

Solcellsanläggningar

- Möjligheter för integrerade och applicerade solceller på fasad- och tak i Sverige



**LUNDS
UNIVERSITET**

Lunds Tekniska Högskola

**LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Avdelningen för Byggnadsfysik**

Examensarbete:
Max Henriksson
Jessica Hermansson

© Copyright Max Henriksson, Jessica Hermansson

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Lunds universitet
Box 882
251 08 Helsingborg

LTH School of Engineering
Lund University
Box 882
SE-251 08 Helsingborg
Sweden

Tryckt i Sverige
Media-Tryck
Biblioteksdirektionen
Lunds universitet
Lund 2013

Sammanfattning

Det finns ett stort behov av att öka kunskapen om möjligheten att använda solceller. Rapporten kommer därför att beröra applicering och integrering av olika typer av solcellsmoduler i framförallt fasad där aspekter såsom estetik, ekonomi och effektivitetsgrad är centrala begrepp. Frågor såsom ”*Varför ser vi sällan fasadapplikationer i Sverige?*” och ”*Är det lönsamt och ger det någon avkastning i jämförelse med takmonterade solceller?*” kommer att undersökas och besvaras.

För att lättare kunna redovisa resultat har en referensbyggnad på området Rosengård i Malmö använts. En jämförelsestudie har upprättats mellan standard-solcellsmoduler applicerade på tak och tunnfilmsmoduler integrerade och applicerade på befintlig fasad.

Studien avgränsas till att enbart se på ekonomin för vald solcellsprodukt. Hän-syn ska dock tas till prisuppgifterna för solcellssystemen då marknaden för solceller inte är konstant. Solcellernas tekniska funktion berörs endast ytligt då vi utgår ifrån en färdig produkt.

Resultatet har medfört att med tunnfilmssolceller på fasaden kommer det ta ungefär 16 år att betala av hela systemet. Kvarvarande tid, till dess att solcellerna är förbrukade, kommer att gå med vinst.

Solpanelerna på taket har en bättre avkastning i förhållande till det kapital man måste investera vid starttillfället. För detta system tar det nästan 10 år innan det är avbetalat.

Nyckelord: Solceller, solcellsanläggningar, integrering, applicering.

Abstract

We have, in collaboration with Malmö city planning, come to the conclusion that there's a lack of knowledge when it comes to placement of the solar cell modules. This report will therefore refer to application and integration of different types of solar cell modules, especially when it comes to façade, where aspects like aesthetics, economy and the degree of efficiency is most central concepts. Questions such as “*How come we rarely see facade applications in Sweden?*” and “*Is it profitable and does it give anything in return in comparison with roof mounted solar cells?*” will be examined and answered.

A reference building in *Rosengård, Malmö* has been chosen in order to more easily present the results of the investigation. A comparison study has been established for standardized solar cell modules applied to roofs and thin film modules integrated or applied to existing façade.

The study has been delimited in order to more easily be able to compare results. When the decision of which solar cell system will be chosen the boundary is set to look upon the economical aspect in the case. However consideration must be taken to price index since the solar cell market prices is ever changing. The technical function of the solar cells will only be affected superficially as we assume a finished product.

The conclusion states that thin film solar cells will take 16 years to pay off. Remaining years, until the time that the solar cells are consumed, will bring profit.

The solar panels on the roof will be a better investment in ratio to the invested capital at starting point. The solar panels will take 10 years before the system has paid off.

Keywords: Solar cells, solar systems, integration, application.

Förord

Vi skulle vilja tacka Malmö Stadsbyggnadskontor och framförallt Tony Jonasson som genom sin positiva inställning och sitt ifrågasättande har hjälpt oss till en bra start av rapporten. Vi skulle även vilja tacka Carina Sjöholm som gjorde det möjligt för oss att komma i kontakt med Malmö Stadsbyggnadskontor. Ett stort tack vill vi även rikta till ekonom Anette Henriksson som har hjälpt oss med att upprätta en plan för ekonomidelen. Sist men inte minst skulle vi vilja tacka vår examinator, Elisabeth Kjellsson, som gav oss nyttig feedback i slutet av studien.

Lund i juni 2013

Max Henriksson & Jessica Hermansson

Innehållsförteckning

1 INLEDNING.....	1
1.1 Bakgrund.....	2
1.1.1 Upptäckten av solceller.....	2
1.1.2 Hur fungerar en solcell?.....	3
1.2 Elektricitet från solenergi i världen	4
1.2.1 Malmö Stad – En hållbar satsning	8
1.2.2 Området – Rosengård	9
1.3 Syfte	10
1.4 Frågeställning.....	10
1.5 Avgränsningar.....	10
1.6 Disposition	10
2 METOD.....	11
3 FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR SOLCELLER	13
3.1 Solceller – statligt stöd.....	13
3.2 Väderförhållanden – solskenstimmar	13
3.3 Effektivitetsreducerande faktorer.....	17
3.4 Underhåll av solcellsmoduler	18
3.5 Solcellsprodukter	19
3.5.1 Solceller på tätskiktsmatta	21
3.5.2 Falsade solcellsplåttak	22
3.5.3 Solcellsplåtfasader	23
3.5.4 Modulfasader	24
3.6 Kvalitetssäkring av solceller.....	25
3.6.1 Besiktning av uppsatta solceller	27
3.7 Takapplicerade och integrerade solcellsmoduler.....	28
3.7.1 Montering.....	28
3.7.2 Tillverkare och återförsäljare.....	29
3.7.3 Prisuppgifter.....	30
3.7.4 Effektivitet	30
3.8 Fasadintegrerade och applicerade solcellsmoduler	30
3.8.1 Värmemotstånd vid integrering av solceller.....	31
3.9 Fuktaspekt vid montering av solceller	33
3.10 Bygglov	34
3.11 Årsförbrukning hushåll	34
3.12 Ungefärlig elproduktion och elförbrukning.....	34
3.12.1 Elpris och intäkter	35
3.13 Kostnader	36
3.13.1 Tunnfilmssolceller fasad.....	39
3.13.2 Solpaneler tak.....	44
3.14 Integration i befintlig tegelfasad	48
4 RESULTAT	50

5 DISKUSSION OCH SLUTSATS	52
5.1 Framtida forskning	54
6 REFERENSER	56
7 BILAGOR	61
7.1 Bilaga 1	61
7.2 Bilaga 2	63
7.3 Bilaga 3	65
7.4 Bilaga 4	66
7.5 Bilaga 5	67

Figurförteckning

Figur 1.2 Schematisk redovisning av solcellsprocessen med en kiselskiva.	3
Figur 3.2 Diagrammet visar utvecklingen av mängden installerade solcellers kapacitet i GWp, mellan åren 1992 och 2012. Den övergripande utvecklingen är gjord av länder som är medlemmar i IEA medan den mindre delen i staplarna är bidrag från länder som står utanför programmet.	6
Figur 3.3 Sammanställning av global data som berör konsumerad elektricitet, installerad solcellskapacitet, installerade solceller, teoretisk solcellsproduktion samt bidragande solcellsenergi till en totalförbrukning för varje land under år 2012.	7
Figur 3.4 Producerad förnybar energi från solcellsanläggningar.....	8
Figur 3.5 Antal solskenstimmar per år, 1961-90 (SMHI 2009).....	13
Figur 3.6 Samlade värden för ackumulerad globalstrålning på olika orter i Sverige mellan åren 1983 till 2012. Den svarta linjen visar ett medelvärde för samtliga orter och den gråa linjen visar ett linjärt samband av solskenstimmar (SMHI 2009).	14
Figur 3.7 Jämförelse av årlig medel-solinstrålning, kWh/m ² år, i svenska städer för en horisontell yta respektive 45° lutning mot söder (Kjellsson 2000).....	15
Figur 3.8 Tunnfilmsmoduls resp. kiselcellsmoduls påverkan av 10 % horisontell skuggad yta. Tunnfilmsmodulen förlorar 10 % effekt och kiselcellsmodulen förlorar hela 100 % beroende på modulernas olika uppbyggnad (SolEIProgrammet u.å.).	16

Figur 3. 9	Tunnsfilmsmoduls resp. kiselcellsmoduls påverkan av 10 % horisontell skuggad yta. Tunnsfilmsmodulen förlorar 10 % effekt och kiselcellsmodulen förlorar hela 100 % beroende på modulernas olika uppbyggnad.....	16
Figur 3.10	Kiselceller i olika färger. F.v. standardfärgen blå, melerad silvergrå, kamouflage och gråskimrande.... Fel! Bokmärket är inte definierat.	
Figur 3.11	Monokristallina solceller resp. polykristallina solceller (SolEIProgrammet u.å.)	20
Figur 3.12	Typexempel vanlig beslagsats (f.v.): plåttak, plana tegeltak, tegeltak och skiffertak. Visade alternativ infästs i takläkten. © Modern Energi Sverige AB	28
Figur 3.13	Basskena, ramskarvavsats, beslagsats för skena, mellanbeslagsats och ändbeslagsats. Observera att beslagsatserna kan skilja sig åt beroende på återförsäljare. © Modern Energi Sverige AB	29
Figur 3.14	Anslutningsplåt för taktäckning vid integration av solcellsmoduler. Plåtarna kan fås i önskad färg för att passa till övrigt taksikt © Warmec Scandinavia	33
Figur 3.15	Generell bedömning av relationen mellan pris och kvantitet vilka påverkas av utbud och efterfrågan.....	35
Figur 3.16	Elpriser för olika typkunder under perioden 1996 till dagens pris 2013 (SCB)	36
Figur 3.17	Prisutveckling för solcellsmoduler mellan år 2005 och 2012. Figuren visar hur kostnaden under de senaste åren av nätanslutna och fristående solcellssystem på tak har sjunkit från 60 till mellan 16 och 22 kr/W resp. från 100 till 26 kr/W	38
Figur 3.18	Kostnadsläges utveckling årligen efter investeringen.....	41
Figur 3.19	Jämförelsegraf mellan kostnad och intäkt. Där graferna möts är ett jämviktsläge, vilket innebär att man har betalat av kostnaden för installationen och får kommande år avkastning för anläggningen	42
Figur 3.20	Kostnadsläges utveckling årligen efter investeringen.....	44
Figur 3.21	Jämförelsegraf mellan kostnad och intäkt. Där graferna möts är ett jämviktsläge, vilket innebär att man har betalat av kostnaden för installationen och får kommande år avkastning för anläggningen	46

Tabellförteckning

Tabell 3.1 Tabellen listar de länder, både medlemmar och icke-medlemmar av PVPS, som under 2012 installerade störst mängd solenergi samt de länder som hade störst totalkapacitet av solenergi fram till år 2012	5
Tabell 3.2 Medelvärde av effektivitetsreducerande faktorer för solceller (Edelman et al. 2012).	17
Tabell 3.3 Jämförelsetabell av värmemotståndet R, m ² K/W, för olika fasadmaterial med ventilerat skikt	32
Tabell 4.3 Kostnaden för resurser och arbetskraft för nedrivning av tegel.....	48

1 INLEDNING

Samhället vi lever i blir allt mer miljövänligt, det görs aktiva val med hänsyn till miljön och det ställs högre krav på såväl livsmedelsvaror som energimärkning av hus. En fråga som länge varit relevant och som idag är väsentlig med tanke på vårt levnadssätt, är hur hushållsel kan framställas samtidigt som miljön undgår en negativ påverkan. Redan under 1800-talet insåg man att vår största energikälla, solen, kunde nyttjas genom att använda dess strålning för att producera el. Denna forskning är idag långt framskriden och har resulterat i dagens solceller. Trots att solcellen idag är något välkänt för de flesta invånare i Sverige, har den haft en långsam utveckling vad gäller faktiska installationer. Det var länge för dyrt att installera solceller i förhållande till den mängd el som det genererade. Idag är kostnadsläget annorlunda och det saknas fortfarande en bredare kunskap om produkten. Det behövs ett djupare intresse på riksdagsnivå för att öka kunskapen och tillgängligheten för allmänheten. Det ska löna sig att vara miljövänlig och vilja värna om vår natur.

Tillsammans med Malmö stadsbyggnadskontor har vi valt att studera hur man möjligtvis kan få dagens solceller, som idag till största del består av takapplikerade paneler, att bli mer estetiskt tilltalande genom att integrera och applicera dessa i husets konstruktion. För att göra redovisningen mer konkret valde vi ut en fastighet i Malmö där en upprustning möjligen hade kunnat vara till fördel för området, samtidigt som huset hade en stereotypisk karaktär som existerar på flera platser runtom i Sverige. Detta ger övriga fastighetsägare en uppfattning och idé om hur man eventuellt kan förändra, inte bara fastighetens utsida, utan även helhetsintrycket av området. Att integrera och applicera solceller visar inte bara på intresset av att värna om vår miljö utan även på att man är i framkant av den tekniska utvecklingen och att man vågar satsa på en långsiktig, hållbar lösning.

Rapporten kommer att beröra såväl den estetiska effekten, som den tekniska och miljömässiga. Det kommer även att diskuteras kring den ekonomiska aspekten som är av intresse för att kunna jämföra olika alternativ av lösningar. För att fullfölja hela processen kommer det även nämnas några praktiska faktorer kring installation av solceller och hur man går tillväga rent formellt, dvs. bygglov, bidrag samt certifiering.

1.1 Bakgrund

I samarbete med Malmö stadsbyggnadskontor har vi kommit fram till att det finns bristande kunskap vad gäller integrering och applicering av solceller på byggnader, bland såväl yrkesmän som privatpersoner. Den estetiska faktorn blir allt mer intressant då den tekniska biten ligger i framkant av utvecklingen. Tanken är att hitta alternativa lösningar på hur man möjligen kan öka attraktionskraften för en byggnad genom att integrera eller applicera solceller i byggnadens konstruktion. För att göra undersökningen mer konkret och lättredovisad har vi valt ut en fastighet på området Rosengård i utkanten av Malmös stadskärna som kommer att fungera som referensbyggnad för integrering alternativt applicering av solceller.

1.1.1 Utvecklingen av solceller

Redan år 1839 gjordes en observation av en man vid namn Alexander Edmond Becquerel som visade på att när ljus påverkade en silvertäckt platinaelektrod i en elektrolys uppkom en elektrisk ström.¹ Becquerel var en fransk fysiker som föddes i Paris 1820 och dog 71 år gammal år 1891.

Det är sannolikt att en amerikan vid namn Charles Fritts utvecklade den första solcellen (år 1894) genom att lägga ett lager selen mellan ett lager guld och ytterligare en metall. Verkningsgraden var dock bara 1 %.

Det var först under 1950-talet som första solcellen av kisel, som används än idag, utvecklades. Männen bakom upptäckten var Darryl Chapin, Carl Fuller och Gerald Pearson ifrån Bell laboratories. Då kisel användes kunde verkningsgraden ökas till hela 6 % under de första försöken. Man lyckades höja verkningsgraden ännu mer under kommande år och solcellerna började användas på platser där vanligt bränsle inte var lämpligt. Ett bra exempel för detta är på satelliter. Den första solcellsutrustade satelliten skickades upp i rymden året 1958 och har varit till stor hjälp i behovet av energi i rymden.^{2,3}

¹ Becquerel (1840)

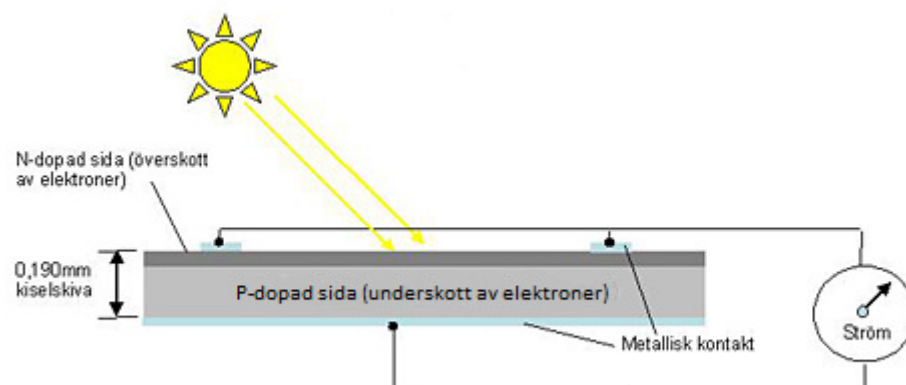
² Allt om Vetenskap (2006)

³ Tekniska Museet (2010)

1.1.2 Hur fungerar en solcell?

En solcell består idag vanligtvis till stor del av enkristallint kisel som är en halvledare. En annan typ av solceller är tunnfilmssolcellen. Den kan byggas upp genom flera olika ämnen och sammansättningar såsom CIGS (koppars, indium, gallium och selen), amorft kisel, CIS (koppars, indium och selen) etc. Många av dessa ämnen, t.ex. indium och gallium, är precis som kisel halvledare.

Kiselplattan, eller en annan sammansättning av halvledande material, genomgår en process av dopning där man, genom ett antal kemiska processer, kommer att tillsätta störämne till den ursprungliga skivan. Dessa lager kallas för P-skikt och N-skikt. N-skiktet är dopat med ett ämne med en valenselektron för mycket och P-skiktet är dopat med ett ämne innehållande en valenselektron för lite. Detta gör att elektroner i P-skiktet kommer vandra till N-skiktet och detta skapar ett starkt elektriskt fält. När sedan fotoner ifrån solljuset träffar solcellen kommer elektronen att exciteras i de fall då fotonen har tillräcklig energi. Man får via denna process ut en elektrisk ström som man sedan leder vidare. Verkningsgraden för solceller sjunker i takt med att temperaturen ökar.⁴



Figur 1.2 Schematisk redovisning av solcellsprocessen med en kiselplatta.⁵

Tunnfilmssolcellerna är, precis som namnet anger, väldigt tunna. Man kan jämföra tunnfilmssolcellerna tjocklek på 3 μm aktivt material med kiselplattans 300 μm . Anledningen till att de kan göras så tunna beror på att de innehåller material som kan absorbera ljuset på kortare sträckor.

⁴ Skaffa solcell (u.å.)

⁵ SolEIProgrammet, *Beskrivning av hur solceller fungerar*, (u.å.)

1.2 Elektricitet från solenergi i världen

Varje år släpper IEA (The International Energy Agency) en rapport där man undersöker hur mycket el olika länder världen över producerar med hjälp av solceller.⁶ I denna rapport ingår även hur mycket nya solceller som installerats det senaste året samt hur den totala energiproduktionen förhåller sig till landets årliga energiförbrukning. IEA är en självstyrande del inom OECD (The Organization for Economic Cooperation and Development). IEA startades 1974 och har idag 28 medlemmar och stöd ifrån EU-kommissionen. 1993 skapade IEA ett program som kallas IEA PVPS (IEA Photovoltaic Power Systems programme). IEA PVPS uppgift är att "förstärka de internationella samarbeten som underlättar solenergis roll som en hörnsten i övergången till hållbara energisystem." Medlemsländerna i IEA är Australien, Österrike, Belgien, Canada, China, Danmark, Frankrike, Tyskland, Israel, Italien, Japan, Korea, Malaysia, Mexiko, Nederländerna, Norge, Portugal, Spanien, Sverige, Schweiz, Turkiet, Storbritannien och USA. Thailand är även på väg att ansluta.

Europeiska kommissionen, European Photovoltaic Industry Association, Solar Electric Power Association, Solar Energy Industries Association och Copper Alliance är även dessa medlemmar.

Det land som ligger högst på listan för total installerad effekt av solceller är Tyskland med 32,4 GW med ungefär dubbelt så stor effekt som tvåan, Italien på 16,2 GW.

Under 2012 installerades i Tyskland 7,6 GW solceller. Detta är inte långt ifrån den totala effekt som det tredje landet i världen, USA, hade under samma år, 2012 (jämför den första kolumnen för Tysklands nyinstallerade solceller med USA:s totala installation av solceller fram till år 2012 i den andra kolumnen i figur 3.1).

Kina avancerade till en andraplats i installationer det senaste året och har satt som mål att till 2015 kunna installera 35 GW.

⁶ IEA International Energy Agency (2013)

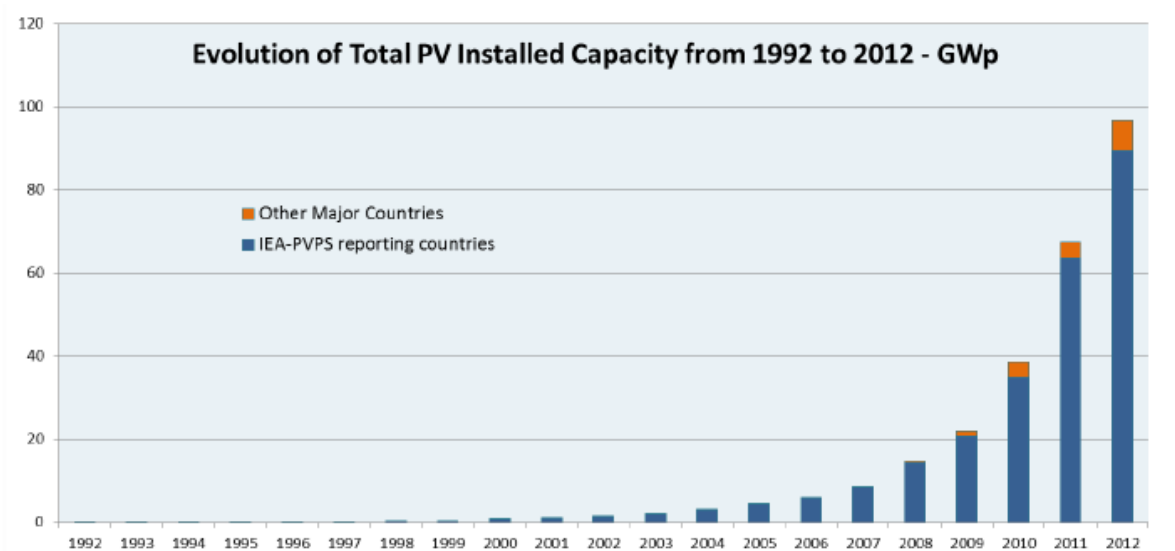
Tabell 3.1 Tabellen listar de länder, både medlemmar och icke-medlemmar av PVPS, som under 2012 installerade störst mängd solenergi samt de länder som hade störst totalkapacitet av solenergi fram till år 2012.⁷

2012 installations – MW		Total installed capacity – MW		
1	Germany	7.604	Germany	32.411
2	China	3.510	Italy	16.250
3	Italy	3.337	USA	7.221
4	USA	3.313	Japan	7.000
5	Japan	2.000	China	7.000
6	France	1.079	Spain**	5.100
7	UK	1.000	France	4.003
8	Australia	1.000	Belgium	2.567
9	India*	980	Australia	2.400
10	Greece*	912	Czech Republic*	2.085

Marknaden i Europa minskade dock 2012, ifrån tidigare 22 GW installerade solceller till 16,9 GW. Främst tack vare Tyskland och Italien är Europa fortfarande ledande inom PV marknaden med 59 % av den totala andelen installerade solceller.

Världen över har det skett en markant ökning i energi genererat av solceller bara under de 10 senaste åren. Trots att det är väldigt svårt att bestämma exakt hur mycket solenergi som utvunnits kan man sätta ett rimligt minimumvärde. De undersökningar som IEA PVPS har gjort beräknar att världens totala effekt per år (sett till 2012) av solceller ligger på ca 96,5 GWp och de menar att siffrorna är tillförlitliga. 89,5 GWp av dessa 96,5 GWp kommer ifrån länder som är med i IEA PVPS, se figur 3.11.

⁷ IEA International Energy Agency (2013)



Figur 3.2 Diagrammet visar utvecklingen av mängden installerade solcellers kapacitet i GWp, mellan åren 1992 och 2012. Den övergripande utvecklingen är gjord av länder som är medlemmar i IEA medan den mindre delen i staplarna är bidrag från länder som står utanför programmet.⁸

Sverige ligger inte så bra till sett till övriga världen, inte ens i Norden ligger vi i topp. Danmark är det land i Norden som vid den senaste mätningen (2012) låg bäst till vad gällande solceller, både installerade under året och den produktion som de har årligen. Danmark konsumerade under år 2012 ungefär 34500 GWh elektricitet och producerade uppskattningsvis 280 GWh ifrån PV produktion. Detta betyder att Danmark täcker 0,81 % av deras totala energibehov årligen med solceller. Siffran är inte så hög om man jämför med jättarna Tyskland och Italien som ligger på 5,57 % respektive 5,75 %, men i Norden ligger de i absolut framkant.

Sverige som ligger på en andra plats i Norden är en bra bit ifrån Danmark och mycket nära Norge. Sverige producerade 19 GWh elektricitet 2012 ifrån solceller och konsumerade landet över 139000 GWh vilket motsvarar 0,0137 %. Norge å andra sidan producerade ännu mindre elektricitet genererade av solceller - 7 GW under 2012 och landet behöver årligen 122000 GWh. Norge landar då på 0,0057 % vilket är mindre än hälften av vad Sverige kom upp i.

Det finns inga uppgifter gällande Finland och Island då de inte är med i IEA-PVPS.⁹

⁸ IEA International Energy Agency (2013)

⁹ IEA International Energy Agency (2013)

Country	Final Electricity Consumption in 2012	Installed PV capacity 31-12-2012	PV Installations in 2012	Theoretical PV Production with 2012 installed base	PV Contribution to Electricity Consumption
	GWh	MW	MW	GWh	%
Australia	229.000	2.400	1.000	2.800	1,23%
Austria	68.500	412	230	400	0,58%
Belgium	87.000	2.567	599	2.195	2,52%
Canada	504.800	765	268	860	0,17%
China	4.693.000	7.000	3.510	6.678	0,14%
Denmark	34.500	327	316	280	0,81%
France	479.000	4.003	1.079	3.750	0,78%
Germany	544.000	32.411	7.604	30.300	5,57%
Israel	45.600	237	43	310	0,68%
Italy	335.000	16.250	3.337	19.150	5,75%
Japan	859.700	7.000	2.000	6.600	0,77%
Korea	455.100	981	252	920	0,20%
Malaysia	95.000	25	22	34	0,04%
Mexico	203.800	52	15	83	0,04%
Netherlands	118.000	256	125	220	0,19%
Norway	122.000	9	0	7	0,01%
Portugal	50.500	223	66	310	0,61%
Spain	255.000	5.100**	223	7.115	2,79%
Sweden	139.000	24	8	19	0,01%
Switzerland	58.000	410	200	370	0,64%
Turkey	155.000	9	2	10	0,01%
UK	329.000	1.830	1.000	1.600	0,49%
USA	3.889.000	7.221	3.313	9.750	0,25%
Bulgaria	33.380	908	767	1015	3,05%
Czech Republic	63.000	2.085	113	1.930	3,07%
Greece	53.000	1.536	912	1.850	3,50%
India	637.600	1.205	980	2.115	0,33%
Slovakia	27.000	523	15	480	1,79%
Thailand	131.900	360	210	530	0,40%
Ukraine	134.000	373	188	410	0,31%

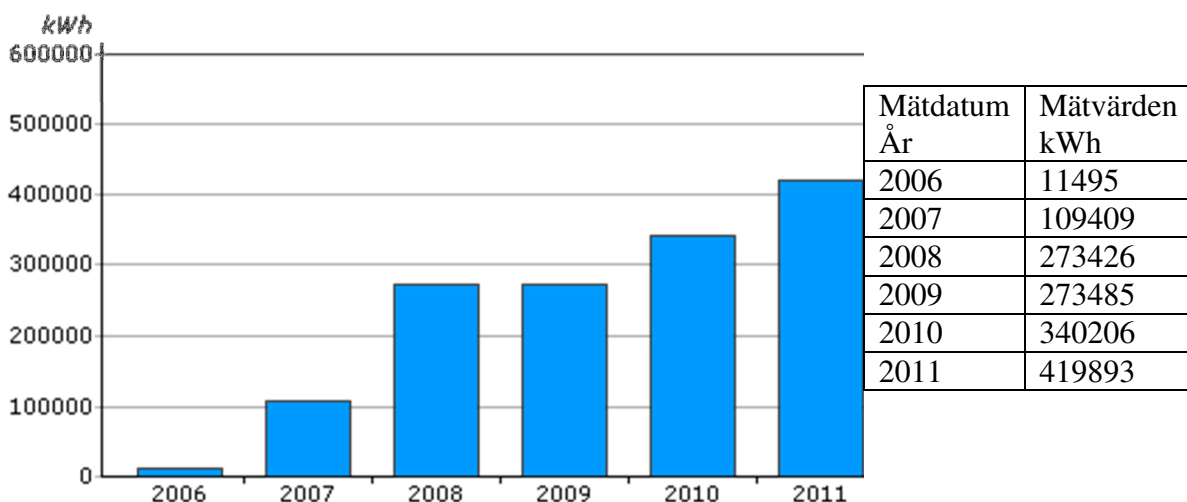
** Spain delivered data in AC, this number is a DC recalculation.

Figur 3.3 Sammanställning av global data som berör konsumerad elektricitet, installerad solcellskapacitet, installerade solceller, teoretisk solcellsproduktion samt bidragande solcellsenergi till en totalförbrukning för varje land under år 2012.¹⁰

¹⁰ IEA International Energy Agency (2013)

1.2.1 Malmö Stad – En hållbar satsning

Malmö Stad har sedan 2005 gjort en seriös satsning för ett hållbart samhälle genom att intressera sig för alternativ energiförsörjning i form av solcellsanläggningar. Tillsammans med LTH togs det år 2005 fram en förstudie¹¹ för hur 2000 kvm solceller skulle kunna placeras ut runtom i kommunen, varav hälften var tänkt att förverkligas. Användningen av solceller som elproducent har ökat markant sedan 2006 då enbart 11495 kWh alstrades av kommunen i jämförelse med 419893 kWh år 2011. Det är en ökning med 408 398 kWh på fem år, se figur 1.4 nedan.¹²



Figur 1.4 *Producerad förnybar energi från solcellsanläggningar.*¹³

Malmö Stad, tillsammans med Energikontoret Skåne och LTH, ingick ett samarbete och startade år 2007 den ideella föreningen Solar Region Skåne.¹⁴ Föreningen syftar till att öka medvetenheten och intresset för solceller och hjälpa olika aktörer att starta upp projekt som berör solenergiutvinning. Föreningens mål är att göra regionen ledande i norden inom solenergi.

¹¹ Fieber & Nilsson (2005)

¹² Malmö stad, *Producerad förnybar energi*, (u.å.)

¹³ Malmö stad, *Producerad förnybar energi*, (u.å.)

¹⁴ Solar Region Skåne (u.å.)

1.2.2 Området – Rosengård

Rosengård uppfördes som en del i ledet av de bostadsområden som kom att tillhöra det s.k. miljonprogrammet som tog fart i mitten av 60-talet. Visionen med den massiva bostadsboomen var att skapa en miljon bostäder på tio år och förbättra bostadsstandarden i Sverige.¹⁵ Områdena anlades i utkanten av stadskärnan och blev en del av vad vi idag kallar förort. Rosengård omfattas av sju delområden; Apelgården, Herrgården, Kryddgården, Persborg, Törnrosen, Västra Kattarp och Örtagården, beläget i sydöstra delen av Malmö på en yta motsvarande 3,3 kvadratkilometer.

I området bor och lever omkring 23 000 malmöbor och stadsdelens invånarantal ser ut att öka fram till år 2016, enligt ett samarbete mellan SCB och Malmö Stad.¹⁶ In- och utflyttningsstatistiken är omfattande och rent teoretiskt ersätts hela befolkningen i Rosengård vart femte år. Denna omsättning av hyresgäster kan vara till fördel då man vill förändra den negativa samhällsstämpel som Rosengård dragits med i över 40 år.¹⁷ Detta genom att skapa ett modernare och mer positivt intryck av området för att ge en fördelaktig ryktesspridning främst till de mediala nätverken som till stor del påverkar befolkningens uppfattning.

Framtidsvisionerna för Rosengård är i full gång, både visuellt och bokstavligt. Under de senaste åren har det redan byggts 650 studentbostäder och under förra året tog man beslut om upprustning av delområdet Herrgården.¹⁸

¹⁵ Nationalencyklopedin (2013)

¹⁶ Malmö stad, *Fakta om stadsdelen Rosengård*, (u.å.)

¹⁷ Malmö stad, *Historia*, (u.å.)

¹⁸ Malmö stad, *Rosengård*, (u.å.)

1.3 Syfte

Rapportens ändamål är att utreda förutsättningar för integrering/applicering av solceller i en byggnad, för att öka den estetiska samt miljömässiga aspekten av en fastighet. Syftet är även att undersöka hur kostnadsläget ser ut för produkter och installationer samt hur kommer det sig att man i Sverige sällan ser solcellssystem på fasad.

1.4 Frågeställning

Varför ser vi sällan fasadapplikationer i Sverige? Är det lönsamt och ger det någon avkastning i jämförelse med takmonterade solceller?

1.5 Avgränsningar

Vi har valt att ha med en ekonomisk aspekt för att kunna jämföra olika alternativ till lösningar. Dock ska stor hänsyn tas till prisuppgifterna då marknaden för solceller är allt annat än konstant. Vi har valt att inte beröra själva solcellsmodulens uppbyggnad eller tekniska funktion mer än ytligt, utan utgår från en färdig produkt.

1.6 Disposition

Första delen är benämnd som *Förutsättningar för solceller* och kommer att beröra generell fakta gällande solceller i allmänhet. Medan den andra delen är en kort sammanställning av de insamlade resultaten som tagits fram med hjälp av de grundläggande förutsättningarna för solceller, såsom global instrålning, placering, kostnad etc. I den sista delen diskuteras resultaten och slutsatser kommer att fastställas baserade på den kunskap som inhämtats.

2 METOD

Insamlandet av information startade processen för att få en tydligare bild över vilka faktorer som spelade in. Den största delen av den samlade informationen är tagen ur tidigare vetenskapligt skrivna rapporter från framförallt IEA och Elforsk samt från SolElProgrammet som bistår med en bred kunskapskälla inom solenergi. Källorna är kritiskt rannsakarade och de faktorer som det lades extra stor fokus vid var ekonomi, estetisk och verkningsgrad av solcellsmodulerna.

Genom att välja ut ett referensobjekt i Malmö erhöles ett mer konkret utgångsläge för beräkningsdelen. För att jämföra hur standardmonterade solceller på tak står sig rent ekonomiskt och verkningsgradsmässigt med alternativ placering av moduler på fasad har det gjorts uträkningar i form av nuvärdesmetoden:

$$\text{Nuvärdet (kapitalvärdet)} = -G + \sum_{t=1}^n \frac{I-U}{(1+p)^t} + \frac{R}{(1+p)^n} \quad (1)$$

G = grundinvestering [kr]

I = inbetalningar [kr]

U = utbetalningar [kr]

R = restvärde [kr]

p = kalkylränta [%]

n = ekonomisk livslängd (kalkylperiod) [år]

Beräkningar har gjorts både med utgångspunkt från att ett startkapital finns samt för att ett lån måste tas för att genomföra installationen. En marknadsmässig bankränta på 5,85 % har använts precis som ett restvärde för solcellerna på 30 %.

Ur beräkningssynpunkt har det även gjorts en U-värdeskalkyl på hur solcellsmodulerna fungerar som värmemotstånd ur energisynpunkt vid integrering direkt i stommen. U-värdet är dock enbart beräknat på den referensbyggnad som valts och gäller därmed enbart i relation till det fasadmateriel som byggnad innehar, dvs. tegel. Detta är dock kompletterat med en tabell för hur bra värmemotstånd tunnfilmmoduler har i relation till övriga fasadmateriel. Använda beräkningsdelar följer enligt nedan:

$$\text{Värmemotstånd} \rightarrow \frac{d}{\lambda} = R \quad (2)$$

$$\text{Värmegenomgångskoefficient} \rightarrow \frac{1}{R} = U \quad (3)$$

$$\text{Värmemotstånd för byggnadsdel} \rightarrow \frac{1}{U} = R \quad (4)$$

d = tjocklek [m]

λ = värmekonduktivitet [W/(m, K)]

R = värmemotstånd [m²K/W]

U = värmegenomgångskoefficient [W/(m², K)]

Slutsatsen är baserad på de ekonomiska resultat som är framtagna i ekonomikapitlet.

3 FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR SOLCELLER

3.1 Solceller – statligt stöd

Sedan 2009 har man i Sverige fått statligt stöd för installation av solceller, förordning (2009:689). Från den första februari i år, 2013, är gränsen för statligt stöd satt. Det innebär att man maximalt kan ansöka om 35 % av investeringskostnaden och för varje solcellssystem ligger ett övre tak på 1,2 miljoner svenska kronor. De stödberättigade kostnaderna får maximalt uppgå till 37 000 kr (inkl. moms) per installerad kilowatt elektrisk topp effekt. För hybridssystem med solceller kombinerat med solvärme får de stödberättigade kostnaderna inte överstiga 90 000 kr per kilowatt elektrisk topp effekt. Ansökan till detta görs via energimyndigheten.se.

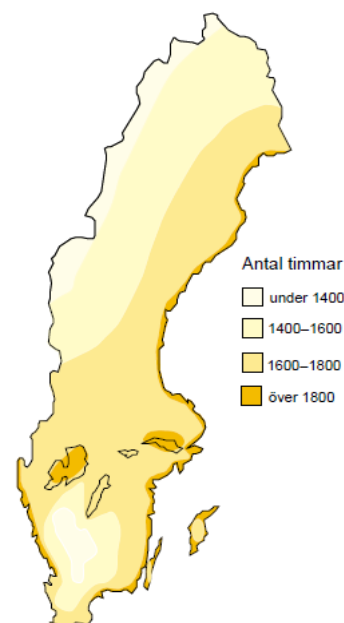
Regeringen har avsatt 210 miljoner kronor under åren 2013-2016 för stöd till solceller med syfte att hjälpa till med omställningen av energisystem och till näringslivsutvecklingen inom energiområdet.

Alla aktörer, dvs. företag, offentliga organisationer och privatpersoner, inom Sverige är berättigade till ett solcellsstöd ifrån staten. Dock är stödet ramgränsat och kan bara ges så länge de avsatta pengarna räcker till.¹⁹

3.2 Väderförhållanden – solskenstimmar

Solceller är primärt beroende av väderförhållandena, och då syftas det bland annat på den globala instrålningen och solskenstimmar. Den el som framställs genom solcellsprocessen är beroende av solinstrålningen, vilket innebär att det är av största vikt att ta hänsyn till geografiskt läge och placering när dessa installeras. Placeringen bör riktas skuggningsfritt mot söder, i Sverige, med den optimala vinkeln 45° för att ta få en maximal instrålning.

I Sverige räknar man generellt med att solskenstimmar uppgår till i snitt 1600 för hela landet per år. Då räknar man med att den globala strålningen överstiger 120 W/m². I Malmö, och större delar av Sverige, räknar man generellt med att komma upp i mellan 1600-1800 solskenstimmar på året, se figur 3.5²⁰. Vid kust-



Figur 3.5 Antal solskenstimmar per år, 1961-90 (SMHI 2009).

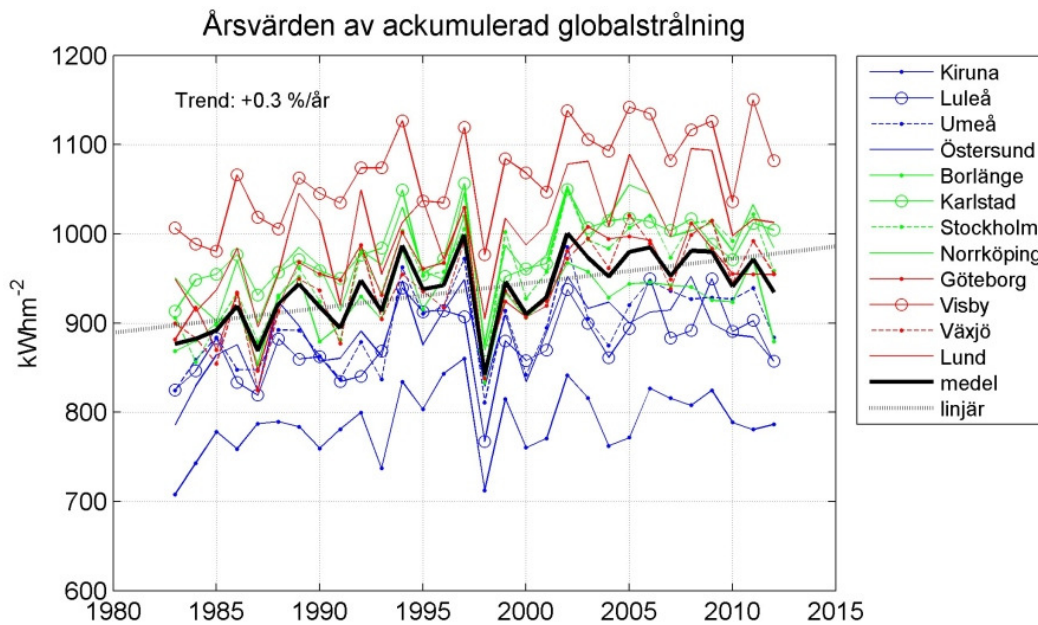
¹⁹ Gustafsson (2013)

²⁰ SCB (u.å.)

linjen i väst, omkring Halland och Bohuslän, och hela kustlinjen i öst uppgår solskenstimmarna till över 1800. Samma sak gäller för området runt Vänern, Mälaren och stora delar av Öland och Gotland. Däremot är det nominella värdet för solskenstimmarna i stora delar av Norrland och de centrala delarna i Skåne, Småland och Västergötland under 1400 upptill 1600 timmar.

Ur figur 3.6 kan man utläsa hur den globala solstrålning har varierat på de orter som är utrustade med en strålningsstation av SMHI under åren 1983 fram till 2012. Den ackumulerade globalstrålningen är den totala solenergin som himlen utstrålar mot en horisontell yta.

Figurens värden är starkt beroende av de förhållanden som utgörs av sommarhalvåret. Detta beror på att dagarna i Sverige under vinterhalvåret är väldigt korta och solen står lågt och ger därmed inga huvudsakliga värden. Detta påvisas tydligt år 1998. Under detta år var sommaren väldigt molnig och gav därför väldigt låga värden av solskenstid.²¹



Figur 3.6 Samlade värden för ackumulerad globalstrålning på olika orter i Sverige mellan åren 1983 till 2012. Den svarta linjen visar ett medelvärde för samtliga orter och den gråa linjen visar ett linjärt samband av solskenstimmar (SMHI 2009).

Som nämnt tidigare har det även väldigt stor betydelse för hur solcellerna är vinklade. Den effektivaste vinkeln i Malmö är omkring 40° ²², men beroende på husets utformning tolereras även vinklar från 20° och upptill 55° som

²¹ SMHI (2009)

²² Kjellsson (2000)

uppnår snarlika värden som för 40° vinkel. I de fall där man har en befintlig byggnad kan det vara svårt att uppnå den önskade vinkeln om man ska integrera solcellerna i taket. Är det däremot en nybyggnation kan man i ritningsstadiet anpassa byggnaden så att den når den optimala vinkeln. Vad gäller integration och applicering på fasad finns det anordningar som hjälper till att vinkla solcellerna. I de fall då man väljer att placera solcellerna helt vertikalt får man räkna med en effektivitetsreducering på 70 till 80 % av den optimala energiproduktionen i söderläge, dvs. den totala solinstrålningen minskar från det optimala värdet på mellan 1050-1150 kWh/m² till 750-850 kWh/m².²³

Nedan ses ett diagram för flera utspridda orter i Sverige där man jämför solinstrålningen, kWh/m² år, mot en horisontell yta respektive 45° lutning mot söder.

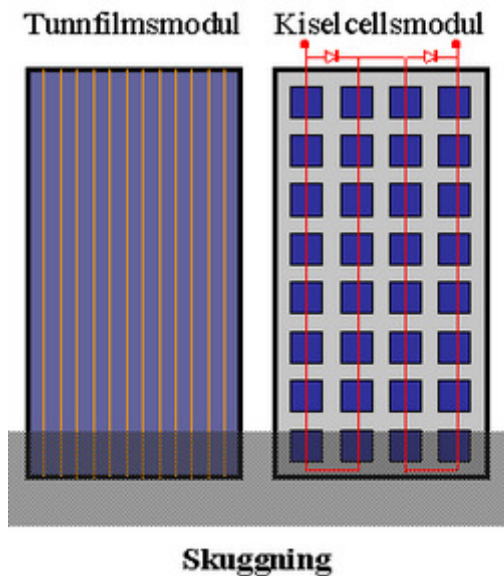


Figur 3.7 Jämförelse av årlig medel-solinstrålning, kWh/m² år, i svenska städer för en horisontell yta respektive 45° lutning mot söder (Kjellsson 2000).

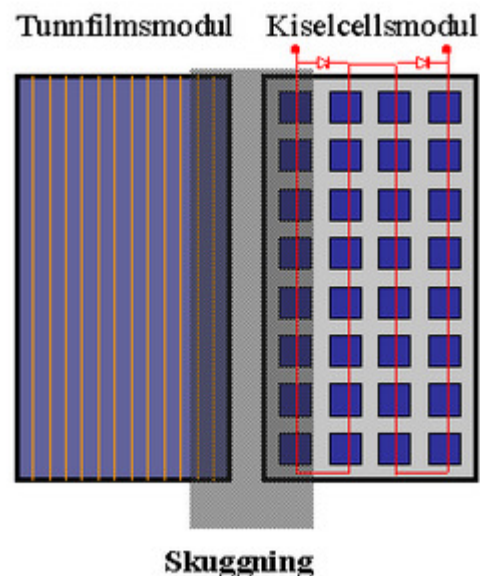
Produktionen av el är störst under perioden mars till oktober, då exponeringen för solen är som störst. Som nämnt ovan minskas cellernas verkningsgrad då de skuggas. Beroende på hur skuggan infaller och vilken typ av solcellsmodul, tunnfilm- eller kiselcellsmodul, som används blir effektreduceringen olika vid samma skuggningsyta. Vid horisontell skuggning på 10 % av de båda modulernas yta medförs 100 % utebliven effekt på kiselcellsmodulen och enbart

²³ Kjellsson (2000)

10 % på tunnfilmsmodulen, se figur. Detta beror på att kiselcellsmodulen är sammansatt med två integrerade dioder som seriekopplas medan tunnfilmsmodulen inte har några dioder utan bara hela solceller som skuggas. Vid vertikal skuggning på 20 % av modulytan minskas effekten med 50 % för kiselcellsmodulen och 100 % för tunnfilmsmodulen, se figur. I detta fall beror det på att enbart en diod av kiselcellsmodulen är skuggad och hela celler av tunnfilmsmodulen.²⁴



Figur 3. 9 Tunnfilmsmoduls resp. kiselcellsmoduls påverkan av 10 % horisontell skuggad yta. Tunnfilmsmodulen förlorar 10 % effekt och kiselcellsmodulen förlorar hela 100 % beroende på modulernas olika uppbyggnad (SolEIProgrammet u.å.).



Figur 3. 8 Tunnfilmsmoduls resp. kiselcellsmoduls påverkan av 10 % horisontell skuggad yta. Tunnfilmsmodulen förlorar 10 % effekt och kiselcellsmodulen förlorar hela 100 % beroende på modulernas olika uppbyggnad (SolEIProgrammet u.å.).

Detta innebär att om de är helt snötäckta vintertid kommer ingen el att produceras. Dock gäller detta för den tid under året då värdet för den globala instrålningen är väldigt låg, vilket medför att den totala effektförlusten är väldigt liten.

²⁴ SolEIProgrammet, *Moduler och cellteknologi*, u.å.

3.3 Effektivitetsreducerande faktorer

Solcellers effektivitet minskar generellt med ökande temperatur. Hur mycket beror på uppbyggnaden av solcellen, dvs. deras temperaturkoefficienter. Det gäller alltså att ha en så låg temperatur på solcellerna som möjligt, samtidigt som exponeringen för solen ska maximeras. Solcellerna ska heller inte ligga i direkt kontakt med annat material, utan det är väldigt viktigt att en luftspalt ventilerar mellan materialen för att undvika just överhettning av solcellerna. Moduler som inte är ventilerade kan uppnå en temperatur uppåt 70° C. Detta medför en reduktion av energiproduktionen med upp till 25 %.²⁵ Det finns många faktorer som påverkar den slutgiltiga prestandan, Performance Ratio – PR. Nedan visas en lista med olika fall och dess negativa inverkan procentuellt.

Tabell 3.2 Medelvärde av effektivitetsreducerande faktorer för solceller (Edelman et al. 2012).

Vanliga förluster – ej uttömmande	Medelvärde %
Glasreflektionsförluster	Från 2 – 4 %
Avvikelse från STC*	2 – 4 %
Temperatureffekt	3 – 6 %
Snö, damm, smuts på modulerna	1 – 2 %
Skuggor	≥ 0 %
Tolerans och missanpassning	2 %
Förluster pga. riktningsfel	≥ 5 %
Kabel- och installationsfel	1 – 2 %

²⁵ Edelman, Lundgren, Nagel, Frontini, Probst M., Scognamiglio, Giovanardi, Roecker, Snow, Farkas, Maturi, Zanetti & Wall (2012)

* STC = normala testförhållanden - standard test condition, solar irradiation 1000 W/m², Air Mass of 1.5 and temperature 25°C

3.4 Underhåll av solcellsmoduler

Ur energiproduktionssynpunkt är solcellsanläggningar näst intill underhållsfria. Naturen sköter själv till största del rengöringen av smuts och stoft på solcellerna i form av regn och vind. Fasadmonterade solcellsanläggningar rengörs inte naturligt lika bra av regn som en lutande takmontering gör. Med tanke på att fasadmodulerna inte bara har en teknisk funktion, utan även en arkitektonisk, kan det innebära att det kräver något mer underhåll. Fasadmonterade solceller kan jämföras med glasfasader där rekommendationen är 2 - 3 gånger per år för rengöring, beroende på hur miljön runtomkring ser ut. Är det en relativt ”smutsfri” omgivning kan man öka intervallet.²⁶

När de kommer till rengöringsmomentet räcker det i många fall att bara spola modulerna med en vattenslang. Annars kan man använda sig av tvättsvamp, gummiskrapa, sämskskinn eller annan form av trasa. Att tänka på är att inte använda sig av starkt alkaliska eller alltför sura rengöringsmedel, då både glas och aluminium är känsliga för detta. Man bör även undvika att rengöra i starkt solljus.

Snötäcken är en annan problematisk faktor som förhindrar energiproduktionen. Problemet är större ju längre norrut man kommer, men även med lägre taklutning. I de flesta fall är lutningen på taken så pass stor att snön närmast modulen smälter och faller ner naturligt när solljuset värmer på. För fasadmoduler uppstår sällan detta problem. Skulle taket där solcellsmodulerna är placerade ha en låg lutning kan man behöva åtgärda problemet genom att skotta bort snön. Detta sker på samma sätt som för vanlig snöröjning av tak. Dock krävs det stor försiktighet för att undvika att skada sig själv genom fallolyckor från glasets hala yta, samt att skada modulen genom att förorsaka sprickor i denna. En positiv aspekt med snötäcken är att de fungerar som grundlig rengöring av modulerna.²⁷

Solceller kräver i sin helhet väldigt lite underhåll och har en bevisad livslängd på minst 25 år.²⁸

²⁶ SolElProgrammet, *Skötsel*, (u.å.)

²⁷ SolElProgrammet, *Skötsel*, (u.å.)

²⁸ Bodén (2007)

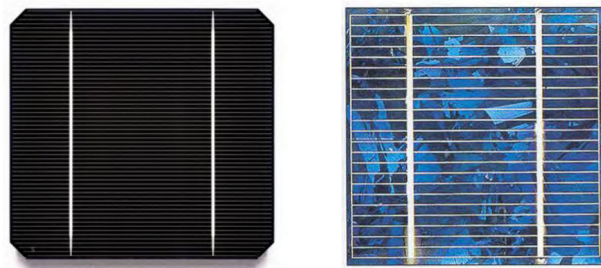
3.5 Solcellsprodukter

Det finns en hel uppsjö av alternativa solceller på dagens marknad; integrerade, applicerade, fasad- eller taksystem, färgade - blå, silvergrå, grön och brun, mönstrade, repliker av befintliga byggnadsmaterial etc. Med denna valmöjlighet följer i dagsläget även för- och nackdelar för de olika produkterna beroende på hur man väljer att värdera och prioritera faktorerna estetik, ekonomi och effektivitetsgrad.

Vad som anses vara estetiskt tilltalande är högst individuellt och sitter i betraktarens öga. Det är därför svårt att motivera just den estetiska aspekten som en anledning till att förändra en byggnads utseende till det bättre. I fallet med solceller blir en förändring inte enbart arkitektonisk, utan ger även en positiv inverkan både på naturen och på byggnadens elproduktion. Vid integrering fungerar solceller även som ett väderskydd för byggnaden och får därmed en byggteknisk funktion. Fastigheten i sig får ett mervärde och vittnar om en miljömedveten ägare.

Att välja en solcellsanläggning med förstaprioritet vid estetik kan medföra en lägre verkningsgrad och dyrare materialkostnad, men ett mer fångande uttryck. Väljer man däremot en modul med hög verkningsgrad och lägre kostnad, får man kanske inte heller just det iögonfallande utseende man letar efter. Det gäller att väga dessa olika aspekter gentemot varandra. Är det en offentlig byggnad som ska utstråla en modern och teknologisk design eller är det en k-märkt byggnad som måste följa vissa riktlinjer för att inte förändra dess arkitektur eller estetik i större utsträckning, så kanske det får eller måste kosta lite mer för att få precis rätt typ av produkt för byggnadens ändamål. Är det däremot en privat villa eller ett fritidshus där man bara vill att funktionen ska vara lönsam så behöver man kanske inte lägga en större summa pengar på att få en specifik utformning av produkten.

Solcellerna kan delas in i två subgrupper med hänsyn till material och tillverkning – kristallina kiselceller och tunnfilmsceller. De kristallina kiselcellerna kan sedan delas upp ytterligare, nämligen som mono- och polykristallina solceller. De sistnämnda cellerna har den typiskt blåskimrande reflektionen, medan de monokristallina cellerna har en jämn färg till utseendet.



Figur 3.10 Monokristallina solceller resp. polykristallina solceller (SolElProgrammet u.å.).

Tunnsfilmscellerna har en utformningsteknik som gör att det lätt går att bygga solcellerna på ett starkare bärande lager, t.ex. glas, men även på tunna böjliga underlag. Med denna teknik är det möjligt att minska materialåtgången vilket leder till lägre produktionskostnader.²⁹

Nedan följer en rad olika alternativ av byggmoduler med integrerade solceller. Produkterna är utformade för att liknas vid typiska byggnadsmaterial för att i vissa fall göra det lättare för produkten att smälta in med övriga delar av byggnaden, men även för att helt enkelt enbart efterlikna ”vanliga” byggnadsmaterial.

Däribland:

- ✓ Solceller på tätskiktsmatta
- ✓ Falsade solcellsplåttak
- ✓ Solcellsplåtfasader
- ✓ Modulfasader

²⁹ Svensk Byggtjänst (u.å.)

3.5.1 Solceller på tätskiktsmatta

Tätskiktsmattan används som taktäckning på yttertak och fungerar utmärkt på tak med låg lutning. Det finns två typer av tätskiktsmatta – tak- eller dukpapp. Takpappen är baserad på bitumen som består av asfalt och tjära. Ytan har en knottrig struktur och är till färgen svart. Dukpappens största beståndsdel är mineralfiber eller en polymer (plast). De vanligaste formerna är tillverkade av PVC, mjukgjord polyvinyl klorid, eller EPDM-gummi vilket har en tjocklek på 1 - 2 mm med mycket god åldringsegenskap. Dessa har oftast en vit eller ljusgrå yta.³⁰



© Derbigum

För takduken, med dess plast- eller gummibas, finns produkter med integrerade, flexibla tunnfilmmoduler.

Dessa är påklistrade på duken med anslutningskablarna på ovan- alternativt undersidan.

För den bituminösa takpappen finns för närvarande inga alternativ av integrerade solcellsmoduler. Det finns dock leverantörer som levererar en särskild takpapp med ett ovanlager av vit akryl med tillhörande tunnfilmmoduler som klistras fast på plats.



Övre bild: © Alwitra. Undre bild: (t.v.) hämtad från Svensk Byggtjänst och (t.h.) © Flexcell

³⁰ Burström (2007)

3.5.2 Falsade solcellsplåttak

Falsade plåttak finner man på många olika typer av byggnader – från äldre kyrkobyggnader till privata sommarstugor – i olika utföranden. Takplåten kan vara gjord av metaller som koppar, aluminium, zink, stål, rostfritt stål m.fl.

Falsat plåttak monteras genom att den första, mindre falsen skruvas fast i läkten på taket. Därefter hakas nästa plåtskivas större fals över den mindre falsen och monteras på motsatt sida på samma sätt som den första, i läkten. Samma process gäller för solcellsintegrerade plåttak.

De integrerade solcellsmodulerna är flexibla och påklitrade på plåtkomponenten. Det passar därmed utmärkt att använda dessa solcellsintegrerade plåttak på böjt konstruerade tak. En s.k. kopplingsdosa med anslutningskablar placeras på undersidan av plåten.

Viktigt att tänka på vid installation av dessa tak är att ha ett väl ventilerat undertak. Detta pga. att plåttaket har en förmåga att uppnå väldigt höga temperaturer, vilket i sin tur leder till lägre verkningsgrad av solcellerna och i vissa fall snabbare föråldring av materialet.

Fördelen med denna produkt är att installationsarbetet kan minskas med hänsyn till de stora ytor som solcellerna sträcker sig över. Det behövs alltså färre anslutningskablar.

Det finns även möjlighet att använda dessa solceller för falsade plåtfasader.



Alla bilder: © Rheinzink

3.5.3 Solcellsplåtfasader

Produkten är likvärdig med den produkt som används vid falsade plåttak, dvs. flexibla påklistringsbara solcellsmoduler på en aluminium- eller titaniumzinkplåt. Dock är oftast kraven vad gäller täthet i underlaget lägre än för takintegrering. Detta med tanke på fasadens vertikala lutning.

Utseendemässigt har de den typiska blå/lilaskimrande färgen, men liknar i övrigt ett helt vanligt plåtelement. De påklistrade solcellerna går att klistra fast på önskad yta av plåten, men av praktiska anledningar slutar de en bit innan plåtens slut. Detta för att undvika spill och andra tekniska faktorer vid överlappning.



Monteringen sker på liknande sätt som för vanlig plåtfasad med undantag för installationen av kopplingsdosorna.



© Thyssen-Krupp

3.5.4 Modulfasader

Ett annat alternativ vid integrering av solceller är att använda sig av så kallade standardmoduler. Här finns alternativet att använda sig av diverse bakgrundsfärger för att få önskat utseende.

Utseendemässigt kan man välja att använda sig av tunnfilmmoduler eller polykristallina kiselceller. Tunnfilmmodulerna ger en gråsvart reflektion som ger en enhetlig färg. Samma sak gäller för monokristallina kiselmoduler. Användandet av polykristallina kiselceller ger ett färgrikt blåskimmer. Det är även möjligt att få ett grönt eller guldigt sken, men då får man räkna med lite lägre elproduktion.

Vid montering kan man välja att placera modulerna så att de bildar en enhet. Eller så kan man välja alternativet att placera dessa strategiskt så att de bryter modulytan och bildar ett tilltalande mönster. Viktigt att tänka på vid denna typ av solceller är att det finns en välfungerande luftspalt.



Övre bilderna: © Saint-Gobain
Glass

Undre bild: Tekniska Museet Malmö

3.6 Kvalitetssäkring av solceller

När det kommer till valet av solcellsmo­dell finns det en del saker som kan vara bra att tänka på. Med tanke på att det i dagsläget finns väldigt många tillverkare av solceller, framförallt i Kina, finns det många modeller att välja från.

Tyvär­r väljer inte alla tillverkare att kvalitetssäkra sina produkter. När man köper solceller vill man gärna att de ska hålla en längre tid, men detta är kanske inte fallet om man köper det billigaste som går att hitta på marknaden. Just av denna anledning finns det organisationer som granskar solcellerna hos en del tillverkare. Dessa organisationer ger konsumenten möjlighet att välja solceller som är av bra kvalitet och som håller längre. I Europa är CE och TÜV de vanligaste förekommande certifikaten.

CE-märkning är en klassificering av produkter inom Europeiska ekonomiska samarbetsområdet (EES). För-

kortningen CE står för *Conformité Européenne*, vilket betyder: I överensstämmelse med EG-direktiven. Detta betyder att en produkt som är märkt med CE-märkning möter de krav som EU har satt när det kommer till solcellssystem. Trots att det idag inte finns något krav på solcellerna i sig, finns det klara direktiv om hur den ström som solcellerna genererar ska hanteras. För information om detta bör man vända sig till elsäkerhetsverket som ansvarar för just säkerheten när det kommer till el i Sverige.

TÜV är ett tyskt kvalitetssäkringsföretag som är kända för att vara ett av de företag som ställer hårdast krav när det kommer till kvalitetsmärkning. TÜV står för *Technischer Überwachungsverein* som översatt till svenska betyder Tekniska övervakningsföreningen.

Elsäkerhetsverket har gjort en broschyr om vind och sol där de i lättförståelig text skriver om vad som gäller vid inkoppling av småskaliga anläggningar ämnade för elproduktion. Innan någon installation av elproducerande anläggningar får ske ska det lokala elnät­sföretaget bli medvetna om den tänkta installationen. Anledning till detta är att elnät­sföretaget måste kunna garantera



Övre bilden visar den tyska TÜVs certifieringslogga och den nedre bilden visar den allmänna europeiska certifieringsloggan

säkerheten i elnätet. Denna säkerhet riskeras då nya anläggningar för elproduktion ansluts till nätet utan deras vetskap och bakspänning kan uppstå.

Produkterna som elsäkerhetsverket vill att man ska använda måste vara CE-märkta. Detta innebär att ansvariga för produkten går i god för att den kommer möta de krav som finns angående säkerheten och elektromagnetiska störningar. Det ska också finnas klara instruktioner om hur produkten installeras på det språk som talas i landet det säljs.

Det finns solelsprodukter som är försedda med stickpropp för vanliga eluttag. Dessa produkter är tänkta att kopplas till elnätet genom att sätta stickproppen i väggen. Detta är ett typexempel på otillåten installation av solelssystemet. Den energiproducerande anläggningen ska kopplas in till nätet via en fast anslutning. Arbetet får endast utföras av eller i överseende med behörig elinstallatör.

Det finns en risk att man får betala för den el man själv producerar om man inte kontaktar sitt elnätsföretag. Detta beror på att den mätare som läser av elförbrukningen inte tar hänsyn till vart elen kommer ifrån och därför betalar man för all el som mätaren läser av. För lösning av detta problem kan man kontakta ansvarigt elnätsföretag.

När det kommer till installation av solcellssystem har staten nu föreslagit en ny certifiering av installatörer. Det är tänkt att denna certifiering ska bidra till miljömässigt och kvalitetsmässigt goda installationer i förhoppning att detta ökar användningen utav förnybar energi. Boverket föreskriver om de krav som kommer finnas på både certifieringsorganen och de certifierade installatörerna, men det är Swedac som ackrediterar certifieringsorganen och installatörerna. Det finns idag inga ackrediterade certifieringsorgan som har möjlighet att certifiera installatörer.^{31 32 33 34 35}

³¹ Norden Solar (u.å.)

³² SolEIProgrammet, *Standarder*, (u.å.)

³³ Expowera (2006)

³⁴ Elsäkerhetsverket (u.å.)

³⁵ Bodén (2007)

3.6.1 Besiktning av uppsatta solceller

Ett besiktningsprotokoll håller på att tas fram för att lättare kunna kontrollera att uppsättning av solceller är korrekt gjort. Målet med projektet är;

"Att ta fram ett besiktningsprotokoll, inklusive beskrivningar och förklaringar till mätningar som bör genomföras för att kunna godkänna en nätansluten solcellsanläggning. Besiktningsprotokollet sammanställs från befintliga besiktningsprotokoll, ABT 06 och i viss utsträckning utifrån entreprenörers egenkontroller".

Detta projekt sker i samband med solcellsprogrammet SolEl och finns tillgängligt på solelprogrammet.se.

Besiktningsprotokollet är uppdelat i tre delar vilka alla ska bli godkända för godkänt resultat.

Del 1 Funktionsprotokollet

I funktionsprotokollet är det besiktningsmannens uppgift att undersöka om modulerna är korrekt seriekopplade och även att växelriktarna fungerar. Besiktningsmannen ska även se så att modulerna ger den spänning och ström som är angiven.

Del 2 Strängspänningar

När det kommer till denna del av besiktningsprotokollet är målet att räkna ut de olika delspänningarna för systemet. Delspänningar ifrån olika temperaturer och driftfall är viktigt att få fram då man vill få en klar bild av vad systemet tål. De mest kritiska driftfallen infaller i extrempunkterna för temperaturen. När systemet utsätts för en låg temperatur finns det en risk för att spänningen blir högre än vad växelriktaren tål. Likaså är det möjligt att spänningen blir för låg då temperaturen är för hög, vilket resulterar i att det kanske inte finns tillräckligt med spänning för att driva växelriktaren.

Del 3 Kapacitetmätning

Vid kapacitetmätningen får man en översiktlig bild av den effekt som solcellerna faktiskt levererar och hur detta överensstämmer med den angivna effekten hos systemet. För att göra denna mätning möjlig används en kalibrerad solinstrålningsgivare och temperaturgivare som monteras på modulen, optimala förhållande är när solen står som högst på himlen på en molnfri dag.³⁶

³⁶ Paradis (2011)

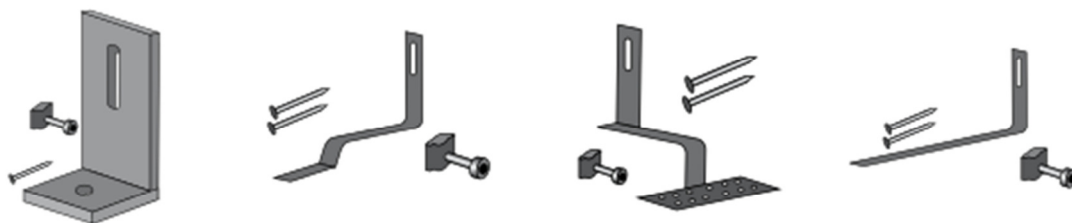
3.7 Takapplicerade och integrerade solcellsmoduler

Den vanligaste användningsformen av solcellsanläggningar idag är applicering och integrering på tak. Man kan se dessa installationer såväl på offentliga byggnader som på privata villor. Det är även denna form av moduler som i störst utsträckning blivit standardiserade genom åren och därmed den produkt som använts i störst utsträckning. Modulerna är framförallt baserade på kisel-skivor där ett antal, vanligen 36 stycken, solceller är seriekopplade mellan en glasskiva på framsidan och en EVA-duk på baksidan. Man kan välja att få dessa med eller utan ram i diverse färgsättningar och mått.³⁷

3.7.1 Montering

Vid montering finns det en del faktorer som måste tas hänsyn till, däribland takets utformning och lutning. Detta för att uppnå maximal effekt av installationen. Det finns en mängd komponenter på marknaden för att reglera vinkeln av modulerna för att nå maximal solljusexponering. På platta eller låglutande tak används vinkelbeslag för att uppnå optimal vinkel på modulerna, dvs. mellan 20-55° i sydlig riktning.³⁸ På helt platta tak finns även alternativet att placera fristående solpaneler.

Vid applicering gäller det att hitta infästningskomponenter som passar till den taktyp som modulerna ska placeras på. Vanligast är att använda sig av takkrokar på tak med fall. Takkrokarna är utformade för att passa på diverse taktyper såsom taktegel, plåt och skiffertak.³⁹ Infästningselementen placeras under takpannan eller skifferplatta för att sedan fästas i läkten. Vid infästning av plåttak kan fästelementet antingen fästas i falsen på plåten eller i läkten som vid övriga taktäckningar. Det finns då olika utformningar av takkrokar beroende på vilket alternativ som föredras.



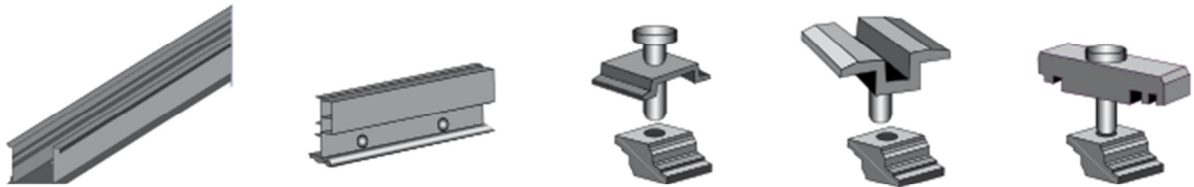
Figur 3.11 Typexempel vanlig beslagsats (f.v.): plåttak, plana tegeltak, tegeltak och skiffertak. Visade alternativ infästs i takläkten. © Modern Energi Sverige AB

³⁷ SolElProgrammet, *Beskrivning av hur solceller fungerar*, (u.å.)

³⁸ Kjellsson (2000)

³⁹ Modern Energi Sverige AB (u.å.)

Utöver takkrokar behövs basskenor och ramskarvsats som placeras på taket fixerade av olika typer av beslag som sedan solmodulen placeras och fästs på. Detta system är modulärt vilket medför att du kan anpassa utformningen av solcellsanläggning efter behov och önskat utseende.



Figur 3.12 Basskena, ramskarvavsats, beslagsats för skena, mellanbeslagsats och ändbeslagsats. Observera att beslagsatserna kan skilja sig åt beroende på återförsäljare. © Modern Energi Sverige AB

För byggnadsintegrerade moduler måste man ta hänsyn till att man ersätter den befintliga taktäckningen, vilket innebär att solcellsanläggningen måste ha samma funktion som det ordinarie taket. Alltså, att det ska vara väderbeständigt och hålla tätt. Det har tagits fram solcellsprodukter som efterliknar den befintliga taktäckningen, såsom tegel och plåt, men det går även att använda sig av standardiserade moduler. Vid integrering av de standardiserade modulerna måste det finnas en övergång till det befintliga taket. Själva monteringsmomentet och utrustningen är i princip densamma som för takapplicerade moduler, dvs. att man fäster skenorna i läkten på taket med tidigare nämnda beslagsatser.

3.7.2 Tillverkare och återförsäljare

Enligt Johan Lindahl, doktorand vid Uppsala Universitet, som jobbar med sammanställning av marknadsstatistik för IEA PVPS, fanns det år 2011 177 svenska tillverkare av solcellssystem, 64 företag som ägnade sig åt installation och försäljning samt 45 tillverkare och leverantörer av andra komponenter.⁴⁰

Under 2012 förändrades dock dessa värden drastiskt. Enligt statistisk sammanställning av Lindahl, fanns det vid årsslutet av 2012 enbart en modulproducent kvar i Sverige – nämligen SweModule. Anledningen till detta tros vara den överproduktion gentemot efterfrågan som hela världen bistår med. Detta har inneburit, i vissa fall frivillig och i andra fall ofrivillig, konkurs bland världens företag och inte minst i Sverige.

⁴⁰ IEA International Energy Agency (2013)

3.7.3 Prisuppgifter

I samma studie gjord för IEA PVPS, av Johan Lindahl, har man undersökt prisspannet för en typisk modul i Sverige. Kostnaden för nätanslutna takmoduler på privata villor varierar mellan 20-50 kr/Wp, där medelvärdet ligger omkring 32 kr/Wp. När det kommer till större modulanläggningar upp till 10 kW ligger kostnaden omkring 20-35 kr/Wp, med en genomsnittlig kostnad på 28 kr/Wp. För de solcellsanläggningar större än 10 kW sjunker priset ytterligare till 18-25 kr/Wp. Värdena är alltså generella och kan variera något beroende på återförsäljare och leverantör.

3.7.4 Effektivitet

När man ska mäta effekten av en modul vid tillverkning måste man, som tidigare nämnt, utgå ifrån STC – normala testförhållanden. Det innebär att man har en solinstrålning på 1000 W/m², en luftmassa motsvarande 1,5 och en temperatur på 25°. Luftmassan definieras som en direkt optisk banlängd genom jordens atmosfär – ett medelspektrum – där solens väg genom atmosfären är 1,5 gånger längre än den kortaste vägen genom atmosfären, s.k. zenit.

3.8 Fasadintegrerade och applicerade solcellsmoduler

Det finns två alternativ vid montering av solcellsmoduler på fasad. Antingen kan man applicera dessa på den befintliga fasadytan eller så kan man integrera modulerna som en del av konstruktionen. Vid integration ersätter man det byggnadsmaterial som annars skulle placerats på fasaden. Vid nybyggnation innebär detta en reducerad kostnad för det fasadmateriel som ersätts av modulerna.

Monteringsprocessen fungerar på liknande sätt för de båda alternativen. En U-balksprofil fästs vertikalt med bultar i antingen fasadmaterialet eller i konstruktionens stomme. Bultarna placeras på ett visst avstånd så att de passar i för-utfrästa hack i en T-formad horisontell aluminiumprofil. Därefter fästs modulerna till denna T-profil.

Ett annat alternativ är att använda sig av en H-profil av aluminium som är horisontellt monterad. Dessa fästs mot fasaden med hjälp av vertikala stöd. Modulerna fästs sedan mellan H-profilerna där ingen fixering krävs.⁴¹

3.8.1 Värmemotstånd vid integrering av solceller

En tunnfilmspanel har en värmegenomgångskoefficient, U-värde, motsvarande 2,9 W/m²K.⁴² Vid integration innebär detta att en del av det ordinarie fasadskiktet ersätts med solceller och därmed förändras även det s.k. U-värdet. En byggnad ska ha så lågt U-värde som möjligt för att uppnå en så bra isolerförmåga som möjligt. Om man tänker sig integrera tunnfilmsmodulerna i fasadens stomme krävs en omräkning av byggnadens U-värde. För att göra uträkningen mer konkret användes tidigare referensbyggnad där 40 kvm av fasadens 70 kvm ersätts med solceller. Följande uträkning fås (2), (3), (4):

	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
Ute			0,04
Tunnfilmsmoduler:			$0,34 \cdot 0,57 = 0,194$
½-stens fasadtegel:	0,120	0,6	$0,20 \cdot 0,43 = 0,086$
Helstens tegelstomme:	0,250	0,6	0,42
Puts:	0,010	1,0	0,01
Inne			0,13
		SUMMA	0,88

$$U = 1/R \quad \rightarrow \quad U = 1,136 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Utan solceller

	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
Ute			0,04
½-stens fasadtegel:	0,120	0,6	0,2
Helstens tegelstomme:	0,250	0,6	0,42
Puts:	0,010	1,0	0,01
Inne			0,13
		SUMMA	0,8

$$U = 1/R \quad \rightarrow \quad U = 1,25 \text{ W/m}^2\text{K}$$

⁴¹ SolEIProgrammet, *Modulmontage*, (u.å.)

⁴² Modern Energi Sverige AB (u.å.)

Då den befintliga fasaden består av tegel som har ett lägre värmemotstånd än tunnfilmmoduler kommer fasaden att förbättras med integrerade solceller. Hänsyn har dock inte tagits till köldbryggor och liknande. Nedan följer en tabell med vanliga fasadmaterial med tillhörande, ungefärliga, värmemotstånd, vilket ger en uppfattning av hur de står gentemot varandra rent energimässigt.

Det framtagna U-värdet hade vid nyproduktion inte varit godkänt ur energisynpunkt.

Tabell 3.3 Jämförelsetabell av värmemotståndet R (2), m^2K/W , för olika fasadmaterial med ventilerat skikt.⁴³

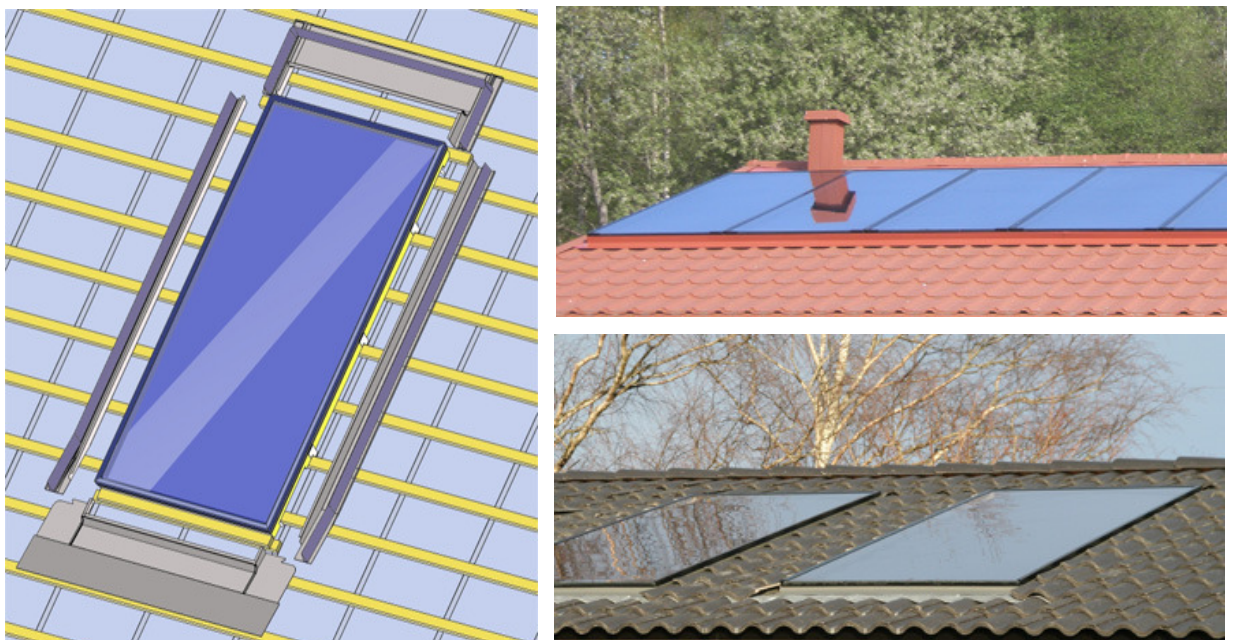
Fasadmaterial med ventilerat skikt	Värmemotstånd R [m^2K/W]
Tunnfilmmoduler	~ 0,34
Plåt eller betong	~ 0,10
Trä eller tegel	~ 0,20

⁴³ Aronsson (2006)

3.9 Fuktaspekt vid montering av solceller

Vid inmontering av solceller är det väldigt viktigt att undvika att fukt tränger in och orsakar skador på konstruktionen. Infästningen är direkt kopplad till byggnadens stomme och beroende på vilket material den är uppbyggd av så har den också olika stor benägenhet att suga åt sig av utifrån kommande fukt. Allmänt gäller vid infästning i betong och tegel att fylla borrhålet med tätningssmassa och sedan plugga för skruven. Vid trästomme används enbart skruv för att fästa beslagen. Generellt ska detta räcka för att undvika att fukt tränger in i konstruktionen.

I takanordningar krävs större aktsamhet för att undvika att fuktskador uppstår då taken oftast har en horisontell lutning. I de fall man väljer att applicera modulerna på det befintliga takskiktet är risken för fuktskador låg då infästningsanordningen är utformad för att passa in med det befintliga takskiktet. Vid direktmontering på takkonstruktionen gäller det att överlappa modulerna med övrigt takskikt för att låta framförallt regn rinna av. Det rekommenderas även att fästa en anslutningsplåt till modulen och takläkten för att säkerställa en tät och väderbeständig montering.⁴⁴



Figur 3.13 Anslutningsplåt för taktäckning vid integration av solcellsmoduler. Plåtarna kan fås i önskad färg för att passa till övrigt takskikt © Warmec Scandinavia

⁴⁴ WarmEc Scandinavia AB (u.å.)

3.10 Bygglov

När det kommer till bygglov så är det upp till varje kommun att bedöma när det krävs bygglov för utplacering av solceller. Generellt krävs det bygglov vid färg- eller materialförändring av fasad och tak. I vissa fall, vid mindre förändringar, krävs det dock ingen anmälan för bygglov. Lättast är att höra sig för på kommunens stadskontor.

3.11 Årsförbrukning hushåll

Enligt Energimyndigheten så förbrukar medel el omkring 40 kWh per kvm och år.⁴⁵ En lägenhet på 90 kvm motsvaras då förbruka 3600 kWh/år. Detta värde kommer att användas som riktlinje när vi ska jämföra olika tänkbara lösningar för att kunna se hur mycket man möjligtvis kan ersätta dagens elproduktion med naturvänlig energi.

3.12 Ungefärlig elproduktion och elförbrukning

För att på fasaden få en så effektiv solcellsyta som möjligt ur både ett ekonomiskt och estetiskt perspektiv är tunnfilmssolceller sannolikt det bästa alternativet. Trots att denna solcellstyp fortfarande är något dyrare än den vanliga kiselcellen är materialet mycket tunnare med ungefär samma effektivitet. En tunnfilmssolcell på ca en kvadratmeter har en topp effekt upp till ungefär 120 Wp. Då värden sätts in i PVGIS får man ut att tunnfilmssolceller (på en kvadratmeter) per år genererar ungefär 82,8 kWh/år. För en genomsnittlig lägenhet på 90 kvm är energibehovet 13 600 kWh värme och 3 600 kWh el per år. I den utvalda huskroppen finns det generellt räknat, 6 stycken lägenheter med en yta motsvarande 90 kvm för vardera lägenhet.⁴⁶ Om fasaden täcks med en yta på ungefär 54 kvm med tunnfilmssolceller kommer detta generera 4 470 kWh/år. Denna siffra är inte i närheten av vad som krävs för både värme och el, men borträknat värme täcker tunnfilmssolcellerna ungefär 21 % av vad fastigheten kräver årligen.

Solpanelerna på taket är moduler med en ungefärlig storlek på 1 m². Panelerna ligger i tre led med tolv solcellsmoduler i varje led. Totalt uppskattas solcellsytan till 36 m² med en topp effekt på ungefär 130 Wp/m². Totalt som solpanelerna producerar på ett år blir då 123,6 kWh/år och m². Alla moduler tillsam-

⁴⁵ Energimyndigheten (2010)

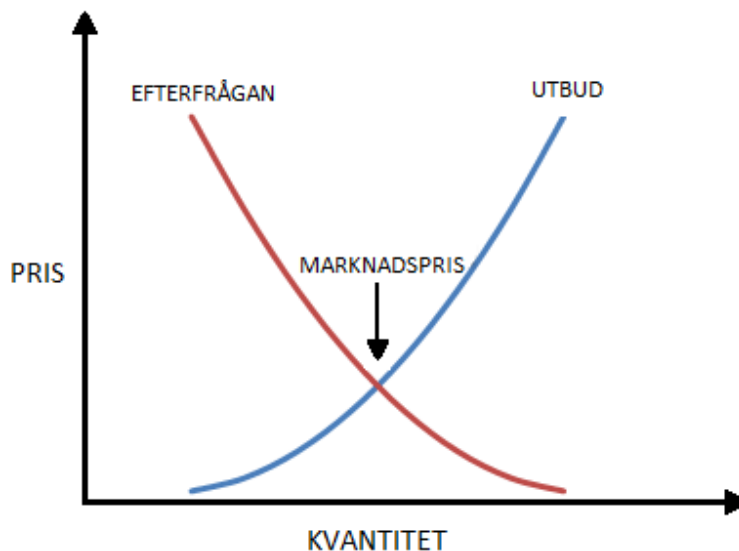
⁴⁶ Energimyndigheten (2010)

mans drar då in 36 gånger denna energi vilket resulterar i en total energiproduktion på 4 450 kWh/år.

Totalt kommer då hela fastigheten att producera 8 920 kWh/år vilket motsvarar 41,3 % av den förbrukning som huskroppen förväntas kräva i form av el varje år.

3.12.1 Elpris och intäkter

Elpriset bestäms i dagsläget som så mycket annat av ”utbud och efterfrågan”-principen. Då efterfrågan är stor ökar belastningen på elnätet och priset för elen stiger. Är efterfrågan låg produceras mer el än vad som kan säljas och priset sjunker.



Figur 3.14 Generell bedömning av relationen mellan pris och kvantitet vilka påverkas av utbud och efterfrågan.

Andra saker som påverkar elpriset är t.ex. temperaturen. När det är kallt ute går väldigt mycket energi åt att värma upp fastigheter och med större belastning på elnätet stiger också priserna. Även vattennivåer är en faktor i bestämning av elpriset då Sverige till viss del lever på vattenkraft. Då det regnar mycket fylls vattenmagasinen och vattenkraftverken producerar då mer el. Underhåll och driftstörningar kan till viss del ställa till det för elbolagen och elen blir då dyrare när kärnkraftverk, vattenkraftverk etc. måste repareras eller tas om hand.

Statistiska centralbyrån har gjort en undersökning av elpriset de senaste 17 åren och visar i diagrammet nedan hur elpriset har utvecklats.

Elpriser för olika typkunder, tidsserie

Tabellen visar en tidsserie över elpriser för olika typkunder vid tillsvidareprisavtal. Pris per den 1:a januari öre/kWh exklusive skatter. Fr.o.m. 2007 ingår elcertifikatpriset i elhandelspriset.

Typkund	Medelvärde, pris per kWh, öre (exklusive skatter)																	
Tillsvidareprisavtal	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Lägenhet	28,2	29,2	29,0	27,1	25,8	27,0	35,6	51,9	55,8	48,2	54,4	76,0	72,1	89,8	76,7	99,9	90,0	82,3
Villa utan elvärme	26,7	27,6	26,8	26,3	23,4	24,2	31,6	47,1	50,7	42,5	48,1	69,4	65,5	82,9	69,9	92,3	81,9	74,0
Villa med elvärme	24,7	25,9	25,1	24,4	21,8	22,5	29,6	44,7	48,0	39,7	45,0	66,1	62,2	79,6	66,7	88,6	78,0	70,1
Jord- och skogsbruk	23,7	24,9	24,1	23,1	21,4	22,1	29,3	44,5	47,5	39,0	44,5	65,9	61,7	79,3	66,7	87,9	77,3	69,3
Näringsverksamhet	-	25,8	24,5	23,3	21,0	22,1	28,8	43,6	46,7	38,3	44,1	65,3	60,9	78,3	65,8	86,8	75,7	68,5
Småindustri	24,0	25,6	24,1	22,8	20,4	22,0	28,5	44,3	45,7	37,8	44,0	64,7	60,7	78,8	66,0	85,5	76,0	68,7

Figur 3.15 Elpriser för olika typkunder under perioden 1996 till dagens pris 2013 (SCB).⁴⁷

Inklusive skatt ligger elpriset för en lägenhet på någonstans kring 1 kr per kilowatt timme. Detta är dock exklusive nätavgift och andra extrakostnader vilket kommer resultera i en ungefärlig elkostnad på 1,5 kronor per kWh.

3.13 Kostnader

Det finns många uppgifter vad gäller kostnaden för solceller som man måste särskilja för att kunna jämföra olika produkter. Kostnaden kan vara uträknad per watt/kilowatt, per m², per kWh eller per kWp.⁴⁸

När man pratar om priset per watt eller kilowatt så innebär det en kostnad för den effekt som en solcellsmodul kan uppnå. Generellt räknar man med att en modul har 120-130 W. Givetvis så finns där moduler med både lägre och högre effekt. Vill man jämföra detta pris med andra produkter bör man räkna om det till kr/kW.

Att räkna med kostnaden per m² är ganska irrelevant fakta då olika moduler har olika toppeffekt per ytenhet. Man kommer därmed aldrig att få ett värde som går att jämföra med andra produkter. Vilket i sin tur leder till att man inte kan komma fram till konkreta värden för hur mycket man faktiskt tjänar på att investera i solceller.

⁴⁷ Statistiska centralbyrån (2013)

⁴⁸ Norden Solar (u.å.)

Att använda sig av kWh kan vara intressant då man har en klar bild över hur mycket man vill att solcellsmodulerna ska generera för att täcka energibehovet. Idag mäts all den elproduktion man förbrukar i kWh och blir därför en relevant faktor i uträkningen.

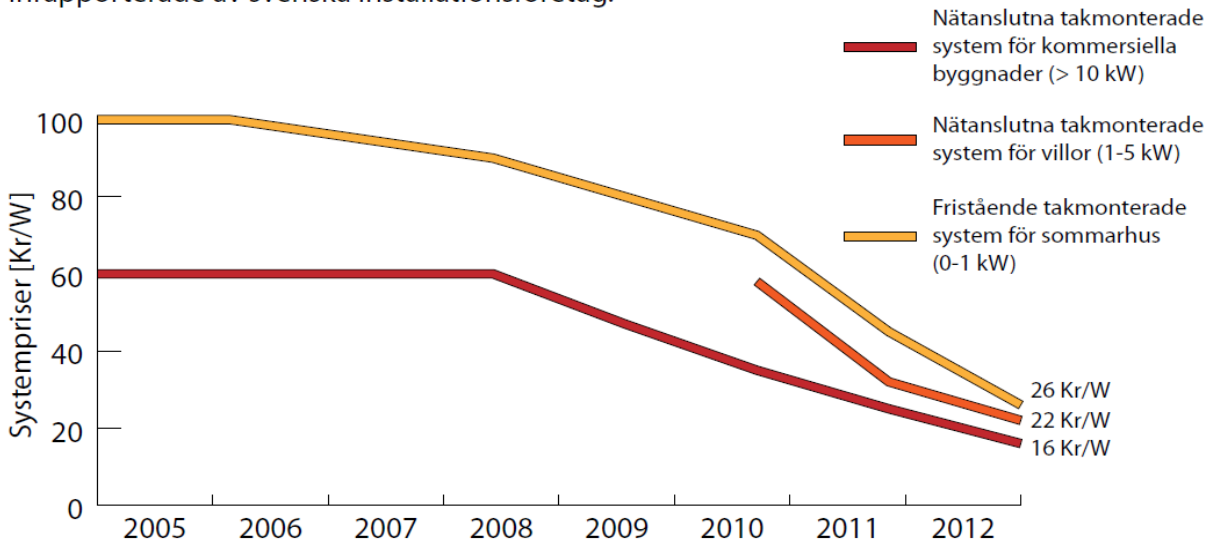
Toppeffekt, W_p , är den mängd energi en modul kan producera under STC – normala testförhållanden. Kostnaden kan då med fördel bestämmas som m^2/kW_p , då man får fram hur många kvadratmeter modul som motsvaras av en kW_p . Modulerna motsvarar ca 40-60% av den totala kostnaden för installation av ett solcellssystem. Priset på toppeffekten varierar stort beroende på modulens utformning och vilket ursprungslandet för tillverkningen är. Man spår dock att med tanke på utvecklingen och den ökande produktionsvolymen av moduler på marknaden, kommer priserna sakta att sjunka. Tunnfilmssolcellerna har en mindre toppeffekt än solpanelerna har därmed kommer priset per kvadratmeter vara ungefärligt den samma (detta med uppgifter ifrån Öresundskraft). Man räknar generellt med en kostnad på 1,5 till 5 €/Wp för år 2011, men måste ha i åtanke att priset varierar något.

Det har skett en relativt kraftig nedgång av prisutvecklingen för solceller det senaste decenniet i Sverige. Fortsätter denna trend hålla i sig framöver kan det möjligtvis motivera fler aktörer att investera i solcellsanläggningar.

Prisutvecklingen för solcellssystem i Sverige

Källa: Johan Lindahl
IEA-PVPS

Typiska priser för nyckelfärdiga solcellssystem (exklusive moms) inrapporterade av svenska installationsföretag.



Figur 3.16 Prisutveckling för solcellsmoduler mellan år 2005 och 2012. Figuren visar hur kostnaden under de senaste åren av nätanslutna och fristående solcellssystem på tak har sjunkit från 60 till mellan 16 och 22 kr/W resp. från 100 till 26 kr/W.⁴⁹

Varför är prisuppgifterna så komplexa?

Till största del handlar det om att solcellsmoduler är relativt nya på marknaden. Vilket i sin tur leder till att det finns få standardiserade produkter. När det gäller integrering av solcellsanläggningar används ofta en specialutformad produkt som ska passa takets utformning. Detta leder till högre kostnader och därmed även varierande prisuppgifter. Idag finns det en del standardiserade stativ vid applicering av solmoduler som leder till lägre kostnader. Det vittnar om en framtid för fler standardiserade produkter till lägre priser.⁵⁰

⁴⁹ Lindahl (2013)

⁵⁰ Palmblad (2007)

3.13.1 Tunnfilmssolceller fasad

Öresundskraft har ett samarbete med Glacell om man via Öresundskraft vill köpa solceller. Priset ligger i snitt på ca 3000 kr/m² för tunnfilmssolceller på fasaden och denna kostnad är en totalkostnad med installation inräknat. Denna kostnad blir 25 kr/Wp då solcellerna har 120 Wp/m². Den solcellsytan, 54 m², som det är räknat på i detta projekt ger en ungefärlig investeringskostnad på 162 000 kr.⁵¹

Då stöd från regeringen ges vid installationen kan man räkna bort en del av denna investeringskostnad, maximalt 35 %. De stödberättigade kostnaderna får maximalt uppgå till 37 000 kr per installerad kWp. Då vi har en installation på 54 m² solceller, där varje kvadratmeter har en topp effekt på 120 Wp, kommer den totala topp effekten vara 6,48 kWp. Kostnaden per installerad kWp kommer då landa på 25 000 kr vilket är under den restriktion som regeringen satt för stödberättigad kostnad.

Skatteverket säger "inmontering eller byte av solpaneler ger rätt till skattereduktion förutsatt att bidrag inte har medgetts. Service av solpaneler ger inte rätt till skattereduktion". Med andra ord kan man inte få stöd för investeringskostnaden om man redan fått stöd via ROT-avdraget. Med regeringsstödet kommer kostnaden för investeringen att sjunka till 105 300 kr.

Det finns delade meningar vad gäller den ekonomiska livslängden för solceller. De flesta solcellsproducenter räknar dock med en livslängd på 25 till 30 år. I kommande beräkningar utgår vi ifrån 25 år för att få en så sträng och rättvis bedömning som möjligt.

Fasaden ligger i rakt söderläge men det finns ändå förluster i systemet som påverkar solcellsproduktionen. Då tunnfilmssolcellerna inte är i 45° utan istället är helt vertikala kommer en energiförlust på 20 % uppstå (se kapitel 3.2). Det finns även en förlust i växelriktaren på ca 10 %.⁵² Med 1600 solskenstimmar per år och en topp effekt på 6,48 kWp kommer systemet varje år att dra in 4 470 kWh/år enligt beräkningar gjorda med PVGIS inklusive förluster.⁵³

Man kan sälja den producerade elen för ca 1 krona per kWh till elbolagen. Dock köper man själv elen för ca 1,5 kronor per kWh, vilket i sådana fall blir en besparing man gör i elkostnad.

⁵¹ Solibro Hanergy (2013)

⁵² Solelprogrammet förluster växelriktaren

⁵³ PVGIS (2013)

Toppeffekt [kWp] · pris per kWh

$$\rightarrow 4\,470 \cdot 1,5 = 6\,705 \text{ kr/år}$$

Då kalkylräntan ligger på 1,8 % i dagsläget är det lämpligt att använda sig av nuvärdesmetoden för beräkning av den eventuella vinst som finns efter 25 år. Restvärdet efter 25 år uppskattas enligt energimyndigheten till 30 % av inköpskostnaden.⁵⁴

Följande gäller (1):

$$\text{Nuvärdet (kapitalvärdet)} = -G + \sum_{t=1}^n \cdot \frac{I - U}{(1 + p)^t} + \frac{R}{(1 + p)^n}$$

Där $\sum_{t=1}^n \cdot \frac{I-U}{(1+p)^t}$ ersätts med formeln för nuvärdesumman: $(I - U) \cdot \frac{1-(1+p)^{-n}}{p}$
pga. att skillnaden mellan in- och utbetalningar är konstant över kalkylperioden.

G = grundinvestering

I = inbetalningar

U = utbetalningar

R = restvärde

p = kalkylränta

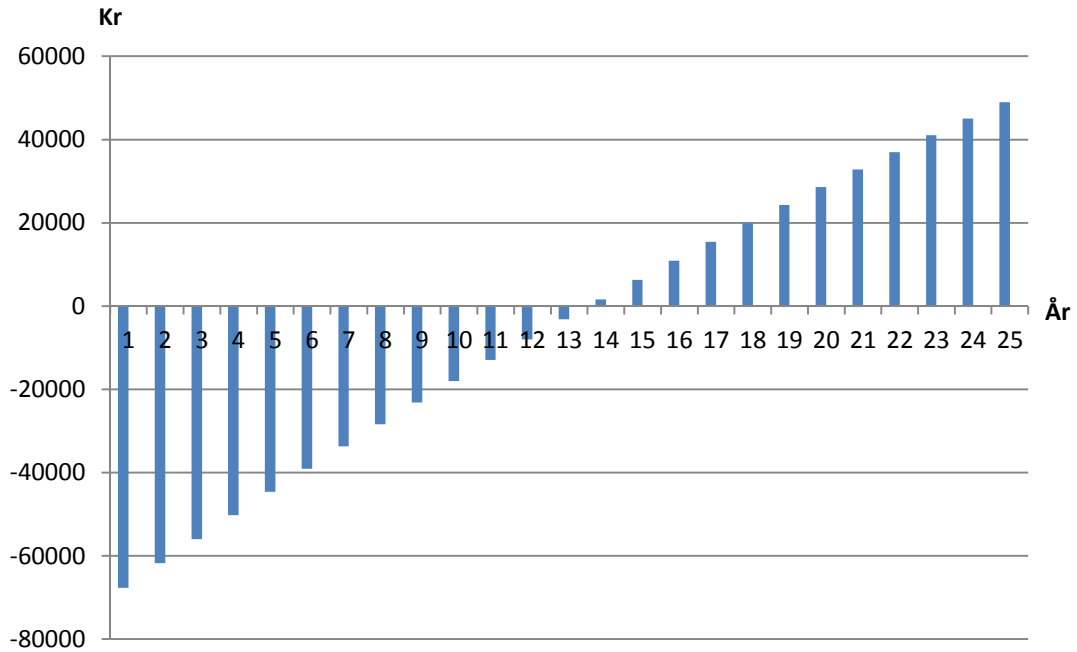
n = ekonomisk livslängd (kalkylperiod)

Vilket ger följande uträkning:

$$-105\,300 + 6\,705 \cdot \frac{1 - (1+0,018)^{-25}}{0,018} + \frac{0,3 \cdot 105\,300}{(1 + 0,018)^{25}} = 48\,954,5 \text{ kr}$$

Detta innebär att man efter 25 år ha tjänat ca 49 000 kr.

⁵⁴ Energimyndigheten (2010)



Figur 3.17 Kostnadslägets utveckling årligen efter investeringen.

Ett alternativt sätt att räkna den ekonomiska aspekten på, är att säga att man betalar av hela systemet under den ekonomiska livstid modulen antas ha. Man får istället en kostnad per år och det blir då lättare att se hur stor vinst man faktiskt gör.

Följande gäller:

$$\frac{\text{Investeringskostnad [kr]}}{\text{Livslängd solcell [år]}} \rightarrow \frac{105\,300}{25} = 4\,212 \text{ kr/år}$$

$$\text{Intäkt} \left[\frac{\text{kr}}{\text{år}} \right] - \text{kostnad} \left[\frac{\text{kr}}{\text{år}} \right] = \text{vinst} \left[\frac{\text{kr}}{\text{år}} \right] \rightarrow 6\,705 - 4\,212 = 2\,493 \text{ kr/år}$$

Kalkylräntan över dessa 25 åren uppgår till;

$((105\,300 \cdot (1,018^{25})) - 105\,300) = 59\,183$ kr, och restvärdet landar på;

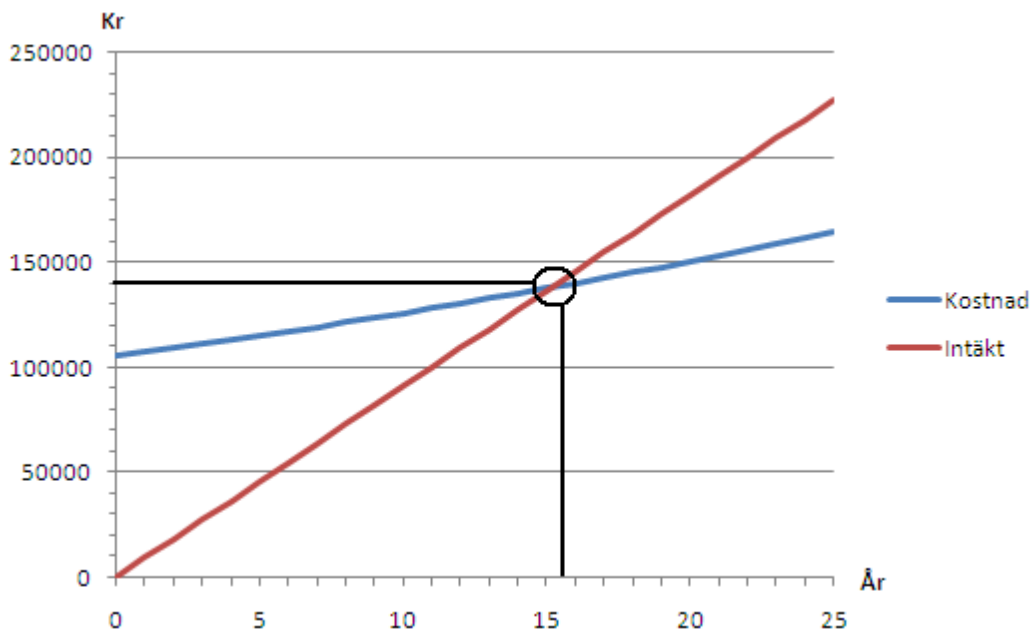
$(105\,300 \cdot 0,30) = 31\,590$ kr. Det betyder att vi på dessa 25 åren har en extra kostnad på; $59\,183 - 31\,590 = 27\,594$ kr.

Den totala vinsten per år blir då:

$$\text{Vinst} \left[\frac{\text{kr}}{\text{år}} \right] + \text{Positiv ränta} - \frac{\text{Totalkostnad} [\text{kr}]}{\text{Livslängd solcell} [\text{år}]}$$

$$\rightarrow 3\,253 + 1343 - \frac{27\,594}{25} = 3\,492,2 \text{ kr/år}$$

Det finns även en förräntning av de pengarna som genereras av solcellssystemet. Då detta kapital antogs sättas in på bank med samma ränta kommer kapitalet att stiga med 1,8 % varje år. Dessutom kommer det varje år in en ny summa pengar från den elproduktion som skett under året, se bilaga 3. Det blir en exponentiell kurva på det *break-even* diagram som är visat nedan men för att göra det enkelt har alla års räntor summerats och sedan delats på 25 år för att få en linjär kurva. Då detta är en intäkt är den inräknad i den blå linjen *intäkt*.



Figur 3.18 Jämförelsegraf mellan kostnad och intäkt. Där graferna möts är ett jämviktsläge, vilket innebär att man har betalat av kostnaden för installationen och får kommande år avkastning för anläggningen.

Något som även är av högsta intresse vid investering av solceller, och som kan utläsas från figur 3.18 ovan, är att få reda på när hela solcellsanläggningen är avbetald. Avkastning ges redan efter första dagen då solcellerna installeras, men vill man ha reda på när hela investeringskostnaden är betald kan man räkna på följande sätt:

$$\frac{\text{Investeringskostnad [kr]}}{\left(\text{Intäkt } \left[\frac{\text{kr}}{\text{år}} \right] + \text{Ränta } \left[\frac{\text{kr}}{\text{år}} \right] + \text{Restvärde } \left[\frac{\text{kr}}{\text{år}} \right] \right) - \text{Kostnad } \left[\frac{\text{kr}}{\text{år}} \right]}$$

$$\rightarrow \frac{105\,300}{(6\,705 + 1\,128,8 + 1\,263,6) - 2\,384,3} = 15,7 \text{ år}$$

Man får då fram att man efter 15,7 år har betalat av hela anläggningen och går enbart med plus på kontot.

3.13.1.1 Banklån

Ett annat alternativ är att låna pengar för att köpa solcellerna, vilket man kanske blir tvungen till om man inte har ett eget kapital på summan som krävs. Vi antar i detta fall att man behöver låna till hela summan på 105 300 kr. Låneräntan utan säkerhet med en amorteringstid på 12 år uppgår till ungefär 5,85 % på lånesumman. Om lånet ska amorteras på 12 år måste man betala av 8 775 kr/år. Dessutom tillkommer en årskostnad i form av bankräntan på 5,85 % av vad som finns kvar av lånet.

Man talar ofta om kassaflöde när det kommer till investeringsbedömningar. Kassaflöde är enkelt uttryckt de pengar som går in eller ut på kontot under en bestämd tid. Kassaflödet i detta fall kommer att vara negativt första 12 åren och det är inte förrän vid år 13 som kassaflödet blir positivt igen. Detta betyder med andra ord att kontot kommer påverkas negativt under de första 12 åren för den här investeringen. Detta är inte att förväxla med resultatet eller vinsten som uppstår. Kassaflöde är alltså summan av de kostnader man tvunget måste betala varje år (amortering och ränta) och de intäkter som man får in varje år (försäljning av el eller reducerad elräkning).

Vinsten per år för investeringen räknas på ett annat sätt. Precis som kassaflödet så räknar man in både intäkten (i form av elproduktionen av solcellerna) och räntan för banklånet. Det som dock skiljer är att man inte räknar in amorteringen. Anledningen till varför man inte gör detta är för att investeringen man gjort fortfarande har ett värde även om detta inte är lika stort efter ett år som det var vid köptillfället. Man säger att solcellerna har ett restvärde på 30 % av investeringskostnaden efter dess ekonomiska livstid (25år). Då får man istället en avskrivning, dvs. den värdeminskning som investeringen har. Med andra ord går man med vinst redan första året enligt resultaträkningen.

För vidare information se bilaga 1.

3.13.2 Solpaneler tak

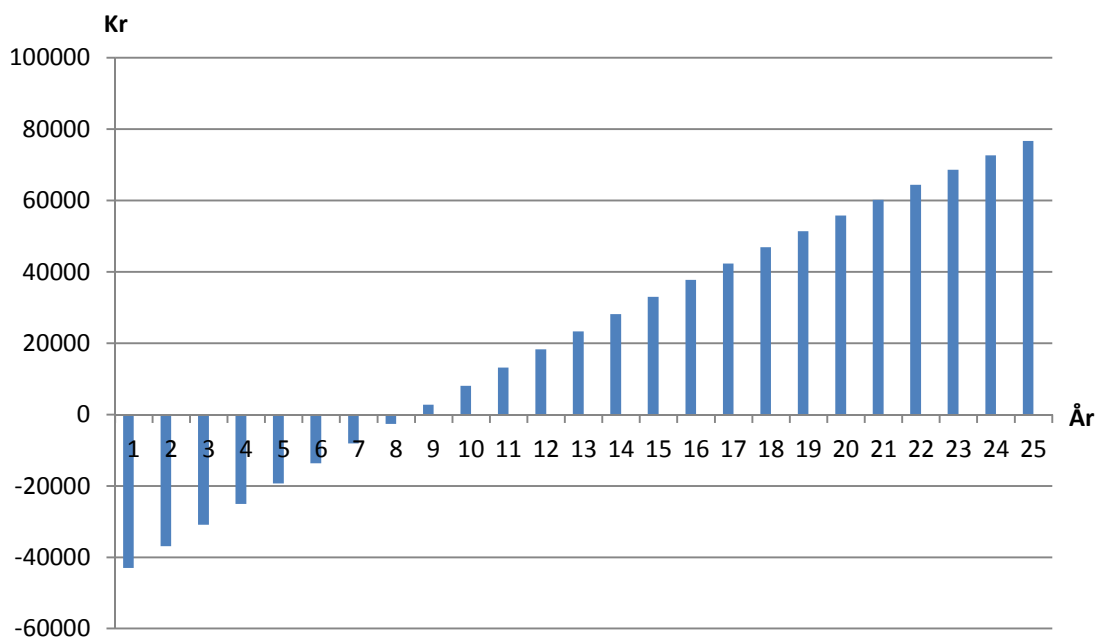
Enligt Elforsk 10:41 kostar de valda solpanelerna mellan 350 - 600 euro/m². Med dagens valutakurs motsvarar 1 euro 8,5 svenska kronor, vilket resulterar i en kostnad på ungefär 3000 kr/m². Detta kostar, då solpanelerna har en topp-effekt på 130 kWp, 23,1 kr/kWp. Då det ska placeras ut 36 m² solpaneler kommer den totala kostnaden landa på 108 000 kr exklusive stöd från regeringen. Med stödet kommer kostnaden sjunka till 70 200 kr, dvs. 35 % av totalkostnaden. Solpanelerna på taket har en topp-effekt på 130 kWp. Detta ger en total topp-effekt för hela systemet på 4,68 kWp, vilket med beräkningar från PVGIS kommer att landa på 4 450 kWh/år.

$$\text{Årlig produktion} \left[\frac{\text{kWp}}{\text{år}} \right] \cdot \text{pris per kWh}$$

$$\rightarrow 4\,450 \cdot 1,5 = 6\,675 \text{ kr/år}$$

Precis som för tunnfilmssolcellerna räknas varje kWh motsvara 1,5 kronor, vilket innebär att den totala årsintäkten motsvarar ca 6 675 kr. Med ovan uträknade värden i beaktning innebär det att man efter 25 år, solcellernas beräknade livslängd, har tjänat ca 77 000 kr enligt nuvärdemetoden (1):

$$-70\,200 + 6\,675 \cdot \frac{1 - (1 + 0,018)^{-25}}{0,018} + \frac{0,3 \cdot 70\,200}{(1 + 0,018)^{25}} = 76\,713,7 \text{ kr}$$



Figur 3.19 Kostnadslägets utveckling årligen efter investeringen.

Föredrar man att räkna ekonomin med grund för den livslängd som solcellen förväntas ha, får man följande uträkning:

$$\frac{\text{Investeringskostnad [kr]}}{\text{Livslängd solcell [år]}} = \frac{70\,200}{25} = 2\,808 \text{ kr/år}$$

$$\text{Intäkt } \left[\frac{\text{kr}}{\text{år}} \right] - \text{kostnad } \left[\frac{\text{kr}}{\text{år}} \right] = \text{vinst } \left[\frac{\text{kr}}{\text{år}} \right] \rightarrow 6\,675 - 2\,808 = 3\,867 \text{ kr/år}$$

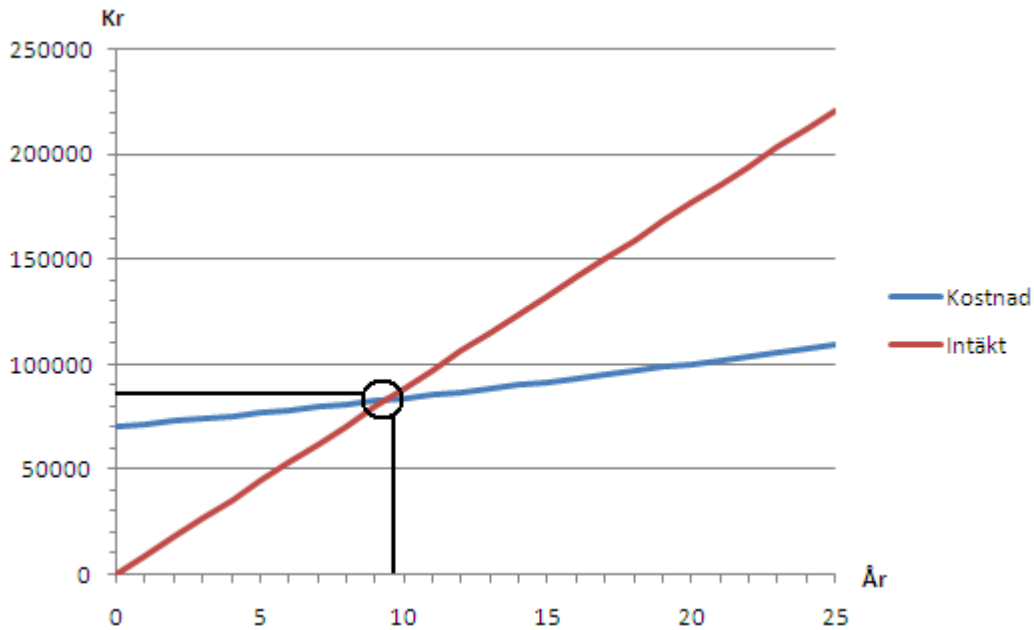
Kalkylräntan för de 25 åren uppgår till $((70\,200 \cdot (1,018)^{25}) - 70\,200) = 39\,455,8$ kr och restvärdet landar på $70\,200 \cdot 0,3 = 21\,060$ kr. Detta betyder att vi på dessa 25 åren har en extra kostnad på;
 $39\,456 \text{ kr} - 21\,060 \text{ kr} = 18\,396 \text{ kr}$.

Den totala vinsten per år blir då:

$$\text{Vinst } \left[\frac{\text{kr}}{\text{år}} \right] + \text{Positiv ränta} - \frac{\text{Totalkostnad [kr]}}{\text{Livslängd solcell [år]}}$$

$$\rightarrow 3\,931 + 1326 - \frac{18\,396}{25} = 3\,195,2 \text{ kr/år}$$

Det finns även en förräntning av de pengarna som genereras av solcellssystemet. Då detta kapital antags sättas in på bank med samma ränta kommer kapitalet att stiga med 1,8 % varje år. Dessutom kommer det varje år in en ny summa pengar från den elproduktion som skett under året, se bilaga 4. Det blir en exponentiell kurva på det *break-even* diagram som är visat nedan men för att göra det enkelt har alla års räntor summerats och sedan delats på 25 år för att få en linjär kurva. Då detta är en intäkt är den inräknad i den blå linjen *intäkt*.



Figur 3.20 Jämförelsegraf mellan kostnad och intäkt. Där graferna möts är ett jämviktsläge, vilket innebär att man har betalat av kostnaden för installationen och får kommande år avkastning för anläggningen.

Precis som för tunnfilmsmodulerna räknar man ut när hela solcellsanläggningen är avbetald enligt följande:

$$\frac{\text{Investeringskostnad [kr]}}{\left(\text{Intäkt} \left[\frac{\text{kr}}{\text{år}} \right] + \text{Ränta} \left[\frac{\text{kr}}{\text{år}} \right] + \text{Restvärde} \left[\frac{\text{kr}}{\text{år}} \right] \right) - \text{Kostnad} \left[\frac{\text{kr}}{\text{år}} \right]}$$

$$\rightarrow \frac{70200}{(6\,675 + 1\,326 + 842,4) - 1\,578,2} = 9,7 \text{ år}$$

Detta innebär att det tar omkring 9,6 år att betala av solcellsanläggningen. Detta går även att kontrollera genom att utgå från *break-even*-punkten i figur 3.20.

3.13.2.1 Banklån

Har man inte det startkapital som krävs för att köpa solcellerna kan man vara i behov av att ta ett lån för att täcka kostnaderna. Vi utgår ifrån att man behöver låna till hela summan, vilken motsvarar 70 200 kr. Låneräntan utan säkerhet med en amorteringstid på 12 år uppgår till ungefär 5,85 % på lånesumman. Om lånet ska amorteras på 12 år måste man betala av 5 850 kr/år. Dessutom tillkommer en årskostnad i form av bankräntan på 5,85 % av vad som finns kvar av lånet.

Precis samma förklaring som lästs i 3.13.1.1 gäller självklart här. Det som skiljer de båda fallen åt är investeringskostnaden och då också den ränta och amortering man årligen kommer bli tvungen att betala. Man kommer precis som i förra fallet få ett negativt kassaflöde de första åren, och det är först efter 10 år som det vänder och blir positivt. Man kommer också få en högre vinst första åren med solpanelerna på taket, men skillnaden är väldigt liten. I slutändan kommer man dock att ha tjänat mer pengar på fasadsolcellerna då dessa producerar mer ström än takmodulerna gör.

För vidare information se bilaga 2. ^{55 56 57}

⁵⁵ Energimyndigheten (2010)

⁵⁶ SolEIProgrammet, *Ekonomi och kostnader*, (u.å.)

⁵⁷ Energimyndigheten (2010)

3.14 Integration i befintlig tegelfasad

För att integrera fasaden med tidigare nämnda tunnfilmsmoduler innebär det att den befintliga fasaden måste rivras för att ge rum för solcellerna. Detta är en kostsam process som kräver mer tid, arbete och pengar vilket gör det svårt att motivera som ett lönsamt alternativ. I de flesta fall väljer man att integrera fasaden med solcellsmoduler vid nybyggnation för att slippa omständigheterna kring nerrivning av en befintlig fasad. Skulle man trots allt vara intresserad av att genomföra denna process, kommer nedan en ungefärlig beräkning på vad det skulle kunnat komma till att kosta. I beräkningen bör man ta hänsyn till kostnader för arbete, byggnadsställning, deponering av tegel och mindre plåt-
arbete i angränsningsområdet för det kvarvarande teglet. Beräkningen utgår ifrån referensbyggnaden där den fasadyta som i detta fall ska tas bort uppgår till ca 40 kvm.⁵⁸

Tabell 4.3 *Kostnaden för resurser och arbetskraft för nedrivning av tegel.*

Resurs	Antal [st.]	Timmar [h]	Kostnad/st. [kr]	Totalt [kr]
Arbetskraft	2	32	450	14 400
Byggnadsställning	1	-	15 000-20 000	20 000
Deponering av tegel	-	-	3500	3 500
Plåtarbete	2	4	450	1 800
				39 700*

*Exklusive moms på 25 %

Enligt ovanstående beräkning innebär det en merkostnad på omkring 40 000 kr, exklusive moms. Inräknat med momsen blir det ca 50 000 kr. Det innebär generellt en kostnad på omkring 1 250 kr/m² nedriven fasad, oavsett fasadmaterial. Priset för tunnfilmsmodulerna uppgår, enligt avsnitt ovan, till 3 000 kr/m² och får en totalkostnad med regeringsstöd på 105 300 kr. Sammanlagt blir det en totalsumma på 155 300 kr. Det innebär att hela anläggningen är avbetalad efter ca 20 år, enligt uträkningsmodell i kapitel 3.13.1, vilket kan anses vara en omotiverat lång tid med tanke på att dagens solceller har en ekonomisk livslängd på 25 år.

Ponerar man däremot att det är en nybyggnation av fastigheten blir det en reducerad kostnad för fasadmaterial. Tegel på dagens marknad kostar omkring 500 kr/m². För den 40 kvadratmeter stora fasadytan, som skulle kunna täckas med solceller, innebär det att man sparar in 20 000 kr. Den totala ytan för söderfasaden som ska täckas uppgår till 70 m². Väljer man att enbart täcka den

⁵⁸ Anders Wall ägare Anders Wall Byggnads AB, telefonsamtal den 15 maj 2013

med tegel får man en slutsumma på 35 000 kr. Väljer man däremot att ersätta en del av den med solceller kommer slutsumman att landa på:

$$\text{Tegel [kr]} + \text{solceller[kr]} \rightarrow 15\,000 + 105\,300 = 120\,300 \text{ kr}$$

Det blir en mellanskillnad på $120\,300 - 35\,000 = 85\,300$ kr som man får betala i överskott för installation av solceller istället för att täcka hela fasaden med tegel.

Slutsatsen i det hela är att det är betydligt billigare och mer lönsamt att integrera solceller vid nyproduktion än i befintlig byggnad. Jämför 155 300 kr med 85 300 kr, vilket visar att det kostar omkring 70 000 kr mer att integrera solcellerna i efterhand. Alla kostnader är riktvärden!

4 RESULTAT

Den finns ett flertal olika utformningar av solcellsmoduler. Däribland produkter som liknas vid befintliga byggnadsmaterial med integrerade solceller, såsom plåtfasader, falsade plåttak, tätskiktsmatta och modulfasader etc. De nämnda produkterna är de som tagits upp i rapporten.

Den ekonomiska analysen av de valda solcellsprodukterna, tunnfilmmoduler och takmoduler, är baserade på tidigare uträknade värden. Nedan kommer en sammanställning av tunnfilmssolcellernas resp. takmodulernas värden i tabellform. Värdena är baserade på en marknadsmässig kalkylränta på 1,8 % och ett restvärde motsvarande 30 % av investeringskostnaden.

TUNNFILMSOLCELLER FASAD		
Grundläggande förutsättningar	Värde	Enhet
Area	54	m ²
Årlig produktion (inkl. förluster)	4 470	kWh/år
Ekonomiska slutsatser	Kostnad	Enhet
Investeringskostnad	105 300	kr
Årlig investeringskostnad	4 212	kr/år
Årlig intäkt	6 705	kr/år
Årlig vinst (exkl. kalkylränta + restvärde)	2 493	kr/år
Årlig vinst (inkl. kalkylränta + restvärde)	3 492	kr/år
Total vinst (avbetalning under hela livslängden)	62 952	kr
Ev. vinst efter 25 år (nuvärdesmetoden)	48 955	kr
Avbetalad solcellsanläggning efter	15,7	år

TAKMODULER		
Grundläggande förutsättningar	Värde	Enhet
Area	36	m ²
Produktion (inkl. förluster)	4 450	kWh/år
Ekonomiska slutsatser	Kostnad	Enhet
Investeringskostnad	70 200	kr
Årlig investeringskostnad	2 808	kr/år
Årlig intäkt	6 675	kr/år
Årlig vinst (exkl. kalkylränta + restvärde)	3 867	kr/år
Årlig vinst (inkl. kalkylränta + restvärde)	3 195	kr/år
Total vinst (avbetalning under hela livslängden)	111 438	Kr
Ev. vinst efter 25 år (nuvärdesmetoden)	76 714	Kr
Avbetalad solcellsanläggning efter	9,7	År

En avläsning av tabellerna visar på att det skulle ta 15,7 år att betala av de 54 m² fasadplacerade tunnfilmsmodulerna som årligen ger en avkastning på 6 705 kr. Under den resterande ekonomiska livslängd som modulerna förväntas ha, alltså 9,3 år, kan man tänkas tjäna 48 955 kr enligt nuvärdesmetoden. Använder man vanlig balans och resultat räkning kommer man efter 25 år ha tjänat 63 000 kr på systemet.

Takmodulerna på 36 m² har däremot en avbetalningstid på 9,7 år och en årlig intäkt på 6 675 kr. Efter den ekonomiska livslängden förväntas man ha tjänat 76 714 kr enligt nuvärdesmetoden. Enligt resultat och balans har man då tjänat 111 500 kr.

Anledningen till att resultat och balans räkningen är större är att man här även tar hänsyn till att pengarna man tjänar (sparar) sätts på banken och förräntas över åren.

Att integrera tunnfilmsmoduler i den befintliga fasaden skulle gett en merkostnad på ungefär 70 000 kr och en avbetalningstid på ca 20 år.

5 DISKUSSION OCH SLUTSATS

Att jämföra estetiken i form av hur mycket mer tilltalande en byggnad blir med olika typer av solcellsmoduler monterade på fasad eller tak är nästintill omöjligt då varje enskild person har sitt tycke och sin smak. Däremot kan man påstå att en byggnad får ett mer uppseendeväckande utseende. Som man kan läsa under kapitlet *Solcellsprodukter*, där ett fåtal produkter är listade, så finns det en mängd intressanta solceller som skiljer sig från den traditionella solpanelen. Det öppnar upp dörrarna för de personer som tidigare har tyckt att solceller är ett tråkigt inslag i en bebyggd miljö.

Jämförelsen mellan tak- och fasadapplicerade solceller visar i dagsläget på att det tyvärr inte är särskilt lönsamt för framförallt privatpersoner att investera i fasadmonterade solceller. Det är en omfattande investering där det är svårt att motivera en installation då en avbetalning av installationen generellt ges efter 15,7 år. Detta trots att regeringen ger ett generöst avdrag till de aktörer som väljer att investera i solceller. I och med att det är en ganska omfattande investering för fasadintegrerade solceller, där de flesta privatpersoner skulle behöva ta ett lån där ränta på lånet tillkommer som förlänger avbetalningstiden ytterligare, gör det än mer omotiverat. Hänsyn måste även tas till den faktorn att modulerna ger ett tjockare fasaddjup med upp till 10 cm med modulsatserna för montering. Placeras modulerna nära fönster kan detta begränsa ljusinsläppet, vilket i sin tur kan påverka den upplevda hälsomiljön negativt i byggnaden.

Att integrera solceller i en befintlig fasad är möjligtvis inget alternativ som man som kund överväger att använda sig av om man redan har en befintlig byggnad. Vi valde ändå att göra en beräkning på detta för att se hur stor ekonomisk skillnad det faktiskt blir i jämförelse med att integrera solcellerna vid nyproduktion. Slutsatsen vi kom fram till var att det blir en omotiverad kostnad att integrera solceller i en befintlig fasad. Det kräver alldeles för mycket omkringsarbeten i både tid och pengar, och förlänger avbetalningstiden till ca 20 år. Det positiva med att integrera solcellerna i fasaden är att de inte begränsar ljusinsläppet, utan modulerna placeras i anslutning till fönsterkarmen. Dock måste större hänsyn tas till att göra modulerna täta mot regn och vind.

Anledningen till att vi tror att det görs så få alternativa solcellsanläggningar i tak och fasad beror på att det delvis finns alldeles för få standardiserade produkter. Detta medför en högre kostnad för specialtillverkade produkter och därmed väljs detta alternativ bort. Intresset av vidareutvecklandet av solcellsanläggningar kan tolkas som förhållandevis lågt i Sverige om man jämför med övriga världen. Vilket kan vara en bidragande orsak till varför vi ligger så pass

långt efter i produktionen. Om man jämför med Danmark, som rent geografiskt har likvärdiga förutsättningar som Sverige, ligger vi långt efter i installerandet av solcellanläggningar. Vi undersökte anledningen till varför Danmark ligger så pass långt före i sin produktion och enligt Bengt Stridh, svensk solcellsexpert, beror det på följande faktorer enligt en artikel från Ny Teknik (2012-10-25)⁵⁹:

- ”1. Att Danmark tillåter netto- avräkning mot den el man köper från elbolaget.
2. Att Danmark ger skattereduktion för inköpskostnaden.
3. Att Danmark har Europas näst högsta elpris.⁶⁰
4. Att priset på solcellssystem fallit med över 40 procent det senaste året.”

Dock har Danmark vid årsskiftet, 2012/2013, slopat nettodebiteringen. Slutsatsen som man kan dra utifrån ovanstående fakta är därmed att svenska politiker har en grundläggande påverkan, om man ser till de två första punkterna, för att gynna den mindre solcellsanläggningen som till största del berör privatpersoner. För att kunskapsnivån och medvetenheten för ett alternativt energiförsörjningssätt ska bli mer uppmärksammat måste, som tidigare nämnt, en förändring ske på en högre nivå, dvs. på regeringsnivå. Detta för att alla aktörer, privata såväl som offentliga, ska känna att det är ett alternativ att satsa på och känna att regeringen står bakom satsningen genom att gynna solcellsanläggningen.

Den svala marknaden som bidragit till att flera tillverkare har blivit konkursatta bidrar inte till en gynnsam utveckling för Sverige. Däremot är det möjligtvis en ögonöppnare för politiker med makt att inse dagens läge och göra det lättare och mer förmånligt för aktörer att investera i en solcellsanläggning. Förslagsvis kan man följa Danmarks införande av nettoavräkning och skattereduktion för att styra marknaden i en positiv riktning.

Ur byggteknisk synvinkel är solceller en fördelaktig produkt att använda. De är enkla att montera och ger inga negativa inverkningar på konstruktionen i form av fuktskador eller liknande. Där förutsättningen självfallet är att de monteras på rätt sätt. Till modulens fördel väger även dess höga värmemotstånd samt dess funktion som väderbeständigt byggnadsmaterial.

Om man jämför en solcellsmodul med ett vanligare fasad- eller takmaterial såsom trä, tegel, puts eller betong, så kräver det minimalt underhåll. Vilket

⁵⁹ Karlberg (2012)

⁶⁰ European Commission Eurostat (2012)

innebär att det är mindre tidskrävande samt att man sparar pengar på material och tjänster som skulle behövts vid underhåll för övriga fasad- och takmaterial.

Till solcellens fördel ligger också faktorn att man inte behöver betala energiskatt, nätavgift eller moms för den solcellsel man producerar själv.

Den slutgiltiga slutsatsen är därmed att solcellsanläggningar är en utomordentlig energiproducent när den väl är avbetalad. Den är miljövänlig, väderbeständig och lättskött. Den visar på en miljömedveten brukare och ger ett iögonfallande intryck då den placeras på annat sätt än standardinstallationen på tak. Det finns en uppsjö av produkter som liknas vid befintliga byggmaterial som gör integreringen nästintill osynlig om man ogillar standardmodulernas design.

5.1 Framtida forskning

Solcellsindustrin ökas, effektiviseras och förbättras hela tiden. Ett exempel på detta är ny teknik med nano-solceller. Idag är de vanligaste solcellerna gjorda av kisel vilket gör att dessa inte kan ta upp mer än ca 20 % av solljusets strålning. Anledningen till att det är så beror på att ett enda material inte kan ta upp mer än en liten del av solstrålningens spektrum. Den nya tekniken bygger på nanotrådar som kan ta upp alla delar i strålningsspektrat. Detta gör denna typ av solceller överlägsna den äldre kiselversionen när det kommer till effekt.

Anledningen till att solceller inte används i större utsträckning idag är pga. följande aspekter: ekonomi, estetik och osäkerhet.

- *Ekonomiskt* är solcellerna försvarbara på lång sikt. Tyvärr ligger det inte alltid i köparens intresse att investera i något som inte kommer att betala av sig förrän ca 10 år senare. För att ändra detta behövs effektivare och/eller billigare moduler på marknaden.
- *Estetiskt* är solceller i dagsläget inte särskilt attraktiva, dock finns det lösningar som ser bra ut, men dessa kostar också en hel del pengar. Då verkningsgraden inte är optimal ännu betyder detta att solcellsmodulerna ofta tar väldigt stor plats, vilket begränsar möjligheterna.
- *Osäkerhet* är en faktor som också spelar sin roll i det hela. Med osäkerhet menas att köparen inte vet vart hen ska vända sig vid köp av solceller. Då det inte finns någon standardiserat solcellsmått i dagsläget kan

det skapa problem för konsumenten i och med att det blir svårare att jämföra de olika produkterna med varandra.

6 REFERENSER

Litteratur

Becquerel, E. (1840). Mémoire sur le rayonnement chimique qui accompagne la lumière solaire et la lumière électrique. *Comptes Rendus*, 11, ss. 702-703.

Burström, P. G. (2007). *Byggnadsmaterial – Uppbyggnad, tillverkning och egenskaper*. 2:6. uppl., Lund: Studentlitteratur AB

Hansson, B., Olander, S. & Persson, M. (2009). *Kalkylering vid bygg- och fastighetsutveckling*. Lund: Wallin & Dalholm Boktryckeri AB

Webbsida

Allt om vetenskap (2006). *Vem uppfann solceller?*
<http://www.alltomvetenskap.se/nyheter/vem-uppfann-solcellen> [2013-04-12]

Bodén, L. (2007). *Solceller håller i minst 25 år*.
<http://energimyndigheten.se/sv/Press/Pressmeddelanden/Pressmeddelanden-2006/Solceller-haller-i-minst-25-ar/> [2013-04-16]

Energimyndigheten (2010). *För dig som bor i lägenhet – Genomsnittlig energianvändning*. <http://www.energimyndigheten.se/sv/Hushall/For-dig-i-lagenhet/> [2013-04-20]

Energimyndigheten (2010). *Restvärde solceller*.
<http://www.energimyndigheten.se/sv/Hushall/Testerresultat/Testresultat/Solcellsystem-/?productGroupId=102&productTypeVersionID=102&productTestId=568&tab=2> [2013-05-10]

European Commission Eurostat (2012). *Energy price statistics*.
http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/Energy_price_statistics [2013-05-20]

Expowera (2006). *CE-märkning*.
<http://www.expowera.se/mentor/eu/cemarkning.htm> [2013-04-23]

- Gustafsson, A. (2013). *Stöd till solceller*.
<http://www.energimyndigheten.se/Hushall/Aktuella-bidrag-och-stod-du-kan-soka/Stod-till-solceller/> [2013-04-10]
- Karlberg, L.A. (2012). *Danmark tar täten*.
<http://www.nyteknik.se/tidningen/article3565455.ece> [2013-05-20]
- Malmö stad (u.å.). *Fakta om stadsdelen Rosengård*.
<http://www.malmo.se/Kommun--politik/Om-oss/Stadsdelar/Rosengard/Fakta-om-Rosengard.html> [2013-04-05]
- Malmö stad (u.å.). *Historia*. <http://www.malmo.se/Kommun--politik/Om-oss/Stadsdelar/Rosengard/Fakta-om-Rosengard/Historia.html> [2013-04-05]
- Malmö stad (u.å.). *Producerad förnybar energi*.
<http://miljobarometern.malmo.se/key.asp?mp=MP&mo=1&dm=2&nt=1&uo=2> [2013-04-08]
- Malmö stad (u.å.). *Producerad förnybar energi*.
<http://miljobarometern.malmo.se/key.asp?mp=MP&mo=1&dm=2&nt=1&uo=2&tb=2> [2013-04-08]
- Malmö stad (u.å.). *Rosengård*.
<http://www.malmo.se/Medborgare/Stadsplanering--trafik/Stadsplanering--visioner/Oversiktsplaner--strategier/Pagaende-oversiktsplanering/Rosengard.html> [2013-04-05]
- Norden Solar (2013). *4 tips för att bedöma kvaliteten på solcellsmoduler*.
<http://www.nordensolar.se/blog/faqs-4-tips-for-att-bedoma-kvaliteten-pa-solcellsmoduler.html> [2013-04-23]
- Norden Solar (u.å.). *Solceller pris*.
<http://www.nordensolar.se/ordlista/solceller-pris/> [2013-05-02]
- PVGIS (2013). *Energiproduktion*.
<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php> [2013-06-10]
- Skaffa solcell (u.å.). *Tekniken bakom solceller*.
<http://skaffasolcell.se/index.php/tekniken-bakom-solceller/> [2013-04-12]
- SMHI (2009). *Solstrålning i Sverige sedan 1983*.
<http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/stralning/Solstralning-i-Sverige-sedan-1983-1.8243> [2013-04-18]

Solar Region Skåne (u.å.). *Verksamhet.*

<http://www.solarregion.se/index.php?id=168> [2013-04-08]

SolElProgrammet (u.å.). *Beskrivning av hur solcellen fungerar.*

<http://www.solelprogrammet.se/Om-solcellstekniken1/Allmant-om-solceller/Hur-fungerar-solcellen1/> [2013-04-12]

SolElProgrammet (u.å.). *Ekonomi och kostnader.*

<http://www.solelprogrammet.se/projekteringsverktyg/ekonomiskafragor/> [2013-05-05]

SolElProgrammet (u.å.). *Moduler och cellteknologi.*

<http://www.solelprogrammet.se/projekteringsverktyg/moduler/#Skuggning> [2013-06-09]

SolElProgrammet (u.å.). *Modulmontage.*

<http://www.solelprogrammet.se/projekteringsverktyg/modulmontage/> [2013-06-10]

SolElProgrammet (u.å.). *Skötsel.*

<http://www.solelprogrammet.se/Projekteringsverktyg/Skotsel/> [2013-04-16]

SolElProgrammet (u.å.). *Standarder.*

<http://www.solelprogrammet.se/projekteringsverktyg/standarder/> [2013-04-23]

Solibro Hanergy (2013). *Technical data.* <http://solibro-solar.com/en/product/modules/> [2013-05-04]

Statistiska Centralbyrån (SCB) (u.å.). *Miljö tillståndet.*

http://www.scb.se/statistik/MI/AA9999/2003M00/MI01S%C3%8550001_05.pdf [2013-04-18]

Statistiska Centralbyrån (SCB) (2013). *Priser på elenergi och på överföring av el (nätтарiffer).* http://www.scb.se/Pages/TableAndChart____85467.aspx [2013-05-05]

Svensk Byggtjänst (u.å.). *Så funkar solcellerna.*

http://byggkatalogen.byggtjanst.se/materialforum/sa_funkar_solcellerna/a1104 [2013-04-12]

Tekniska Museet (2010). *Att fånga solens kraft.*

<http://www.tekniskamuseet.se/1/1024.html> [2013-04-12]

Warm-Ec Scandinavia (u.å.). *Anslutningsplåtar (montagesatser)*.
<http://www.warmec.se/index.php?page=anslutningsplatar-montagesatser>
[2013-05-20]

Westberg, O. (2013). *Statlig certifiering ska öka andelen förnybar energi i våra fastigheter*.
<http://www.energimyndigheten.se/sv/Press/Pressmeddelanden/Statlig-certifiering-ska-oka-andelen-fornybar-energi-i-vara-fastigheter/> [2013-04-23]

Vetenskapliga rapporter

Aronsson, U. (2006). *Beräkning av byggnaders energiprestanda med anledning av energideklarationerna* (Examensarbete). Lund: Lunds Tekniska Högskola, Institutionen för Energivetenskaper.

Edelman, L., Lundgren, M., Nagel, K., Frontini, F., Probst M., M. C., Scognamiglio, A., Giovanardi, A., Roecker, C., Snow, M., Farkas, K., Maturi, L., Zanetti, I. & Wall, M. (2012). *Solar Energy System in Architecture – integration criteria and guidelines* (Report T.41.A.2: IEA SHC Task 41 Solar energy and Architecture).

Fieber, A. & Nilsson, M. (2005). *Solceller inom Malmö stad – Förstudie* (Elforsk Rapport 05:21).

IEA International Energy Agency (2013). *PVPS Report – A Snapshot of Global PV 1992-2012* (Report IEA-PVPS T1-22:2013).

Kjellsson, E. (2000). *Potentialstudie för byggnadsintegrerade solceller i Sverige – Rapport 2. Analys av instrålningsnivåer på byggnadsytor* (Rapport TVBH-7216). Lund: Lunds Tekniska Högskola, Avdelning för Byggnadsfysik.

Palmblad, L. (2007). *Kostnadsanalys av svenska solcellsanläggningar* (Elforsk Rapport 07:63).

Paradis, J. (2011). *Kvalitetssäkring av nätanslutna solcellsanläggningar* (Elforsk Rapport 11:79).

van Noord, M. (2010). *Byggnadsintegrerade solcellsanläggningar – Europeisk Best-Practice* (Elforsk Rapport 10:41).

Broschyrer

Elsäkerhetsverket (u.å.). *Vind- och solel.*

http://www.elsakerhetsverket.se/Global/Publikationer/Broschyr_Vind-solel.pdf [2013-05-02]

Modern Energi Sverige AB (u.å.). *Solenergi – Teknisk data.*

<http://www.modernenergi.com/svenska/kataloger/329F28A5DBEE4216AA0E3EBA26594014> [2013-05-14]

Modern Energi Sverige AB (u.å.). *Solpanel och monteringsystem för solenergianläggningar.*

<http://www.modernenergi.com/svenska/kataloger/19290AFF0E0E4918A6C6A0D7C88416B3> [2013-04-30]

SolElProgrammet (u.å.). *Installationsguide – Nätanslutna solcellsanläggningar.* http://www.solelprogrammet.se/global/installationsguide_solceller.pdf [2013-04-23]

Uppslagsverk

Nationalencyklopedin (2013). Miljonprogrammet.

http://www.ne.se/lang/miljonprogrammet?i_whole_article=true [2013-04-05]

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
6705	6705	6705	6705	6705	6705	6705	6705	6705	6705	6705	6705	6705
-2948	-2948	-2948	-2948	-2948	-2948	-2948	-2948	-2948	-2948	-2948	-2948	-2948
0												

3757	3757	3757	3757	3757	3757	3757	3757	3757	3757	3757	3757	3757
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

66971	64022	61074	58126	55177	52229	49280	46332	43384	40435	37487	34538	31590
-58175	-51470	-44765	-38060	-31355	-24650	-17945	-11240	-4535	2170	8875	15580	22285
8795	12552	16309	20065	23822	27578	31335	35092	38848	42605	46361	50118	53875

8795	12552	16309	20065	23822	27578	31335	35092	38848	42605	46361	50118	53875
------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

8795	12552	16309	20065	23822	27578	31335	35092	38848	42605	46361	50118	53875
------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

6705	6705	6705	6705	6705	6705	6705	6705	6705	6705	6705	6705	6705
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

6705	6705	6705	6705	6705	6705	6705	6705	6705	6705	6705	6705	6705
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

7.2 Bilaga 2 – Låneberäkning för takmodul

Investering i solceller, netto	70200																									
Ekonomisk livslängd	25																									
Restvärde, efter livslängd	30%																									
Årlig intäkt (lägre elkostnad)	6675																									
Låneränta	1,80%																									
Amorteringstid	12 (1 gång per år 31/12)																									
Resultaträkning																										
Intäkt	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675
Avskrivning	-1 966	-1 966	-1 966	-1 966	-1 966	-1 966	-1 966	-1 966	-1 966	-1 966	-1 966	-1 966	-1 966	-1 966	-1 966	-1 966	-1 966	-1 966	-1 966	-1 966	-1 966	-1 966	-1 966	-1 966	-1 966	-1 966
Ränta	-1 264	-1 158	-1 053	-948	-842	-737	-632	-527	-421	-316	-211	-105														
Resultat före skatt	3 446	3 551	3 656	3 762	3 867	3 972	4 078	4 183	4 288	4 394	4 499	4 604														
Balansräkning																										
<u>Tillgångar</u>																										
Solcellerna	70 200	68 234	66 269	64 303	62 338	60 372	58 406	56 441	54 475	52 510	50 544	48 578	46 613													
Checkräkning		-439	-772	-1 000	-1 123	-1 140	-1 052	-859	-560	-157	353	967	1 687													
Summa tillgångar		67 796	65 497	63 303	61 215	59 232	57 354	55 582	53 915	52 353	50 897	49 545	48 299													
<u>Eget kapital & skulder</u>																										
Eget kapital (=ack vinst)		3 446	6 997	10 653	14 415	18 282	22 254	26 332	30 515	34 803	39 197	43 695	48 299													
Lån		70 200	64 350	58 500	52 650	46 800	40 950	35 100	29 250	23 400	17 550	11 700	5 850													
Summa		70 200	67 796	65 497	63 303	61 215	59 232	57 354	55 582	53 915	52 353	50 897	49 545	48 299												
Kassaflöde																										
Inkomst	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675
Utgift	-1 264	-1 158	-1 053	-948	-842	-737	-632	-527	-421	-316	-211	-105														
Amortering	-5 850	-5 850	-5 850	-5 850	-5 850	-5 850	-5 850	-5 850	-5 850	-5 850	-5 850	-5 850	-5 850													
Nettokassaflöde	-439	-333	-228	-123	-17	88	193	299	404	509	614	720														

Ställning och resultat per 31 december

jan år 1

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675
-1 966	-1 966	-1 966	-1 966	-1 966	-1 966	-1 966	-1 966	-1 966	-1 966	-1 966	-1 966	-1 966
0												
4 709	4 709	4 709	4 709	4 709	4 709	4 709	4 709	4 709	4 709	4 709	4 709	4 709

44 647	42 682	40 716	38 750	36 785	34 819	32 854	30 888	28 922	26 957	24 991	23 026	21 060
8 362	15 037	21 712	28 387	35 062	41 737	48 412	55 087	61 762	68 437	75 112	81 787	88 462
53 009	57 718	62 428	67 137	71 846	76 556	81 265	85 975	90 684	95 393	100 103	104 812	109 522

53 009	57 718	62 428	67 137	71 846	76 556	81 265	85 975	90 684	95 393	100 103	104 812	109 522
53 009	57 718	62 428	67 137	71 846	76 556	81 265	85 975	90 684	95 393	100 103	104 812	109 522

6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675	6 675

7.3 Bilaga 3 – Ekonomisk kalkyl för tunnfilmsmodul

Ekonomiska begrepp	Värde
Investeringskostnad	105 300,0 kr
Ränta	1,80 %
Årlig intäkt	6 705,0 kr
Årlig investeringskostnad	2 367,3 kr
Årlig ränteintäkt	1 128,8 kr
Slutlig intäkt	4 337,7 kr
Restvärde	1 263,6 kr

År	Investerings- kostnad	Årlig inv.kostnad	Slutlig intäkt	Ränta - insparat kapital	Slutlig intäkt + ränta	Total intäkt
0	105 300,0	2 367,3	0,0	0,0	0,0	0,0
1	107 195,4	2 367,3	4 337,7	39,0	4 376,7	9 097,4
2	109 124,9	2 367,3	4 337,7	117,8	8 832,2	18 194,8
3	111 089,2	2 367,3	4 337,7	198,0	13 367,8	27 292,3
4	113 088,8	2 367,3	4 337,7	279,7	17 985,1	36 389,7
5	115 124,4	2 367,3	4 337,7	362,8	22 685,6	45 487,1
6	117 196,6	2 367,3	4 337,7	447,4	27 470,6	54 584,5
7	119 306,1	2 367,3	4 337,7	533,5	32 341,8	63 681,9
8	121 453,7	2 367,3	4 337,7	621,2	37 300,6	72 779,3
9	123 639,8	2 367,3	4 337,7	710,4	42 348,7	81 876,8
10	125 865,3	2 367,3	4 337,7	801,3	47 487,7	90 974,2
11	128 130,9	2 367,3	4 337,7	893,8	52 719,1	100 071,6
12	130 437,3	2 367,3	4 337,7	988,0	58 044,8	109 169,0
13	132 785,1	2 367,3	4 337,7	1 083,8	63 466,3	118 266,4
14	135 175,3	2 367,3	4 337,7	1 181,4	68 985,4	127 363,9
15	137 608,4	2 367,3	4 337,7	1 280,8	74 603,8	136 461,3
16	140 085,4	2 367,3	4 337,7	1 381,9	80 323,4	145 558,7
17	142 606,9	2 367,3	4 337,7	1 484,9	86 145,9	154 656,1
18	145 173,8	2 367,3	4 337,7	1 589,7	92 073,2	163 753,5
19	147 787,0	2 367,3	4 337,7	1 696,4	98 107,2	172 850,9
20	150 447,1	2 367,3	4 337,7	1 805,0	104 249,8	181 948,4
21	153 155,2	2 367,3	4 337,7	1 915,5	110 503,0	191 045,8
22	155 912,0	2 367,3	4 337,7	2 028,1	116 868,7	200 143,2
23	158 718,4	2 367,3	4 337,7	2 142,7	123 349,1	209 240,6
24	161 575,3	2 367,3	4 337,7	2 259,3	129 946,1	218 338,0
25	164 483,7	2 367,3	4 337,7	2 378,1	136 661,8	227 435,5

7.4 Bilaga 4 – Ekonomisk kalkyl för takmodul

Ekonomiskt begrepp	Värde
Investeringskostnad	70 200,0 kr
Ränta	1,80 %
Årlig intäkt	6 675,0 kr
Årlig investeringskostnad	1 578,2 kr
Årlig ränteintäkt	1 326,4 kr
Slutlig intäkt	5 096,8 kr
Restvärde	842,4 kr

År	Investeringskostnad	Årlig inv.kostnad	Slutlig intäkt	Ränta - insparat kapital	Slutlig intäkt + ränta	Total intäkt
0	70 200,0	1 578,2	0,0	0,0	0,0	0,0
1	71 463,6	1 578,2	5 096,8	45,9	5 142,6	8 843,8
2	72 749,9	1 578,2	5 096,8	138,4	10 377,8	17 687,5
3	74 059,4	1 578,2	5 096,8	232,7	15 707,3	26 531,3
4	75 392,5	1 578,2	5 096,8	328,6	21 132,7	35 375,1
5	76 749,6	1 578,2	5 096,8	426,3	26 655,7	44 218,8
6	78 131,1	1 578,2	5 096,8	525,7	32 278,1	53 062,6
7	79 537,4	1 578,2	5 096,8	626,9	38 001,8	61 906,4
8	80 969,1	1 578,2	5 096,8	729,9	43 828,4	70 750,1
9	82 426,5	1 578,2	5 096,8	834,8	49 760,0	79 593,9
10	83 910,2	1 578,2	5 096,8	941,6	55 798,3	88 437,7
11	85 420,6	1 578,2	5 096,8	1 050,2	61 945,3	97 281,5
12	86 958,2	1 578,2	5 096,8	1 160,9	68 203,0	106 125,2
13	88 523,4	1 578,2	5 096,8	1 273,5	74 573,3	114 969,0
14	90 116,9	1 578,2	5 096,8	1 388,2	81 058,2	123 812,8
15	91 739,0	1 578,2	5 096,8	1 504,9	87 659,9	132 656,5
16	93 390,3	1 578,2	5 096,8	1 623,7	94 380,4	141 500,3
17	95 071,3	1 578,2	5 096,8	1 744,7	101 221,9	150 344,1
18	96 782,6	1 578,2	5 096,8	1 867,9	108 186,6	159 187,8
19	98 524,6	1 578,2	5 096,8	1 993,2	115 276,6	168 031,6
20	100 298,1	1 578,2	5 096,8	2 120,8	122 494,2	176 875,4
21	102 103,5	1 578,2	5 096,8	2 250,8	129 841,7	185 719,1
22	103 941,3	1 578,2	5 096,8	2 383,0	137 321,5	194 562,9
23	105 812,3	1 578,2	5 096,8	2 517,7	144 935,9	203 406,7
24	107 716,9	1 578,2	5 096,8	2 654,7	152 687,4	212 250,4
25	109 655,8	1 578,2	5 096,8	2 794,2	160 578,4	221 094,2

7.5 Bilaga 5 – Verkningsgrad för fasad

Performance of Grid-connected PV

NOTE: before using these calculations for anything serious, you should read [\[this\]](#)

PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 55°34'19" North, 13°0'55" East, Elevation: 22 m a.s.l.,

Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Nominal power of the PV system: 6.5 kW (CIS)

Estimated losses due to temperature and low irradiance: 5.2% (using local ambient temperature)

Estimated loss due to angular reflectance effects: 4.3%

Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%

Combined PV system losses: 21.9%

Fixed system: inclination=90°, orientation=0°				
Month	E_d	E_m	H_d	H_m
Jan	6.17	191	1.14	35.2
Feb	9.38	263	1.75	49.0
Mar	17.90	553	3.38	105
Apr	20.30	608	3.95	119
May	17.10	529	3.46	107
Jun	15.70	471	3.29	98.6
Jul	15.60	485	3.30	102
Aug	16.40	508	3.38	105
Sep	17.60	527	3.49	105
Oct	13.00	402	2.49	77.1
Nov	6.62	199	1.24	37.3
Dec	3.92	121	0.72	22.3
Yearly average	13.3	405	2.64	80.2
Total for year		4860		962

E_d : Average daily electricity production from the given system (kWh)

E_m : Average monthly electricity production from the given system (kWh)

H_d : Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

H_m : Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

PVGIS © European Communities, 2001-2012

Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged

See the disclaimer [here](#)

window.focus();

7.6 Bilaga 6 – Verkningsgrad för tak

Performance of Grid-connected PV

NOTE: before using these calculations for anything serious, you should read [\[this\]](#)

PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 55°34'19" North, 13°0'55" East, Elevation: 22 m a.s.l.,

Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Nominal power of the PV system: 4.7 kW (crystalline silicon)

Estimated losses due to temperature and low irradiance: 7.6% (using local ambient temperature)

Estimated loss due to angular reflectance effects: 2.9%

Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%

Combined PV system losses: 22.9%

Fixed system: inclination=40°, orientation=0° (Optimum at given orientation)				
Month	E_d	E_m	H_d	H_m
Jan	4.10	127	1.03	32.1
Feb	6.88	193	1.78	49.8
Mar	14.60	453	3.87	120
Apr	20.20	605	5.52	166
May	20.60	638	5.82	180
Jun	20.90	628	6.00	180
Jul	19.80	613	5.72	177
Aug	17.70	550	5.11	158
Sep	15.40	462	4.31	129
Oct	9.70	301	2.60	80.7
Nov	4.50	135	1.17	35.0
Dec	2.58	80.1	0.65	20.2
Yearly average	13.1	399	3.64	111
Total for year		4780		1330

E_d : Average daily electricity production from the given system (kWh)

E_m : Average monthly electricity production from the given system (kWh)

H_d : Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

H_m : Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

PVGIS © European Communities, 2001-2012

Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged

See the disclaimer [here](#)

window.focus();