

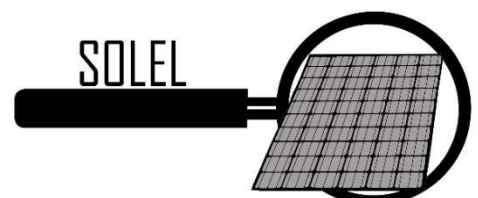
Solceller för villatak i Sverige

– regler, ekonomi, teknik



Information för dig som vill bli mikroproducent av solel

Alvar Palm
22 maj 2017



Innehållsförteckning

1. Introduktion	3
2. Är mitt tak lämpligt för solceller?	3
3. Hur stor anläggning ska jag välja?	6
4. Vad kostar en solcellsanläggning?	6
5. Hur påverkar solceller husets marknadsvärde?	6
6. Sälj ditt elöverskott	7
7. Ekonomiskt stöd	7
7.1 Investeringsstöd	7
7.2 ROT-avdrag	7
7.3 Skattereduktion	7
7.4 Elcertifikat	8
7.5 Ursprungsgarantier	8
7.6 Nätnytta	8
8. Utvärdering av lönsamhet – metodik	9
9. Skatter och avgifter	10
10. Vika tillstånd behöver jag?	11
10.1 Anslutning till elnät	11
10.2 Bygglov	11
11. Komponenter och teknik	12
11.1 Solceller och moduler	12
11.2 Växelriktare	13
11.3 Monteringssystem	13
11.4 Effektoptimerare	14
11.5 Hur miljövänliga är solceller?	14
11.6 Byggnadsintegrering	14
12. Lågt behov av drift och underhåll	14
13. Standarder och certifieringar	15
14. Planeringsverktyg	15
15. Vill du veta mer?	16

1. Introduktion

Solceller har minskat kraftigt i pris under senare år. Samtidigt ökar installationerna explosionsartat globalt. Även i Sverige är ökningen kraftig, om än från låga nivåer, och solceller kan idag vara en ekonomiskt god investering för en svensk villaägare. I denna rapport finner du information kring teknik, regler och ekonomi för den som funderar på att skaffa solceller till sin villa. Utöver informationen i denna rapport kan du få information från t.ex. din kommunala energi- och klimatrådgivare, elnätsbolaget eller en installatörsfirma.

Rapporten fokuserar på målgruppen villaägare eftersom dessa i stor utsträckning har andra villkor än andra aktörer. En privatperson som har en anläggning som är så liten att den ryms på ett villatak brukar ofta kallas *mikroproducent* (även om en exakt definition av begreppet saknas). Mikroproducenten undantas skatter och avgifter som gäller kommersiella aktörer och aktörer med större anläggningar. Mycket av innehållet i rapporten är dock relevant även för andra aktörer än mikroproducenter.

2. Är mitt tak lämpligt för solceller?

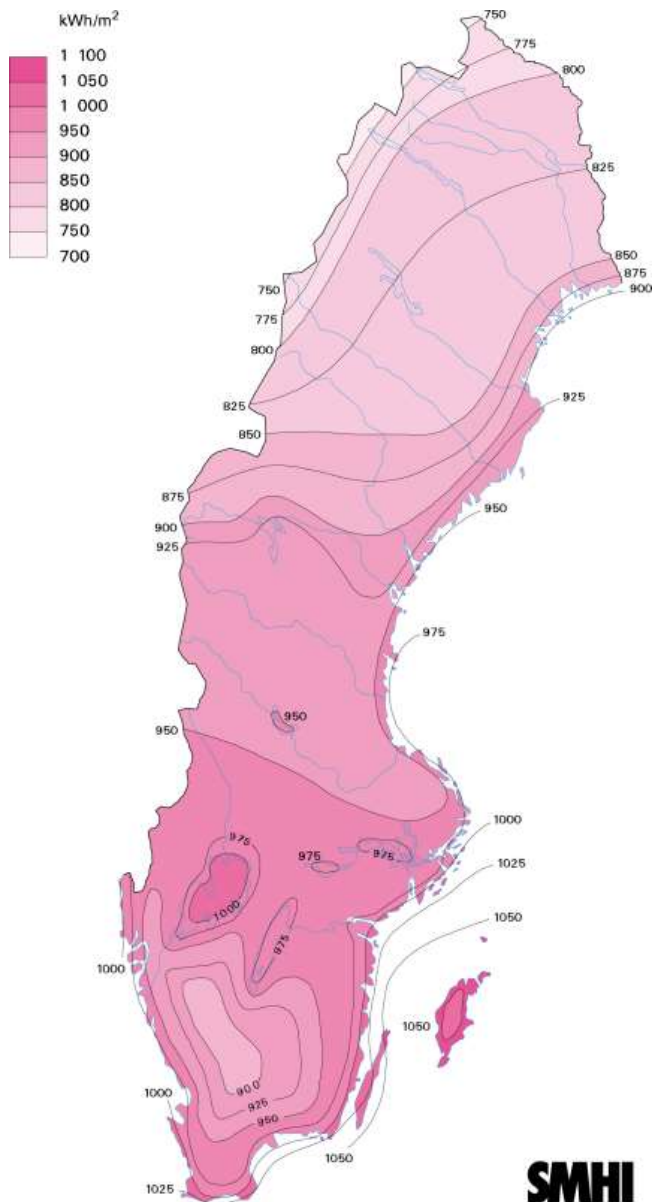
Geografi, väderstreck och lutning påverkar givetvis elproduktionen för en solcellanläggning, men dessa faktorer spelar ofta mindre roll än man kanske skulle kunna tro. Även om ditt tak inte är optimalt orienterat kan det mycket väl vara lämpligt för solceller. Det viktigaste är att undvika skuggning – att solcellerna inte är riktade rakt mot söder spelar mindre roll. De flesta takbeläggningar är lämpliga för en solcellsanläggning, även om vissa beläggningar kan innebära vissa komplikationer (t.ex. eternit).

Optimal vinkel för moduler i Sverige är 30-50° mot horisontalplanet beroende på ort. En avvikelse på 10° från den optimala lutningen ger dock bara en förlust på 1-2% av årsproduktionen¹. Moduler med lite större lutning håller sig i högre utsträckning naturligt fria från snö och skräp. Lutningen påverkar också elproduktionens dygnsprofil; en större lutning ger en relativt högre produktion tidigt och sent på dagen, medan en mindre lutning maximerar produktionen mitt på dagen.

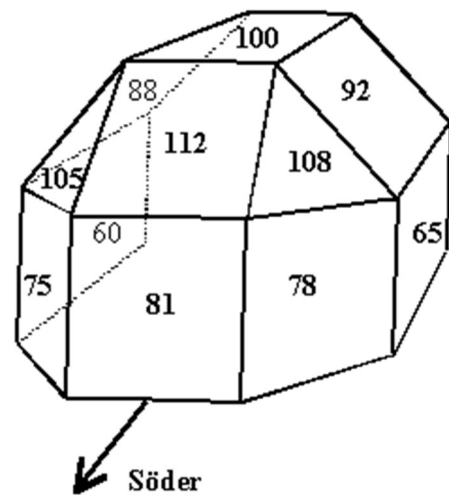
Den årliga produktionen för solcellsmoduler orienterade rakt mot söder med en lutning på 30-50° mot horisontalplanet är i Sverige ca 800-1100 kWh/kW² antaget att modulerna inte skuggas någon gång under dagen. Skillnaderna är relativt små mellan landsändarna, se Figur 1 och 3. Moduler placerade vertikalt och orienterade rakt mot söder (t.ex. på eller integrerade i en husfasad) producerar ca 20-30% mindre el årligen jämfört med söderorienterade moduler med optimal lutning, se Figur 2. Förlusterna vid horisontell placering av modulerna (t.ex. på ett platt tak) jämfört med optimal orientering är i liknande storleksordning. En ansevärd del av instrålningen är *diffus*, dvs den kommer från hela himlavalvet, vilket bidrar till att modulernas riktning inte är så avgörande som man skulle kunna tro om man bara hade den *direkta* instrålningen i åtanke. Se figur 4 för ett exempel på hur moduler kan placeras i olika orientering och lutning på en villa.

¹ Stridh, B., Hedström, L., 2011, Solceller – Snabbguide och anbudsformulär, SolEI-Programmet.

² Ett solcellssystemets kapacitet anges i kW. Mätningen av denna s.k. "toppeffekt" sker under standardiserade förhållanden med 1000 W/m² instrålning och temperaturen 25°C.

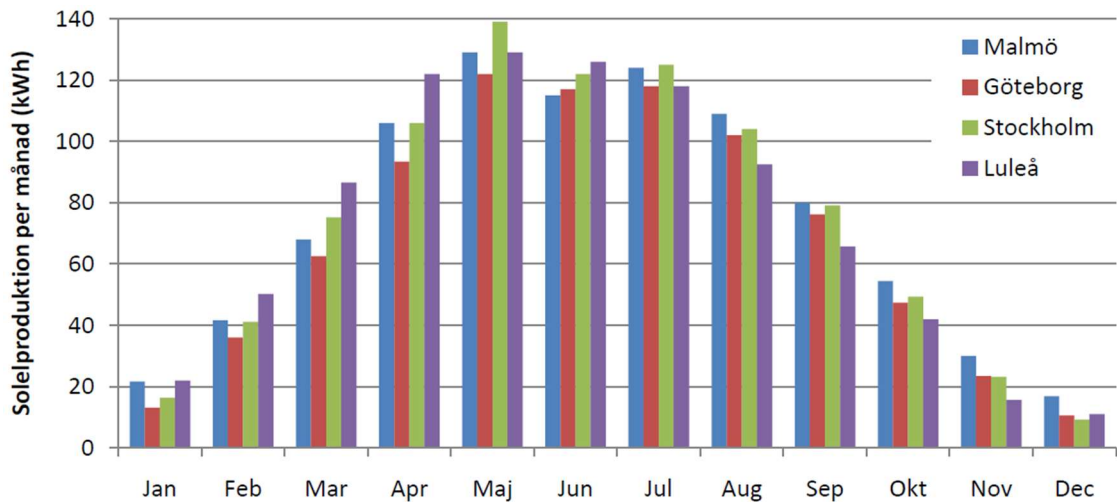


Figur 1. Globalstrålning totalt över året i olika delar av Sverige. Källa: SMHI.



Figur 2. Procent av globalinstrålningen över året för ytor med olika riktning. Källa: Energibanken.

Även om det ofta går att uppnå en något högre produktion genom att välja en annan lutning på modulerna än takets lutning är denna lösning oftast inte att rekommendera då installationen blir mer komplicerad och därmed dyrare. Dessutom utsätts installationen ofta för högre vindlastar om modulerna har en annan vinkel än takets.



Figur 3. Ungefärlig solexproduktion per installerad kW på fyra svenska orter. Solcellsmodulerna antas vara orienterade rakt mot söder och med optimal lutning för den aktuella orten. Över hela året blir produktionen enligt simuleringen: Malmö: 895 kWh/kW; Göteborg: 822 kWh/kW; Stockholm: 889 kWh/kW; Luleå: 880 kWh/kW. Källa: Stridh och Hedström, 2011.

Det är viktigt att undvika skuggning av modulerna, även om det bara en är mindre del av modulytan som skuggas. Detta beror på att en skuggad modul eller solcell uppträder som ett motstånd som bromsar upp strömmen genom hela modulen eller strängen av moduler. På senare år har dock teknikutveckling skett vilket minskat detta problem (t.ex. genom bättre växelriktare samt s.k. effektoptimerare och bypass-dioder). Dessutom kan modulerna monteras strategiskt i strängar för att minimera problemen med skuggning. Flaggstänger, byggnadsdelar såsom skorstenar o.d., träd, skräp, fågelspillning, snö samt omkringliggande byggnader är vanliga orsaker till partiell skuggning.



Figur 4. Solcellsmoduler i olika orientering och lutning. Bild: Hugo Franzén.

3. Hur stor anläggning ska jag välja?

En solcellsanläggning till en svensk villa har normalt en kapacitet på runt 3-6 kW, även om både större och mindre anläggningar förekommer. Exakt hur stor anläggningen bör vara för maximal ekonomisk avkastning är inte helt lätt att säga, och beror bl.a. hushållets förbrukningsprofil (hur mycket el som använd, och när på dygnet och året). Även regelverk kring stöd och skatter påverkar hur stor anläggningen bör vara, och det är inte helt klarlagt hur dessa regler kommer att se ut under kommande år. Ju mindre anläggning du väljer desto större egenanvändning kommer du att uppnå (dvs en större andel av den el du producerar kommer direkt att användas inom fastigheten). En hög egenanvändning är att föredra eftersom det ekonomiska värdet av egenanvänd el är högre för dig än värdet av el du matar in på nätet. Å andra sidan är kostnaden per kW lägre för större system. Resonera med din installatör om vilken storlek som passar ditt hushåll bäst. Om du i framtiden vill ha en större anläggning kan du alltid bygga ut den – detta är relativt enkelt att göra givet solcellsanläggningars modulära natur.

Det finns anledning att undvika att installera en så stor anläggning att du blir *nettoproducent* på årsbasis (*nettoproducent* är du om du matar in mer el på nätet än vad du köper under ett kalenderår). Om du är nettoproducent har du nämligen inte rätt till gratis anslutning av solcellsanläggningen till elnätet och gratis inmatning av överskottsel (inklusive kostnadsfri installation av ny mätare om en sådan behövs, se avsnitt 10.1). I övrigt är det dock inget särskilt som drabbar dig om du skulle råka producera lite mer el än vad du konsumerar under ett år (förutom att du inte får utnyttja skattereduktionen för den del av produktionen som överstiger konsumtionen, se avsnitt 7.3).

4. Vad kostar en solcellsanläggning?

Priserna på solcellssystem har minskat drastiskt under senare år, vilket i hög grad beror på att själva solcellerna blivit billigare. Kostnaderna för drift och underhåll är normalt mycket små (se avsnitt 12). I Sverige kostar ett komplett solcellssystem idag (våren 2017) runt 20 000 kr/kW inklusive moms och installationsarbete, vilket betyder att ett system på 4 kW kostar runt 80 000 kr. Med investeringsstöd eller ROT-avdrag blir din faktiska kostnad 9-20% lägre (se avsnitt 7). Större system brukar vara något billigare per kW än mindre system.

5. Hur påverkar solceller husets marknadsvärde?

En solcellsinstallation ökar avsevärt marknadsvärdet på småhus. Studier från USA har t.ex. visat att värdeökningen är *i samma storleksordning som investeringskostnaden för solcellsanläggningen*³. Även om liknande studier på svenska hus saknas finns inga uppenbara skäl att tro att solceller inte skulle höja värdet även på svenska småhus. I en svensk opinionsundersökning uppgav dock 71 % av de tillfrågade att de är beredda att betala mer för ett hus med solceller⁴.

³ <http://www.solar-nation.org/my-home-value-with-solar>

⁴ <http://miljo-utveckling.se/svenskarna-beredda-att-betala-egen-solproduktion/>

6. Sälj ditt elöverskott

Viktigt för lönsamhetskalkylen är vad som händer med det överskott i produktionen som uppstår under vissa tider på året och dygnet. Att sälja överskottet är relativt enkelt. Spotpris (minus ett mindre avdrag) går i princip alltid att erhålla, och hos vissa elhandlare kan du få en premium. De fördelaktigaste avtalen löper dock i regel inte över mer än ca 12 månader, så när du beräknar investeringens lönsamhet över hela systemets livscykel kan det vara klokast att räkna med spotpriser (vilket kräver en kvalificerad gissning om hur dessa kommer att utvecklas på något decenniums sikt). På prosumant.se kan du uppskatta värdet av överskottsel baserat på olika aktuella erbjudanden från elhandelsbolag.

7. Ekonomiskt stöd

Ekonomiskt stöd finns för såväl själva investeringskostnaden som för el som matas in på nätet. De viktigaste stöden är *investeringsstödet*, *ROT* och *skattereduktionen* – övriga stöd är i regel av mindre betydelse för din lönsamhetskalkyl.

7.1 Investeringsstöd

Ett statligt stöd för investering i nätanslutna solceller finns att söka hos länsstyrelserna. Stödet uppgår för privatpersoner till maximalt 20% av investeringskostnaden (mer information finns bl.a. på Energimyndighetens webbplats). Stödet är rambegränsat, vilket innebär att när budgettaket för en viss period nåtts beviljas inga fler stöd för perioden i fråga. Då taket nåtts upprepade gånger har en kö uppstått, och du kan få vänta uppemot två år för att få stödet beviljat, varför det istället kan vara lämpligare att räkna med ROT-avdraget (se nedan).

7.2 ROT-avdrag

ROT-avdrag kan göras för installation av solceller (endast för arbetskostnaden), men kan inte kombineras med det ovan nämnda investeringsstödet. För solcellssystem beräknas arbetskostnaden schablonmässigt till 30% av totalkostnaden, vilket ger en skattereduktion på 9% av totalkostnaden. Fördelen med ROT jämfört med investeringsstödet är att du snabbare och säkrare får besked. Du kan ansöka om både ROT och investeringsstöd i samband med att du införskaffar solcellssystemet, och sedan betala tillbaka ROT-avdraget för den händelse du senare skulle få investeringsstödet beviljat. För att kunna använda ROT måste huset vara äldre än fem år.

7.3 Skattereduktion

För el du matar in på elnätet (men inte för el du själv använder) är du berättigad en skattereduktion om 60 öre/kWh. Reduktionen erhålls för högst 30 000 kWh/år (vilket ger en maximal reduktion om 18 000 kr/år). Reduktionen får inte göras för fler kWh än du köper från ett elhandelsbolag under kalenderåret (ex.: om du matar in 25 000 kWh och köper 20 000 kWh under året får du utnyttja reduktionen för 20 000 kWh). Ditt elnätbolag tillhandahåller underlaget till Skatteverket, och skattereduktionen regleras i inkomstdeklarationen.

Det är tyvärr i dagsläget oklart hur länge denna skattereduktion kommer att finnas tillgänglig, vilket gör det svårt att räkna på solcellsanläggningens ekonomi över dess livslängd

(skillnaden i lönsamhet blir ju stor om skattereduktionen finns kvar i fem år jämfört med 25 år).

För att vara berättigad skattereduktionen får säkringen i anslutningspunkten (huvudsäkringen) vara max 100 ampere. En vanlig villa ligger under denna gräns med god marginal. Vidare måste solcellsanläggningen vara ansluten till samma anslutningspunkt som uttagsabonnemanget, vilket kan ställa till det för den som vill placera sin solcellsanläggning på en annan plats än i direkt anslutning till själva bostaden (t.ex. på en närliggande byggnad som har en annan anslutningspunkt). Både fysiska och juridiska personer kan utnyttja skattereduktionen.

7.4 Elcertifikat

Elcertifikatssystemet är ett marknadsbaserat system utformat för att stödja elproduktion från förnybara energikällor. För varje MWh som produceras i en godkänd anläggning tilldelas anläggningens ägare ett elcertifikat som sedan kan säljas vidare. Efterfrågan på certifikat skapas genom den s.k. *kvotplikten*, vilken ålägger elhandelsbolag och vissa elkonsumenter att skaffa sig en viss mängd elcertifikat i förhållande till sin försäljning eller användning av el. Även om priset på elcertifikat tidigare legat runt 20 öre/kWh har priserna sjunkit kraftigt på senare tid och ligger i början av 2017 runt 5-10 öre/kWh.

Endast en mindre andel av Sveriges småskaliga solcellsägare har ansökt om elcertifikat, vilket kan ha att göra med att elcertifikatsystemet enligt många bedömare inte är väl anpassat för mikroproduktion. Det kan vara krångligt att hitta köpare vid försäljning av små kvantiteter certifikat, och att erhålla certifikat för den del av elproduktionen som inte matas in på elnätet är förknippat med extra kostnader och administration. För att få ersättning för egenanvänd el måste producenten själv se till att mätning sker på ett giltigt sätt vid produktionskällan – annars baseras utdelningen på nätbolagets mätning vid anslutningspunkten. Detta innebär bl.a. att elproduktionen måste mätas *timvis* (trots att utdelningen av elcertifikat baseras på antalet MWh som producerats oavsett när produktionen skett). Att anlita nätföretaget eller annan godkänd mätoperatör för mätning vid generatoren kostar pengar vilket ofta gör sådan mätning olönsam för mikroproducenten.

Elcertifikaten kontoförs på Svenska Kraftnäts system Cesar, där även ursprungsgarantier kontoförs. Handel med elcertifikat kan ske efter en direkt överenskommelse mellan parterna där dessa själva avtalar om priset, eller automatiskt via Cesar där certifikaten löpande förs över från säljaren till en vald köpare.

7.5 Ursprungsgarantier

Systemet med ursprungsgarantier infördes på EU-nivå för att möjliggöra för elkonsumenter att på ett säkert sätt kunna säkerställa att den el de använder har producerats med förnybar energi. Elproducenter får för varje producerad MWh en garanti av staten i vilken det anges vilken typ av energikälla elen kommer ifrån. Ursprungsgarantierna kan sedan säljas på en öppen marknad. Garantierna utfärdas oberoende av vilken typ av energikälla som användes vid elproduktionen. Ursprungsgarantier ger dock så lite intäkter att de normalt kan bortses från.

7.6 Nätnytta

Utöver skattereduktion och försäljning får du även en mindre ersättning som nätbolaget är skyldigt att betala ut (här kallad "nätnytta", ibland även kallad nätkreditering eller nätersättning). Vanliga nivåer för ersättningen är 4-7 öre/kWh. Ersättningen ska enligt Ellagen motsvara:

1. värdet av den minskning av energiförluster som inmatning av el från anläggningen medför i elnätbolagets ledningsnät, och
2. värdet av den reduktion av elnätbolagets avgifter för att ha sitt ledningsnät anslutet till annat elnätbolags ledningsnät som blir möjlig genom att anläggningen är ansluten till ledningsnätet.

8. Utvärdering av lönsamhet – metodik

En solcellsanläggning som ekonomisk investering brukar vanligtvis utvärderas enligt antingen *återbetalningstid* eller *kostnad per kWh*. Återbetalningstiden är den tid det tagit för investeringen att betala igen sig själv, medan kostnaden per kWh är investeringskostnaden utslagen på systemets framtida produktion. Om återbetalningstiden är kortare än systemets livslängd antas investeringen vara lönsam. Och om kostnaden per kWh är lägre än el som annars köpts från elnätet antas investeringen vara lönsam.

Dessa beräkningar är känsliga för antaganden gällande framtida elpris, livslängd, samt – inte minst – *kostnaden för kapital (kalkylräntan)*. När återbetalningstid används som metod bortses ofta från kostnaden för kapital, och kalkylräntan sätts därmed implicit till 0%. Detta ger en mer positiv bild av lönsamheten än om en kalkylränta större än 0 används. Kalkylräntan kan för en villaägare ofta sättas till lika med bolåneräntan, eftersom solcellssystemet i ett finansiellt perspektiv ofta kan ses som en del av fastigheten. Vilken ränta som ska väljas är dock ofta långtifrån självklart (särskilt om investeringen inte kan bakas in i bolånet, eller om kapitalet har en alternativ placering med oviss avkastning). Även om räntorna i dagsläget är låga finns ofta en alternativ placering för kapitalet, och denna placerings avkastning kan användas som kalkylränta. Om jag t.ex. har sparkapital och väljer mellan att placera detta på börsen och att köpa solceller kan det vara rimligt att sätta kalkylräntan till börsens förväntade avkastning. Börsen har visserligen en risk, men det har solcellsanläggningen också, t.ex. beroende på att det inte är klarlagt hur länge skattereduktionerna kommer att finnas kvar.

Att ange återbetalningstiden utan hänsyn till kapitalkostnad har fördelen att det är enkelt, intuitivt och okänsligt för relativt godtyckliga antaganden om livslängd och räntenivåer. En metod som tar hänsyn till kapitalkostnaden kan dock anses ge en mer rättvisande bild av den faktiska ekonomiska "rationaliteten" i investeringen.

Beräkningsgång för respektive metod:

Vid beräkning av återbetalningstid (utan hänsyn till kapitalkostnad) beräknas först den årliga ekonomiska besparingen anläggningen ger. Intäkter från försäljning av överskottsel, elcertifikat, skattereduktion etc. adderas med värdet av den egenanvända elen, vars värde sätts till kostnaden för den el som annars skulle ha köpts (ett antagande måste här alltså göras gällande framtida elpriser). Investeringskostnaden divideras sedan med den årliga besparingen, vilket ger återbetalningstiden i antal år.

Kostnaden per kWh för solel kan beräknas genom att investeringskostnaden fördelas som annuiteter över solcellssystemets livslängd. Genom att multiplicera investeringskostnaden med den s.k. *annuitetsfaktorn* erhålls annuiteten, som alltså är det belopp som ska betalas

årligen. För att erhålla kostnaden per kWh genererad el divideras annuiteten sedan med den årligen producerade elen.

Annuitetsfaktorn k beräknas enligt:

$$k = p/(1-(1+p)^{-L})$$

där:

p = kalkylränta (decimaltal)

L = systemets livslängd (år)

Exempel: om kalkylräntan sätts till 3% och livslängden till 30 år blir annuitetsfaktorn

$$k = 0,03/(1-(1+0,03)^{-30})$$

vilket förenklas till

$$k = 0,03/(1-1,03^{-30})$$

och ger

$$k = 0,051$$

Kostnaden per producerad kWh kan sedan beräknas enligt:

$$\text{Kostnad}_{\text{solel}} = k \cdot \text{kostnad}_{\text{investering}} / \text{elprod}_{\text{årlig}}$$

Där:

$\text{kostnad}_{\text{investering}}$ = den totala investeringskostnaden för solcellssystemet

$\text{elprod}_{\text{årlig}}$ = systemets totala årliga elproduktion i kWh

Exempel: om vi köper ett solcellssystem för 100 kkr som producerar 4 500 kWh årligen (vilket normalt är fallet för ett system på runt 5 kW) så får vi med vår annuitetsfaktor beräknad i exemplet ovan en kostnad per kWh enligt följande:

$$\text{Kostnad}_{\text{solel}} = 0,051 \cdot 100\,000 / 4\,500 = 1,13 \text{ kr/kWh}$$

Om denna kostnad är lägre än priset för el som köps från nätet är investeringen lönsam, antaget 100% egenanvändning. Variationer i elpriset, samt det faktum att all solel normalt inte kommer att egenkonsumeras, bidrar dock att det blir komplicerat att uppskatta med säkerhet huruvida investeringen är lönsam eller ej.

9. Skatter och avgifter

En solcellsanläggning på en villa ligger normalt med god marginal under gränsen för att ägaren ska bli momspliktig eller behöva betala energiskatt för den producerade elen. Inte heller inkomster från försäljning av elcertifikat och/eller överskottsel behöver normalt beskattas.

Befrielsen från energiskatt på den egenanvända elen förutsätter att elen stannar innanför anslutningspunkten. Det går alltså inte att föra över el mellan olika byggnader via det

allmänna elnätet utan att energiskatt läggs på elen, även om byggnaderna ägs och används av samma person.

Momspliktig bli du först om din försäljning av överskottsel överstiger 30 000 kr exklusive moms under beskattningsåret. Vidare, om inkomsterna från solcellsanläggningen tillsammans med andra inkomster från själva bostaden (t.ex. genom uthyrning av delar av bostaden) totalt överstiger 40 000 kr/år ska överskottet beskattas. Mer om detta finns på Skatteverkets webbplats:

- <https://www.skatteverket.se/privat/fastigheterochbostad/uthyrningavbostad.4.233f91f71260075abe8800033479.html>
- <https://www.skatteverket.se/privat/fastigheterochbostad/mikroproduktionavfornybarel/skattereduktionformikroproduktionavfornybarel.4.12815e4f14a62bc048f4220.html>

10. Vika tillstånd behöver jag?

Att erhålla tillstånd för att installera en solcellsanläggning är normalt inga större problem. Tillstånd måste inhämtas för anslutning till elnätet, och även bygglov behövs ofta.

10.1 Anslutning till elnät

För att få ansluta solcellssystemet till nätet måste detta anmälas till elnätbolaget. Innan installationen utförs ska en föransökan göras till nätbolaget, och när installationen är slutförd ska en färdiganmälan göras. Själva den elektriska installationen måste utföras av en behörig elektriker (resterande delar av installationsarbetet kan du utföra själv, eller anlita en hantverkare/installatör). Elektrikern kan även utföra för- och färdiganmälan. I anslutning till solcellssystemet ska varselskyltar finnas som talar om att en solcellsanläggning är ansluten till husets elsystem.

Nätbolaget är enligt lag skyldigt att acceptera anslutning om inte särskilda skäl föreligger. Ett sådant skäl kan vara att det råder kapacitetsbrist på ledningsnätet, eller att en anslutning skulle kräva alltför stora och kostsamma investeringar från nätbolagets sida. I normala fall är detta dock inte något problem.

Nätbolaget är skyldigt att installera en mätare med tillhörande insamlingsutrustning i elproducentens inmatningspunkt (alltså i den punkt där elen matas in på det nationella elsystemet). Kostnaderna för mätutrustning och installation får inte debiteras dig som har en huvudsäkring på max 63 ampere (vilket vanliga villaägare i regel ligger under) och som är nettokonsument av el på årsbasis. *Om du matar in mer el på nätet än vad du köper under ett kalenderår kan alltså elnätbolaget (om det vill) debitera dig för mätning och inmatning.*

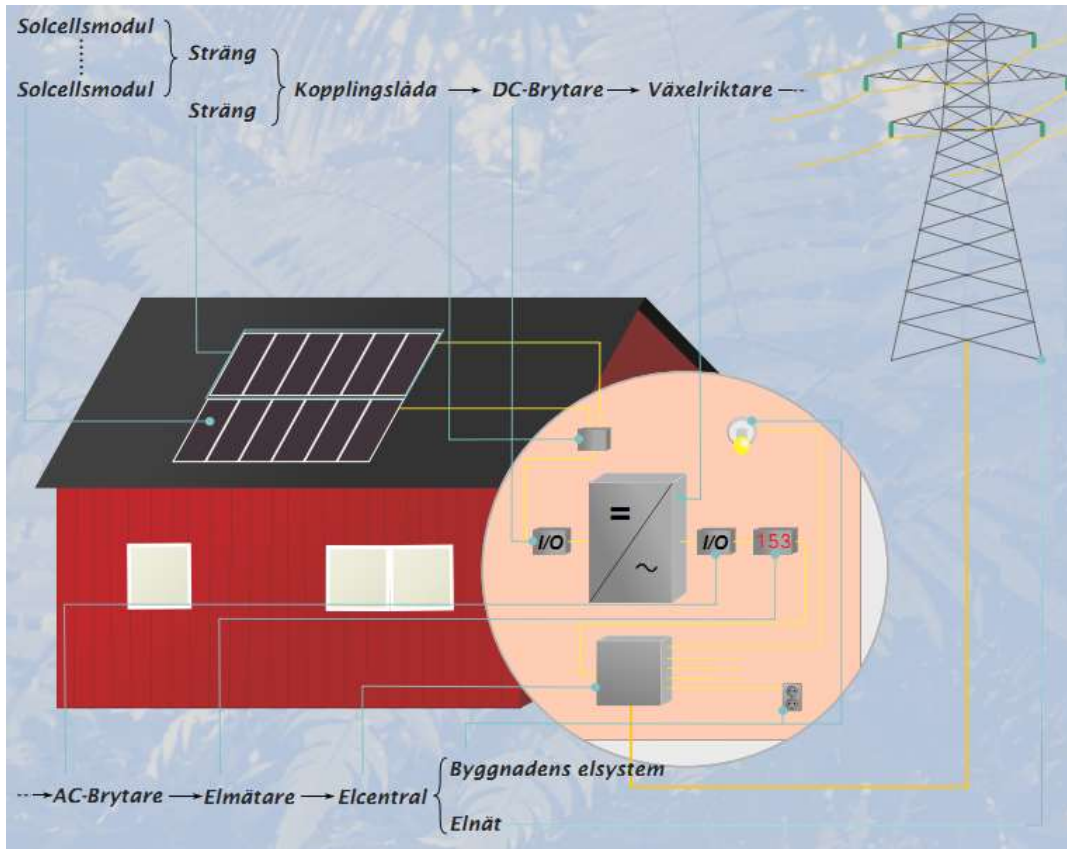
Kontakta ditt nätbolag för att få veta om mätarbyte behövs. All inmatning av el till elnätet timmätts (till skillnad från *uttag* som vanligtvis månadsmäts för små elkonsumenter).

10.2 Bygglov

Bygglov behövs ofta för takmonterade solcellsanläggningar inom planlagt område. Att få bygglov är dock oftast inget större problem. Många kommuner undantar solcellsanläggningar från bygglov så länge modulerna följer takets lutning. Du ansöker om bygglov hos din kommun.

11. Komponenter och teknik

Ett solcellssystem består av solcellsmoduler, växelriktare och annat material för montage, strömöverföring etc. Modulerna är systemets dyraste del. Allt som ingår i solcellssystemet utöver modulerna benämns ofta *balance of system* (BOS). Figur 5 nedan visar hur solcellssystemets olika delar bildar ett komplett system.



Figur 5. Solcellssystemets uppbyggnad. Källa: SolEl-programmet, Installationsguide Nätanslutna Solcellsanläggningar.

11.1 Solceller och moduler

Själva *solcellen* är en liten skiva belagd med ett halvledande material. En *solcellsmodul* är en mängd seriekopplade solceller inneslutna i ett skyddande hölje, där en glasskiva släpper igenom ljus till solcellerna. Varje solcell ger en spänning på ca 0,5 V, men genom seriekoppling nås en högre spänning. Modulerna brukar ge en likspänning på runt 12-48 V och ha en märkeffekt på runt 250 W. Modulerna seriekopplas för att önskad spänning ska uppnås, och bildar tillsammans en s.k. *sträng*. För att åstadkomma en högre elproduktion med bibehållen spänning kan flera parallellkopplade strängar installeras. En solcellsmodul har normalt en verkningsgrad på ca 15 %, vilket innebär att 15 % av den energi som träffar modulen i form av solljus omvandlas till elektrisk energi.

Solceller tillverkade av kisel dominerar marknaden globalt och i Sverige, även om andra typer av solceller förekommer (s.k. tunnfilmssolceller kan t.ex. tillverkas av en mängd olika materialkombinationer). Eftersom kisel är jordens näst vanligaste grundämne är risken för framtida materialbegränsningar låg (att solceller skulle vara beroende av sällsynta material är

en seglivad myt). Kiselceller kan delas in i två varianter: *monokristallina* och *polykristallina*. Monokristallina celler har i regel något högre verkningsgrad än polykristallina, men är samtidigt lite dyrare. Ingen av dessa båda varianter kan generellt rekommenderas framför den andra, och båda varianter finns att tillgå i fullgod kvalitet.

Normalt antas en livslängd på 30 år eller mer för solcellsmoduler, men då tekniken fortfarande är relativt ny saknas tillräcklig erfarenhet gällande livslängden och många menar att modulerna håller betydligt längre. Solceller degraderas i regel något över tid. Denna degradering är dock förhållandevis liten, och en undersökning på moduler som varit i drift och exponerade för svenska utomhusförhållanden under 25 år har visat att prestandan under denna tid hade försämrats med mindre än 2 % hos de moduler som inte utsatts för annan typ av skada⁵.

Även om solcells- och modultillverkning förekommit i viss omfattning i Sverige är den absoluta majoriteten av alla solceller och moduler som installeras i Sverige tillverkade utomlands, ofta i Asien.

Hur fungerar en solcell?

Då det halvledande material solcellen är uppbyggd av exponeras för solljus absorberas en del av fotonerna av elektroner i materialet. Elektronerna *exciteras* då – de hoppar ur sina normala positioner låsta till atomkärnan och kan flöda fritt i materialet. Detta kallas den *fotovoltaiska effekten*.

Kiselceller (som är den vanligaste typen av celler) skapas genom att en skiva av mycket rent kisel (även kallad *wafers*) "dopas" med s.k. acceptor- och donatoratomer på skivans ovan- respektive undersida. Acceptorerna har tre valenselektroner och donatorerna har fem. Elektroner från donatoratomerna diffunderar över till acceptorsidan, och ett elektriskt fält uppstår då inne i solcellen, vilket driver exciterade elektroner från acceptor- till donatorsidan samtidigt som det hindrar flöde av elektroner i den motsatta riktningen. Om den belysta solcellens acceptorsida kopplas till donatorsidan med en kabel uppstår en kontinuerlig ström – solenergi produceras!

11.2 Växleriktare

För att konvertera modulernas likström till växelström används en eller flera växleriktare. Växleriktaren för solcellssystem brukar kunna föra mer eller mindre avancerad statistik över systemets elproduktion, vilken du kan följa via en portal på webben. Produktgarantin är normalt 5 till 10 år, medan livslängden ofta kan antas vara runt 15 år, vilket innebär att växleriktaren kan behöva bytas någon gång under systemets livslängd. Växleriktare för solcellssystem har skydd mot *ödrift*, dvs de slutar mata in el på nätet vid strömavbrott för att inte utsätta eventuell personal som arbetar med ledningarna för risk.

11.3 Monteringssystem

Standardiserade monteringsystem finns för de flesta taktyper. Vanligen är modulerna fast monterade, men även *solföljande* system förekommer (där modulerna rör sig under dagen för att vara riktade mot solen under en större del av tiden). Fastän solföljande system ger en högre elproduktion per installerad kW är de generellt *inte* att rekommendera eftersom de

⁵ Elforsk, 2006, Performance of old PV modules, Elforsk rapport 06:71.

dyrare installationskostnaderna samt det ökade behovet av underhåll tenderar att äta upp vinsterna.

11.4 Effektoptimerare

På ett villatak kan det hända att modulerna placeras i olika vinklar/väderstreck, eller att vissa moduler skuggas under delar av dagen. I sådana fall kan det vara fördelaktigt att installera s.k. *effektoptimerare*, vilka minskar de problem som annars kan uppstå om de olika modulerna producerar olika mycket el sinsemellan vid en given tidpunkt. Prata med din installatör om huruvida effektoptimerare kan vara rätt val för dig. Effektoptimerare underlättar även övervakning och felsökning av enskilda moduler i systemet.

11.5 Hur miljövänliga är solceller?

Ur ett livscykelperspektiv är utsläppen av växthusgaser mycket små för solel jämfört med el baserad på fossila bränslen. Vid själva produktionen av solel genereras inga växthusgaser, utan det är vid produktion, transport etc. av systemets komponenter som utsläppen sker. Energiåterbetalningstiden för ett solcellssystem, dvs. den tid det tar för systemet att generera den mängd energi som går åt för systemets produktion, är även under svenska förhållanden inte mer än ett fåtal år.

Ibland vill man uppskatta den mängd koldioxidutsläpp som undviks genom en solcellsinstallation (genom att solelen ersätter annan, sämre el). Resultatet av en sådan beräkning beror i hög grad på vilka antaganden som görs gällande den ersatta elen. Ofta antas den ersatta elen utgöras av *svensk eller nordisk elmix*, vilka har avsevärt lägre utsläpp än exempelvis *européisk elmix*. Det är dock inte orimligt att anta högre utsläpp för el som ska ersättas i framtiden, eftersom det svenska elnätet kan antas bli alltmer integrerat med det europeiska elsystemet. Svensk förnybar el kan då i allt högre grad komma att ersätta kolkraft nere på kontinenten. Redan idag sker också avsevärda överföringar mellan Sverige och kontinenten, vilket gör att det är tveksamt att anta svensk eller nordisk elmix.

11.6 Byggnadsintegrering

Även om det vanligaste (i Sverige och internationellt) är att byggnadsanknutna solcellssystem placeras på ett befintligt tak som ett *add-on*-system förekommer även byggnadsintegrering. Genom att solcellerna integreras i taket eller andra byggnadselement kan totalkostnaden potentiellt minska genom att modulerna ersätter annat byggmaterial, eller genom att kostnader för montering och stativ undviks. Modulerna kan även tillhandahålla tilläggsvärden såsom solavskärmning eller estetiska värden. Dock tillkommer ofta andra kostnader, inte minst vad gäller planering av skraddarsydda lösningar. Om solcellssystemet ska bli en del av själva byggnaden måste dessutom ofta ytterligare krav (t.ex. standarder för klimat- och brandskydd) uppfyllas vilket kan komplicera projektet. Framöver kan dock teknik- och processutveckling komma att leda till att byggnadsintegrerade system blir vanligare och på sikt en standardlösning.

12. Lågt behov av drift och underhåll

Solcellssystem kräver väldigt lite underhåll, särskilt i vårt klimat då regnet står för en naturlig rengöring av modulytorna. Kostnaderna för service och underhåll är därför normalt mycket

små. Att avlägsna snö brukar inte vara nödvändigt då produktionen ändå är förhållandevis liten under snösäsongen samt då snön ofta glider bort av sig själv. Den största kostnaden för underhåll under systemets livslängd brukar bero på en fallerande växelriktare, vilken kan behöva bytas ut efter ca 15 år (kostnad ca 20 kkr).

Eftersom solcellerna saknar rörliga delar är slitaget i normala fall mycket litet. Produktgarantin för en modul (att den inte ska gå sönder) är ofta 10 år, och en effektgaranti (att elproduktionen inte gradvis ska minska alltför mycket) brukar ges för 20-25 år. Ett test på ett solcellssystem som varit i drift och exponerat för svenska utomhusförhållanden i 25 år har till exempel visat på en obefintlig eller mycket liten försämring av prestandan hos 19 av de 20 testade modulerna.

13. Standarder och certifieringar

Standarder är viktiga bl.a. för att öka tryggheten och säkerheten på marknaden. Genom att produkter är certifierade enligt en viss standard kan köparen vara säker på att dessa uppfyller vissa kriterier gällande exempelvis säkerhet och beständighet. En mängd standarder finns för solcellssystemets olika delar, vilket ger trygghet för den som köper en solcellsanläggning.

En statlig certifiering av solcellsinstallatörer håller också på att implementeras. Du kan läsa mer om denna här: <http://www.energimyndigheten.se/fornybart/certifiering-av-installatorer-av-fornybar-energi/>

14. Planeringsverktyg

Många hjälpmedel finns som villaägaren själv enkelt kan använda sig av. Nedan listas ett urval.

Solkartor finns för ett antal svenska städer. På dessa webbaserade kartor kan du se hur mycket solenergi ditt tak tar emot på årlig basis. Använd en sökmotor för att se om någon solkarta finns för din ort, eller titta i branschföreningen Svensk Solenergis lista över solkartor: <http://www.svensksolenergi.se/att-installera-solenergi/solkartor>

Solkollen är ett enkelt webbaserat verktyg för att uppskatta solelproduktion från det egna huset samt begära in offerter: <http://www.solkollen.nu>

Branschföreningen Svensk Solenergi har på sin webbplats en funktion där du kan fylla i intresseanmälan och få offerter från installatörer: <http://svensksolenergi.se/att-installera-solenergi/intresseanmaelan>

Prosumment är ett verktyg för att uppskatta värdet av överskottsel baserat på olika aktuella erbjudanden från elhandelsbolag. Finns här (f.n. betaversion): <http://www.prosumment.se/>

Solekonomi (Solelprogrammet) är ett simuleringsverktyg för snabb översikt om energiutbyte och ekonomi för solcellssystem. Finns här: <http://www.energiforsk.se/program/solel/projekt/berakningsprogrammet-solekonomi/>

Mälardalens högskola har nyligen tagit fram ett verktyg för ekonomisk kalkyl för solcellanläggningar enligt etablerade beräkningsmetoder. Finns både för privatpersoner och

övriga aktörer: <http://www.mdh.se/forskning/inriktningar/framtidens-energi/investeringskalkyl-for-solceller-1.88119>

15. Vill du veta mer?

Om du vill ta reda på mer än vad som står i denna rapport finns mängder av information lätt tillgänglig. Din kommunala energi- och klimatrådgivare hjälper dig gärna med information om solceller. Branschföreningen Svensk Solenergi är en annan bra källa till information: svensksolenergi.se. Även installatörsfirmor och energibolag brukar vara behjälpliga. På följande länk finner du en väl genomarbetad blogg om solceller fokuserad på svenska förhållanden: <http://bengtsvillablogg.info/>.

Detta PM är framtaget av Alvar Palm för Energimyndighetens projekt Insatsprojekt solel villatak 2017.

