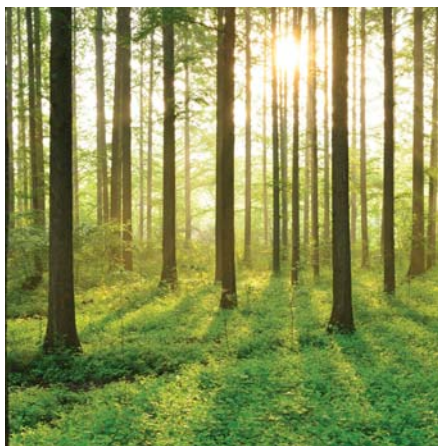


SOLCELLER PÅ SVENSKA KONTORSBYGGNADER

RAPPORT 2016:232



Solceller på svenska kontorsbyggnader

En helhetsbedömning

ELSA FAHLÉN, JESPER KARLSSON, NINA JOHANSSON,
EVA GRILL, KAJSA FLODBERG, CATRIN HEINCKE,
NCC CONSTRUCTION SVERIGE AB

ISBN 978-91-7673-232-8 | © 2015 ENERGIFORSK

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se | www.energiforsk.se

Omslagsfoto: Solkompaniet

Förord

Författarna vill rikta ett stort tack till finansörerna som gjort denna studie möjlig; tack till SolEl-programmet, Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF) och NCC Construction Sverige AB.

Vi vill även tacka projektets referensgruppsdeltagare för deras engagemang under projektets gång: Jan-Olof Dalenbäck (Chalmers), Åke Blomsterberg (Lunds tekniska högskola), Ricardo Bernardo (Lunds tekniska högskola), Ulf Näslund (Vasakronan), Per Löveryd (Akademiska Hus), Petter Sjöström (Solkompaniet), Anne-Lee Bertenstam (Svenska Kyl & Värmepumpföreningen), Marja Lundgren (White) och Tommy Walfridsson (Skanska).

Elsa Fahlén

Göteborg, januari 2016



Detta projekt ingår i SolEl-programmet, som är ett samverkansprogram med syfte att underlätta en ökad etablering av solceller, särskilt i den bebyggda miljön. En viktig del i detta är att bidra till kompetensutveckling hos och kompetensöverföring mellan aktörer som använder, investerar i, planerar för, beställer, installerar, äger och/eller driver solcellsanläggningar, liksom akademi och institut. På så vis syftar programmet också till att bidra till att utveckla näringslivet i Sverige. Eftersom solcellsutbyggnaden kommit betydligt längre i andra länder verkar programmet för utvecklat utbyte och samarbete mellan svenska och utländska aktörer.

Mer information finns på www.solelprogrammet.se



Sammanfattning

Solceller är idag en etablerad teknik som kan utgöra en pusselbit i omställningen mot en ökad andel förnybar energi i energisystemet och i omställningen mot näro-nollenergibyggnation. Trots de senaste årens prisras på solceller går integrationen av solceller i det svenska fastighetsbeståndet relativt långsamt. En anledning kan vara otydliga och föränderliga förutsättningar, vilket gör att en solcellsinvestering förknippas med risktagande.

Denna studie syftar till att klargöra förutsättningar, möjligheter och behov av stöd för att antalet solcellsinstallationer på kommersiella fastigheter ska kunna ökas på ett hållbart sätt. Framförallt syftar studien till att utreda de tekniska, fastighetsspecifika och ekonomiska förutsättningarna för solcellsinstallationer på svenska kontorsbyggnader. Utredningen baseras på timvisa mätvärden för elanvändningen för tre kontorsbyggnader samt på simulerad soletproduktion för en hypotetisk solcellsanläggning på byggnadernas tak eller fasad.

Resultaten visar att om solet från solceller enbart används som fastighetsel i de tre kontorsbyggnaderna beror storleken på överskottsproduktionen (den solet som inte kan användas inom fastigheten på timbasis) på byggnadens ellastprofil. Ellastprofilen beror i sin tur på om byggnaden har ett behov av aktiv kyla samt av hur kylbehovet tillgodoses – med fjärrkyla eller eldrivna kylmaskiner. Om den producerade soleten inte enbart används som fastighetsel, utan även till verksamheten, skulle det mesta av elen som genereras från takinstallerade solceller kunna nyttjas inom byggnaden.

För att minska en byggnads specifika energianvändning med hjälp av installation av solceller måste den producerade soleten nyttjas momentant som fastighetsel, enligt Boverkets byggregler. Om en så stor solcellsanläggning som möjligt (eller som störst 360 kW_F) placeras på de tre kontorsbyggnadernas tak, beräknas detta ge en reduktion av den specifika energianvändningen på ca 4-6 kWh/m², år. För att nå en större reduktion krävs mer tillgänglig yta för solceller än bara taket samt någon form av energilagring.

På de platser där de studerade kontorsbyggnaderna finns belägna (Stockholm, Solna och Linköping) ges störst elproduktion för söderriktade solceller monterade i 45° vinkel. Optimal placering av en solcellsanläggning ur ett praktiskt perspektiv samt ur ett lönsamhetsperspektiv beror däremot på byggnadens specifika tak- och fasadförutsättningar. Studien visar att dyra speciallösningar lätt stjälp en solcellsinvestering. Rekommendationen är därför att planera tak- och fasadyta för solceller i tidigt skede för att möjliggöra för användandet av standardmoduler.

De solcellslösningar som i studien visar på lönsamhet är relativt stora (60-360 kW_F). Detta beror på att investerings- och installationskostnaden är lägre per installerad effekt (kW_F) för stora system. Därför kan det också vara ekonomiskt motiverat att överdimensionera en solcellsanläggning (med upp till 10 % överskottsproduktion i vissa fall enligt resultaten).

Resultaten visar att lönsamheten för en solcellsanläggning är känslig med avseende på en mängd tekniska och ekonomiska parametrar. Särskilt känslig är lönsamheten för den framtida elprisutvecklingen, eventuellt investeringsstöd och dess stödnivå samt för skattereglerna kring försäljning av el. För att minska osäkerheten i en solcellsinvestering behövs långsiktiga lagar och regler kring solceller.

Summary

Solar cells are an established technology that can constitute a part of the transition towards an increased share of renewable energy in the energy system and the transition to nearly zero-energy buildings. Despite the recent fall in the price of solar cells, the integration of photovoltaics in the Swedish building stock is relatively slow. One reason may be unclear and changing conditions, which associates a solar investment as risky.

This study aims to clarify the conditions, opportunities and needs of support so that the number of photovoltaic installations on commercial buildings can be increased in a sustainable way. Above all, the study aims to investigate the technical, property-specific and economic conditions for photovoltaic installations on Swedish office buildings. The investigation is based on hourly readings for electricity use for three office buildings as well as the simulated solar power for a hypothetical solar system on the roofs or the façades of the buildings.

The results show that the size of the surplus production (the solar electricity that cannot be used within the property on an hourly basis) depends on the building's property electricity load profile. This property electricity load profile depends on if the building has a need for active cooling and how these cooling requirements are met – with district cooling or with electric chillers. If the produced electricity from a photovoltaic installation on the roof is not only used as property electricity, but is also supplied to the businesses, most of the solar electricity would be utilized within the building.

According to the Swedish Building Regulations, the produced solar electricity must be used immediately as building electricity in order to reduce a building's specific energy use. If an as large as possible photovoltaic installation (or at most 360 kW_p) is placed on the three office building's roofs, this results in an estimated specific energy use reduction of about 4-6 kWh/m² per year. To realize a larger reduction, more surface area for solar cells is required than just the roof area and some form of energy storage must be installed.

In the areas where the studied office buildings are located (Stockholm, Solna and Linköping) the greatest production of electricity is obtained with south facing solar cells mounted at a 45° angle. Optimal placement of a photovoltaic installation from a practical and economical perspective depends on the building's roof and wall conditions. The study shows that the expensive custom solutions easily upset a solar investment. The recommendation is therefore to plan the roof and façade area for solar cells at an early stage to enable the use of standard modules.

The photovoltaic solutions in the study that show profitability is relatively large (60-360 kW_p). This is due to the investment and installation costs being lower per installed power (kW_p) for large systems. The results also show that it can be economically justifiable to oversize a photovoltaic plant (up to 10 % excess production in some cases).

The results also show that the profitability of a photovoltaic plant is sensitive with respect to a variety of technical and economic parameters. Particularly sensitive is the profitability for the future development of electricity prices, investment subsidies and taxes on sales of electricity. Long-term laws and rules on solar cells are needed to reduce the uncertainty of a solar cell investment.

Innehåll

1	Introduktion	8
1.1	Bakgrund	8
1.2	Syfte	9
1.3	Avgränsningar	9
1.4	Metod	10
1.5	Läsanvisning	12
2	Metod för tekno-ekonomiska beräkningar	13
2.1	Täckningsgrad och överskottsproduktion	13
2.2	Specifik energianvändning	13
2.3	Nettonuvärde och återbetalningstid	14
3	Tekniska förutsättningar	16
3.1	Grundfall och alternativa fall	16
3.2	Studerade solcellslösningar och deras elproduktionskurvor	16
3.3	Studerade byggnader och deras ellastprofiler	18
4	Ekonomiska förutsättningar	21
4.1	Referensscenario och alternativa scenarier	21
4.2	Elprisutveckling	22
4.3	Investeringskostnad för tak- och fasadinstallerade solceller	23
4.4	Övriga intäkter och avgifter	24
5	Resultat från tekniska beräkningar	25
5.1	Täckningsgrad och överskottsproduktion	25
5.2	Specifik energianvändning	31
6	Resultat från lönsamhetskalkyler	33
6.1	Solcellers lönsamhet givet grundfallet och referensscenariot	33
6.2	Känslighetsanalys med avseende på tekniska förutsättningar	35
6.3	Känslighetsanalys med avseende på ekonomiska förutsättningar	37
7	Ekologiska och sociala aspekter under solcellernas livscykel	39
7.1	Ekologiska aspekter	39
7.2	Sociala aspekter	42
7.3	Benchmarking av solcellsleverantörers hållbarhetsarbete	44
8	Workshop om solcellers potential i den svenska bygg- och fastighetsbranschen	45
8.1	Vilka drivkrafter och möjligheter finns?	46
8.2	Vilka är de största hindren?	47
8.3	Vilka aktörer kan påverka och vilken typ av stöd behöver de?	50
9	Slutsatser och diskussion	53
9.1	Täckningsgrad och överskottsproduktion	53
9.2	Specifik energianvändning	55
9.3	Lönsamhet och robusthet	56

9.4	Ekologiska och sociala aspekter	59
9.5	Möjligheter och hinder	60
9.6	Aktörer och behov av stöd	60
9.7	Rekommendationer och stöd	61
10	Referenser	62
	Bilaga 1. Informationsinsatser	66
	Bilaga 2. Beräkning av elkyllast	67
	Bilaga 3. Workshop	68

1 Introduktion

I detta kapitel ges en kort bakgrund till studien. Övergripande syfte och detaljerade frågeställningar presenteras såväl som viktiga avgränsningar och metodval. Slutligen ges en läsanvisning till rapporten.

1.1 BAKGRUND

I det EU-direktiv som syftar till att öka andelen nära-nollenergi (NNE)-byggnader (Europaparlamentets och rådets direktiv, 2010) framgår att dessa byggnader ska ha mycket hög energiprestanda. Dessutom krävs att den lilla mängden energi som tillförs dessa byggnader i hög grad ska utgöras av förnybar energi, inklusive förnybara energikällor på plats eller i närheten.

Trots de senaste årens prisras på solceller, går integrationen av solceller i det svenska elsystemet relativt långsamt. Det finns osäkerheter kring pris och subventionering av solcellsinvesteringar och av förutsättningar kring leverans av egenproducerad el till elnätet, främst för kommersiella aktörer, vilket skapar en otrygghet för potentiella investerare. I dagsläget och troligtvis under en lång tid framöver kommer det vara mer ekonomiskt att använda den producerade elen själv än att sälja den ut på nätet. Därför är det önskvärt att matcha elbehovet med produktionen av el. En förbättrad matchning kan dessutom bidra till att begränsa påverkan på elnätet och nätförlusterna.

Kovacs och Wahlgren (2012) har utrett momentan (timvis) effektmatchning mellan elanvändning och simulerad solelproduktion för akut- och närsjukhus samt Naturbruksgymnasier och Folkhögskolor i Västra Götaland. Resultaten visar på stora skillnader i täckningsgrad (andelen el från solceller som används momentant i fastigheten) och i överskottsproduktion mellan olika förvaltningsobjekt och verksamheter.

I en förstudie har "soleldriven kyla" identifierats som en särskilt intressant kombination för att tillgodose behovet av komfortkyla i kontorslokaler (Fahlén m.fl., 2013). En lösning med soleldriven komfortkyla skulle möjligen kunna öka andelen el som momentant kan nyttjas inom byggnaden i och med samtidigtheten i produktion av solel och behov av el till komfortkyla sommartid. Detta skulle i sin tur kunna bidra till en kortare återbetalningstid för solcellsinvesteringar.

Både tekniska och ekonomiska förutsättningar för solceller, och för "soleldriven komfortkyla", har förändrats, varför det finns behov av att utreda och omvärdera solcellsteknikens potential. Utöver tekniska och ekonomiska förutsättningar behöver även lagmässiga och beteendemässiga utmaningar identifieras för att hitta lämpliga strategier för en ökad integration av solceller. Med ökat fokus på hållbarhet i den svenska bygg- och fastighetsbranschen behövs, förutom kunskap kring lönsamhetsaspekter, mer kunskap kring ekologiska och sociala aspekter av solcellslösningar.

1.2 SYFTE

Studiens övergripande syfte är att klarlägga förutsättningar, möjligheter och behov av stöd för att antalet solcellsinstallationer på kommersiella fastigheter ska kunna ökas på ett hållbart sätt. Studiens huvudfokus ligger i att studera hur matchningen ser ut mellan elbehov och solelproduktion i svenska kontorsfastigheter beroende på placering, läge och energisystemlösning.

Nedan presenteras de frågeställningar som studien behandlar.

- *Hur ser matchningen ut mellan solelproduktion och elbehov i kontorsbyggnader? Finns strategier som kan förbättra denna matchning? Kan samspelet med elnätet för nätanslutna solceller förbättras?*
- *Vilken potential finns att reducera den specifika energianvändningen med hjälp av installation av solceller?*
- *Hur bör en solcellsanläggning placeras och dimensioneras för att maximera dess lönsamhet och robusthet?*
- *Vilka ekologiska och sociala aspekter bör beaktas vid en solcellsinvestering?*
- *Vilka möjligheter och drivkrafter finns för att öka antalet solcellsinstallationer och vilka återstående utmaningar behöver lösas ur teknisk, ekonomisk, lagmässig eller beteendemässig aspekt?*
- *Vilka aktörer kan öka möjligheterna och eliminera/minska hindren för en ökad integration av solceller och vilken typ av stöd behöver de?*

Ambitionen är att ökad kunskap och erfarenhet kring möjligheter och hinder – ekonomiska och tekniska såväl som lagmässiga och beteendemässiga – ska bidra till en ökad integration av solceller i kommersiella fastigheter i Sverige. Förhoppningen är även att ökad kunskap kring viktiga ekologiska och sociala aspekter under solcellernas livscykel ska bidra till att den positiva påverkan kring dessa aspekter maximeras och att den negativa påverkan elimineras eller minimeras.

1.3 AVGRÄNSNINGAR

Fallstudier för tre kontorshus

Studien är fokuserad på installationer av solceller på kommersiella byggnader med fallstudier genomförda för tre svenska kontorsbyggnader. Fallstudier har genomförts för ytterligare två kontorsbyggnader, vilka exkluderats från rapporten på grund av att det inte var möjligt att ta fram jämförbara resultat. För den ena kontorsbyggnaden upptäcktes att mätdata för elanvändningen inte var separerad för fastighetselen och verksamhetselen. För den andra kontorsbyggnaden saknades mätvärden för kylanvändningen.

Tillgång till detaljerad mätdata

Val av kontorshus att inkludera i studien har varit styrd av tillgången till komplett och detaljerad mätdata för elanvändningen. Byggnaderna som använts i studien är samtliga kylda med fjärrkyla och värmda med fjärrvärme. För samtliga tre byggnader finns komplett mätdata för fastighetsel och kyla. För två av byggnaderna finns även

uppmätta värden för hyresgästelanvändningen. Uppmätta värden för värme och tappvarmvatten saknas dock helt.

Fokus på takinstallationer

I denna rapport studeras främst solceller installerade på tak och till mindre del studeras även fasadinstallationer av solceller. Solcellslösningarna som studeras är takplacerade solcellsmoduler med olika lutningsvinkel och väderstreck samt fasadintegrerade solcellsmoduler i olika väderstreck. Endast fast-installerade system, utan möjlighet att följa solens rörelse, har studerats.

Endast nya solcellsanläggningar

För att möjliggöra utvärdering av olika placering, montering och dimensionering av en solcellsanläggning med dagens förutsättningar har soletproduktionen simulerats för en hypotetisk solcellsanläggning. Befintliga solcellslösningarna är oftast specialanpassade (lutningsvinkel och riktning) för den aktuella byggnaden och prestandan varierar beroende på panelmodell, växelriktare och installationsår, vilket försvårar jämförelse och bedömning av framtida strategier. För studier av befintliga soletproduktionsanläggningar hänvisas till ett examensarbete av Johansson och Karlsson (2015) som genomförts i anslutning till detta projekt.

1.4 METOD

Nedan ges en översikt över de metoder och program som använts i studien.

1.4.1 Fallstudier av fastighetsspecifika förutsättningar för solcellsinstallationer

För respektive kontorsbyggnad jämförs timme för timme det uppmätta elbehovet (fastighetselbehovet alternativt det totala elbehovet inkl. verksamhetsel) med den simulerade elproduktionen från en ny solcellsanläggning. De resultat över matchningen mellan elbehov och soletproduktion som tas fram är följande:

- **Täckningsgrad (%)** – graden av självförsörjning, vilken i denna studie definieras som andelen av byggnadens elbehov som på timbasis kan täckas av el från solceller
- **Överskottsproduktion (%)** – andelen av den producerade soleten som inte kan användas inom fastigheten för att tillgodose byggnadens elbehov på timbasis
- **Specifik energianvändning avseende fastighetsel och kyla (kWh/m², år)** – den specifika energianvändningen (exkl. energi för uppvärmning och tappvarmvatten) för kontorsbyggnaden med och utan solceller installerade

1.4.2 Lönsamhets- och robusthetsbedömning

Med hänsyn tagen till de fastighetsspecifika förutsättningarna utreds solcellsanläggningens lönsamhet och robusthet givet olika tekniska fall och ekonomiska scenarier. I den ekonomiska analysen beräknas följande resultat för de studerade solcellslösningarna:

- **Nettonuvärde (kSEK)** – nettonuvärdet beskriver lönsamheten för investeringen i slutet av den ekonomiska livstiden för solcellerna och beräknas som de sammanlagda kostnaderna och intäkterna diskonterade till nuvärde.

Den ekonomiska analysen baseras främst på resultat av nettonuvärdet eftersom detta möjliggör en enkel lönsamhetsjämförelse mellan olika systemalternativ med avseende på solcellssystemets storlek, riktning och lutning samt för olika byggnader. Ett annat mått som beräknats för vissa lösningar är återbetalningstiden (år), vilket är ett mått på hur många år det tar för investeringen att återbetala sig.

Ytterligare ett annat mått som har beräknats, men som inte används i analysen och därför inte presenteras i rapporten, är livscykelkostnaden (LCC). LCC är ett mått på de samlade kostnaderna i samband med en solcellsinvestering, diskonterat till nuvärde. Ett större system har alltid en högre LCC. Till skillnad från livscykelkostnaden (LCC), inkluderar nettonuvärdet även intäkterna, vilket är en nödvändighet för att kunna bedöma lönsamheten av olika solcellsinvesteringar.

1.4.3 Val av simulerings- och beräkningsprogram

Det finns inget kommersiellt program som hanterar studiens behov av simuleringar och beräkningar för ett stort antal fall och scenarier i ett och samma program. Därför har olika simulerings- och beräkningsprogram använts. Dessutom har vid-sidan-om-beräkningar varit nödvändiga för att hantera det stora antalet fall och scenarier i studien.

Simulering av soletproduktion

Simuleringsprogram valdes efter ett test och en utvärdering av två kommersiella simuleringsverktyg för solceller, PVsyst (PVsyst, 2015) och Polysun (Velasolaris, 2015), samt ett energiberäkningsprogram för byggnader, IDA ICE (Equa, 2015). I utvärderingen togs hänsyn till tillförlitlighet samt enkelhet vid användning. Tillförlitligheten bedömdes genom att jämföra simulerad produktion med uppmätta värden från en verklig solcellsanläggning.

Solcellsfunktionen i IDA ICE, som framförallt är en programvara för energiberäkning för byggnader, bedömdes vara för grov för att kunna behandla frågorna i studien med tillräckligt hög tillförlitlighet. Både PVsyst och Polysun bedömdes vara tillförlitliga. Eftersom solcellsverktyget PVsyst var betydligt mer krävande av användaren i fråga om kompetens och tid, valdes Polysun. En mer detaljerad jämförelse mellan verktygen finns presenterad i Johansson och Karlsson (2015).

Beräkning av kyllost

Beräkningsprogrammet *EMEA Packaged Chiller Builder v3.29t* (Carrier, 2015) har använts för att beräkna en kylmaskins prestanda vid olika laster. Metoden för detta är beskriven i Bilaga 2.

Beräkningar av tekniska och ekonomiska resultat

Baserat på mätdata för energianvändningen i byggnaderna samt simuleringsresultat från Polysun har täckningsgrad och överskottsproduktion samt specifik energianvändning beräknats. Täckningsgrad och överskottsproduktion kan beräknas direkt i Polysun, men endast för en given solcellsplacering, riktning och lutningsvinkel i taget. För att kunna beräkna och sammanställa resultat för ett stort antal solcellslösningar av olika storlek, riktning och lutning har täckningsgraden och överskottsproduktionen istället beräknats i Excel.

För varje studerad riktning och lutning av solcellerna, har en systemstorlek simulerats i Polysun. För att ta fram simuleringsresultat för olika systemstorlekar för samma riktning och lutning har simuleringsresultaten skalats upp i Excel.

Även beräkningarna av nettonuvärde och återbetalningstid har genomförts i Excel. Det går att beräkna nettonuvärdet och återbetalningstiden även i Polysun, men för att kunna hantera flera olika solcellsstorlekar samtidigt och olika ekonomiska scenarier har även nettonuvärdet beräknats i Excel.

1.4.4 Litteraturstudie av ekologiska och sociala aspekter

För att underlätta för investerare eller prosumenter att göra ett medvetet val ur ett hållbarhetsperspektiv utreds vilka ekologiska och sociala aspekter som bör beaktas vid exempelvis inköp och installation av solceller. Denna del av studien har genomförts i form av en övergripande litteraturstudie.

1.4.5 Workshop kring möjligheter, hinder och behov av stöd

Det finns andra möjligheter och hinder än de rent tekniska och ekonomiska som kan påverka om en solcellsinvestering blir av eller inte. För att identifiera vilka möjligheter och hinder som finns samt vilken typ av stöd som olika aktörer behöver, har två workshops genomförts. Totalt deltog 17 personer, som representerade universitet, solcellskonsultföretag, arkitektbyråer, fastighetsbolag samt personer involverade i byggprocessen av kommersiella fastigheter.

1.5 LÄSANVISNING

Först ges en mer detaljerad beskrivning av metoden i Kapitel 2 och en presentation av tekniska och ekonomiska förutsättningar i Kapitel 3 och 4. I Kapitel 5 presenteras resultat kring fastighetsspecifika förutsättningar med avseende på täckningsgrad, överskottsproduktion och specifik energianvändning för de studerade solcellslösningarna. Därefter presenteras det ekonomiska utfallet i form av nettonuvärde och återbetalningstid i Kapitel 6.

I Kapitel 7 presenteras effekter på ekologiska och sociala hållbarhetsaspekter under solcellers livscykel. Därefter presenteras i Kapitel 8 resultaten från de två workshops som hållits i projektet kring möjligheter och hinder samt olika aktörers stödbehov för att antalet solcellsinstallationer ska kunna ökas. I Kapitel 9 presenteras och diskuteras svaren på studiens frågeställningar. I Bilaga 1 sammanställs de informationsinsatser som skett inom projektet.

Inom projektet har även en folder tagits fram med rekommendationer och stöd vid installation av solceller på kommersiella byggnader. Stödet riktar sig till nybörjare bland fastighetsägare, entreprenörer, projektörer och installatörer, och behandlar områdena ekonomisk, ekologisk och social hållbarhet.

2 Metod för tekno-ekonomiska beräkningar

I detta kapitel ges en utförlig beskrivning av metoden för beräkning av täckningsgrad, överskottsproduktion och specifik energianvändning samt av nettonuvärde och återbetalningstid.

De tekno-ekonomiska beräkningarna baseras på en timvis jämförelse över hur mycket av den simulerade genererade elen som kan användas inom fastigheten och hur mycket som måste matas ut på elnätet. De tekno-ekonomiska beräkningar som genomförts består i ett antal steg som illustreras i Figur 1 och beskrivs mer detaljerat i detta avsnitt.



Figur 1 Illustration över metod för tekno-ekonomisk utvärdering.

2.1 TÄCKNINGSGRAD OCH ÖVERSKOTTSPRODUKTION

Den timvisa simulerade solelproduktionen (givet olika solcellssystemstorlekar) jämförs med byggnadens ellastprofil (baserat på behovet av fastighetsel alternativt baserat på det totala elbehovet inkl. verksamhetselbehovet).

- **Den årliga täckningsgraden (%)** beräknas som summan över antal kWh el som kan användas inom fastigheten på timbasis över ett år, dividerat med det totala årsbehovet av el.
- **Den årliga överskottsproduktionen (%)** beräknas som summan över antal kWh solel som måste matas ut på elnätet på timbasis, dividerat med den simulerade årsproduktionen av solel.

2.2 SPECIFIK ENERGIANVÄNDNING

I enlighet med nuvarande Boverkets byggregler, BBR 22 (BFS 2011:6 med ändringar t.o.m. BFS 2015:3), beräknas den specifika energianvändningen som den totala användningen av fastighetsenergi dividerat med den tempererade arean (A_{temp}). I denna studie beräknas dock endast den specifika energianvändningen för kyla och för fastighetsel.

Den specifika energianvändningen reduceras med den mängd producerad solel som momentant kan nyttjas som fastighetsel i byggnaden. Beräkningen skiljer sig beroende på om byggnaden har fjärrkyla (se *ekvation 1* nedan) eller en eldriven kylmaskin (se *ekvation 2* och *3* nedan).

För en byggnad som har ett annat uppvärmningssätt än elvärme och som kyls med eldriven kylmaskin ska elen till kylmaskinen räknas upp med en faktor 3. Den specifika energianvändningen för byggnader med eldrivna kylmaskiner har beräknats på två

olika sätt, varav det första (ekvation 2) representerar hur BBR 22 ska tolkas och det andra (ekvation 3) representerar ett alternativt sätt att beräkna den specifika energianvändningen.

- **Specifik energianvändning för byggnad med fjärrkyla, FK (Grundfall):**
Den mängd producerad sol som momentant kan nyttjas i byggnaden som fastighetsel (E_s) subtraheras från fastighetens behov av fjärrkyla (E_{FK}) och fastighetsel (E_F).

$$\text{Specifik energianvändning} = \sum \frac{E_{FK} + E_F - E_s}{A_{temp}} \quad (1)$$

- **Specifik energianvändning för byggnad med eldriven kyla, EK BBR. Alt 1:**
Hela elbehovet till kylmaskinen ($E_{k,tot}$) multipliceras med en faktor 3. Därefter adderas det återstående fastighetselbehovet (E_F) och den mängd producerad sol som momentant kan nyttjas i byggnaden (E_s) subtraheras från resultatet.

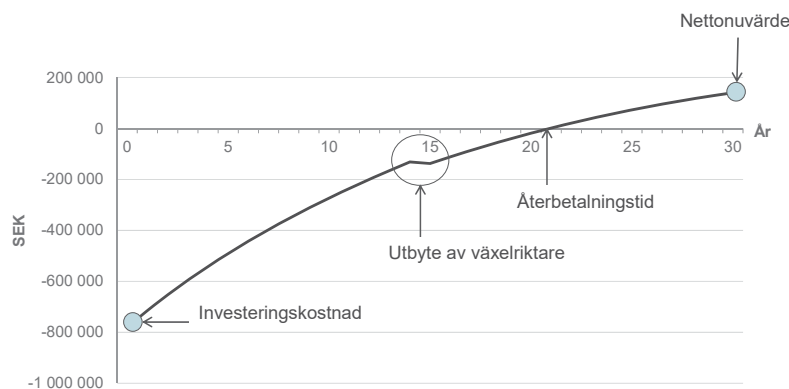
$$\text{Specifik energianvändning} = \sum \frac{E_{k,tot} \times 3 + (E_F - E_s)}{A_{temp}} \quad (2)$$

- **Specifik energianvändning för byggnad med eldriven kyla, EK BBR. Alt 2:**
Först reduceras elbehovet till kylmaskinen ($E_{k,tot}$) motsvarande den mängd producerad sol som momentant kan nyttjas i kylmaskinen ($E_{k,s}$). Därefter multipliceras det återstående elbehovet till kylmaskinen ($E_{k,tot} - E_{k,s}$) med en faktor 3. Det återstående fastighetselbehovet (E_F) adderas och den resterande producerade solen som kan användas inom fastigheten ($E_s - E_{k,s}$) subtraheras från resultatet.

$$\text{Specifik energianvändning} = \sum \frac{(E_{k,tot} - E_{k,s}) \times 3 + E_F - (E_s - E_{k,s})}{A_{temp}} \quad (3)$$

2.3 NETTONUVÄRDE OCH ÅTERBETALNINGSTID

I studien har två ekonomiska nyckeltal beräknats: nettonuvärde (NVV) och återbetalningstid. NVV beskriver lönsamheten för investeringen i slutet av den ekonomiska livstiden för systemet. Återbetalningstiden är ett mått på hur många år det tar för investeringen att återbetala sig. Hur dessa två nyckeltal beräknas och förhåller sig till varandra illustreras i Figur 2 och presenteras mer utförligt nedan.



Figur 2 Illustration över ackumulerade diskonterade kostnader och intäkter över solcellsanläggningens livslängd med investeringskostnad, utbyte av växelriktare, återbetalningstid och nettonuvärde markerade.

I Figur 2 illustreras hur investeringen successivt betalas av genom att presentera de ackumulerade och diskonterade kostnaderna och intäkterna över solcellernas antagna ekonomiska livslängd. Startpunkten på kurvan beskriver investeringskostnaden. Vid den tidpunkt då kurvan skär X-axeln (om den gör det) är investeringen återbetald. Slutpunkten, här vid en antagen livslängd på 30 år, motsvarar NNV. Om kurvan inte skär X-axeln uppnås inte lönsamhet under den antagna livslängden.

Nettonuvärde (NNV): NNV beräknas genom att först beräkna nettokassaflödet, se *ekvation 4 och 5* nedan. Nettokassaflödet är de samlade rörliga intäkter och kostnader från en solcellsinvestering under dess ekonomiska livscykel, diskonterat till nuvärdet med en antagen kalkylränta som är tänkt att representera avkastningskravet för en fastighetsägare. De intäkter som är medräknade i nettokassaflödet är: den beräknade besparingen från el som inte behöver köpas från elnätet, intäkter från såld överskottsel samt inkomster från sålda elcertifikat. Kostnadsposterna inkluderar även drift- och underhållskostnader samt en fast årlig abonnemangskostnad för att mata ut el på elnätet. Från nettokassaflödet beräknas sedan NNV. Växelriktarens livslängd är begränsad och behöver bytas ut under solcellernas tekniska livslängd. Kostnaden för utbyte av växelriktare diskonteras till nuvärde givet en antagen kalkylränta.

$$NNV = \text{Nettokassaflöde} - I_0 - \frac{I_v}{(1+r)^{n_v}} \quad (4)$$

$$\text{Nettokassaflöde} = \sum_{y=1}^{n_s} \frac{(Q_{a,y} \times k_{k,y} + Q_{o,y} \times k_{s,y} + Q_{tot,y} \times k_{cert} - k_{D\&U} \times I_o - K_{nät})}{(1+r)^{y-1}} \quad (5)$$

I_0 = Investeringskostnad för solcellssystemet (SEK)

I_v = Investeringskostnad för att byta ut växelriktare (SEK)

n_s = Ekonomisk livslängd för solceller (år)

n_v = Ekonomisk livslängd för växelriktare (år)

r = Kalkylränta (-)

y = År (år)

$Q_{a,y}$ = Egen användning av el från solceller för år y (kWh)

$Q_{o,y}$ = Överproduktion av el från solceller för år y (kWh)

$Q_{tot,y}$ = Total elgenerering från solceller för år y (kWh)

k_{cert} = Intäkt för elcertifikat (SEK/kWh)

$k_{k,y}$ = Kostnad för köpt el (inkl. spotpris, energiskatt, elnätsavgift och kvotplikt elcertifikat) för år y (SEK/kWh)

$k_{s,y}$ = Intäkt för såld el (inkl. spotpris och ersättning för nätnytta) för år y (SEK/kWh)

$k_{D\&U}$ = Årlig drift- och underhållskostnad angiven som en procentsats av I_0 (-)

$K_{nät}$ = Årlig avgift för inmatning till elnät (SEK/år)

Återbetalningstid: Återbetalningstiden är i denna studie beräknad med hjälp av kassaflödet. Återbetalningstiden beräknas till det antal år det tar tills kassaflödet motsvarar investeringskostnaden.

3 Tekniska förutsättningar

I detta kapitel presenteras antagna tekniska förutsättningar samt elproduktionsprofiler för en hypotetisk solcellsanläggning. Därefter presenteras de fastighetsspecifika förutsättningarna samt elastprofiler för de studerade kontorsbyggnaderna.

3.1 GRUNDFALL OCH ALTERNATIVA FALL

I *grundfallet* ingår endast fastighetselen i elastprofilen och samtliga byggnader antas vara kylda med fjärrkyla och ha takinstallerade solceller riktade mot söder i 30° lutning. Ett söder-riktat solcellssystem har använts i grundfallet då det ger störst total årsproduktion av solel. Lutningsvinkeln på 30° är vald eftersom denna lutning möjliggör att mindre takyta behöver frigöras för solcellerna. Tidiga simuleringar och beräkningar visade att en lutningsvinkel på 45° ger något mer elproduktion (ca 2 %), men kräver samtidigt ca 20-25 % mer takyta än vad solceller med 30° lutningsvinkel gör för att undvika att panelraderna skuggar varandra (Johansson och Karlsson, 2015).

För två av byggnaderna studeras även fler *alternativa fall*, som dels påverkar elastprofilen (alternativt kylsystem med eldriven kyla istället för fjärrkyla samt inkludering av hyresgästelen i elastprofilen) och som dels påverkar elproduktionen (alternativa riktningar, lutningsvinklar och placering), se Tabell 1. Observera att endast en parameter varierar i taget i känslighetsanalysen.

Tabell 1 Grundfall och alternativa fall för utvärdering av matchning mellan solelproduktion och elanvändning

Parameter	Grundfall	Alternativa fall
Kylsystem	Fjärrkyla (FK)	Eldriven kylmaskin (EK)
Elastprofil	Fastighetsel	Fastighetsel + hyresgästel
Riktning för solceller	Syd	Öst/Väst
Lutningsvinkel för solceller	30°	0°, 15° och 45°
Placering av solceller	Tak (utan skuggning)	Fasad (utan skuggning)

3.2 STUDERADE SOLCELLSLÖSNINGAR OCH DERAS ELPRODUKTIONSKURVOR

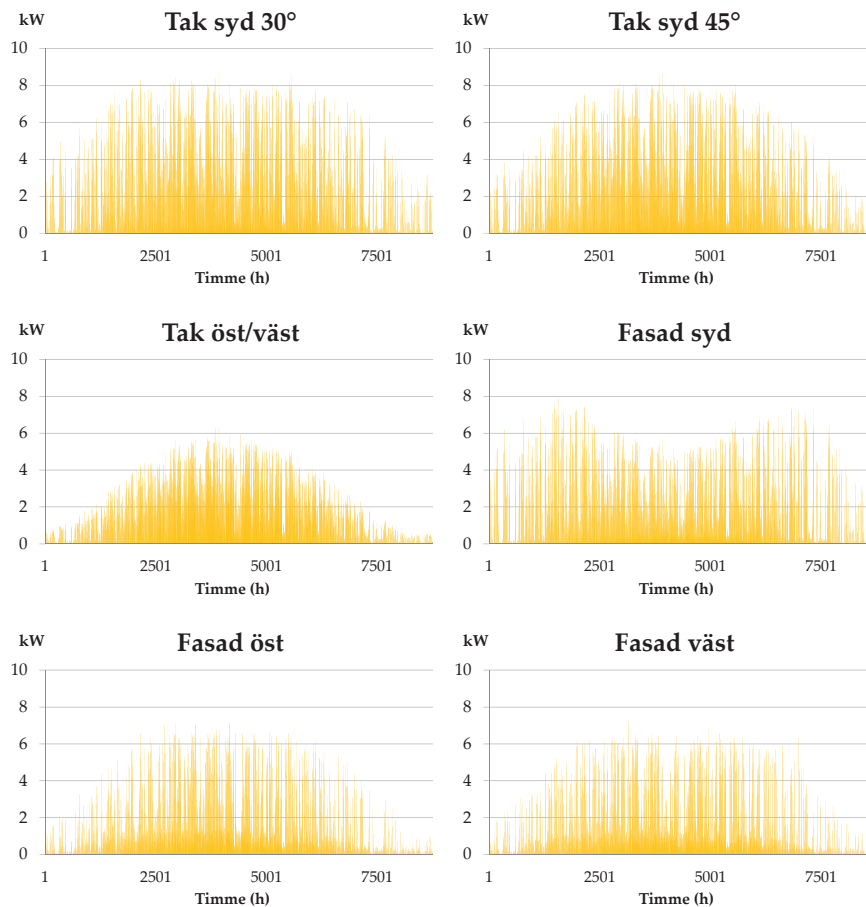
Solelproduktionen har simulerats för en solcellsanläggning på 10 kW_p vid olika lutning och riktning för respektive byggnads geografiska lokalisering (baserat på postnummer). Det har antagits att solcellerna är placerade så att det inte finns några föremål som skuggar dem.

Simuleringen baseras på antaganden om hur mycket nedsmutsning av panelerna minskar elproduktionen, hur pass god ventilationen är bakom solpanelerna samt hur stora förlusterna är i kablar och växelriktare, se Tabell 2. Väderdata för ett normalår för olika närliggande väderstationer interpoleras i Polysun för att uppskatta väderdata för den exakta platsen enligt en metod som kallas Meteonorm (METEOTEST, 2015).

Tabell 2 Indata för solcellssimulering

Parameter	Värde
Nedsmutsning	2 %
Förluster i kablar	4 %
Förluster i växelriktare	4 %
Försämring av paneler per år	0,85 %
Ventilation	Medium (av alternativen Dålig, Medium, God)

I Figur 3 presenteras solcellernas elgenerering över ett år för en anläggning på 10 kW_p placerad i Stockholm. Resultaten presenteras för fallen med takinstallerade solceller monterade i 30° respektive 45° lutning i sydriktning samt för det alternativa fallet med solceller monterade i öst/väst-riktning (med 30° lutning) samt för de alternativa fallen med fasadinstallerade solceller (monterade i 90° lutning) riktade mot syd, öst och väst.



Figur 3 Elproduktion över ett år för takinstallerade solceller riktade antingen mot söder (monterade i 30° respektive 45° lutning) eller mot öst/väst (monterade i 30° lutning) samt för fasadinstallerade solceller (monterade i 90° lutning) riktade mot söder, öst eller väst.

Som ses i Figur 3 skiljer sig elproduktionskurvorna beroende på hur solcellerna placeras och riktas. Den totala elgenereringen är som störst för solceller riktade i söder med en lutningsvinkel på 45° med en årsproduktion på 9,3 MWh. För grundfallet med takinstallerade solceller riktade i söder med en lutningsvinkel på 30° ges en årsproduktion på 9,1 MWh, vilket kan jämföras med en årsproduktion på 7,3 MWh för öst/väst riktade solceller på taket samt 7,3, 5,5 samt 5,4 MWh för fasadinstallerade solceller i syd, öst- respektive västriktning.

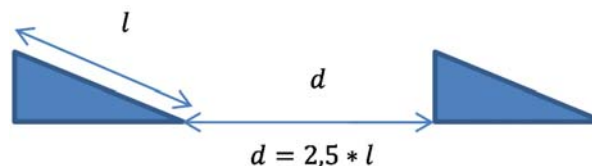
3.3 STUDERADE BYGGNADER OCH DERAS ELLASTPROFILER

I denna fallstudie ingår tre svenska kontorsbyggnader som benämns byggnad A, C och D, vilka beskrivs i Tabell 3. Takets och fasadens utformning är central för möjligheten att placera solcellerna optimalt. Vid utvärderingen av solcellsinstallation tas dock inte hänsyn till takens nuvarande utformning och eventuella fördyrande installationskostnader på grund av de takspecifika förutsättningarna för respektive byggnad. För att kunna dra mer generella slutsatser har istället de fastighetspecifika förutsättningarna studerats utifrån variation av lutning, riktning och investerings- och installationskostnader för solcellsanläggningen. Därför är byggnaderna endast beskrivna utifrån plats, antal våningar, golvyta och uppskattad takyta samt dess energianvändning, se Tabell 3.

Tabell 3 Beskrivning av de tre referensbyggnaderna som ingår i studien

Byggnad	A	C	D
Plats (postnummer)	Solna (16970)	Linköping (58330)	Stockholm (11218)
Uppvärmd golvyta (m ² A _{temp})	30 000	34 300	12 000
Antal plan	7	3	7
Takyta (m ²)	~4 300	~11 400	~1 700
Maximal effekt för solceller (kW _p)	210	550	80
Fastighetsel (kWh/m ² , år)	20	25	17
Hysesgästel (kWh/m ² , år)	-	53	57
Specifik energianvändning (fastighetsel + kylenergi) (kWh/m ² , år)	53	57	43

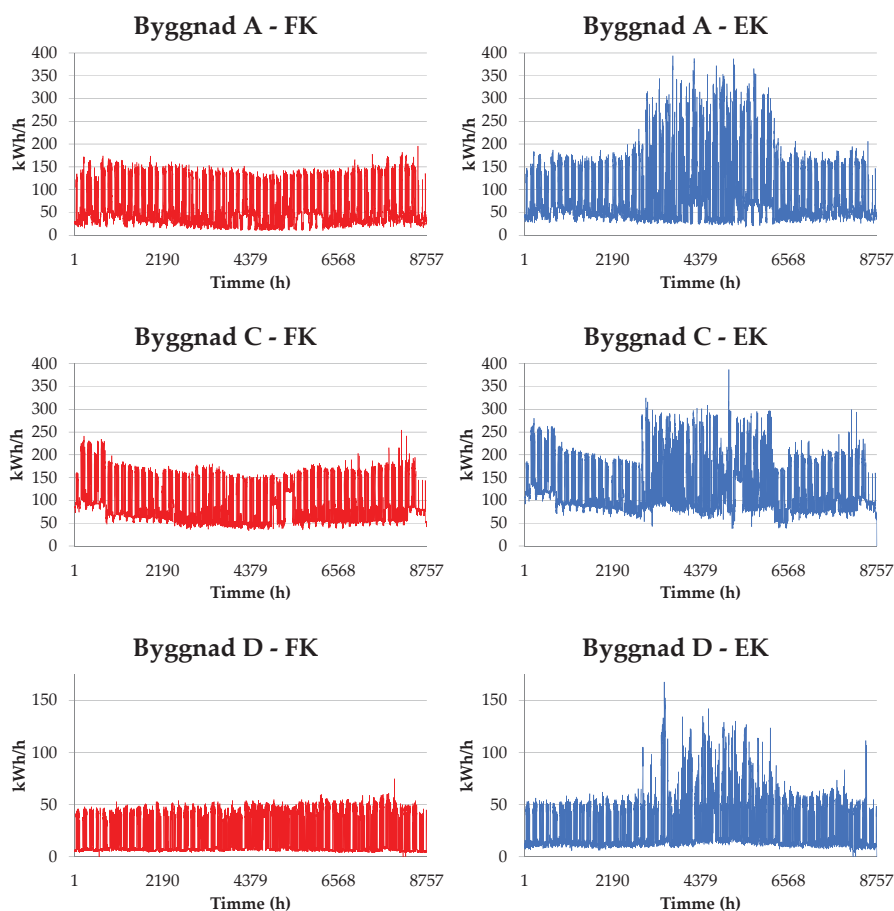
I Tabell 3 presenteras även uppskattad maximal installerad effekt från en solcellsanläggning som ryms på taket. Maximal installerad effekt beräknas utifrån takytans storlek, uppskattat minsta radavstånd mellan solcellerna för att undvika skuggning samt panelernas effekt. För solcellspaneler som är lutade i 30° uppskattas minsta nödvändiga radavstånd (d) genom att multiplicera modulernas längsta sida (l) med en faktor 2,5, baserat på Noord och Ärlebäck (2011), se illustrationen i Figur 4. För en mer detaljerad beskrivning av metoden, se Johansson och Karlsson (2015).



Figur 4 Schematisk illustration över minsta avstånd mellan solcellspaneler för att undvika skuggning.

Samtliga tre referensbyggnader kyls med fjärrkyla. I ett alternativt fall antas byggnaderna istället vara kylda med eldriven kyla. I detta fall har det ytterligare elbehovet till en kylmaskin beräknats utifrån den köpta fjärrkylan, givet i kWh, och en verkningsgrad (EER) som varierar med lasten för kylmaskinen. För en mer detaljerad beskrivning av metoden för att beräkna kylmaskinens verkningsgrad och elbehov, se Bilaga 2.

I Figur 5 presenteras byggnadernas elastprofiler – fastighetselanvändningen timme för timme över ett helt år – för respektive byggnad kyld med antingen fjärrkyla (FK = röd kurva) eller eldriven kyla (EK = blå kurva).



Figur 5 Elastprofil (fastighetsel) för byggnad A, C och D med antingen fjärrkyla (FK = röd) eller eldriven kyla (EK = blå) som kylsystem. Observera skillnaden i skala på y-axeln.

Byggnaderna som är inkluderade i studien är antingen nybyggda (A och D) eller nyligen renoverade (C). Eftersom uppmätt energianvändning till uppvärmning och tappvarmvatten inte finns tillgänglig är det inte möjligt att säga något om generaliserbarheten kring byggnaderna vad avser den totala specifika energianvändningen. Den specifika energianvändningen (exkl. energi till uppvärmning och tappvarmvatten) för byggnad C (57 kWh/m², år) motsvarar energianvändningen i

en genomsnittlig befintlig svensk kontorsbyggnad (58 kWh/m², år)¹ enligt resultat som presenteras i en rapport från Energimyndighetens STIL2-projekt (Lublin m. fl., 2010 samt Hellberg m.fl. 2007). Den specifika energianvändningen (exkl. energi till uppvärmning och tappvarmvatten) för de nyligen byggda referensbyggnaderna (A och D) är lägre.

Enligt SVEBY (2013) ligger schablonvärdet för tappvarmvattenanvändningen för lokaler på 2 kWh/m² och år. För referensbyggnaderna återstår då 21-35 kWh/m², år till uppvärmning om byggnaderna ska uppfylla de tidigare energikraven för nybyggnation (80 kWh/m², år för fjärrvärmeuppvärmda lokaler i klimatzon III enligt BBR 19-BBR 21 (Boverket, 2015)). Detta kan jämföras med den uppmätta energianvändningen för uppvärmning för de befintliga kontorsbyggnaderna som ingår i STIL2-projektet, som ligger betydligt högre på 91 kWh/m², år.

¹ Energianvändningen år 2005 för de 123 svenska kontorsbyggnader som ingår i STIL2-projektet (med en storlek på mellan 6 800 – 25 000 m²) uppges i snitt ligga på 36 kWh/m², år för fastighetsel (pumpar, fläktar, hissar och el till kyla) varav 10 kWh/m², år används till en kylmaskin. Till detta tillkommer i snitt 2 kWh/m², år för fjärrkyla. Med en verkningsgrad för kylmaskinen (EER) på 3 blir kylenergin totalt 30 + 2 kWh/m², år. Detta ger en specifik energianvändning (exkl. energi till uppvärmning och tappvarmvatten) på 58 kWh/m², år för de kontorsbyggnader som ingår i STIL2-projektet.

4 Ekonomiska förutsättningar

För den ekonomiska analysen har indata valts för att avspegla dagens ekonomiska förutsättningar ur en fastighetsägares perspektiv. En känslighetsanalys har genomförts med avseende på särskilt kritiska parametrar såsom investeringskostnad, kalkylränta och livslängd samt elprisutveckling, investeringsstöd samt olika scenarier för intäkter och kostnader vid försäljning av el.

4.1 REFERENSSCENARIO OCH ALTERNATIVA SCENARIER

Det *referensscenario* och de *alternativa scenarierna* som används i studien presenteras i Tabell 4. För samtliga byggnader (A, C och D) kyls med fjärrkyla (grundfallet) eller med eldriven kyla (alternativt fall) genomförs en lönsamhetskalkyl för takinstallerade solceller (riktade mot söder i 30° lutning) utgående från referensscenariot.

Som referensscenario antas en medelsnabb elprisutveckling enligt Figur 6, en real kalkylränta på 6 %, en investeringskostnad för takinstallerade solceller enligt Figur 7, inget investeringsstöd, ingen ersättning för överskottsproducerad el (mer än nätnytta och elcertifikat) samt en 30 årig livslängd på solcellerna.

För två av byggnaderna (C och D) studeras lönsamheten även utifrån de alternativa scenarier som presenteras i Tabell 4. De parametrar som varierar i den ekonomiska känslighetsanalysen är följande: elprisutveckling, kalkylränta, investeringskostnad, investeringsstöd, försäljning av överskottsel till nätet (med och utan energiskatt), försäljning av överskottsel till verksamheten (ex. genom ett lika stort påslag på samtliga hyresgästers hyror), samt en förkortad livslängd. Observera att endast en parameter varierar i taget i känslighetsanalysen.

Scenario "Sälja överskottsel (med energiskatt)" baseras på dagens energiskatteregler (SFS 2015:214), vilket innebär att energiskatt måste betalas på egenkonsumerad el så fort överskottselen säljs. Scenario "Sälja överskottsel (utan energiskatt)" baseras på en kommande ändring i skattereglerna som väntas träda i kraft den 1 juli 2016, vilken innebär att yrkesmässiga leverantörer av el inte beskattas upp till en solcellseffekt på 255 kW (Regeringen, 2015). Scenario "El till verksamheten" avspeglar även ett ekonomiskt scenario där solelen används till verksamheten och kostnaderna täcks exempelvis genom ett lika stort påslag på samtliga hyresgästers hyror.

För byggnad C och D genomförs dessutom ytterligare en lönsamhetskalkyl för fasadinstallerade solceller (riktade mot söder i 90° lutning) utgående från referensscenariot. Fasadinstallerade solceller är generellt sett dyrare än takinstallerade solceller, men en fasadinstallation innebär även en ersättning av alternativt fasadmaterial. Lönsamhetskalkylen beräknas för tre ytterligare scenarier; om fasadsolcellerna installeras utan att ersätta annat fasadmaterial samt om fasadsolcellerna ersätter antingen putsfasad eller glasfasad.

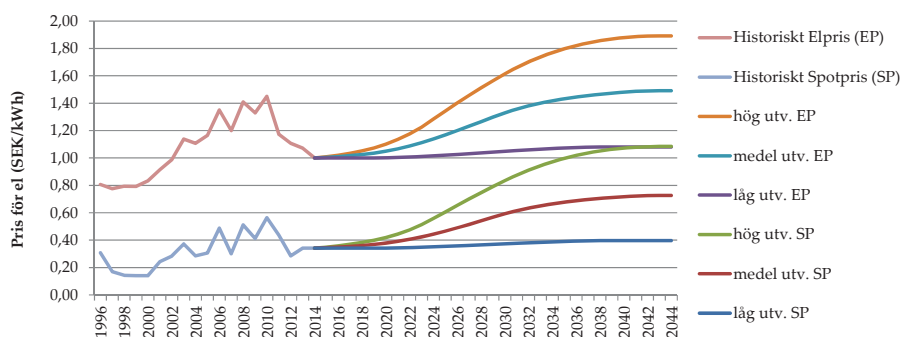
Tabell 4 Ekonomiska scenarier för lönsamhets- och robusthetsbedömning

Parameter	Referensscenario	Alternativt scenario
Elprisutveckling	Medelsnabb (enligt Figur 6)	Hög/låg (enligt Figur 6)
Real Kalkylränta	6 %	+/- 1 %-enhet
Pris takinstallerade solceller inkl. installationskostnad	Enligt Figur 7.	+/- 10 %
Investeringsstöd	Inget investeringsstöd	30 % av total investeringskostnad
Sälja överskottsel (med energiskatt)	Ingen intäkt för el som inte kan nyttjas som fastighetsel (utöver nätnytta och elcertifikat)	Ytterligare intäkt för överskottsel motsvarande spotpriset enligt Figur 6, energiskatt betalas för egenkonsumerad solel
Sälja överskottsel (utan energiskatt)	- II -	Ytterligare intäkt för överskottsel motsvarande spotpriset enligt Figur 6, ingen energiskatt betalas för egenkonsumerad solel
El till verksamheten	- II -	Intäkt för el som kommer verksamheten tillgodo via hyran motsvarande kostnaden för köpt el enligt Figur 6; ingen energiskatt betalas för egenkonsumerad solel
Ekonomisk livslängd solceller	30 år	25 år

4.2 ELPRISUTVECKLING

För att undersöka en solcellsinvesterings robusthet används tre scenarion för framtida elprisutveckling. I enlighet med vad som föreslås i en rapport från projektet North European Power Perspective (NEPP, 2012), antas i denna studie att elpriset troligtvis inte kommer att öka procentuellt år efter år utan att det kommer att plana ut i framtiden pga. en ökad andel förnybar energi i elsystemet.

De elprisscenarier – låg, medel och hög framtida prisutveckling – som används i studien presenteras i Figur 6; de tre övre graferna presenterar totalpriset på köpt el från elhandelsbolag inkl. kvotplikt på elcertifikat, elnätsavgift och energiskatt och de tre nedre graferna presenterar spotpriset på el.



Figur 6 Historiska och antagna framtida elpriser i Sverige (exkl. moms och inflation) – totalpris (EP) och spotpris (SP).

4.3 INVESTERINGSKOSTNAD FÖR TAK- OCH FASADINSTALLERADE SOLCELLER

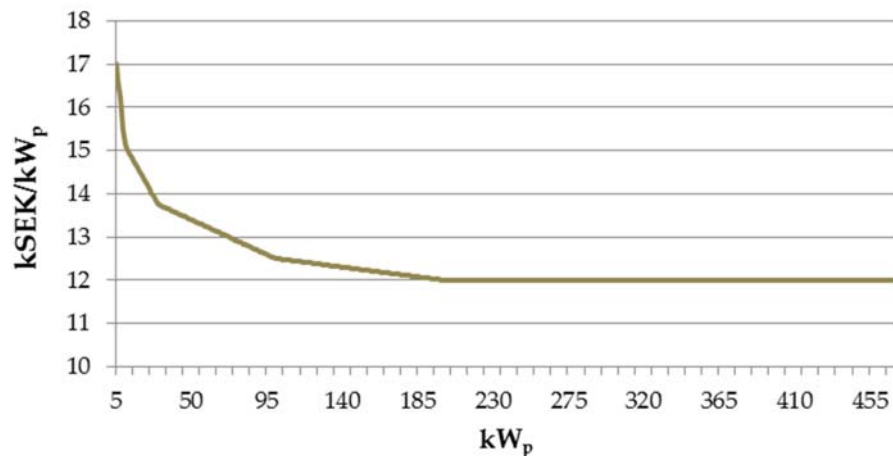
I Tabell 5 presenteras de investeringskostnader, kostnader för utbyte av växelriktare samt service- och underhållskostnader som antagits för tak- och fasadinstallerade solceller i studien.

Priset för fasadinstallerade solceller baseras på uppgifter om solcellsfasaden på Frodeparken (Sjöström, 2015). Detta pris förutsätter användandet av standardmoduler. Kostnaden för en glasfasad antas ha samma kostnad som en solcellsfasad medan en putsfasad uppskattas till en tredjedel av kostnaden för en solcells- eller glasfasad, baserat på erfarenheter från Frodeparken i Uppsala (Sjöström, 2015).

Tabell 5 Investeringskostnad (inkl. installationskostnad) samt kostnad för service och underhåll (exkl. moms)

Investeringskostnad samt kostnad för service och underhåll	
Takinstallerade solceller	Enligt Figur 7.
Fasadinstallerade solceller	30 000 SEK/kW _p
Växelriktare (byte efter 15 år)	1 500 SEK/kW _p
Service och underhåll	0,75 % av investeringskostnaden per år

Antagna investeringskostnader för takinstallerade solceller presenteras i Figur 7. Investeringskostnaden för takinstallerade system har uppskattas utifrån statistik över solcellspriser i Sverige (Lindahl, 2013) och Tyskland (BSW-Solar, 2015) samt utifrån priser på genomförda solcellsinstallationer i Sverige (Stridh, 2015). Priserna förutsätter standardmoduler; specialtillverkade solcellsmoduler kan innebära en mycket högre kostnad. Som ses i Figur 7 varierar investeringskostnaden kraftigt för en solcellsanläggning beroende på systemstorlek.



Figur 7 Systempris solceller för takinstallerade solceller mellan 5 och 460 kW_p.

4.4 ÖVRIGA INTÄKTER OCH AVGIFTER

All el som används i Sverige är normalt sett energiskattepliktig. Enligt lagen om skatt på energi (SFS 2015:214) finns dock några undantag. Ett av dem som är relevant för solcellsinstallationer på kommersiella kontorsbyggnader är att el som inte produceras kommersiellt, är befriad från energiskatt. En kommersiell producent är sådan som på något sätt överlåter den producerade elen till en annan juridisk person för någon typ av ersättning. Denna överlåtelse kan vara i form av:

- Mata ut el till elnätet mot ekonomisk ersättning
- Specificera el från solceller i hyresavin till hyresgäster
- Nettodebitera; endast räkna nettotillskottet av el från elnätet under exempelvis ett år

Undantaget bygger i huvudsak på om verksamheten som sådan är betraktad som en näringsverksamhet eller inte. Ett privathushåll räknas som kommersiell producent först när ersättningen av såld el överstiger 30 000 SEK per år. Ifall solcells innehavaren skulle betraktas som en kommersiell producent av el är all den egenproducerade elen som används inom fastigheten energiskattepliktig (Wallberg, 2014).

En kommersiell fastighet har ofta en huvudsäkring större än 100 A, vilket innebär att man inte räknas som mikroproducent oavsett storlek på solcellsanläggningen. Den fördelaktiga skattereduktionen för mikroproducenter på 60 öre per kWh som matas ut på elnätet är således inte möjlig att få.

I referensscenariot har all överskottsproduktion av el betraktats som något som överläts till elnätet utan ersättning. Emellertid finns andra ersättningar som är möjligt att få då solel matas ut på nätet, se Tabell 6. Varje MWh el som produceras från förnybara energikällor i Sverige är berättigad till elcertifikat. Dessa kan sedan säljas på en öppen marknad och generera en inkomst till producenten. Elcertifikat ges i 15 år efter det att anläggningen tagits i drift.

Utöver detta erhålls även en mindre ersättning för nätnytta, som enligt ellagen (SFS 2015:259) ges rätt till på grund av minskade förluster i elnätet. Vid leverans av överskottsel på nätet tillkommer en abonnemangskostnad. I studien tas ej hänsyn till extra administrativa kostnader som uppkommer vid anslutning till och handel inom elcertifikatsystemet (Energimyndigheten, 2015a), inte heller har kostnader för en mer avancerad mätare inkluderats. Detta bedöms dock ha liten påverkan på lönsamheten för så stora solcellsmodulsystem som är aktuella för de studerade kontorsbyggnaderna.

Tabell 6 Elcertifikat, nätnytta, energiskatt och avgift för inmatningsabonnemang

Styrmedel och avgifter	
Energiskatt	29,4 öre/kWh exkl. moms (Vattenfall, 2015a)
Elcertifikat	20 SEK/MWh baserat på historiska värden (Energimyndigheten, 2015b)
Nätnytta	Platsspecifikt (3,5 - 4,1 öre/kWh) (Tekniska verken, 2015a) (Vattenfall, 2015b)
Inmatningsabonnemangavgift	Platsspecifikt (2 100 – 3 600 SEK/år) (Tekniska verken, 2015b) (Vattenfall, 2015b)

5 Resultat från tekniska beräkningar

I detta kapitel presenteras resultat över hur stor del av byggnadernas elanvändning som kan täckas av el från solceller (täckningsgrad) samt resultat över hur stor del av den producerade elen som inte kan användas inom fastigheten (överskottsproduktion). Slutligen presenteras påverkan på den specifika energianvändningen vid installation av en solcellsanläggning.

Utgående från byggnadernas ellastkurvor samt simulerad elproduktion för olika stora solcellssystem presenteras i detta kapitel resultat över hur väl elproduktionen matchar byggnadernas elbehov givet olika tekniska och fastighetsspecifika förutsättningar.

Resultaten presenteras för samtliga byggnader (A, C och D) enligt grundfallet. Som tidigare nämnts antas i grundfallet att samtliga byggnader har takinstallerade solceller riktade mot söder med 30° lutning; byggnaderna antas dessutom ha fjärrkyla som kylsystemlösning och endast fastighetsel inkluderas i analysen.

För två av byggnaderna (C och D) studeras även fler alternativa fall, som dels påverkar ellastprofilen (alternativt kylsystem med eldriven kyla istället för fjärrkyla samt inkludering av hyresgästelen i ellastprofilen) och som dels påverkar elproduktionen (alternativa riktningar, lutningsvinklar och placering), och som beskrivs utförligt i Avsnitt 3.1.

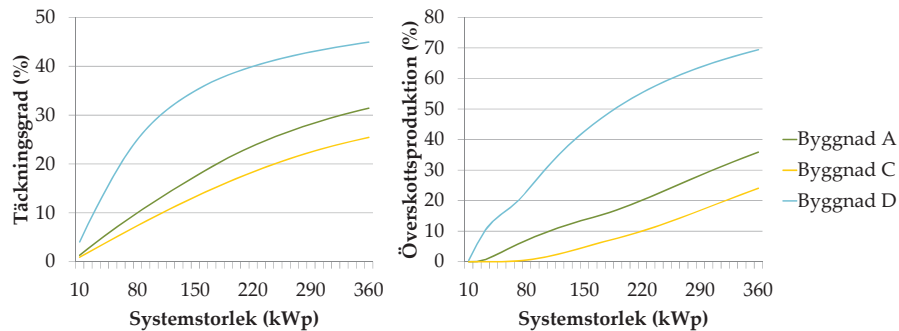
5.1 TÄCKNINGSGRAD OCH ÖVERSKOTTSPRODUKTION

I detta avsnitt presenteras resultaten över täckningsgrad och överskottsproduktion för de studerade byggnaderna med solceller givet förutsättningarna i grundfallet och de alternativa fallen.

5.1.1 Grundfall

I Figur 8 presenteras resultaten över täckningsgrad och överskottsproduktion för referensbyggnaderna (A, C och D) med takinstallerade solceller på mellan 10 och 360 kW_p givet förutsättningarna i grundfallet. Både resultaten över täckningsgraden och överskottsproduktionen skiljer sig för de olika byggnaderna, vilket är rimligt eftersom förutsättningarna för byggnaderna är olika, se Avsnitt 3.3. Observera att ett system på 360 kW_p kräver ca 7500 m² takyta med en lutningsvinkel på 30° för att panelerna inte ska skugga varandra. Maximalt ryms ca 210 kW_p på byggnad A, 550 kW_p på byggnad C och 80 kW_p på byggnad D.

Det maximalt största möjliga solcellssystemet ger en täckningsgrad på runt 25 % för byggnad A och D i grundfallet. Ett solcellssystem på 360 kW_p på byggnad C ger också en täckningsgrad runt 25 %. Det finns dock plats för mer solceller på byggnad C, vilket innebär att det finns potential, åtminstone rent fysiskt, att höja täckningsgraden ytterligare.



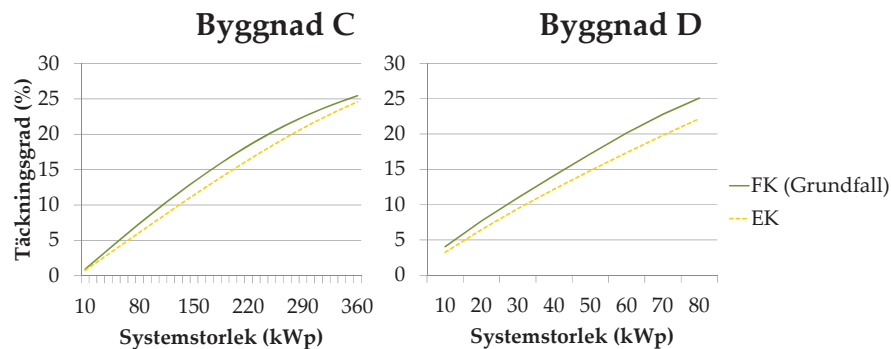
Figur 8 Täckningsgrad och överskottsproduktion för byggnad A, C och D i grundfallet.

5.1.2 Alternativt fall med eldriven kylmaskin istället för fjärrkyla

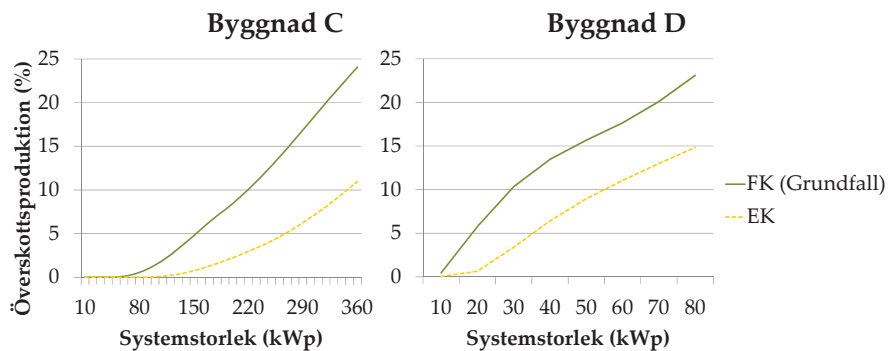
I detta avsnitt presenteras resultaten över täckningsgrad och överskottsproduktion för byggnad C och D med takinstallerade solceller givet förutsättningarna i grundfallet samt det alternativa fallet med eldriven kylmaskin istället för fjärrkyla, se Figur 9 och Figur 10.

Resultaten visar för båda byggnaderna att överskottsproduktionen är betydligt lägre i fallet med eldriven kyla istället för fjärrkyla, för varje given solcellssystemstorlek. Detta beror på att det finns en större avsättning för den producerade elen i och med behovet av el till kylmaskinen sommartid. Täckningsgraden blir dock lägre med eldriven kyla jämfört med om byggnaden har fjärrkyla, vilket kan förklaras av ett högre elbehov totalt sett med eldriven kyla samt att elbehov till kylmaskinen inte kan täckas till 100 % med el från solcellerna på timbasis.

Kylmaskinernas prestanda är kraftigt beroende av olika driftfall. Inom studien har därför genomförts ett test (för en byggnad) av hur resultaten för fallet med eldriven kyla påverkades av om elbehovet till kylmaskinen räknas ut med en konstant säsongseffektivverkningsgrad (ESEER = 3,75) istället för med en variabel verkningsgrad (EER = 2,67 – 4,15) där hänsyn tas till delastlaster för kylmaskinen, se Bilaga 2. Skillnaden i resultaten över täckningsgrad och överskottsproduktion beräknade med de olika verkningsgraderna ESEER och EER visade sig vara marginella. I övriga beräkningar i studien har den variabla verkningsgraden EER använts för kylmaskinerna.



Figur 9 Täckningsgrad för byggnad C och D för två olika fall: grundfallet med fjärrkyla (FK) samt det alternativa fallet med eldriven kylmaskin (EK).



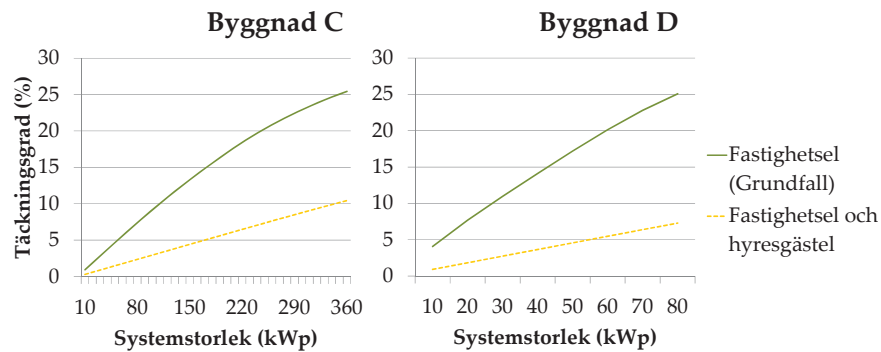
Figur 10 Överskottsproduktion för byggnad C och D för två olika fall: grundfallet med fjärrkyla (FK) samt det alternativa fallet med eldriven kylmaskin (EK).

5.1.3 Matching där verksamhetsel är inkluderat

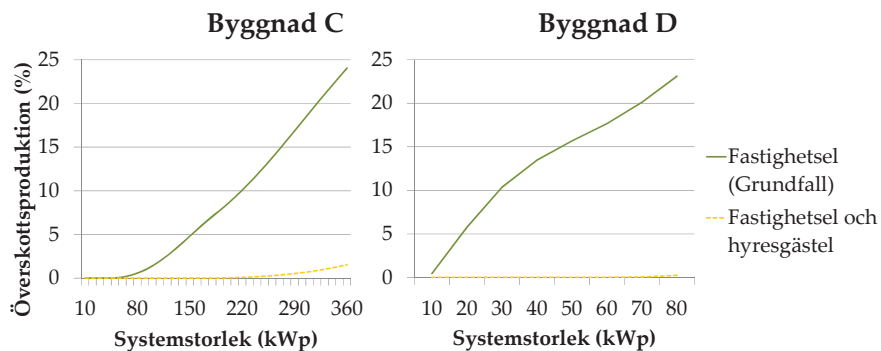
I grundfallet inkluderas endast byggnadernas behov av fastighetsel i elastprofilerna. I detta avsnitt presenteras resultaten över täckningsgrad och överskottsproduktion för byggnad C och D då även hyresgästelen inkluderas i elastprofilen, se Figur 11 och Figur 12.

Täckningsgraden och överskottsproduktionen påverkas avsevärt då även hyresgästelen inkluderas i elastprofilen. För byggnad C blir överskottsproduktionen ytterst liten (2 %), även vid en solcellsystemstorlek på så mycket som 360 kW_p, då hyresgästelen inkluderas. Detta kan jämföras med en relativt hög överskottsproduktion (på ca 25 %) för grundfallet när endast fastighetselen inkluderas. Att resultaten slår så kraftig beror på att ca 70 % av byggnad C:s totala elbehov utgörs av hyresgästel, se Tabell 3.

För Byggnad D för vilken 80 kW installerad solcellseffekt bedöms rymmas på taket, skulle all producerad el från solcellsanläggningen kunna nyttjas till fastighetsel och hyresgästel. Täckningsgraden blir givetvis lägre då även behovet av hyresgästel ingår i det totala elbehovet, vilket ses i Figur 11.



Figur 11 Täckningsgrad för byggnad C och D för grundfallet då endast fastighetselen inkluderas i resultatet samt för det alternativa fallet då även hyresgästelen inkluderas.

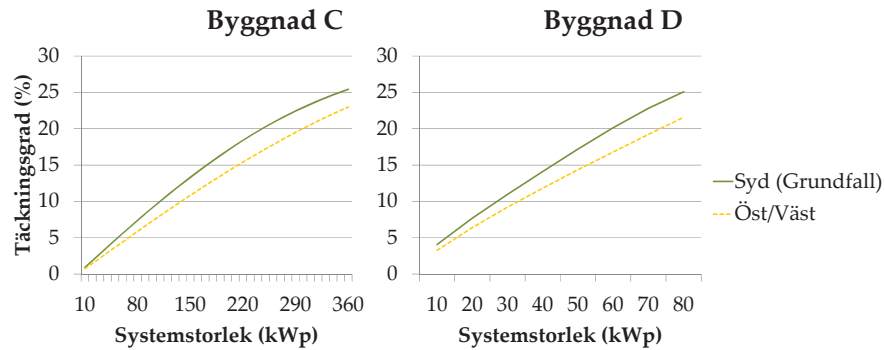


Figur 12 Överskottsproduktion för byggnad C och D för grundfallet då endast fastighetselen inkluderas i resultatet samt för det alternativa fallet då även hyresgästelen inkluderas.

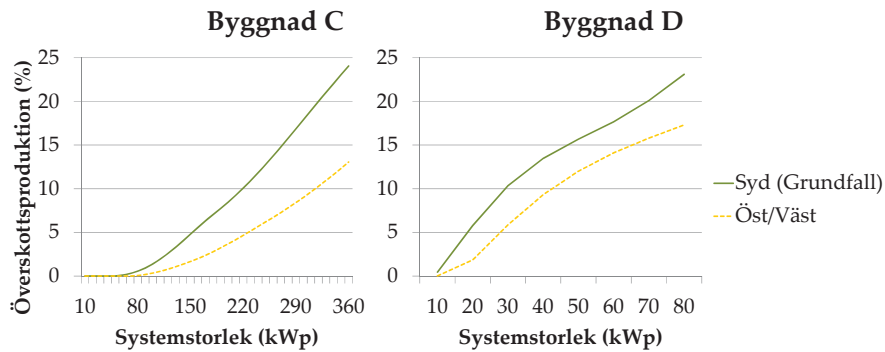
5.1.4 Matchning för olika riktningar

I grundfallet antas solcellerna på taken vara riktade mot söder, vilket ger störst årsproduktion av el. I detta avsnitt presenteras resultaten över täckningsgrad och överskottsproduktion för byggnad C och D om hälften av solcellspanelerna istället riktades mot öst och hälften mot väst, se Figur 13 och Figur 14.

Resultaten visar att öst/väst-riktade solceller endast ger en lägre täckningsgrad. Överskottsproduktionen minskas, men detta beror framförallt på en lägre total elgenerering med öst/väst-riktade solceller, vilket kan ses Figur 3 i Avsnitt 3.2.



Figur 13 Täckningsgrad för byggnad C och D med takinstallerade solceller i 30° lutning riktade mot söder och öst/väst.

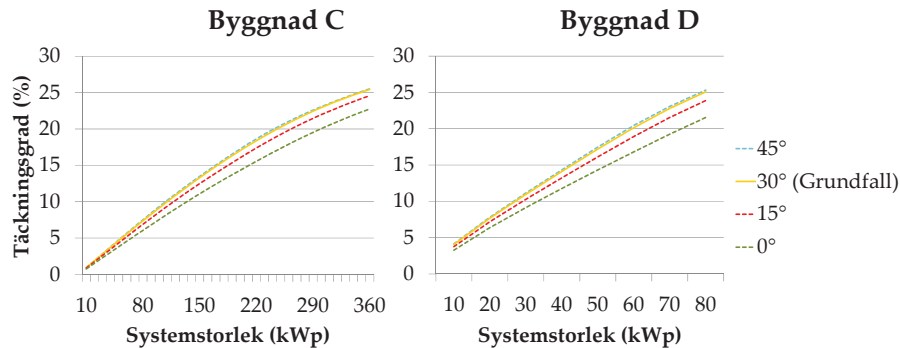


Figur 14 Överskottsproduktion för byggnad C och D med takinstallerade solceller i 30° lutning riktade mot söder och öst/väst.

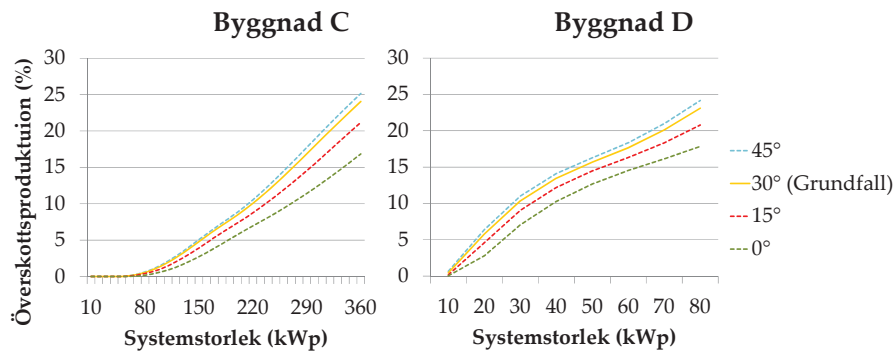
5.1.5 Alternativt fall med olika lutningsvinklar

Som tidigare nämnts antas i grundfallet att söderriktade solceller på byggnadernas tak är monterade i 30° lutning. I detta avsnitt presenteras resultaten över täckningsgrad och överskottsproduktion för byggnad C och D om solcellerna istället skulle vara monterade i andra lutningsvinklar, se Figur 15 och Figur 16.

Skillnaden i täckningsgrad och överskottsproduktion för en lutning på 30° eller 45° är relativt liten. Som kan ses i Figur 15, så ökar täckningsgraden något om solcellerna istället skulle vara vinklade i 45°. Skillnaderna i resultat är större för mindre lutningsvinklar (0° och 15°).



Figur 15 Täckningsgrad för byggnad C och D för söderriktade solceller i 0°, 15°, 30° och 45° lutning.



Figur 16 Överskottsproduktion för byggnad C och D för söderriktade solceller i 45°, 30°, 15° och 0° lutning.

5.1.6 Alternativt fall med olika placering

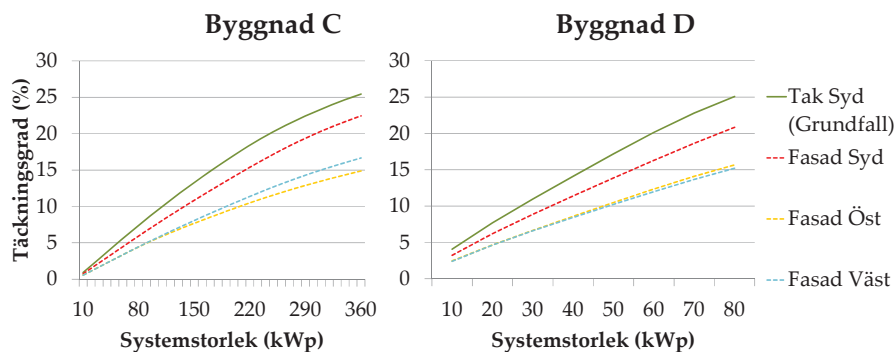
I grundfallet antas att solcellerna är installerade på byggnadernas tak riktade mot söder och monterade i 30° lutning. I detta avsnitt presenteras resultaten över täckningsgrad och överskottsproduktion för byggnad C och D om solcellerna istället skulle vara integrerade i fasaden (90° lutning) i syd-, öst- eller västriktning, se Figur 17 och Figur 18.

Resultaten visar att täckningsgraden är större för grundfallet med takinstallerade solceller på 30° i syddriktning än för någon av de studerade fasadlösningarna oavsett riktning på solcellerna. Detta beror framförallt på en lägre total elgenerering med fasadinstallerade solceller än för takinstallerade solceller, vilket kan ses Figur 3 i Avsnitt 3.2.

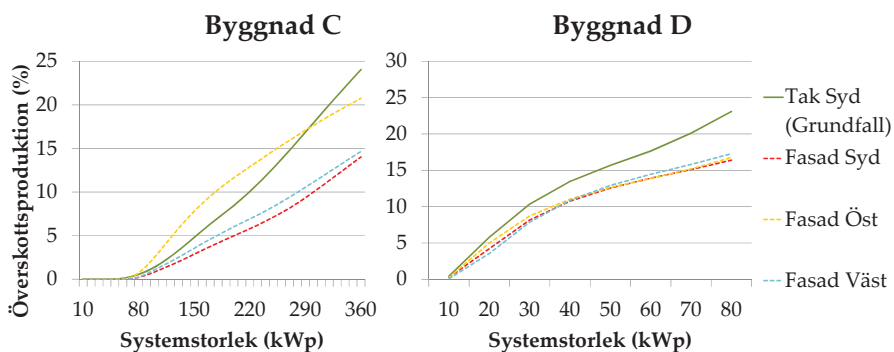
Fasadinstallerade solceller ger högst täckningsgrad om de är placerade på en söderfasad, vilket troligen beror på att det ger störst årsproduktion av solenergi bland de studerade fasadlösningarna. När panelerna riktas mot öst eller väst, kan något mer el genereras på sommaren men mindre el genereras vår och höst.

Fasadinstallerade solceller riktade mot syd och väst ger lägre överskottsproduktion än för grundfallet med takinstallerade solceller, se Figur 18, vilket framför allt beror på lägre årsproduktion av el med fasadinstallerade solceller. För byggnad C ses att överskottsproduktionen för vissa solcellssystemstorlekar är högre för öst- eller västriktade fasadsolceller än för de övriga studerade solcellslösningarna. Detta trots att årsproduktionen av el från öst- eller västriktade fasadsolceller är betydligt lägre än för syddriktade

fasadsolceller och för takinstallerade solceller. En möjlig orsak är att produktionsprofilen för fasadsolceller riktade mot öster på denna byggnad inte matchar särskilt väl med ellastprofilen (fastighetselen). För byggnad D är det inte lika stor skillnad i överskottsproduktion för fasadsolcellerna riktade mot syd, öst- och väst.



Figur 17 Täckningsgrad för byggnad C och D med takinstallerade solceller i 30° lutning riktade mot söder samt fasadinstallerade solceller (90° lutning) riktade mot syd, öst och väst.



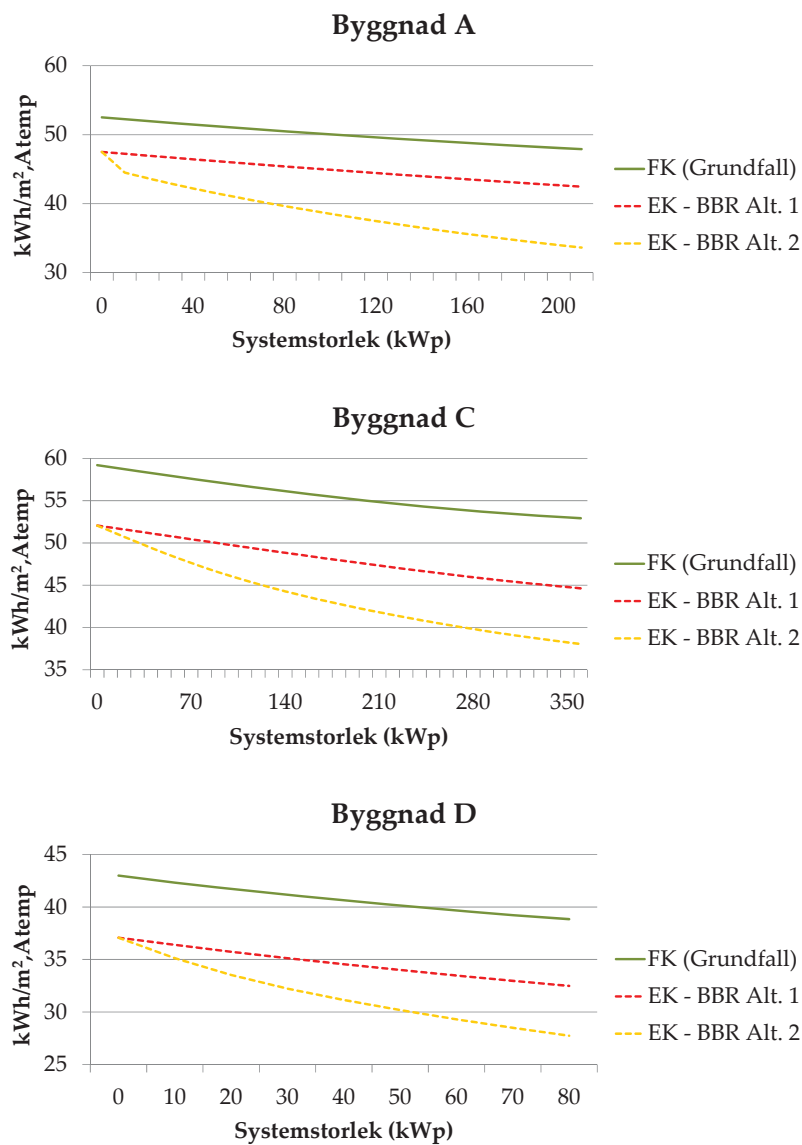
Figur 18 Överskottsproduktion för byggnad C och D med takinstallerade solceller i 30° lutning riktade mot söder samt fasadinstallerade solceller (90° lutning) riktade mot syd, öst och väst.

5.2 SPECIFIK ENERGIANVÄNDNING

Utgående från den timvisa matchningen presenteras i detta avsnitt resultat över den specifika energianvändningen (avseende fastighetsel och kyla) för samtliga byggnader (A, C och D), se Figur 19. Resultaten presenteras dels för grundfallet med fjärrkyla och dels för det alternativa fallet med eldriven kylmaskin (EK), givet två olika tolkningar av BBR 22. För en beskrivning av hur specifika energianvändningen beräknats, se Avsnitt 2.2.

Som tidigare nämnts ryms ca 210 kW_p på byggnad A, 550 kW_p på byggnad C och 80 kW_p på byggnad D. Det maximalt största möjliga solcellssystemet ger i grundfallet en reduktion av den specifika energianvändningen på 4,6 och 4,2 kWh/m², år för byggnad A och D. Ett solcellssystem på 360 kW_p på byggnad C ger i grundfallet en reduktion av den specifika energianvändningen på 6,3 kWh/m², år. Det finns dock plats för mer solceller på byggnad C, vilket innebär att det finns potential, åtminstone rent fysiskt, att reducera den specifika energianvändningen ytterligare med en ännu större solcellsanläggning.

Resultaten visar att den specifika energianvändningen totalt sett är lägre om byggnaden är kyld med en eldriven kylmaskin istället för fjärrkyla, se Figur 19. Givet fallet med eldriven kylmaskin och dagens tolkning av Boverkets byggregler (EK - BBR Alt. 1), ges en reduktion av den specifika energianvändningen i samma storleksordning som i grundfallet med fjärrkyla. En alternativ tolkning av Boverkets byggregler (EK - BBR Alt. 2, där uppräknings av elbehovet till kylmaskinen med en faktor 3 sker först efter det att den mängd producerad sol som momentant kan nyttjas har subtraheras från behovet) skulle innebära en avsevärt mycket större reduktion av den specifika energianvändningen vid solcellsinstallationer på byggnader kylda med en eldriven kylmaskin.



Figur 19 Specifik energianvändning (avseende på fastighetsel och kyla) för byggnad A, C och D givet grundfallet med fjärrkyla samt det alternativa fallet med eldriven kylmaskin (EK), givet två olika tolkningar av BBR 22.

6 Resultat från lönsamhetskalkyler

I detta kapitel presenteras en lönsamhetskalkyl för solcellslösningar på de studerade byggnaderna givet olika tekniska och fastighetsspecifika förutsättningar samt olika ekonomiska scenarier.

För samtliga byggnader (A, C och D) kylda med fjärrkyla (grundfallet) eller med eldriven kyla (alternativt fall) presenteras beräknat nettonuvärdet (NNV) samt återbetalningstid för takinstallerade solceller utgående från referensscenariot.

För två av byggnaderna (C och D) presenteras NNV baserat på ett antal alternativa fall och scenarier i vilka en parameter varierar i taget. Denna ekonomiska känslighetsanalys genomförs endast för en systemstorlek per byggnad. För byggnad C används i känslighetsanalysen den solcellssystemstorlek som ger högst NNV givet grundfallet och referensscenariot (150 kW_p). Inte någon av de studerade lösningarna visade sig bli lönsamma för byggnad D; därför används det största möjliga solcellssystemet som får plats på taket givet grundfallet (80 kW_p).

Som tidigare nämnts antas i grundfallet att samtliga byggnader har takinstallerade solceller riktade mot söder med 30° lutning; byggnaderna antas dessutom ha fjärrkyla som kylsystemlösning och endast fastighetsel inkluderas i analysen. För byggnad C och D presenteras NNV även för fler alternativa fall, som dels påverkar ellastprofilen (inkludering av hyresgästelen i ellastprofilen) och som dels påverkar elproduktionen (alternativa lutningsvinklar, riktningar och placering), vilka beskrivs mer utförligt i Avsnitt 3.1.

I referensscenariot antas en medelsnabb elprisutveckling, en real kalkylränta på 6 %, inget investeringsstöd, ingen ersättning för överskottsproducerad el eller el som kommer verksamheten tillgodo samt en 30 årig livslängd på solcellerna. De parametrar som varierar i den ekonomiska känslighetsanalysen är följande: elprisutveckling, kalkylränta, investeringskostnad, investeringsstöd, energiskatt vid försäljning av el samt livslängd. För en mer utförlig beskrivning av referensscenariot och de alternativa scenarierna, se Avsnitt 4.1.

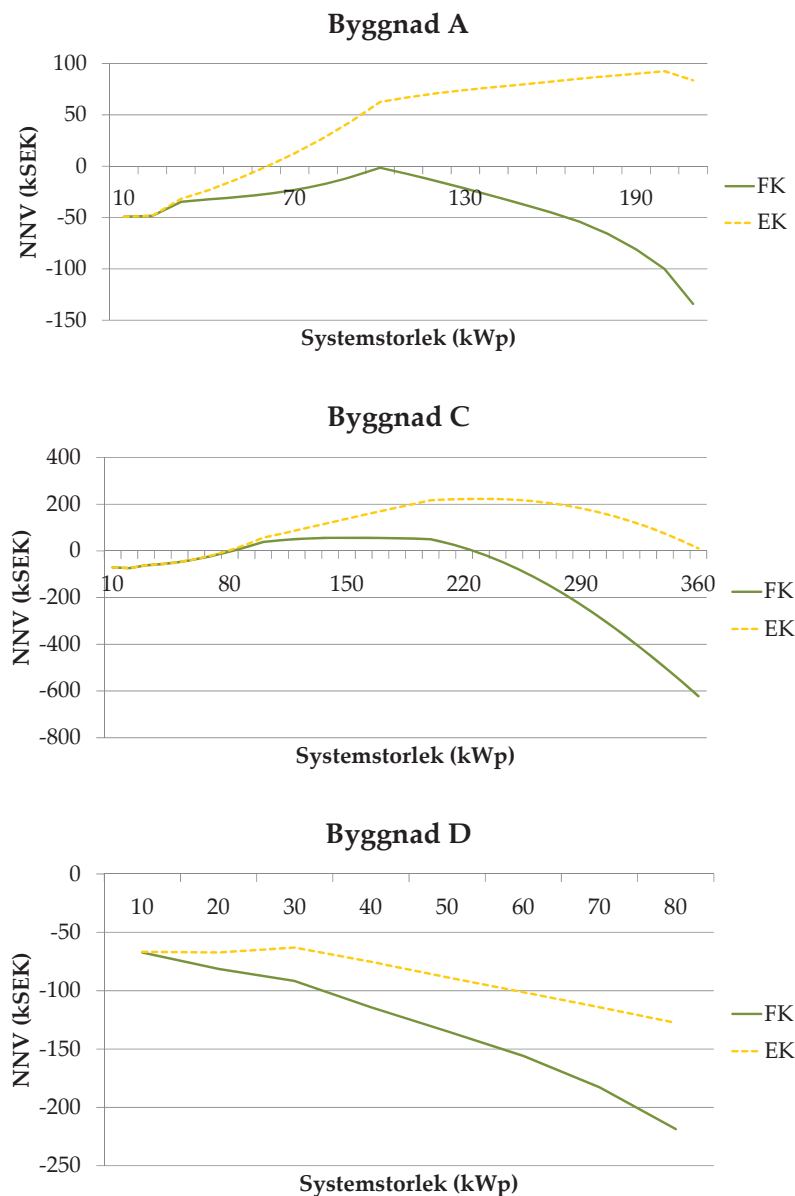
6.1 SOLCELLERS LÖNSAMHET GIVET GRUNDFALLET OCH REFERENSCENARIOT

I Figur 20 presenteras NNV för solcellssystemstorlekar från 10 till 360 kW_p för samtliga byggnader (A, C och D) kylda med antingen fjärrkyla (grundfallet) respektive för eldriven kyla (alternativt fall) givet de ekonomiska förutsättningarna i referensscenariot. Så länge NNV är positivt är investeringen lönsam givet antaget avkastningskrav (kalkylräntan). Ett NNV-resultat som ligger nära nollnivån betyder att investeringen ger en något lägre eller något högre avkastning än vad som använts i beräkningarna.

För byggnad A kyld med fjärrkyla ligger det högsta NNV nära noll vid en solcellsstorlek på 100 kW_p givet de ekonomiska förutsättningarna enligt referensscenariot. En sådan investering skulle innebära att investeringen ger en något lägre avkastning än den som angivits som krav i grundfallet. NNV blir dock positivt

om byggnaden istället skulle vara kyld med eldriven kyla och resultaten visar att en solcellsanläggning på mellan 60 och 270 kW_p skulle vara lönsam.

För byggnad C ges lönsamma solcellssystem oavsett om byggnaden är kyld med fjärrkyla eller eldriven kyla. I grundfallet med fjärrkyla uppnås lönsamhet för anläggningar mellan 90 och 220 kW_p och med eldriven kyla uppnås lönsamhet för anläggningar mellan 80 och 360 kW_p. För byggnad D finns det ingen solcellssystemstorlek som ger ett positivt NNV givet de antagna förutsättningarna i grundfallet och referensscenariot.



Figur 20 Nettonvärdet för byggnad A, C och D i grundfallet med fjärrkyla (FK) och i det alternativa fallet med eldriven kyla (EK) samt med ekonomiska förutsättningar givet referensscenariot.

De solcellslösningar som i studien visar på lönsamhet är relativt stora (60-360 kW_p). Detta beror på antagandet om att investerings- och installationskostnaden är lägre per installerad effekt (kW_p) för stora system, se Figur 7.

Den systemstorlek som ger högst NNV i referensscenariot för de studerade byggnaderna kylda med fjärrkyla (grundfall) respektive eldriven kyla (alternativt fall) presenteras i Tabell 7. För de mest lönsamma solcellssystemen som identifierats ger solelproduktionen en täckningsgrad på kring 12-13 % i grundfallet med fjärrkyla och kring 17 % i det alternativa fallet med eldriven kyla.

Notera att det för de lönsamma eller nära lönsamma solcellslösningarna tillåts en viss mängd överskottsproduktion (upp till 10 %), som det i referensscenariot inte ges betalt för. Återbetalningstiden ligger mellan 25-28 år, dvs. nära den antagna livslängden på 30 år.

Tabell 7 De mest ekonomiskt lönsamma solcellssystemen för samtliga undersökta byggnader med både fjärrkyla (FK) och eldriven kyla (EK)

Byggnad	A (FK/EK)	C (FK/EK)	D (FK/EK)
Systemstorlek (kW _p)	(100/200)	(150/230)	(-/-)
Nettonvärde (kSEK)	(-1,6/92,5)	(56,3/222,8)	(-/-)
Täckningsgrad (%)	(12,2/16,5)	(13,3/17,1)	(-/-)
Överskottsproduktion (%)	(10,3/10,2)	(4,8/3,4)	(-/-)
Återbetalningstid (år)	(-/27,2)	(27,7/24,9)	(-/-)

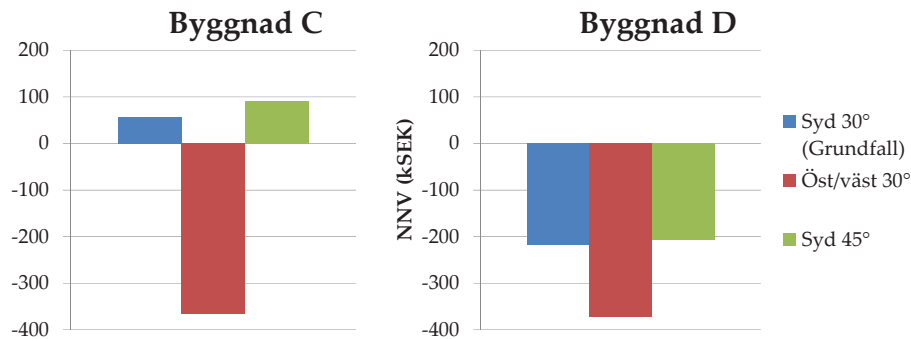
6.2 KÄNSLIGHETSANALYS MED AVSEENDE PÅ TEKNISKA FÖRUTSÄTTNINGAR

Som tidigare nämnts antas i grundfallet att samtliga byggnader har takinstallerade solceller riktade mot söder med 30° lutning; byggnaderna antas dessutom ha fjärrkyla som kylsystemlösning och endast fastighetsel inkluderas i analysen. För byggnad C och D presenteras NNV för en solcellsanläggning, på 150 kW_p respektive 80 kW_p, givet referensscenariot även för fler alternativa fall: alternativa lutningsvinklar och riktningar för takmonterade solceller, se Figur 21, samt alternativ placering och ersättning av fasadmaterial, se Figur 22. Resultaten visar att lönsamheten för en solcellsanläggning är känslig för solcellernas placering, riktning och lutning samt eventuell ersättning av alternativt material.

Resultaten visar för båda byggnaderna att om söderinstallerade solceller på taket monteras i 45° lutning istället för 30° lutning så ökar NNV något, se Figur 21. Solceller monterade i 45° lutning ger endast lite mer solelproduktion (ca 2 % på årsbasis), men ger ändå ett tydligt utslag på det ekonomiska resultatet.

Resultaten visar att om de takplacerade solcellerna (i 30° lutning) riktas mot öst/väst istället för söder, ges ett betydligt lägre NNV för både byggnad C och D, se Figur 21. För byggnad C, ger den ändrade riktningen på solcellsanläggningen att investeringen går från att vara lönsam till att bli olönsam. Den försämrade lönsamheten beror på att genereringen av el är mindre och täckningsgraden lägre än för grundfallet. Observera att solceller riktade mot öst och väst dock genererar mer el om de monteras i 10° istället för 30° lutning (i denna studie varierar endast en parameter i taget, varför lutningen

hållits konstant på 30°). Det är därför troligt att lönsamheten för öst/väst-riktade solceller skulle vara högre om de istället monterats i 10°lutning.

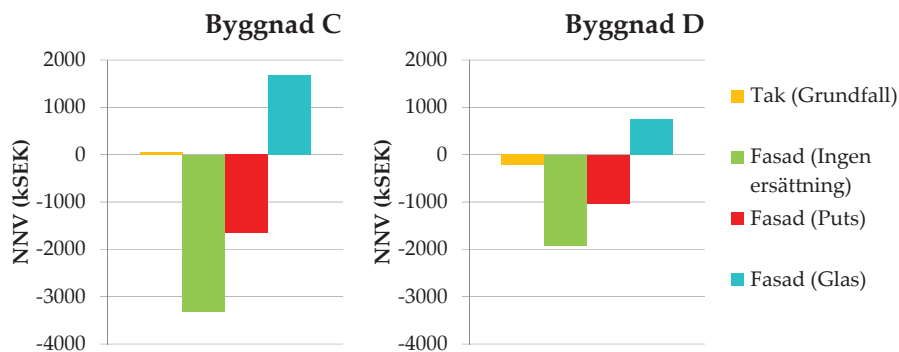


Figur 21 Nettonuvärdet för byggnad C och D med takinstallerade solceller i 30° lutning riktade mot söder, mot öst/väst samt fasadinstallerade solceller (90° lutning) riktade mot syd, öst och väst.

En grov uppskattning av lönsamheten för fasadinstallerade solceller (riktade rakt mot söder med 90° lutning) presenteras i Figur 22. Lönsamheten presenteras för tre extrema fall; om fasadsolcellerna installeras utan att ersätta annat fasadmaterial samt om fasadsolcellerna ersätter putsfasad alternativt glasfasad.

Resultaten visar att ifall fasadsolceller installeras utan att ersätta annat fasadmaterial eller om fasadsolcellerna ersätter putsfasad ges ett kraftigt negativt NNV. I jämförelse med takinstallerade solceller i grundfallet beror det försämrade resultatet med fasadinstallerade solceller på mindre elproduktion från fasadsolcellerna samt höga investerings- och installationskostnader för fasadinstallerade solceller, vilka antagits tre gånger så höga som för en vanlig putsfasad (baserat på uppskattningar gjorda för Frodeparken-projektet i Uppsala).

Om fasadinstallerade solceller istället skulle ersätta en glasfasad, som antagits kosta lika mycket som fasadsolceller (baserat på Frodeparken-projektet), ges däremot ett kraftigt positivt resultat med ännu högre NNV än i grundfallet med takinstallerade solceller.



Figur 22 Nettonuvärde för takinstallerade solceller på byggnad C och D i grundfallet med montering i 30° lutning i söderriktning samt de alternativa fallen där fasadinstallerade solceller (riktade mot söder i 90° lutning) med tre olika antaganden kring ersättande av alternativt fasadmaterial (ingen, puts eller glas).

6.3 KÄNSLIGHETSANALYS MED AVSEENDE PÅ EKONOMISKA FÖRUTSÄTTNINGAR

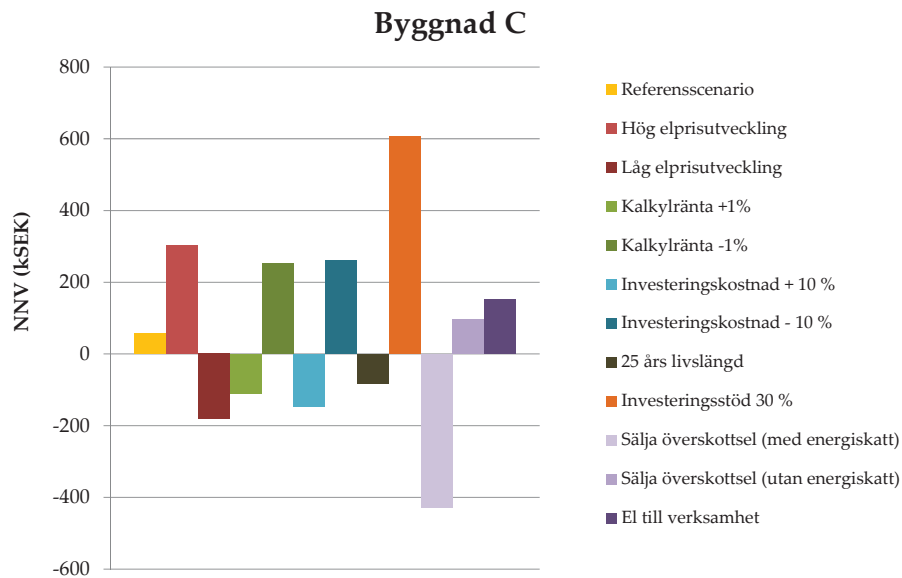
I referensscenariot antas en medelsnabb elprisutveckling, en real kalkylränta på 6 %, inget investeringsstöd, ingen ersättning för överskottsproducerad el (utöver elcertifikat och nätnytta) samt en 30 årig livslängd på solcellerna. För byggnad C och D presenteras NNV för en solcellsanläggning för flera alternativa ekonomiska scenarier, se Figur 23 respektive Figur 24. Resultaten visar att lönsamheten för en solcellsanläggning är känslig för förändring i samtliga av de studerade ekonomiska förutsättningarna.

Om elpriset blir lägre än antaget eller om investerings- och installationskostnaden blir något högre än beräknat så kan det stjälpas en solcellsinvestering. Om elpriset istället går upp och de initiala kostnaderna för solceller sjunker så finns potential för en ännu mer lönsam solcellsinvestering än i referensscenariot. Även kalkylräntan påverkar lönsamheten, men det är upp till investeraren att bestämma hur den ska sättas med hänsyn till avkastningskrav och risk.

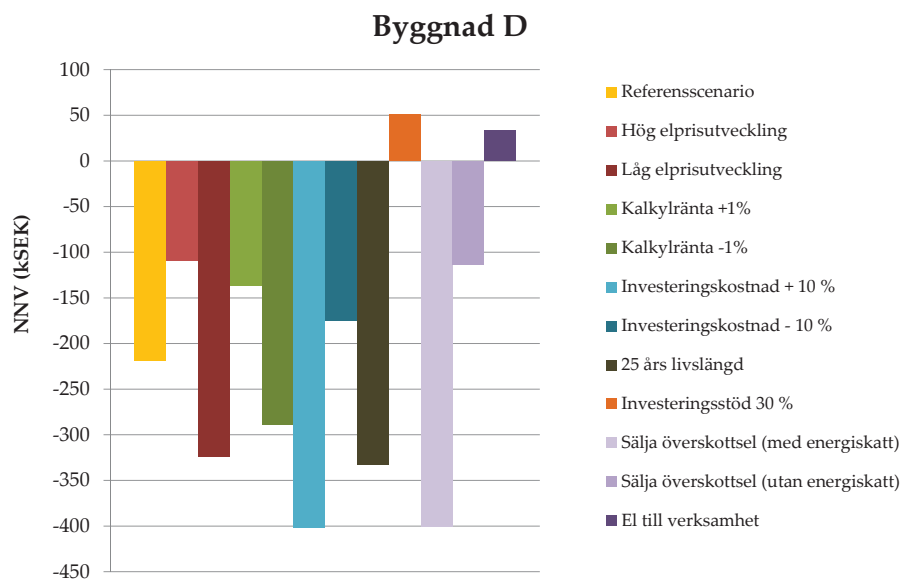
Resultaten är känsliga för om investeringsstödet finns kvar eller ej. För byggnad C blir solcellsinvesteringen betydligt mer lönsam; för byggnad D går solcellsinvesteringen från att vara olönsam till att bli lönsam. För byggnad C sänks återbetalningstiden från ungefär 28 år till 13 år och för byggnad D kan investeringen återbetalar sig efter ungefär 20 år.

Huruvida elen kan säljas ut på nätet eller till verksamheten med eller utan energiskatt påverkar lönsamheten avsevärt. I det första av dessa scenarier, som baseras på dagens förutsättningar, måste producenten betala energiskatt på all egenkonsumerad el om 1 kWh el levereras ut på nätet. Det ger ett kraftigt negativt resultat att börja leverera och sälja överskottselen på nätet. Om överskottselen kommer att kunna säljas ut på nätet utan att producenten behöver betala energiskatt, skulle detta ge en ökad lönsamhet för solcellsanläggningen.

Om solet skulle överlåtas till hyresgästerna och intäkterna skulle hanteras genom ett lika stort påslag på samtliga hyresgästers hyror (för att undvika skatteplikt), ger detta ett ökat NNV. För byggnad C blir solcellsinvesteringen betydligt mer lönsam och för byggnad D går solcellsinvesteringen från att vara olönsam till att bli lönsam.



Figur 23 Nettonuvärde för solceller på byggnad C enligt grundfallet samt givet referensscenarioet och de alternativa ekonomiska scenarierna.



Figur 24 Nettonuvärde för solceller på byggnad D enligt grundfallet samt givet referensscenarioet och de alternativa ekonomiska scenarierna.

7 Ekologiska och sociala aspekter under solcellernas livscykel

Hållbar utveckling innefattar förutom ekonomisk hållbarhet även ekologisk och social hållbarhet. En ökad integration av solceller kan leda till både positiva och negativa konsekvenser sett ur ett ekologiskt och socialt hållbarhetsperspektiv. I detta kapitel presenteras de ekologiska och sociala aspekter som identifierats som de viktigaste att beakta vid olika skeden under solcellernas livscykel.

7.1 EKOLOGISKA ASPEKTER

I detta avsnitt behandlas följande miljömässiga aspekter under solcellers livscykel: energiåterbetalning, klimat- och miljöpåverkan samt resurstillgångar på solcellsmaterial.

7.1.1 Energiåterbetalning

Energiåterbetalningstiden är den tid det tar att generera den mängd el som används vid tillverkning, underhåll och skrotning av solcellerna. Energiåterbetalningstiden varierar beroende på solcellstyp och geografiskt läge. Observera att med minskad materialanvändning vid tillverkningen av solcellsmoduler (tunnare kiselskivor), med ökad prestanda och med ökad återvinning minskar energiåterbetalningstiden.

För kiselsolceller har energiåterbetalningstiden i ett fåtal studier uppskattats till ca 2-3 år vid en solinstrålning på 1700 kWh/m², år och en "performance ratio" på 0,75 (IEA, 2015). Den genomsnittliga solinstrålningen i södra Sverige ligger på 1100 kWh/m², år (Huld, 2012) och därmed kan energiåterbetalningstid antas vara något längre för kiselsolceller i Sverige. För tunnfilmssolceller har energiåterbetalningstiden uppskattats till så lite som omkring ett år, dels för en anläggning i Ohio som producerades 2015 och dels för en nyare anläggning i Frankfurt.

En annan källa har bedömt att solceller under dess livslängd kan genererar 15-30 gånger mer el än vad som använts för tillverkning, underhåll och skrotning (Sandén och Arvesen, 2014). Energiåterbetalningstiden för ett vattenkraftverk kan vara betydligt högre än för solceller, men även lägre, beroende på vattenkraftsdammarnas läge. Ett vindkraftverk kan generera uppemot 60 gånger mer el än vad som användes vid produktion av kraftverket. I jämförelse med kraftverk som eldas med kol eller naturgas har solceller ungefär lika stor eller större energiåterbetalning (Sandén och Arvesen, 2014).

7.1.2 Livscykelanalys – klimatpåverkan

I majoriteten av de livscykelanalyser (LCA) som gjorts för solceller uppskattas utsläppen av växthusgaser ligga mellan 30 och 80 g CO_{2, ekv}/kWh, vilket är lågt jämfört med fossila bränslekällor, där motsvarande siffror ligger på 469-1001 g CO_{2, ekv}/kWh (IPCC, 2012). I en annan rapport där LCA-resultat har studerats för både kristallina- och tunnfilmssolceller uppskattades genomsnittliga utsläpp till runt 40 g CO_{2, ekv}/kWh,

där medianen för de båda solcellsteknologierna låg under 50 g CO_{2, ekv}/kWh. Denna rapport antog dock en solinstrålning som är representativ för södra Europa på 1700 kWh/m², år (NREL, 2012), medan den genomsnittliga solinstrålningen i södra Sverige ligger på 1100 kWh/m², år (Huld, 2012).

De största utsläppen av växthusgaser under kristallina och tunnfilmsolcellers livscykel sker under tillverkningen (NREL, 2012). Solcellernas livscykel kan delas upp i tre faser: materialutvinning, materialproduktion och modultillverkning bidrar tillsammans med omkring 60-70 % av de totala livscykelutsläppen av växthusgaser; drift och underhåll står för 21-26 % och demontering och avfallshantering för 5-20 %.

Tillverkningsprocessen skiljer sig för olika solcellsteknologier och betydligt mer el används vid tillverkning av kiselceller än vid tillverkningen av tunnfilmsceller (NREL, 2012).

Växthusgasutsläpp, såväl som andra utsläpp, under tillverkningsprocessen beror till stor del på var solcellerna är tillverkade (Fthenakis, 2008). Majoriteten av polykristallina solceller produceras i Kina, följt av Tyskland, Korea, USA och Japan. Eftersom länderna har olika energisystem har solceller olika miljöpåverkan beroende på ursprung (PVPS, 2014). Sannolikheten är dock stor att solcellsmoduler är producerade med stor klimatpåverkan, då energiproduktionen i Kina till större delen kommer från kol. Det pågår en omställning mot mer koldioxidsnål elproduktion i tillverkningsländerna, vilket kommer att ge lägre växthusgasutsläpp från solcellstillverkningen i framtiden.

Nettoklimatpåverkan från solceller är även beroende av solcellernas verkningsgrad, geografisk placering, lutning och orientering; ju mer solel som kan produceras desto mer alternativt producerad el kan ersättas. Hur mycket växthusgasutsläpp som kan undvikas genom att den producerade elen trycker undan alternativ elproduktion beror på var solcellerna är installerade och vilken alternativt producerad el som trycks undan.

I och med att Sveriges elnät är starkt integrerat med angränsande länders elnät, som i sin tur distribuerar el till och från länder såsom Tyskland och Polen (där det i större utsträckning finns kraftverk som använder fossila bränslen), kompliceras bilden av vilken alternativt producerad el som trycks undan av elen från en ny solcellsanläggning i Sverige. För att kunna beräkna nettoutsläppen av växthusgaser krävs avancerade modeller och antaganden över hur elnätet och elproduktionsmixen utvecklas under solcellernas livslängd; exempelvis måste antaganden göras kring systemgränser och om marginalel² eller om genomsnittlig el ersätts. Dessa antaganden kan påverka resultatet avsevärt.

Sveriges elnät är starkt integrerat med angränsande Nordiska länders elnät. Enligt Energimarknadsinspektionen ger den Nordiska residualmixen³ år 2014 upphov till 344 g CO_{2, ekv}/kWh (Ei, 2015). Observera att denna siffra inte inkluderar utsläpp från uppströmsprocesser såsom produktion och transporter av bränslen till kraftanläggningarna. Enligt en källa är den genomsnittliga marginalelen förknippad med utsläpp på mellan 400 och 750 g CO_{2, ekv}/kWh beroende på förutsättningarna olika

² "Marginalel är den elkraft som ur ett marknadsekonomiskt perspektiv ligger på marginalen i ett system. Det är denna el som vid varje given tidpunkt är dyrast att producera." (Energimyndighetens definition, se <http://www.energimyndigheten.se/om-oss/press/ordlistan/>)

³ Elmixen från all kraftproduktion i Sverige, Danmark, Norge och Finland exklusive ursprungsmärkt el.

år (Eme och Profu, 2010). Marginalen varierar dock inte bara mellan olika år utan även över året och dygnet.

Vid årsskiftet 2015/2016 ska en ny likströmsförbindelse mellan Sverige och Litauen stå klar (SVK, 2015), vilket kommer påverka vilken el som den producerade solelen kan ersätta. Samtidigt sker också en omställning av ländernas energisystem. Med bakgrund av dessa förutsättningar är det svårt att bedöma hur mycket växthusgasutsläpp som kan undvikas under solcellernas livslängd.

7.1.3 Andra utsläpp

Ökad produktion av solceller kan bidra till ökade toxiska flöden, vilket innebär risk för en ökad negativ miljöpåverkan. Vid framställning av solceller används giftiga, explosiva och frätande kemikalier som är skadliga för miljön. Vilka kemikalier och hur stor mängd som används beror på vilken solcellstyp som produceras (IPCC, 2012).

Vid tillverkning av den idag vanligaste solcellstypen används toxisk kiseltriklorid. Vid produktion av tunnfilmsolceller baserad på kadmiumtellturid binds kadmium, en mycket toxisk metall, vilken kan spridas i omgivningen när solcellerna kasseras eller återvinns. Användning av kadmium i tunnfilmsolceller kan även ses som en typ av slutförvaring av miljögiften, då det i processen bildas ett inert material av kadmium tillsammans med tellur.

På grund av användningen av miljöfarliga ämnen behövs strikta kontroller för att minimera utsläppen av potentiellt farliga kemikalier under tillverkningen (Rosander, 2010). Kontrollen av dessa ämnen försvåras genom att de sprids via solcellerna.

Om uttjänta kristallina solcellsmoduler inte demonteras och omhändertas på ett ansvarsfullt sätt efter dess livslängd finns stor risk för att dessa kommer att läcka bly i deponier och att bly i förlängningen kan hamna i vattendrag (Good Company, 2010).

Det pågår intensiv forskning för att minska användningen av ämnen med negativ miljöpåverkan, både i tillverkningsprocessen och i slutprodukten.

7.1.4 Resursbegränsningar

Resursbegränsningar vid råvaruutvinning och framställning beror på vilken typ av solcell som framställs. För kiselolceller råder ingen direkt brist på de material som används vid framställningen. Kisel är det näst vanligaste av grundämnena i jordskorpan. Andra material som används är exempelvis koppar, aluminium och gummi, vilka det inte heller råder brist på.

Tellur, som används i produktionen av vissa tunnfilmsolceller (av CdTe-typ), är ett ovanligt ämne, och indium, som används vid produktion av en annan typ av tunnfilmsolceller (av CIGS-typ), är också ett mindre vanligt grundämne. Resurstillgången på dessa ämnen behöver inte nödvändigtvis begränsa en framtida tillväxt av solcellsmarknaden, då ökade priser på materialen potentiellt kan vara den begränsande faktorn för utvinning av dessa ämnen (Candelise, 2011). Det pågår även forskning för att ersätta mindre vanliga material med mer vanliga material.

Idag kan solcellerna, när de är uttjänta, till stor del återvinnas (Szaniawski, 2014). De vanligaste återvunna materialen är glas, aluminium samt vissa halvledarmaterial (PV Cycle, 2015). Genom att på lämpligt sätt återvinna solceller kan miljöbelastningen minska, samt en potentiell resursbrist förhindras.

Solcellsindustrin agerar i dagsläget volontärmässigt och återtagande av produkten och återvinningsprocesserna varierar mellan tillverkarna. Organisationen PV Cycle erbjuder avfallshantering genom service för insamling och återvinning av uttjänta solcellsmoduler i alla europeiska länder (PV Cycle, 2015). Till denna organisation kan solcellstillverkare ansluta sig. PV Cycle har målet att nå andelen återvunna solcellsmoduler på 80 % år 2015 och 85 % år 2020.

I dagsläget är återvinning av solceller frivilligt och återvinningsindustrin kring solceller är fortfarande en ung industri. Det bör formuleras regler kring hur detta ska ske så att procentuellt insamlade och återvunna solceller ökar och att det görs på ett miljömässigt sätt. Det är troligt att andelen återvunna solcellsmoduler ökar när materialen blir dyrare och att återvinningsprocesserna blir mer utvecklade.

7.2 SOCIALA ASPEKTER

Det finns ingen allmän accepterad definition av social hållbarhet och begreppet är ofta den dimension i den hållbara utvecklingen som upplevs svårast att definiera (Folkhälsomyndigheten, 2014). Sociala aspekter har i denna studie tolkats som de aspekter som påverkar eller påverkas av samhället och dess invånare och behandlar följande områden: acceptans och intresse för solceller, solcellers inverkan på jobbskapande samt arbetsmiljö och hälsorisker.

7.2.1 Acceptans och intresse

Enligt en SOM⁴-undersökning gällande satsningar på energislag tycker svenska folket att det borde satsas mer på solenergi jämfört med andra energislag än vad det i dagsläget görs. Från 1999 till 2013 har runt 80 % av befolkningen oberoende av ålder, kön och politisk värdering haft denna inställning (Hedberg m.fl., 2014). Studien visar på en bra grund för att en ökad integration av solceller ska kunna ske.

Även om majoriteten anser att det bör satsas mer på solenergi finns det en risk för motsättningar då installationer som sker i bebyggelsen kan anses förfula stadsmiljön. Till exempel kan en solcellsanläggning placerad på ett tak upplevas störa utsikten. Det finns även möjligheter för solceller att ersätta byggnadsmaterial med så kallade byggnadsintegrerade solceller (BIPV⁵) (Noord, 2010). Det finns möjligheter att specialanpassa solcellsanläggningar så att de ser mer estetiskt tilltalande ut, men med ökade investeringskostnader som följd.

Intresset för solceller grundar sig i att teknologin utnyttjar en förnybar källa. En ökad integration av solceller på bebyggelsen leder också till en ökad självförsörjning av el för fastighetsägare och privatpersoner, men också för landet som helhet. Detta innebär i sin tur att beroendet till elproducenter inom landet och av import minskar.

I länder där elnätet inte är lika utbrett kan lokal elproduktion förbättra livskvaliteten markant (IPCC, 2012). I Sverige däremot kan en ökad integration av solceller i bebyggelsen bidra till en ökad miljö- och energimedvetenhet både hos fastighetsägare och hos privatpersoner. En solcellsanläggning har potential att ändra konsumtionsbeteende hos ägaren till att använda elen när den produceras.

⁴ SOM= Samhälle opinion medier, SOM-institutet genomför enkätundersökningar sedan 1986 i syfte att belysa hur samhället förändras.

⁵ Building integrated photovoltaics

Återkopplingsystem är dock avgörande för att veta när elen produceras och bör användas (Paradis, 2013).

7.2.2 Jobbskapande

En större utbredning av solcellsinstallationer leder med stor sannolikhet till nya arbetstillfällen. Till exempel behövs installatörer och personer som jobbar med drift- och underhållsarbete. I Sverige får installationerna endast utföras av utbildade elektriker under elinstallatörs tillsyn (Solelprogrammet, 2015). Då det uppstår nya yrken krävs dessutom utbildning och utbildare med kunskap och erfarenhet.

En analys av antalet anställda med koppling till solcellsmarknaden i Sverige åren 2010, 2011 och 2012 visar att antalet anställda inom tillverkningsindustrin minskat kraftigt mellan 2010 och 2012, vilket förklaras av konkurser av flera företag. Däremot har antalet installatörer, försäljare och forskare inom solcellsområdet ökat kraftigt under samma period (Lindahl, 2013).

En analys har visat att solceller har den största potentialen att skapa jobb bland olika tekniker för solelproduktion; enligt IPCC (2012) skapas 0,87 årsjobb per GWh för solceller och 0,23 årsjobb per GWh för koncentrerande solkraft (CSP⁶). Hela tillverkningen av solcellsmoduler från råvara till färdig modul sker främst i andra länder än Sverige, vilket innebär arbetstillfällen även utanför Sverige.

7.2.3 Arbetsmiljö och hälsorisker

Det finns arbetsmiljö- och hälsorisker i olika skeden av solcellernas livscykel. En ökad efterfrågan på solceller i Sverige ökar tillverkningen och därmed utvinningen av råmaterial. Eftersom tillverkningen av solcellsmoduler från råvara till färdig modul framförallt sker i andra länder än Sverige, innebär detta att hälsopåverkan vid framställning och utvinning framför allt uppstår i andra länder.

Utvinning av råmaterial är kopplat till hälsorisker i form av lungsjukdomar på grund av inandning av kvartsdamm. Som tidigare nämnts innefattar produktionen av solceller användning av toxiska, brandfarliga och frätande ämnen. Personer som arbetar inom produktion utsätts därmed för hälsorisker i arbetet. När explosiva ämnen används finns risk för brand.

Lämpliga skyddssystem är nödvändigt för att minimera riskerna både i utvinnings- och i produktionsprocesserna. I USA, Europa och Japan finns strikta regler kring både miljö-, hälso- och säkerhetsreglering och tillsyn. Vad gäller utvecklingsländer såsom Kina, där större delen av produktionen sker idag är det inte säkert att det finns sådana garantier (Good Company, 2010).

Installatörer utför ett specialistarbete, där den största faran är att seriekopplade moduler kan producera livsfarlig spänning och ström. Installationerna genomförs dessutom ofta på hög höjd. En ytterligare aspekt som bör lyftas är att riskerna för brandmän ökar vid ingripande i en byggnad med solceller. Brandmännens arbetsmiljö påverkas och en riskbedömning måste göras eftersom det finns risk att få stötar eller elchocker (MSB, 2014). Solceller bidrar inte till buller eller utsläpp under drift.

⁶ Concentrating solar power

7.3 BENCHMARKING AV SOLCELLSLEVERANTÖRERS HÅLLBARHETSARBETE

Silicon Valley Toxics Coalition (SVTC, 2014) är en organisation som uppmuntrar tillverkare av elektronik att bedöma sina produkter ur ett livscykelperspektiv. Deras syfte är att öka möjligheterna för en investerare/köpare att kunna välja tillverkare utifrån hur stort ansvar företaget tar med hänsyn till hur väl anställda och miljö skyddas. För solcellsmoduler har SVTC tagit fram något de kallar "Solar Scorecard 2014", som är en benchmarking av solcellsleverantörers ekologiska och sociala hållbarhetsarbete.

Varje leverantör utvärderas utifrån ett antal hållbarhets kategorier, vilka bland annat omfattar följande ekologiska aspekter: utökat producentansvar, redovisning av utsläpp, plan för att minska kemikalier, inverkan på biologisk mångfald och vatten, samt redovisning av energianvändning och växthusgasutsläpp, innehåll av giftiga tungmetaller, återvinningsgrad och kvalitet på återvunnet material.

Inom social hållbarhet omfattas följande kategorier: arbete kring arbetstagarnas rättigheter, hälsa och säkerhet samt utnyttjande av arbetskraft från fängelse. Benchmarkingen omfattar även leverantörskedjan med avseende på utsläpp och arbetsmiljö samt eventuellt användande av konfliktmineraler.

År 2014 var det tillverkarna Trina, SunPower, Yingli, SolarWorld och REC som hade bäst resultat i utvärderingen.

8 Workshop om solcellers potential i den svenska bygg- och fastighetsbranschen

I detta kapitel presenteras resultaten från två workshops som genomförts med syftet att identifiera vilka möjligheter, hinder och stödbehov det finns för att öka antalet solcellsinstallationer på kommersiella fastigheter.

Under två workshops identifierades var i byggprocessen som de största möjligheterna och hindren finns samt vilka aktörer som är involverade och vilken typ av stöd de behöver för att öka möjligheterna och eliminera/minska hindren. Workshopupplägget finns återgivet i Bilaga 3.

Deltog gjorde aktörer från universitet, solcellsconsultföretag, arkitektbyråer, fastighetsbolag såsom fastighetsägare/förvaltare samt personer involverade i byggprocessen av kommersiella fastigheter, vilka presenteras nedan.

Jan-Olof Dalenbäck (Chalmers)	Jesper Karlsson (NCC)
Åke Blomsterberg (LTH)	Gustav Ahlford (NCC)
Per Löveryd (Akademiska Hus)	Peter Fernlund (NCC)
Ulf Näslund (Vasakronan)	Niclas Köhler (NCC)
Carl Molander (White)	Martin Sandberg (NCC)
Petter Sjöström (Solkompaniet)	Svante Wijk (NCC)
Anne-Lee Bertenstam (SKVP ⁷)	Kajsa Flodberg (NCC)
Elsa Fahlén (NCC)	Eva Grill (NCC)
Nina Johansson (NCC)	

Deltagarna uppmanades att besvara ett antal workshopfrågor utifrån deras organisations/företags möjligheter och hinder att investera i eller sälja solceller. För aktörer som varken investerar i eller säljer solceller, ombads dessa att besvara frågorna utifrån bygg- och fastighetsbranschen som helhet. Frågorna presenteras tillsammans med deltagarnas svar i följande avsnitt.

⁷ Svenska Kyl- & Värmepumpföreningen.

8.1 VILKA DRIVKRAFTER OCH MÖJLIGHETER FINNS?

I rutan nedan listas de största drivkrafterna och möjligheterna som framkom under workshopen. Dessa utvecklas sedan i efterföljande avsnitt.

DRIVKRAFTER OCH MÖJLIGHETER

”Vilka är de största drivkrafterna och affärsmöjligheterna för ert företag/er organisation att investera i eller att sälja solceller?”

- **Miljöprofilering**
- **Möta tuffare energikrav och egna mål**
- **Säkrat elpris**
- **Nya koncept och systemlösningar**
- **Standardisering och prefabricering**
- **Ökat fastighetsvärde**

Miljöprofilering

En av de största möjligheterna för solceller ansågs vara miljöprofilering. Denna möjlighet finns för alla aktörer som är involverade i solcellsinstallationer, vilka kan vara alltifrån universitet, arkitektbyråer, byggföretag och elinstallatör till förvaltare och hyresgäster. Genom att satsa på solceller kan ett grönt varumärke byggas upp och ingå i marknadsföringen av företaget. Detta lockar kunder såväl som kompetent personal till företagen, då dessa söker sig till företag som ”ligger i tiden”. Exempelvis kan en fastighetsägare erbjuda hyresgäster solel för att locka hyresgäster. Samtidigt kan hyresgästerna/kunderna i sin tur miljöprofilera sig.

Leva upp till tuffare energikrav och egna mål

Att leva upp till visioner och energikrav ansågs vara en viktig möjlighet för att öka antalet solceller i bebyggelsen. Myndigheter och kommuner har en viktig roll eftersom de ofta sätter egna energi- och miljömål/krav. Kommande krav på näronnenergi(NNE)-byggnader ansågs vara en viktig drivkraft till att använda solceller mer framöver.

Idag har de flesta företag visioner och mål uppsatta kring miljö och hållbarhet utöver de mål/krav som sätts från myndigheter och kommuner. Egna energimål kan nå genom solceller, vilket för en fastighetsförvaltare kan bidra till att delvis täcka både fastighetsel och hyresgästel.

En byggherre kan ha målet att nå en viss nivå på miljöcertifiering för sin byggnad. Solceller kan underlätta för att uppfylla kraven för den specifika energianvändningen och även ge poäng i vissa miljöcertifieringssystem exempelvis i BREEAM.

Säkrat elpris genom ökad självförsörjning

Solceller kan säkra elpriset för delar av elanvändningen. Vid en investering görs lämpligen beräkningar kring vilken elproduktionskostnad elen från anläggningen får. Det är därmed känt vad investeraren kommer att betala för just den elen under åren anläggningen betalas av. Viktigt att komma ihåg är att då anläggningen har återbetalat

sig så genereras gratis el. En förvaltare kan ha ett intresse i att bli mer självförsörjande på energi, eftersom detta leder till att känsligheten vid höjda elpriser minskas. En låg driftskostnad i ett längre tidsperspektiv är en viktig drivkraft för förvaltaren, vilket solceller kan bidra till.

Nya affärsmöjligheter och systemlösningar

Solceller kan bidra till en spännande design och få byggnaden att se hållbar ut. I ett tidigt skede är det möjligt att byta ut andra material, exempelvis fasad och använda solceller istället, så kallade building integrated photovoltaics (BIPV). En drivkraft till en större användning av solceller kan vara att i anbudskedet implementera nya sätt att presentera lönsamheten, till exempel för BIPV, där annat material för fasad ersätts med solceller. Solavskärmningslösningar med solcellsmoduler kan även sänka kylbehovet och på så sätt öka lönsamheten för förvaltaren.

En möjlighet är att den som satsar på eller investerar i solceller kan erbjuda en hållbar elproduktion och skapa nya marknadsandelar. En affärsmöjlighet är att sälja elen till hyresgäster eller leasa solcellsanläggningen till de som hyr fastigheten med fastighetsägarens godkännande. Den producerade elen skulle utöver el till fastigheten kunna användas till laddning av elbilar. För ett byggföretag skulle solceller under produktionskedet kunna installeras på etableringen för att driva exempelvis maskiner.

För ett värmepumps- och kylmaskinsföretag skulle en affärsmöjlighet kunna vara merförsäljning genom erbjudande av en systemlösning med värmepump och kylmaskin tillsammans med en solcellsanläggning och eventuellt ett batteri.

Ökad kostnadseffektivitet genom standardisering och prefabricering

Installationskostnader skulle minska om det erbjöds fler standardiserade och prefabricerade lösningar. För att kunna använda standardmoduler krävs att man planerar för en solcellsanläggning redan vid utformning och design av byggnaden.

Ökat fastighetsvärde

En ekonomisk drivkraft för en fastighetsägare/förvaltare kan vara ett ökat fastighetsvärde där solceller är installerade. En miljöcertifiering för byggnaden kan vara till hjälp för att visa det ökade värdet.

8.2 VILKA ÄR DE STÖRSTA HINDREN?

I rutan nedan listas de största hindren som framkom under workshopen. Dessa utvecklas sedan i efterföljande avsnitt.

HINDREN

”Vad är det som huvudsakligen hindrar ert företag/er organisation från att investera i eller att sälja solceller?”

- **Okunskap och ovana**
- **Brist på erfarenhetsåterföring och referensprojekt**
- **Föränderliga och otydliga regelverk**
- **Svårighet att nå lönsamhet**
- **Få incitament och låg efterfrågan**
- **Avsaknad av verktyg och beslutsstöd**
- **Solceller i fel skede**
- **Lätt att prioritera bort**
- **Risk att solcellsleverantör går i konkurs**
- **Begränsande bygglovsprocess**
- **Brist på samordning**

Okunskap och ovana

I dagsläget saknas till stor del kunskap och erfarenhet kring solceller i hela kedjan med allt från beställare till arkitekter och andra involverade i solcellsinstallationer inom byggprocessen. Ovana vid att handla upp och dimensionera solcellsanläggningar gör det osäkert och svårt att sälja in. Okunskap leder också lättare till att olika rykten får fäste. Risken finns att olönsamma befintliga system ger dåligt rykte, vilket kan leda till generaliseringar såsom att solceller inte alls är lönsamt i svenska förhållanden. Vid installation av solceller har det hänt att en konsult som saknar rätt kompetens har använts. Ur en arkitekts perspektiv är solceller en svår marknad, då de inte vet vad det finns för designmässiga möjligheter eller produkter.

För en inköpare kan hindren vara osäkerheter i kvalitet hos solceller och hur produktionen påverkar människor och miljö. Det måste finnas kunskaper kring detta så att det inte uppstår några skandaler vid inköpet.

Brist på erfarenhetsåterföring och avsaknad av bra referensprojekt

Erfarenhetsåterföring från lyckade solet-projekt till andra projekt anses vara en bristvara, liksom goda exempel på lönsamma system. Det är svårt att hitta bra referensprojekt för ”vanliga” byggnader. Detta eftersom många byggnader med solceller som uppmärksammas är specialbyggnader, med en annan kostnadsbild och med system som inte går att tillämpa på ”vanliga” byggnader.

Föränderliga och otydliga regelverk

Lagar och regler kring skatter vid försäljning av el till kund och vid anslutning till elnätet är idag oklara, krångliga och föränderliga, vilket gör det osäkert att investera i en solcellsanläggning som ska producera el under 30 år. De byggregler och skatteregler som finns idag är öppna för tolkning. För företag som importerar solceller möts dessa av administrativa hinder i form av speciella tullar, exempelvis mot moduler tillverkade i Kina.

Svårighet att nå lönsamhet

För byggföretag är solceller fortfarande inte en naturlig del av projekten och solceller på byggnaderna utgör ingen direkt avkastning för byggföretagen då dessa inte förvaltar byggnaderna. En solcellsinvestering kan vara svår att räkna hem för en fastighetsägare, då lönsamheten inte är tillräcklig. Återbetalningstiden är relativt lång, vilket måste accepteras. Framtida elpriser utgör en osäkerhet vid lönsamhetsbedömningar.

Få incitament och låg efterfrågan från kunder

Ett stort hinder är att efterfrågan från beställaren är liten. Även om företag har visioner om miljö och energi så överensstämmer dessa inte alltid med verkligheten. Det finns idag få incitament, regelmässigt och skattemässigt, att öka antalet solcellsinstallationer hos företag.

Avsaknad av verktyg och beslutsstöd

Det saknas beslutsprocesser kring solceller hos många företag som kanske inte har dimensioneringsverktygen eller några uppsatta mål att uppnå en viss mängd installationer. Det finns inget enhetligt sätt för hur lönsamheten beräknas för en solcellsanläggning och inte heller något standardiserat sätt att presentera detta på.

Solceller i fel skede

Solceller kommer ofta in för sent i byggprocessen då exempelvis takytan redan används till annat såsom installationsrum och fläktrum. Om byggnaden inte är planerad för en solcellsanläggning kan detta resultera i att komplicerade speciallösningar måste appliceras, vilket medför stora merkostnader för installationen.

Solceller är lätt att prioritera bort

Även om solceller är efterfrågade i ett projekt är det vanligt att solceller är bland det första som prioriteras bort om det blir krav på besparingar i projektet, då detta kan göras relativt lätt. Dessutom kan byggbranschen anses vara konservativ där gamla beprövade metoder gärna går före ny teknik, vilket gör att även om kunskap skulle finnas så prioriteras solceller bort.

Risk att solcellsmodulleverantör går i konkurs

Solcellsbranschen är relativt ung i Sverige. Det kan hända att en solcellsmodulleverantör som lovar att leverera ett system inte finns kvar om 5 år när det är dags att genomföra installationen.

Begränsande bygglovsprocess

Byggregler och bygglov kan utgöra hinder. Kommuner måste förhålla sig till lagkrav och kulturmärkning av byggnader. Det är olika regler gällande bygglov i landets olika kommuner vilket komplicerar. Dessutom kan kommunala bygg- och plankrav hindra solcellsinstallationer i vissa lägen. Bygghöjden maximeras ofta av arkitekten utifrån detaljplanen vilket gör att solceller inte får plats på taket. Många kommuner saknar kompetens i frågan, vilket försvarar processen för att investera i en anläggning.

Brist på samordning

Ett hinder är att många aktörer tycker till om solceller och att det är svårt att samordna alla. Till exempel så har räddningstjänsten synpunkter kring installationer med avseende på brandfrågan. De olika aktörerna jobbar separat och drivs av olika egna intressen, vilket försvårar.

8.3 VILKA AKTÖRER KAN PÅVERKA OCH VILKEN TYP AV STÖD BEHÖVER DE?

I detta avsnitt presenteras de aktörer och stöd som kan öka möjligheterna och minska/eliminera hindren. Detta för de möjligheter och hinder som identifierats till att vara de största eller mest kritiska. I rutan nedan listas de viktigaste aktörerna som identifierats, följt av en beskrivning av stödbehov för respektive aktör.

Aktörer

Vilka aktörer kan öka möjligheterna eller eliminera/minska hindren?

- **Staten/politiker**
- **Myndigheter/Energimyndigheten**
- **Kommunerna**
- **Branschorganisationer**
- **Fastighetsägare/förvaltare**
- **Arkitekter**
- **Byggföretag/byggentreprenör**
- **Hyresgäster**
- **Konsulter (energi, el och styr m.fl.)**
- **Solcellskonsulter**
- **Journalister**

Staten/politiker

På en hög nivå skulle politiker kunna öka intresset för solceller genom att sätta den politiska agendan och ribban för ett hållbart samhälle.

Staten skulle genom forskningsstöd och skattesubventioner kunna förbättra utsikterna för solceller. Ekonomin kan förbättras för en byggherre om investeringsstöd ges. Detta stöd fungerar på kort sikt för att ta steget och våga investera i solceller.

Staten kan minska osäkerheten i en solcellsinvestering genom att ha långsiktiga och tydliga spelregler inom energipolitiken gällande skatteregler, byggregler och bidragsregler för solceller. Ellagen och energiskattelagen är idag inte anpassade till solceller. En liknande anpassning som finns för vindkraft skulle kunna utföras för solceller.

Utbildning i flera led och nivåer behövs för solceller. Staten skulle kunna ta fram nationellt utbildningsmaterial som omfattar en grund om samtliga förnybara

energitekniker. Utbildning för dimensionering och montering (certifiering), samt drift- och underhåll är efterfrågat.

Myndigheter/Energimyndigheten

Byggentreprenören, fastighetsägaren/förvaltaren och hyresgästen behöver tydlighet och långsiktighet i energistrategin från myndigheter för att öka möjligheterna att leva upp till tuffare energikrav.

Energimyndigheten skulle kunna få en mer konkret och handfast roll i att sprida kunskap och erfarenhet, till exempel ta fram ett projekteringsverktyg för att underlätta solcellsinvesteringar tekniskt och ekonomiskt. Energimyndigheten skulle på samma sätt som de hjälper till med värmepumpar konsultera alla aktörer i solceller, allt från möjlig ekonomi till installation. De skulle även kunna bidra med stöd kring hur solceller hanteras i detaljplan, byggregler m.m.

Kommunerna

Kommuner saknar kunskap i hur mycket påverkan de har när de kulturmärker och skriver detaljplaner. De skulle kunna få ökad kompetens genom exempelvis seminarier vad gäller förvaltning av fastigheter.

Branschorganisationer

Branschorganisationerna Elektiska Installatörsorganisationen (EIO) och VVS Företagen kan driva kampanjer för att lyfta frågor som rör solceller på en mer praktisk nivå. Branschorganisationer kan lobba för utbildning, till exempel inom elutbildningar, räddningstjänst, arkitektutbildning och ingenjörsutbildning.

Fastighetsägare/förvaltare

Fastighetsägaren kan miljöprofilera sig och bygga varumärke genom att installera solceller. De behöver dock stöd för att sätta upp mål och visioner för varumärket och för att konkretisera en hållbarhetsplan. Det krävs goda exempel på projekt där värdet ökas då det är väldigt viktigt att kunna visa på affärsmöjligheter. Kundmätningar behövs som visar att man lever upp till satta mål, så att företaget betraktas som ett miljömedvetet/hållbart företag. På så sätt bevisar företaget att man inte sysslar med "green wash".

Fastighetsägare/förvaltare behöver räkna på likartat sätt varje gång och förstå vad de köper. De behöver kompetens och förstå hur de själva kan påverka kostnaden genom att till exempel få in solceller tidigt i planeringen. Grundkompetensen behövs internt för att planera i stora drag och inte gå på minor. Detaljprojekteringen/tekniska beskrivningar kan handlas upp. Små fastighetsägare/förvaltare behöver köpa in kompetensen från konsulter.

Arkitekter

Arkitekter behöver ökad kompetens och goda exempel. Arkitekten måste kunna rita genomförbara och kostnadseffektiva lösningar med solceller. Det efterfrågades en sammanställning av tillgängliga produkter och referensprojekt för fastighetsintegrerade solceller.

Byggföretag/byggentreprenör

Intern marknadsföring, kring hållbarhet inom den egna organisationen skulle kunna gynna drivkraften att miljöprofilera sig. Ett byggbolag skulle kunna ta ställning i frågan och profilera sig tydligt genom att bygga demonstrationsprojekt och utföra en reklamkampanj.

Entreprenören behöver utöver utbildning tydliga mål från beställaren som inte ändrar sig under vägen. Byggentreprenörer kan öka lönsamheten genom att ha rätt kompetens och ha goda exempel för att kunna övertyga byggherren i ett tidigt skede.

Hysesgästen

Det stöd hyresgästen behöver är tydlighet och långsiktighet i energistrategin från myndigheter.

Konsulter inom energi, el, styr, installation och arkitekt

Konsulter och entreprenörer (bygg och installation) behöver kunskap om olika system för att optimera rätt system till rätt byggnad. Konsulter skulle kunna öka möjligheterna genom att ta fram nya koncept och systemlösningar. De behöver visa tydligare att de äger frågan.

Solcellskonsulter

Solcellsfirmorna har en roll i att sprida kunskap om solceller och om hur tekniken fungerar till alla aktörer. Det behövs fler personer med kunskap såsom solcellskonsulter, vilka kan ge stöd i form av kompetens till personer involverade i ett projekt med solceller. För att de ska bli fler behöver de fler uppdrag. Installatörer behöver få större och jämnare omsättning. Solcellsleverantörer behöver också utveckla installationerna för att få ner kostnader på sikt.

Universitet och högskolor

Forskare skulle kunna ta fram kalkyler kring lönsamhet och få ut kunskapen utanför högskolevärlden. På så sätt skulle trovärdig kunskap spridas, vilket skulle kunna hjälpa till att sticka hål på myter och rykten.

Undervisning om solceller ingår inte alltid i de tekniska grundutbildningarna vid landets universitet/högskolor. Ämnet kommer in genom examensarbete, men behöver komma in redan i grundutbildningen för energirelaterade utbildningar.

Journalister

Journalister kan se till att forskningsresultat kommer ut till berörda aktörer och att goda exempel sprids.

9 Slutsatser och diskussion

I detta kapitel presenteras och diskuteras svaren på studiens frågeställningar utifrån resultaten av de tekno-ekonomiska beräkningarna, litteraturstudien samt de workshops som genomförts.

9.1 TÄCKNINGSGRAD OCH ÖVERSKOTTSPRODUKTION

Hur ser matchningen ut mellan solelproduktion och elbehov i kontorsbyggnader? Finns strategier som kan förbättra denna matchning? Kan samspelet med elnätet för nätanslutna solceller förbättras?

Matchningen mellan solelproduktion och elbehov i kontorsbyggnader beror på en rad olika faktorer dels på produktionssidan och dels på användarsidan.

Val av energisystemlösning för komfortkyla påverkar täckningsgrad och överskottsproduktion

Ellastprofilen för fastighetselen ser olika ut om fastigheten har ett komfortkylbehov och fastigheten kyls med fjärrkyla eller eldrivna kylmaskiner. Om el från solceller enbart används som fastighetsel ges en betydligt lägre överskottsproduktion från solcellerna om en byggnads kylbehov tillgodoses med eldrivna kylmaskiner istället för fjärrkyla. Detta beror på att det finns en större avsättning för den producerade elen i och med behovet av el till kylmaskinen. Däremot blir täckningsgraden lägre (pga. ett större elbehov som ska täckas) då de studerade byggnaderna kyls med eldrivna kylmaskiner.

Nära 100 % avsättning vid användning av producerad solel inte bara till fastighetselen utan även till verksamheten

Genom att låta verksamheten i byggnaden använda den producerade solelen ges ett mycket litet eller ingen överskottsproduktion alls för de takinstallerade solcellssystem som studerats. I studien antas som grundfall att solelen ska dimensioneras för att användas som fastighetsel. Täckningsgraden blir givetvis lägre och så även överskottsproduktionen om den producerade elen används, förutom till fastighetselen, även till verksamheten.

För de två byggnader där uppmätt hyresgästelanvändning finns tillgänglig, utgjorde hyresgästelen så mycket som 68 % respektive 77 % av den totala elanvändningen. För den mest lönsamma takinstallerade solcellsanläggningen (på byggnad C) eller för den största möjliga solcellsanläggningen (på byggnad D) ges en liten eller ingen överskottsproduktion alls då den producerade solelen även används till verksamheten.

Sydriktade solceller i 45° lutning ger störst produktion av el men kräver också störst yta

På de platser som studerats i studien (Stockholm, Solna och Linköping) ges störst produktion av el med söderriktade solceller monterade i 45° vinkel. Andra riktningar och vinklingar ger en annan elproduktionskurva men framförallt en lägre årsproduktion av el.

En 45° lutning på solcellerna kräver dock 20-25 % mer takyta än vad solceller monterade i 30° lutning gör. Resultaten i studien visar att skillnaden i total årsproduktion, täckningsgrad och överskottsproduktion för en lutning på 30° jämfört med en lutning på 45° är relativt liten. Vid lutningar på 15° och 0° minskar den totala årsproduktionen desto mer och därmed både täckningsgraden och överskottsproduktionen. Vid fasadinstallerade solceller (90° lutning) ges betydligt mindre elproduktion.

Studien visar att för takinstallerade solceller (lutade i 30°) riktade mot öst/väst istället för mot söder ges en lägre täckningsgrad och mindre överskottsproduktion, vilket framförallt beror på en lägre total generering av el. I denna studie varierades endast en parameter i taget, varför lutningen (30°) antogs samma som i grundfallet då en alternativ riktning på solcellerna studerades. Solceller riktade mot öst och väst genererar mer el om de monteras i 10° istället för 30°lutning. Därför är det troligt att täckningsgraden skulle bli högre för öst/väst-riktade solceller om de monteras i 10°lutning istället för 30° som antagits i studien.

Resultaten visar även att fasadinstallerade solceller ger störst årsproduktion av el och högst täckningsgrad för de studerade byggnaderna (kylda med fjärrkyla) om solcellerna är placerade på en söderfasad. När fasadpanelerna riktas mot öst eller väst, kan något mer el genereras på sommaren men mindre el genereras vår och höst.

Behov av uppmätta värden för energianvändningen med hög detaljeringsgrad

Att elastprofilen kan spela så stor roll för hur mycket av den producerade solelen som kan användas inom fastigheten ökar behovet av tillförlitlig mätdata för att kunna göra tillförlitliga prognoser och uppskattningar vid installation på befintliga byggnader eller vid nyproduktion. Datainsamling har inom projektet varit en tidskrävande uppgift, och komplett mätdata (för fastighetsel, verksamhetsel, kylbehov, värme- och tappvarmvattenbehov) på timbasis har varit svår att få tag i. För att kunna göra korrekta dimensioneringar och bedömningar av solcellsanläggningar behövs detaljerad mätning av energianvändningen för fler kommersiella fastigheter.

Upp till 25 % täckningsgrad av fastighetselen är möjlig

Efter en viss solcellssystemstorlek ökar inte täckningsgraden (för fastighetselen) så mycket mer vid ökad systemstorlek. Detta beror på att mängden producerad el som byggnaden kan tillgodogöra sig från solceller inte ökar så mycket mer, utan framförallt den extra producerade elen som matas ut på elnätet (eller till verksamheten). Det största solcellssystemet som inkluderats i studien motsvarar en täckningsgrad på runt 25 %. De mest lönsamma solcellsinvesteringarna gav en täckningsgrad på som mest 17 %.

Endast liten påverkan på elnätet

En ökad lokal elproduktion från solceller i södra Sverige kan bidra till minskade nätförluster i elnätet då mindre el behöver distribueras över långa sträckor. Överskottsproduktion av solel kan däremot innebära en belastning på elnätet. Baserat på resultaten för två kontorsbyggnader i denna studie dras slutsatsen att om den producerade solelen från takinstallerade solceller inte enbart används som fastighetsel, utan även till verksamheten, skulle det mesta av elen som genereras kunna nyttjas inom byggnaden.

Ovanstående innebär att elnätet i princip endast behövs för att distribuera el till kontorsbyggnaderna och inte till att ta emot överskottsel. Problemet med intermittent elproduktion är därför ytterst begränsad för solelproduktionen på de studerade kontorsbyggnaderna. Däremot ändras netto-ellastprofilen för byggnaden med installation av solceller. Elnätet kommer alltid behöva kunna svara upp för variationer och eventuellt bortfall i elproduktionen beroende på solinstrålning.

9.2 SPECIFIK ENERGIANVÄNDNING

Vilken potential finns att reducera den specifika energianvändningen med hjälp av installation av solceller?

Det finns möjlighet att reducera den specifika energianvändningen vid installation av solceller förutsatt att den producerade solelen kan nyttjas momentant som fastighetsel.

Potential att sänka den specifika energianvändningen beror på fastighetsspecifika förutsättningar samt tolkning av Boverkets byggregler

Potentialen att reducera energianvändningen beror på om byggnaden har ett kylbehov eller inte samt om byggnaden är kyld med fjärrkyla eller med kyla från eldrivna kylmaskiner. En alternativ tolkning av nuvarande byggregler (BBR 22) skulle innebära en betydligt kraftigare sänkning av den specifika energianvändningen för en fastighet med eldriven kyla, se Avsnitt 5.2.

Begränsad potential att reducera den specifika energianvändningen

Om en så stor solcellsanläggning som möjligt placeras på taken (upp till 360 kW_p) på de studerade byggnaderna ges en reduktion på ca 4-6 kWh/m², år, oavsett om fjärrkyla eller eldriven kyla används för att täcka komfortkylbehovet i byggnaderna. För att nå en större reduktion krävs mer tillgänglig yta för solceller än enbart taket samt någon form av energilagring.

Svårighet att uppskatta momentan matchning

Reduktion av den specifika energianvändningen förutsätter att den producerade solelen kan nyttjas momentant som fastighetsel. I studien har timvärden för uppmätt elanvändning och för simulerad elproduktion använts vid beräkning av reduktionen av den specifika energianvändningen. Det innebär att den beräknade reduktionen troligtvis är något överskattad.

9.3 LÖNSAMHET OCH ROBUSTHET

Hur bör en solcellsanläggning placeras och dimensioneras för att maximera dess lönsamhet och robusthet?

Riktning och lutning av takinstallerade solceller påverkar lönsamheten

Resultaten visar att, om investerings- och installationskostnaderna skulle vara desamma för olika riktningar och vinklingar av solcellsmodulsystem, ger takinstallerade solceller störst lönsamhet om de riktas mot syd och lutas i 45° vinkel. Trots att sydriktade solceller monterade i 45° lutning endast ger lite mer solelproduktion (ca 2 % på årsbasis) än solceller monterade i 30°, så ger skillnaden i lutning ändå viss påverkan på lönsamheten. Om takplacerade solcellerna (i 30° lutning) riktas mot öst/väst istället för söder, ges betydligt sämre lönsamhet för de studerade byggnaderna. Val av riktningen kan till och med vara avgörande för om en solcellsinvestering blir lönsam eller inte.

Takförutsättningar utgör en viktig parameter för att hitta lämpliga och billiga solcellslösningar

Takets utformning är central för möjligheten att placera solcellerna optimalt. Vid utvärderingen av takinstallerade solcellers lönsamhet har inte hänsyn tagits till takens nuvarande utformning och eventuella fördyrande installationskostnader på grund av de takspecifika förutsättningarna för respektive byggnad.

Vid projektering av solceller behöver takförutsättningarna utredas för den specifika byggnaden. En högre lutningsvinkel kan innebära större vindlaster och större infångning av snö. En högre lutningsvinkel kan även ge ökade installationskostnader. Ett sätt att undvika problem med snö- och vindinfång och samtidigt hålla nere installationskostnaderna är att installera solcellerna så att de följer takets lutning (Hedström, 2015). Det behövs dock alltid ett platsbesök för att säkerställa optimal placering, riktning och lutning av en solcellsanläggning, oavsett om det gäller tak- eller fasadinstallerade solceller (Sjöström, 2015).

Solceller på fasad kan vara mer eller mindre lönsamt än solceller på tak

Fasadinstallerade solceller är generellt sett dyrare än takinstallerade solceller, men en fasadinstallation innebär även att alternativt fasadmateriäl kan ersättas. Därmed beror lönsamheten på vilket fasadmateriäl som ersätts och vad det kostar. Resultaten visar att det inte är lönsamt med fasadinstallerade solceller ifall fasadsolcellerna installeras utan att ersätta annat fasadmateriäl eller om fasadsolcellerna ersätter putsfasad. Om fasadinstallerade solceller istället skulle ersätta en glasfasad ger en sådan lösning en bättre lönsamhet än vad solceller installerade på tak ger.

Observera dock att antagandena kring fasadinstallerade solceller i studien baseras på ett enda projekt, och eftersom resultaten slår kraftigt beroende på förutsättningarna, rekommenderas att genomföra en mer detaljerad känslighetsanalys innan val av solcellsplacering.

Planera tak- och fasadyta för solceller och använd standardmoduler

Investerings- och installationskostnaden för solceller baseras i studien på standardmoduler. Speciallösningar är betydligt dyrare, ibland dubbelt så dyra. Med tanke på att lönsamheten för solcellsinvesteringen är känslig för så små variationer som +/- 10 %, är detta något som ska ägnas stor uppmärksamhet i tidigt skede.

Rekommendationen är att planera tak- och fasadyta för solceller i tidigt skede för att möjliggöra för användandet av standardmoduler. Ett bra exempel på detta är Frodeparken, i Uppsala, där byggnadens arkitektur modifierats något för att standardmoduler för fasadsolceller skulle kunna användas (Hedström, 2015).

Varning för skuggning

Förutom att ta hänsyn till de tekniska parametrar som behandlats i studien, är det viktigt att säkerställa att solcellerna inte kommer att skuggas under deras livslängd. I studien har ingen hänsyn tagits till eventuell skuggning, fast det är vanligt att en del av en byggnads tak och särskilt dess fasad skuggas vid någon tidpunkt under dygnet pga. närliggande bebyggelse. Med tanke på känsligheten i solcellers lönsamhet för olika variationer i tekniska parametrar, så är det troligt att en delvis skuggad solcellsanläggning kan bli olönsam trots i övrigt gynnsamma förutsättningar.

Lättare att nå lönsamhet för stora solcellssystem

De solcellslösningar som i studien visar på lönsamhet är relativt stora (60-360 kW_F). Detta beror på att investerings- och installationskostnaden är lägre per installerad effekt (kW_F) för stora system.

Svårare att uppnå lönsamhet för byggnader med ett mindre elbehov

Det är svårare att uppnå lönsamhet för byggnader med ett mindre elbehov. Om solcellsanläggningen dimensioneras efter att den producerade solelen först och främst ska användas som fastighetsel, ger detta ett relativt litet elunderlag. Denna studie visar dock att om den producerade elen från en solcellsanläggning används förutom till fastighetselen, även till verksamheten, så kan det mesta av den producerade solelen nyttjas inom fastigheten och verksamheten. Möjligheten, reglerna och styrmedlen kring att sälja el till hyresgästerna, eller att dela ägarskapet i en solcellsanläggning, utgör därför en mycket viktig förutsättning för lönsamheten i en solcellsinstallation.

Viss överskottsproduktion kan vara ekonomiskt motiverad

På grund av skaleffekterna (en lägre investerings- och installationskostnad per kW installerad effekt) kan det också vara ekonomiskt motiverat att överdimensionera en solcellsanläggning (med upp till 10 % överskottsproduktion i vissa fall enligt resultaten). Detta är också orsaken till resultaten att det för byggnader som är kyllda med eldriven kylmaskin visat sig vara möjligt att installera en större och en mer lönsam solcellsanläggning. För de mest lönsamma solcellssystemlösningarna motsvarar dess produktion en täckningsgrad på kring 12-13 % i grundfallet med fjärrkyla och kring 17 % i det alternativa fallet med eldriven kyla (och en större solcellsanläggning). Givetvis bör dock åtgärder vidtas för att minska elanvändningen och kylbehovet innan någon form av aktiv energi används.

Svårighet i att finna robusta lösningar

Resultaten visar att lönsamheten för en solcellsanläggning är känslig med avseende på en mängd tekniska och ekonomiska parametrar. De tekniska förutsättningarna kan väljas för att maximera lönsamheten vid projekteringen av solcellerna. Även kalkylräntan påverkar lönsamheten, men det är upp till investeraren att bestämma hur den ska sättas med hänsyn till avkastningskrav och risk. Det är svårare att hantera de ekonomiska förutsättningarna som investeraren inte har kontroll över.

Resultaten visar att lönsamheten för en solcellsanläggning är känslig för förändringar i elprisutveckling, investeringskostnad, investeringsstöd och skatteregler. Det är mycket troligt att förändringar i systemet eller priset för gröna elcertifikat även skulle påverka lönsamheten kraftigt.

I denna studie har endast parametervariation av en parameter i taget genomförts. Det vore därför värdefullt att genomföra analyser som utvärderar robustheten för olika kombinationer.

Möjlighet till säkrad elkostnad, men lönsamheten beror på det framtida elpriset

Installation av solceller ger en låg elkostnad under den tid solcellerna genererar el. Lönsamheten av investeringen är däremot kraftigt påverkad av det framtida elpriset. I denna studie har elpriset antagits att först öka under en lång tidperiod för att sedan plana av. Det finns de som förutspår att elpriset inte bara kommer att planas ut i framtiden, utan även att det kommer att sjunka (Rydén m.fl., 2014), vilket inte tagits hänsyn till i denna studie.

Om elpriset, under den tid då solelen finns tillgänglig, skulle sjunka kraftigt på grund av en ökad andel förnybar energi i elsystemet skulle det bli svårare att få lönsamhet i en solcellsanläggning. En sådan utveckling ökar behovet av energilagring.

Skatteregler påverkar lönsamheten kraftigt

Huruvida elen kan säljas ut på nätet eller till verksamheten med eller utan energiskatt påverkar lönsamheten avsevärt. I studien illustreras att leverans ut på nätet, med dagens regler, kan göra en solcellsinvestering olönsam eftersom producenten då måste betala energiskatt på all egenkonsumerad el. Ändringar i skattereglerna som väntas träda i kraft den 1 juli 2016 ger dock att yrkesmässiga leverantörer av el inte beskattas upp till en solcellseffekt på 255 kW (Regeringen, 2015). Som visats i känslighetsanalysen i denna rapport skulle detta ge en ökad lönsamhet för solcellsanläggningen.

Det nya förslaget till utökad skattereduktion för solcellsanläggningar upp till 255 kW är angivet per organisationsnummer. Detta innebär att om organisationen redan har installerat solceller motsvarande denna effektgräns, så kommer producenten få betala energiskatt i alla fall.

Även vid försäljning av solel till hyresgästerna, räknas producenten som en kommersiell producent som därmed måste betala energiskatt för all egenkonsumerad solel. Det är möjligt att undvika skatteplikten, exempelvis genom ett lika stort påslag på samtliga hyresgästers hyror eller genom ett delat ägandeskap. Om detta påslag motsvarar vad det hade gett i intäkt att sälja elen till spotpris, skulle en sådan intäkt öka lönsamheten för solcellerna avsevärt.

Investeringsstödet kan vara avgörande för lönsamhet

Studien visar att investeringsstöd kan vara avgörande för att få lönsamhet i en solcellsanläggning. Det går inte att räkna med att få investeringsstöd för en solcellsinvestering, utan det bör mer ses som en bonus för att vara på den säkra sidan, men om möjligheten ges så kan det bidra till att olönsamma solcellsinvesteringar i vissa fall blir lönsamma och att lönsamma solcellsinvesteringar blir ännu mer lönsamma.

I höstbudgeten aviserade regeringen en ökad satsning på solceller, vilket innebär att totalt 1,4 Mkr ska avsättas till och med 2019 (Regeringskansliet, 2015b). Detta innebär

att det är mer troligt nu än tidigare att de som sökt investeringsstöd kommer att få det. Energimyndigheten (2015c) har utrett vilka stödnivåer som behövs för att investeringar i solceller (under 255 kW) ska återbetala sig givet en livslängd på 30 år. De föreslår att investeringsstödet för företag ska sänkas från 30 % (upp till 1,2 MSEK) till 10 % (upp till 500 kSEK).

För att överhuvudtaget få investeringsstöd, samt för att om möjligt få den högre stödnivån, rekommenderas att söka till länsstyrelsen så tidigt som möjligt i ett projekt.

9.4 EKOLOGISKA OCH SOCIALA ASPEKTER

Vilka ekologiska och sociala aspekter bör beaktas vid en solcellsinvestering?

Det finns många ekologiska och sociala aspekter som bör beaktas under solcellers livscykel. Bland de ekologiska aspekterna kan nämnas klimatpåverkan och annan miljöpåverkan samt resurstillgångar på solcellsmaterial. Sociala aspekter innefattar exempelvis acceptans och intresse för solceller, solcellers inverkan på jobbskapande samt arbetsmiljö och hälsorisker.

Både positiva och negativa effekter på miljö och hälsa

En slutsats som kan dras från litteraturstudien är att el från solceller ger upphov till betydligt lägre livscykelutsläpp av växthusgaser än vad el från fossila bränslen ger. En annan slutsats är att en ökad produktion av solceller kan bidra till ökade toxiska flöden samt att det finns allvarliga hälsorisker för arbetarna inom produktionen.

Eftersom tillverkningen av solcellsmoduler från råvara till färdig modul framförallt sker i andra länder än Sverige, innebär detta att miljö- och hälsopåverkan vid framställning och utvinning framför allt sker i andra länder. Därför är valet av solcellsmodulleverantör en central del i hållbarhetsansvaret.

Maximera positiva ekologiska och sociala aspekter, minimera negativa

Det är svårt och resurskrävande att göra en sammanvägd bedömning av olika ekologiska och sociala aspekter. En investerare kan däremot försöka maximera de positiva konsekvenserna och eliminera/minimera de negativa konsekvenserna av en solcellsinstallation. En investerare kan exempelvis öka effektiviteten hos solcellerna genom att placera och dimensionera solcellsanläggningen så att så mycket el som möjligt kan produceras. På så sätt kan energiåterbetalningen öka och den negativa miljöpåverkan under livscykeln per producerad kWh el minska.

För att minska den negativa inverkan på resurstillgångar och spridning av skadliga ämnen kan de som köper in solceller även välja solcellsleverantörer/tillverkare som tar ansvar för solcellerna efter dess livslängd, exempelvis genom att de är anslutna till organisationen PV Cycle (2015) som erbjuder insamling och återvinning av uttjänta solcellsmoduler i Europa.

För att minska hälsoriskerna för de som arbetar inom industrin bör beställaren välja leverantörer/tillverkare som har krav på en säker och god arbetsmiljö för personalen. Det bör även finnas krav på att de ekonomiska villkoren för personalen. Om inte dessa krav och avtal finns får beställaren ställa krav på leverantören. En investerare kan minimera de negativa ekologiska och sociala konsekvenserna genom att välja en leverantör som håller en hög nivå på sitt hållbarhetsarbete genom att exempelvis ta hjälp av rankingar såsom "Solar Scorecard 2014" (SVTC, 2014).

9.5 MÖJLIGHETER OCH HINDER

Vilka möjligheter och drivkrafter finns för att öka antalet solcellsinstallationer och vilka återstående utmaningar behöver lösas ur teknisk, ekonomisk, lagmässig eller beteendemässig aspekt?

Det finns en rad affärsmöjligheter med solceller vilka presenteras nedan. I dagsläget är dock solceller inte högt prioriterat för samtliga aktörer i bygg- och fastighetsbranschen, vilket kan bero på att hindren är större än möjligheterna.

Möjlighet till miljöprofilering samt att leva upp till tuffare miljömål och skapa nya affärer

De största möjligheterna för solceller inom kommersiella verksamheter är att företag med hjälp av solceller kan miljöprofilera sig och möta egna eller andra aktörers uppsatta energi- och miljömål/krav. Solceller kan bidra till en spännande design och få byggnaden att se hållbar ut.

Solceller kan bli en del av nya koncept för hållbara energisystemlösningar och tillsammans med fler standard- och prefabriceringslösningar kan lönsamheten ökas. I ett tidigt skede är det möjligt att byta ut andra material, exempelvis fasad och använda solceller istället, så kallade building integrated photovoltaics (BIPV).

En möjlighet är att den som satsar på eller investerar i solceller kan erbjuda en hållbar elproduktion och skapa nya marknadsandelar. En affärsmöjlighet är att sälja elen till hyresgäster eller att leasa en solcellsanläggning till de som hyr fastigheten. Den producerade elen skulle utöver el till fastigheten kunna användas till laddning av elbilar.

Otydliga och föränderliga regelverk, svårighet att nå lönsamhet samt okunskap och ovana

Det finns få incitament, både regelmässigt och skattemässigt, för kommersiella aktörer att investera i solceller. Det kan finnas svårigheter att nå lönsamhet och osäkerheten ökar då återbetalningstiden är lång. Ett av de största hindren som identifierats är att regelverken kring solcellsinstallationer gällande skatter och försäljning idag är otydliga och att dessa kan komma att ändras under solcellernas livscykel.

Låg efterfrågan från kunden ansågs vara ett hinder, men den låga efterfrågan kan bero på att kunskap om möjligheterna med solceller såväl som verktyg och beslutsstöd saknas.

Ett annat hinder som identifierats är att det saknas kunskap och vana och att det finns brist på erfarenhetsåterföring i branschen. Det finns en stor risk att solceller kommer in i fel skede i byggprocessen, vilket leder till fördyringar samt till att solceller ofta prioriteras bort för att hålla budgeten. Det finns en risk att en negativ spiral som denna uppstår om inte kunskaper och erfarenheter sprids.

9.6 AKTÖRER OCH BEHOV AV STÖD

Vilka aktörer kan öka möjligheterna och eliminera/minska hindren och vilken typ av stöd behöver de?

Som diskuterats tidigare, finns förutsättningar idag som hindrar en ökning av antalet solcellsinstallationer i Sverige. En rad åtgärder behöver genomföras för att öka möjligheterna samt eliminera eller minska hindren för solceller i bygg- och fastighetsbranschen. De aktörer som kan bidra till detta är exempelvis politiker,

byggföretag och utbildningsväsendet. Nedan ges några rekommendationer.

- Politiker rekommenderas att gemensamt ta fram långsiktiga och mer tydliga regelverk och styrmedel kring solcellsinstallationer vad avser exempelvis försäljning av el och investeringsstöd, vilket just nu är på gång, samt att sätta tydligare miljömål och krav. Hur momentant nyttjad solel ska tillgodogöras vid beräkning av den specifika energianvändningen enligt Boverkets byggregler rekommenderas även att ses över.
- Kommunpolitiker rekommenderas att se över bygglovsprocessen och detaljplaneringen för att underlätta för solcellsinstallationer.
- Byggherrar, fastighetsutvecklare och byggföretag rekommenderas att sätta tydliga miljömål som de ser till att leva upp till. De rekommenderas även att skapa utrymme för informations spridning och erfarenhetsåterföring mellan aktörer och inom företag.
- Dessutom behöver utbildningsmaterial tas fram på både spets- och basnivå för att alla involverade aktörer – politiker såväl som hyresgäster – ska kunna förstå fördelarna med solceller och hur de själva kan öka möjligheterna och minska hindren för solceller i sina beslut och ageranden.
- Utöver utbildningsmaterial, behöver verktyg och beslutstöd tas fram som underlättar för olika aktörer i den ytterligare process som en investering i solceller innebär. Detta är nödvändigt för att en solcellsinstallation ska komma in i rätt skede, bli så kostnadseffektiv som möjligt och inte strykas i projekten.

9.7 REKOMMENDATIONER OCH STÖD

Inom projektet har en folder tagits fram med rekommendationer och stöd för nybörjare vid installation av solceller på kommersiella byggnader. Stödet riktar sig till fastighetsägare, entreprenörer, projektörer och installatörer. Framförallt behandlas vad man behöver tänka på vid en solcellsinstallation. Följande fem frågor tas upp i foldern:

- Vilka är möjligheterna och hindren med solel?
- Hur väljer jag rätt för att skapa en god lönsamhet?
- Vilka förutsättningar kopplade till fastigheten behöver utredas?
- Hur påverkas byggnadens specifika energianvändning av en solcellsinstallation?
- Är det lätt att välja rätt med tanke på ekologisk och social hållbarhet?

10 Referenser

- Boverket, 2015. Boverkets byggregler BBR 19, BBR 20, BBR 21 samt BBR 22, BFS 2011:6 med ändringar t.o.m. 2015:3, Boverket (www.boverket.se).
- Bundesverband Solarwirtschaft (BSW), 2015. Statistic data on the German Solar power (photovoltaic) industry. Tillgänglig från: www.solarwirtschaft.de/en/photovoltaic-market.html (2015-01-15).
- Candelise, C., Spiers, J., Gross, R., 2011. Materials availability for thin film (TF) PV technologies development: a real concern? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*; 15(9): 4972-4981.
- Carrier, 2015. Beräkningsprogram EMEA Packaged Chiller Builder v3.29t, Carrier AB (www.carrierab.se).
- Ei, 2015. Statistik över Nordisk residualmix år 2014. Energimarknadsinspektionen (Ei). Tillgänglig från: ei.se/sv/el/elmarknader-och-elhandel/handel-med-el/ursprungsmarkning-av-el/ursprungsmarkning-information-framst-for-elhandelsforetag/residualmixen/ (2016-01-27).
- Eme och Profu, 2010. Miljövärdering av el – med fokus på utsläpp av koldioxid. Eme Analys AB och Profu i Göteborg AB. Tillgänglig från: elforsk.se (2016-01-28).
- Energimyndigheten, 2015a. Bli kontohavare. Tillgänglig från: cesar.energimyndigheten.se/Lists/PublicPages/AboutElCertificates.aspx (2015-11-10).
- Energimyndigheten, 2015b. Statistik elcertifikat. Tillgänglig från: cesar.energimyndigheten.se (2015-01-16).
- Energimyndigheten, 2015c. Underlag till revidering av förordning om solcellsstöd - En delrapport med konkreta förslag till revidering av förordningen (2009:689) om statligt stöd till solceller, Dnr 2014-7709.
- Equa, 2015. Energiberäkningsverktyg för byggnader, IDA ICE v4.6, Equa (www.equa.se).
- Europaparlamentets och rådets direktiv, 2010. Europaparlamentets och rådets direktiv 2010/31/EU av den 19 maj 2010 om byggnaders energiprestanda (omarbetning).
- Eurovent. 2015. European seasonal energy efficiency ratio, ESEER, Eurovent (www.eurovent-certification.com).
- Fahlén, E., Flodberg, K., Grill, E. 2013. Kylteknik och förnybar energi i kontorshus, SBUF Rapport 12732. Tillgänglig från: www.sbuf.se (2015-11-26).

- Folkhälsomyndigheten. 2014. Social hållbarhet. Tillgänglig från:
www.folkhalsomyndigheten.se/motesplats-social-hallbarhet/social-hallbarhet/
 (2015-06-25)
- Fthenakis, V.M., Kim, H.C, Alsema, E. 2008. Emissions from Photovoltaic Life Cycles;
Environmental Science & Technology; 42(6): 2168-2174.
- Good Company. 2010. Health and Safety Concerns of Photovoltaic Solar Panels.
 Tillgänglig från: www.oregon.gov/odot/hwy/oipp/docs/life-cyclehealthandsafetyconcerns.pdf (2015-04-20).
- Hedberg, P. och Holmberg, S. 2014. Svenska folkets åsikter om olika energikällor 1999-2013. Tillgänglig från: som.gu.se (2015-04-20).
- Hedström, Lars. 2015. Solkompaniet, personlig kontakt 2015.
- Hellberg C., m.fl., 2007. Förbättrad energistatistik för lokaler – ”Stegvis STIL” Rapport för år 1, Inventeringar av kontor och förvaltningsbyggnader. Eskilstuna: Energimyndigheten, ER 2007:34. Tillgänglig från:
energimyndigheten.a-w2m.se/Home.mvc?ResourceId=2316 (2016-01-27).
- Huld, T. 2012. Solar Photovoltaic Electricity Potential in European Countries.
 Tillgänglig från: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/> (2015-11-10).
- IEA, 2015. Life Cycle Inventories and Life Cycle Assessments of Photovoltaic Systems, rapport IEA-PVPS T12-04:2015. Tillgänglig från: www.iea-pvps.org (2016-01-19).
- IPCC, 2012. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. Tillgänglig från: www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srren/SRREN_FD_SPM_final.pdf (2015-04-20).
- Johansson, N. och Karlsson, J., 2015. Economic feasibility for solar PV in Swedish Office Buildings, Examensarbete E 2015:01, Chalmers tekniska högskola.
- Kovacs P. och Wahlgren, P., 2012. Solenergipotential i Västra Götalandsregionens fastigheter. Borås: Sveriges Tekniska Forskningsinstitut (SP). Tillgänglig från: www.vgregion.se (2015-12-01).
- Lindahl, J., 2013. National Survey Report of PV Power Applications in Sweden, Uppsala: IEA International Energy Agency. Tillgänglig från: www.iea-pvps.org (2015-12-01).
- Lublin, S., 2010. Energin i våra lokaler, Resultat från Energimyndighetens STIL2-projekt. Eskilstuna: Energimyndigheten. Tillgänglig från:
energimyndigheten.a-w2m.se/Home.mvc?ResourceId=2455 (2016-01-27).
- Meteotest, 2015. Meteororm - Climatological data and typical years world wide. Tillgänglig från: www.meteotest.ch/en/footer/navi/solar_energy/meteororm/ (2015-11-16).

- MSB, 2014. RÅD Räddningsinsats i samband med brand i solcellsanläggning, Karlstad: Myndigheten för samhällskydd och beredskap. Tillgänglig från: www.msb.se/RibData/Filer/pdf/27459.pdf (2015-12-01).
- NEPP, 2012. Mid-term report, North European Power Perspective (NEPP). Tillgänglig från: www.nepp.se/pdf/mid_term.pdf (2015-12-01).
- Noord, M. och Ärlebäck, J.P. 2011. Solceller i samhällsplanering, Elforsk rapport nr 11:75. Tillgänglig från: elforsk.se/Rapporter/?rid=11_75_ (2015-12-01).
- Noord, M., 2010. Byggnadintegrerade solcellsanläggningar Europeisk Best Practice, Elforsk rapport nr 10:41. Tillgänglig från: www.elforsk.se/Rapporter/?download=report&rid=10_41_ (2015-12-01).
- NREL, 2012. Life Cycle Greenhouse Gas Emissions from Solar Photovoltaics, National Renewable Energy Laboratory (NREL). Tillgänglig från: www.nrel.gov/docs/fy13osti/56487.pdf (2015-04-20).
- Paradis, Johan. 2013. Lönsam solel? Göteborg: Västra Götalandsregionen.
- PV Cycle, 2015. PV Cycle Association (www.pvcycle.org).
- PV Syst, 2015. PV Syst Photovoltaic Software, PV Syst (www.pvsyst.com).
- PVPS, 2014. Trends 2014 in Photovoltaic Applications, Report IEA-PVPS T1-25:2014. Tillgänglig från: www.iea-pvps.org (2015-12-01).
- Regeringen, 2015. Lagrådsremiss - Vissa punktskattefrågor inför budgetpropositionen för 2016, Stockholm den 25 juni 2015.
- Regeringskansliet, 2015b. Fakta-PM - Investeringar för klimatet i BP16 inklusive VP15. Tillgänglig från: www.regeringen.se/contentassets/7cd7362c2b6046b0b458f98311d1cef1/fakta-pm-klimatpaketet.docx.pdf (2015-11-24).
- Regeringskansliet. 2015a. Regeringens insatser för att utveckla solenergi. Tillgänglig från: www.regeringen.se/artiklar/2015/10/regeringens-insatser-for-att-utveckla-solenergin/ (2015-11-10).
- Rosander, P., 2010. Kemikalier och klimat - Synergier och målkonflikter mellan miljömålen - Giftfri miljö och Begränsad klimatpåverkan, Sundbyberg: Kemikalieinspektionen.
- Rydén, B., m.fl., 2014. Fördjupad scenarioanalys och kvantifiering av rådets fyra scenarier, North European Power Perspective (NEPP). Tillgänglig från: www.nepp.se/pdf/Profu%20-%20Slutrapport%20för%20NEPP-uppgift%2020under%202014.pdf (2015-12-01).
- Sandén, B. och Arvesen, A. 2014. Energibalans och klimatpåverkan - en liten investering ger stor effekt.
- SFS 2015:214. 2015. Lag (1994:1776) om skatt på energi.

SFS 2015:259. Ellag (1997:857).

Sjöström, Petter, 2015. Personlig kontakt 2015.

Solelprogrammet, 2015. Beskrivning av hur solcellen fungerar – Nätanslutna solcellssystem. Tillgänglig från: www.solelprogrammet.se/Om-solcellstekniken1/Solel-for-elforetag/Hur-fungerar-solcellen1/ (2015-04-13).

Stridh, B. 2015. Vad kostar solceller. Tillgänglig från: bengtsvillablogg.info/2015/03/09/vad-kostar-solceller-uppdatering-20150309/ (2015-01-16).

SVEBY, 2013. Brukarindata kontor, Version 1.1, 2013-06-05. Tillgänglig från: www.sveby.org/wp-content/uploads/2013/06/Brukarindata-kontor-version-1.1.pdf (2016-01-28).

SVK, 2015. Development projects Nordbalt. Tillgänglig från: www.svk.se/en/grid-development/Developmentprojects/nordbalt1 (2015-04-13).

SVK. 2015. National Grid - The Control Room. Tillgänglig från: www.svk.se/en/national-grid/the-control-room/ (2015-04-13).

SVTC, 2014. 2014 Solar Scorecard, Silicon Valley Toxics Coalition (SVTC). Tillgänglig från: www.solarscorecard.com/2014/ (2015-08-24).

Szaniawski, P., 2014. Solcellsforskning vanliga frågor. Tillgänglig från: www.sse.uu.se/forskning/Solceller/FAQ/ (2015-04-13).

Tekniska verken, 2013. Abonnemangsformer småskalig elproduktion. Tillgänglig från: www.tekniskaverken.se (2015-01-16).

Tekniska verken, 2015. Pristlista småskalig elproduktion max 100 A. Tillgänglig från: www.tekniskaverken.se (2015-11-10).

Wallberg, P., 2014. Skatteregler för solcellsanläggningar. Tillgänglig från: www.sabo.se/aktuellt/sabotycker/snabbanalyser/Documents/Snabbanalys%20Solel%20okt%202014.pdf (2015-11-10).

Vattenfall, 2015a. Energiskatter. Tillgänglig från: www.vattenfall.se/sv/energiskatter.htm (2015-11-10).

Vattenfall, 2015b. ELNÄT: Tariffer för småskalig elproduktion. Tillgänglig från: www.vattenfall.se (2015-01-16).

Velasolaris, 2015. Polysun v. 7.2.4 Simulation Software, Velasolaris (www.velasolaris.com).

Bilaga 1. Informationsinsatser

Utöver slutrapport och framtaget beslutsstöd har resultaten från projektet spridits genom presentationer, konferens, artiklar, exjobb, workshops och referensgruppsmöten, vilka sammanställs i detta kapitel.

Publikationer och konferenspresentation

Resultaten från projektet har spridits genom en artikel som presenterats på konferensen 7PHN Sustainable Cities and Buildings 2015, en exjobb rapport samt en populärvetenskaplig artikel i branschtidning, se publikationslista nedan.

- Karlsson, J., Fahlén, E., Johansson, N., Grill, E., 2015. Smart integration of solar power in office buildings – Case studies of coverage and surplus generation. I proceeding: 7PHN Sustainable Cities and Buildings, Köpenhamn, 20-21 augusti 2015. Tillgänglig från: passivhus.dk/wp-content/uploads/7PHN_proceedings/076.pdf (2016-01-27).
- Johansson, N., Karlsson, J., 2015, Economic feasibility for solar PV in Swedish Office Buildings, Examensarbete E 2015:01, Chalmers tekniska högskola.
- "Solceller på kontorshus – en smart idé". Artikel som ska publiceras i VVS-Forum 2016, nr 2 eller 3, se www.vvsforum.se.

Övriga presentationer

En presentation kring projektet hölls för Byggherregruppen för lönsamma solcellsinstallationer, den 27 maj 2015, på Norra Djurgårdsstaden Innovation, Stockholm. Totalt deltog 37 personer, vilka bland annat representerade fastighetsägare, byggföretag och olika konsulter.

Resultaten har presenterats på en utbildningsdag på NCC den 12 november 2015 då även flera leverantörer av solceller och solfångare och solenergikonsulter var inbjudna som föredragshållare. Under dagen utbyttes och diskuterades erfarenheter, förutsättningar och rekommendationer vid solcellsinstallationer.

Slutligen har en presentation med resultat från studien hållits för allmänhet och branschfolk vid seminariet "Plusenergihus – möjligheter och hinder med solceller" i Dome of Visions, på KTH, den 26 januari 2016. Totalt deltog ca 30 personer.

Workshops och referensgruppsmöten

Två workshops – en om möjligheter och hinder för solceller och en om aktörer och behov av stöd – har genomförts på NCC:s kontor i Göteborg den 25 maj 2015. Totalt deltog 17 personer, vilka representerade byggföretag, fastighetsägare/förvaltare, universitet, solcellskonstultföretag och arkitektbyrå.

Informationsspridning har även skett genom fyra referensgruppsmöten med representanter från högskola, byggföretag, fastighetsägare/förvaltare samt representanter från kylmaskins- och solcellsbranschen (5 juni 2014, 5 november 2014, 25 maj 2015 samt 4 november 2015). Erfarenhetsutbyte inom referensgruppen har i sig bidragit till att höja kompetensen i solenergi branschen.

Bilaga 2. Beräkning av elkyllast

Nedan beskrivs två olika metoder för att ta fram ellastprofilen för en kylmaskin utifrån ett givet kylbehov.

Två olika metoder har använts för att bedöma hur ellastprofilen blir om det uppmätta kylbehovet skulle försörjas av en eldriven kylmaskin, varav alternativ 1 (Alt 1) är det som använts i den tekno-ekonomiska analysen. Den dimensionerande topplasten för kylmaskinen, har uppskattats till 60 % av det maximala kylbehovet. För de få timmar där kyleffektbehovet är högre än kylmaskinens topp effekt, antas ackumulerad kyla i byggnaden och kylsystemet täcka behovet.

Alt 1. EER för kylmaskinens dellaster enligt byggnadens kylbehov

Verkningsgraden för eldrivna kylmaskiner, energy efficiency ratio (EER), definieras som producerad kyla från en enhet använd el. Med hjälp av Carriers beräkningsprogram *EMEA Packaged Chiller Builder* har verkningsgraden, *Energy Efficiency Ratio* (EER), beräknats för dellasterna 25, 50 och 75 %. Nedan presenteras resultat från en datakörning för en luftkyld kylmaskin.

$$EER(100\%) = 2,67 \text{ [-]}$$

$$EER(75\%) = 3,35 \text{ [-]}$$

$$EER(50\%) = 3,91 \text{ [-]}$$

$$EER(25\%) = 4,15 \text{ [-]}$$

Det timvisa elbehovet till kylmaskinen beräknas därefter genom att det uppmätta kylbehovet divideras med den EER som bäst motsvarar aktuell dellast för varje timme. Om kyleffekten är mindre än 25 % av topp effekten tas EER för 25 % last, om kyleffekten ligger på mellan 25 och 50 % av topp effekten används EER för 50 % last o.s.v.

Alt 2. Konstant ESEER för kylmaskinen, säsongsverkningsgrad enligt Eurovent

Säsongsverkningsgraden *European Seasonal Energy Efficiency Ratio* (ESEER) är definierad av Eurovent Certification Company och baseras på en förutbestämd lastprofil enligt följande:

$$ESEER = A * EER(100\%) + B * EER(75\%) + C * EER(50\%) + D * EER(25\%)$$

$$A_{100\% \text{ last}} = 3 \% \text{ av året}; B_{75\% \text{ last}} = 33 \% \text{ av året}; C_{50\% \text{ last}} = 41 \% \text{ av året}; D_{25\% \text{ last}} = 23 \% \text{ av året}$$

Vid användandet av ESEER, i känslighetsanalysen, divideras kylbehovet för varje timme med samma konstanta ESEER. Datakörningen för samma luftkylda kylmaskin som i exemplet ovan ger en säsongsverkningsgrad enligt nedan.

$$ESEER = 3,75 \text{ [-]}$$

Bilaga 3. Workshop

Workshopen syftar till att identifiera vilka möjligheter och hinder det finns för att öka antalet solcellsinstallationer på kommersiella fastigheter. Vi kommer tillsammans identifiera var i byggprocessen – från anbudsskedet till förvaltning – som de största möjligheterna och hindren finns samt vilka aktörer som är involverade och vilken typ av stöd de behöver för att öka möjligheterna och eliminera/minska hindren.

Möjligheter (ca 30 min)

1. Vilka är de största drivkrafterna och affärsmöjligheterna för ert företag/er organisation att investera i eller att sälja solceller? (Spåna själv och skriv ned på post-it lappar 3 min)

För aktörer som varken investerar i eller säljer solceller, svara på frågorna utifrån bygg- och fastighetsbranschen som helhet: Vilka är de största drivkrafterna och affärsmöjligheterna för bygg- och fastighetsbranschen att öka antalet solceller?

2. Var i processchemat finns dessa möjligheter? (Placera ut dina lappar på processkartan 2 min)
3. Genomgång (15 min/grupp, ca 1 min/lapp)
4. Välj ut de tre största möjligheterna att presentera för de andra grupperna (5 min)

Hinder (ca 30 min)

1. Vad är det som huvudsakligen hindrar ert företag/er organisation ifrån att investera i eller att sälja solceller? (Spåna själv 3 min)

För aktörer som varken investerar i eller säljer solceller, svara på frågorna utifrån bygg- och fastighetsbranschen som helhet: Vad är det som huvudsakligen hindrar bygg- och fastighetsbranschen ifrån att öka antalet solceller?

2. Var i processchemat uppstår dessa hinder? (Placera ut 2 min)
3. Genomgång (15 min/grupp, ca 1 min/lapp)
4. Välj ut de tre mest kritiska hindren att presentera för de andra grupperna (5 min)

Aktörer och stödbehov (ca 60 min)

1. Genomgång av var och en av de tre största möjligheterna och var och ett av de tre mest kritiska hindren (ett i taget): identifiera vilka aktörer som kan öka möjligheterna eller eliminera/minska hindren samt identifiera vilken typ av stöd respektive aktör behöver? (ca 45 min, har ni tid över fortsatt med övriga möjligheter och hinder i prioritetsordning)
2. Förbered att presentera för de andra grupperna de tre viktigaste aktörerna som identifierats och vilken typ av stöd de behöver för att öka möjligheterna och eliminera/minska hindren (5 min)

SOLCELLER PÅ SVENSKA KONTORSBYGGNADER

Resultaten från denna studie visar att lönsamheten för en solcellsanläggning är känslig för en mängd fastighetsspecifika, tekniska och ekonomiska parametrar. Optimal placering av en solcellsanläggning ur ett lönsamhetsperspektiv beror i hög grad på byggnadens specifika tak- och fasadförutsättningar. Dyra speciallösningar stjälper lätt en solcellsinvestering. Rekommendationen är därför att planera tak- och fasadyta för solceller i tidigt skede för att möjliggöra för användandet av standardmoduler.

Lönsamheten beror även i hög grad på hur väl produktionen av el sammanfaller med behovet av el i byggnaden. Samtidigt är det lättare att nå lönsamhet för stora solcellsanläggningar på grund av lägre investerings- och installationskostnader per installerad effektighet. I vissa fall kan det till och med vara ekonomiskt motiverat att överdimensionera en solcellsanläggning.

Särskilt känslig är lönsamheten för den framtida elprisutvecklingen, eventuellt investeringsstöd och dess stödnivå samt för skattereglerna kring försäljning av el. För att minska osäkerheten i en solcellsinvestering behövs långsiktiga lagar och regler kring solceller.

Ett nytt steg i energiforskningen

Energiforsk är en forsknings- och kunskapsorganisation som samlar stora delar av svensk forskning och utveckling om energi. Målet är att öka effektivitet och nyttiggörande av resultat inför framtida utmaningar inom energiområdet. Vi verkar inom ett antal forskningsområden, och tar fram kunskap om resurseffektiv energi i ett helhetsperspektiv – från källan, via omvandling och överföring till användning av energin. www.energiforsk.se