal tekniska hinder som gör det svårt att implementera ett visualiseringsverktyg *enligt de behov och krav vi har identifierat och samtidigt kunna garantera en god användarupplevelse*. Framför allt handlar det om att AR-tekniken inte är tillräckligt utvecklad för att kunna hantera utomhusmiljöer och att det saknas tillgänglig och öppen 3D-data av god kvalitet. I det långa loppet är det också avgörande att det finns en aktör som är villig att äga och förvalta verktyget, vilket det inte finns i dagsläget. Vi har under projektets gång varit i kontakt med ett antal aktörer som har intressen som ligger i linje med projektet, både vad gäller utvecklingen av solenergi och av digitala verktyg, men ingen kommersiell aktör är drivande i att ta den tekniska utvecklingen vidare i dag.

Finns det möjligheter att gå vidare, trots dessa hinder i dagsläget? Under workshopen diskuterade vi lämpliga sätt att vidareutveckla projektets resultat, i väntan på teknisk utveckling och villiga ägare. En möjlighet är att gå vidare i ett antal steg, en "tre-stegs-raket", där det första steget skulle vara att ta fram en enklare "proof-of-concept" för att testa att idén "håller". En sådan "proof-of-concept" skulle i så fall omfatta ett enklare verktyg (en interaktiv prototyp med begränsad funktionalitet) som kan användas på en dator (alltså inte på mobil enhet ute vid fastigheter) och som utgår från ett mindre 3D-dataset som finns nerladdat eller på annat sätt tillgängligt. Det skulle då vara möjligt att testa olika digitala kategorier av produkter i 3D-miljön för att få beräkningar enligt vår kravspecifikation, samt testa användarupplevelsen. Chalmers tekniska högskola har i dagsläget 3D-data över campus, vilket skulle kunna vara ett lämpligt dataset att börja med.

Parallellt med en utveckling av en "proof-of-concept", så skulle det också vara nödvändigt att göra ytterligare studier med målgrupper. Under slutworkshopen kom vi fram till att det är rimligast att verktyget är gratis för fastighetsägare, eftersom detta

öppnar upp för en större målgrupp, och att verktyget i så fall behöver finansieras av en annan aktörsgrupp. En intressant möjlighet är att leverantörer finansierar verktyget genom att ansluta sig och då får inkludera sina produkter. I en fortsättning, skulle det alltså vara nödvändigt att involvera fler leverantörer av solel- och solavskärmningsprodukter för att bättre förstå hur deras försäljning ser ut i dag – skulle deras målgrupp lockas av att se produkterna i ett digitalt verktyg som SOL:AR? En viktig fråga att undersöka blir följaktligen om de kan tänka sig att betala för att deras produkter ska synas i verktyget och i så fall hur mycket man som leverantör är villig att betala? Det skulle också vara viktigt att förstå hur en uppdatering av produktinformation kan ske på ett smidigt och pålitligt sätt i verktyget, och vad leverantörer skulle kunna ge för information om sina produkter.

Givet att AR-tekniken förbättras framöver och tillgängligheten av 3D-data ökar, så skulle ytterligare ett nästa steg vara att skala upp en "proof-of-concept" till att fungera på mobila plattformar i realtid utomhus vid fastigheter. En sådan implementering skulle naturligtvis behöva testas och utvärderas med målgruppen för att säkra bl a att verktyget är enkelt att använda oavsett roll inom fastighetsbolaget och oavsett fastighet man vill undersöka. Finns det härfter en neutral ägare och/eller förvaltare till verktyget, intresserade leverantörer som är villiga att betala för att få visa upp produkter i verktyget och ett fortsatt intresse från fastighetsägare att utforska möjligheter med solel och solavskärmningar på fasad, så är nästa steg att lansera verktyget som kommersiell tjänst.

Avslutningsvis så vill vi lyfta fram att det finns en ökande trend för att utnyttja resurser som just fasader och tak till nya tjänster och produkter. I projektet har uthyrning av tak och fasader till gröna ytor, odlingar och energiproduktion diskuterats som exempel på framväxande tjänster som fastighetsägare kan erbjuda till tredjepartsaktörer. Vi anser att detta pekar på ett fortsatt behov av att vidare undersöka lämpliga former, nya aktörskonstellationer och behov av digitala stöd för utformandet av dessa tjänster och produkter.

10 Bilagor

Bilaga 1 Rapport avseende rättsliga överväganden

Bilaga 2 Effektkarta

Bilaga 3 Mind map

Bilaga 4 User story

11 Referenser

1. Kesselfors, S., *Varannan husägare kan tänka sig installera solceller*, in *Solenerginyheter.se*. 2018.
2. Energimyndigheten, *Förslag till strategi för ökad användning av solen*. 2016, Energimyndigheten. p. 44.
3. Zanetti, I.e.a., *Building Integrated Photovoltaics: Product overview for solar building skins. Status report 2017*, SUPSI, Editor. 2017. p. 76 (32-34).
4. Kovacs, P., et al., *Solceller som solavskärmning : Forskning, utveckling och demonstration*. 2018. p. 74.
5. OECD/IEA, *The Future of Cooling- Opportunities for energy efficient air conditioning*. 2018.
6. Kovács, P.e.a., *Solar Hackathon- Från idé till genomförande*. 2017, Energiforsk.
7. Wallnér, E.a.A., E. *Solcellskollen.se*. 2019 [cited 2019-03-27; Available from: www.solcellskollen.se.
8. Kindeborg, D. *Brainstorma med effektkartan*. 2019 [cited 2019-03-27; Available from: <https://heltsonika.wordpress.com/2012/03/18/brainstorma-med-effektkartan/>.
9. Kvale, S.a.B., S., *Interviews: Learning the craft of qualitative research interviewing*. 2nd ed. 2009: Sage publications inc.
10. energimyndighet, S. *Solelportalen*. 2018 [cited 2019-03-27; Available from: <http://www.energimyndigheten.se/fornybart/solelportalen/>.
11. Jakica, N., *State-of-the-art review of solar design tools and methods for assessing daylighting and solar potential for building-integrated photovoltaics*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2018. **81**: p. 1296-1328.
12. Kanters, J., M. Horvat, and M.-C. Dubois, *Tools and methods used by architects for solar design*. Energy and Buildings, 2014. **68**: p. 721-731.
13. SMHI. *STRÅNG - a mesoscale model for solar radiation*. [cited 2019-03-27; Available from: <http://strang.smhi.se/>.

SMART BUILT
ENVIRONMENT

Med stöd från:



FORMAS



STRATEGISKA
INN OVATIONS-
PROGRAM