

# Solcellssystem - Beskrivning av förstudieprocessen

Detta dokument är en beskrivning av och vägledning genom förstudieprocessen för installation av solcellssystem där relevanta parametrar och aktiviteter är presenterade i kronologisk ordning. Det är också en vägledning för de val som måste göras i programmet som genererar ram- och objektsbeskrivning samt LCC-kalkyl. En tillhörande checklista finns att tillgå (Checklista - Förstudieprocessen) som sammanfattar parametrar och aktiviteter från detta dokument kort i form av rubriker och delrubriker som kan bockas av för bättre översikt genom processen.

Informationen i dokumentet är det som gäller i skrivande stund, det vill säga fram till och med 20181120. Eventuella, framtida ändringar inom ämnet kan innebära att informationen blir inaktuell.

## 1 Val av ytor för solceller

Om det finns byggnader med tak som lutar i sydlig riktning, det vill säga allt mellan rakt östlig och rakt västlig riktning så kan det finnas potential för att installera solcellssystem på dessa. Det bästa är förstås takytor som vetter åt söder och är fria från takobjekt och skuggning. För att bland annat säkerställa att så är fallet undersöks tak genom platsbesök eller med hjälp av ritningar. På så sätt är det också möjligt att mäta hur stor yta som finns tillgänglig för solceller. För tak som är mer begränsade av takobjekt och med komplicerade skuggningsförhållanden rekommenderas att en **solenergiexpert** till exempel en konsult eller en entreprenör som behärskar området undersöker taket.

Ett användbart verktyg för att avgöra hur mycket solinstrålning ett tak får är solkartor<sup>1</sup>. Det finns solkartor, sammanställda av branschföreningen Svensk solenergi, som visar solinstrålningen per kvadratmeter och år och/eller årsproduktion per kvadratmeter beroende på vilket område som undersöks<sup>2</sup>. Notera att vid eventuell beräkning av årsproduktion på dessa solkartor har hänsyn inte tagits till skuggande objekt, så som takobjekt, närliggande träd eller byggnader och exkluderar på så vis eventuella skuggningsförluster.

### 1.1 Platsbesök

För att vidare kunna avgöra vilka takytor som lämpar sig bäst för solcellsmoduler, var utrymme finns för växelriktare, var elanslutning är möjlig och vad taket består av för material görs ett platsbesök. Att se byggnaden och taket på plats är alltid att föredra eftersom ritningar, flygfoton och satellitbilder kan vara utdaterade och/eller otydliga. Om ritningarna kan bekräftas vara uppdaterade ger dessa den mest exakta bilden av byggnaden och dess tak. Skuggande takobjekt, träd eller andra höga byggnader som förväntas skugga det framtida systemet mäts upp för att sedan användas i en framtida simulering och energiberäkning.

<sup>1</sup> <https://svensksolenergi.se/att-installera-solenergi/solkartor>

<sup>2</sup> Varje kommun har sin egen lösning för hur detta visas

## 2 Takförutsättningar

Information om takförutsättningar så som takriktning, taklutning, takmaterial, takobjekt och tillkommande vikt som taket kommer att belastas med är alla viktiga parametrar som behövs för att projektera ett solcellssystem.

Genom platsbesök, ritningar, satellitbilder och flygfoton är det möjligt att få reda på de flesta av parametrarna. Det är dock svårt att säga något om hur stor extra vikt som byggnaden eller dess tak tål, därför behöver detta beräknas av **konstruktör** för att undvika att taket eventuellt rasar in. Det är också viktigt att kontrollera takets och ytskiktets kondition för att säkerställa att en takomläggning inte behöver utföras under solcellssystemets livstid, det vill säga minst 25 år.

I Figur 1 illustreras hur takets lutning och riktning påverkar den relativa solelproduktionen för en solcellsmodul belägen i Västerås<sup>3</sup>.

Västerås

Azimut

Öster

Söder

Väster

Bengt Stridh 2013-04-12

Vertikalt	Lutning	Azimut																		
		-90	-80	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
90	85	52	57	61	65	68	71	73	74	75	75	74	72	70	68	64	60	56	51	
85	85	56	61	65	69	73	75	78	79	80	80	79	78	77	75	72	68	64	60	55
80	80	59	64	69	73	77	80	82	83	84	84	83	81	79	76	72	68	63	58	
75	75	63	68	72	77	80	83	85	87	88	88	86	85	82	79	75	71	66	61	
70	70	65	71	75	80	83	86	89	90	91	91	90	88	85	82	79	74	70	65	
65	65	68	73	78	82	86	89	91	93	94	94	92	91	88	85	81	77	72	67	
60	60	71	76	80	85	88	91	94	95	96	96	95	93	90	87	84	79	75	70	
55	55	73	78	82	87	90	93	95	97	98	98	96	95	92	89	86	81	77	72	
50	50	75	80	84	88	91	94	96	98	99	99	98	96	94	91	87	83	79	74	
45	45	76	81	85	89	92	95	97	99	100	100	99	98	97	95	92	88	84	80	
40	40	78	82	86	90	93	96	97	99	100	100	99	97	95	92	89	85	81	77	
35	35	79	83	87	90	93	95	97	99	100	99	98	97	95	92	89	86	82	78	
30	30	80	83	87	90	92	95	96	98	98	99	98	97	96	94	92	89	86	83	
25	25	80	83	86	89	92	94	95	96	97	97	96	95	93	91	89	86	83	80	
20	20	81	83	86	88	90	92	93	94	95	95	94	93	92	90	88	86	83	80	
15	15	81	83	85	87	89	90	91	92	92	93	92	91	90	88	87	85	83	81	
10	10	81	83	84	86	87	88	88	89	89	89	89	88	88	86	85	84	83	81	
5	5	82	82	83	84	84	85	85	86	86	86	86	85	85	84	84	83	82	81	
Horisontellt	0	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	

Figur 1. Relativ produktion av solel i förhållande till den optimala produktionen (100 %) för solcellsmodul med varierande lutning och riktning. Notera att diagrammet är genererat med data för Västerås som hämtats från PVGIS, därför stämmer detta endast för orter med liknande solhöjd och riktning.

Takförutsättningar så som takets bärighet, lutning och material styr i första hand vilket montagesystem som är möjligt att välja.

## 3 Montagesystem

Montagesystem väljs i de allra flesta fall av en solcellsentreprenör men det kan vara bra att veta att det påverkar solcellssystemets storlek och kostnad samt vilken tillkommande vikt som taket ska utstå. Se mer om hur montagesystem påverkar dimensioneringen av solcellssystemet i kapitel 4.5 Montagesystem.

Solcellssystemets vikt styrs av vilket montagesystem som väljs och generellt brukar ca 15 kg/m<sup>2</sup> vara vad ett bra riktvärde på vad ett solcellssystem väger för alla system monterade på lutande tak. För platta tak där solcellsmodulernas montagesystem

<sup>3</sup> Bengt Stridh 2013-04-12, <https://bengtsvillablogg.info/2013/04/12/hur-paverkar-lutning-och-vaderstreck-produktionen-av-solel/>

svetsas fast i takpappen blir medelvikten som belastar taket snarare kring 10 kg/m<sup>2</sup>, mellanrum medräknade. Om barlastsystem istället föreslås för ett platt tak måste den tillkommande vikten beräknas från projekt till projekt då detta beror på hur mycket barlastvikter som bör användas för att motverka vindlasterna. Takets bärighet måste verifieras så att det klarar både snölastnorm samt den tillkommande vikten från både solcellsmoduler och barlastvikter då denna kan bli stor.

### 3.1.1 Platta tak

Tak definieras ofta som platt tak då lutningen inte överstiger 6 grader. Taken består vanligen av papp eller gummi men det finns också plåt. Tabell 1 visar vilka montagesystem som är vanligt förekommande för respektive takmaterial vad gäller platta tak. Notera att inom kategorin för barlastsystem finns också så kallade öst-väst-system där paneler vinklas upp mot varandra, dels åt öst, dels åt väst. Fördelen med ett sådant system är att det är yteffektivt men med nackdelen att produktionen blir lägre för varje installerad kW<sub>t</sub>.

På platta tak med upp till 5 graders lutning bör solcellsmoduler vinklas upp minst 10 grader mot takets lutning för att minska risken för att vattensamlingar och smuts samlas i hörnen på modulerna och sänker effekten och energiproduktionen.

Tabell 1. Montagesystem beroende på takmaterial för platta tak.

Takmaterial	Montagesystem
Papp eller gummi	Aluminiumskenor med triangelkonsoler i aluminium (uppvinklat montage) fästs i fästen liknande taksäkerhetsfästen med en metallplatta som svetsas fast i pappen eller gummit.  Barlastsystem med antingen endast barlaster eller en kombination av barlaster och fastsvetsade taksäkerhetsfästen i ytterkanter där vindlaster är som störst <sup>4</sup> .
Bandfalsad plåt	Falsklämmor som kläms åt på falsen med hjälp av skruvar utan genomföring. Kombinerar med konsoler för uppvinklat montage.

### 3.1.2 Lutande tak

Tak med en lutning större än 6 grader brukar definieras som lutande tak, och kan bestå av alla möjliga material så som betong- eller tegelpannor, papp, gummi, trapets- och sinusplåt samt bandfalsad plåt. Solcellsmoduler placeras vanligen dikt an takets lutning men uppvinklat montage kan förekomma. Tabell 2 nedan visar vika montagesystem som är vanligt förekommande för respektive takmaterial vad gäller lutande tak.

<sup>4</sup> Barlaster kanske inte ens behövs i det här fallet då vindlasterna i princip är obefintliga förutom i systemets ytterkanter.

Tabell 2. Montagesystem beroende på takmaterial för lutande tak.

Takmaterial	Montagesystem <sup>5</sup>
Tegel- eller betongpannor	Krokar som fästs i läkt/råspont och täcks över av tegel- eller betongpanna.
Papp eller gummi	Taksäkerhetsfästen med en metallplatta som svetsas fast i pappen eller gummit.
Trapetskorrugerad plåt	Fästen med antingen horisontellt gående skruvar genom trapetsen som klämmer åt fästena eller vertikalt gående skruvar ned i regel/takstol.
Sinuskorrugerad plåt	Fästen med vertikalt gående skruvar ned i regel/takstol.
Bandfalsad plåt	Falsklämmor som kläms åt på falsen med hjälp av skruvar utan genomföring.

## 4 Dimensionering av solcellssystem

Dimensionerande faktorer:

- Tillgänglig takyta
- Skuggning från exempelvis takobjekt, närliggande byggnader och träd
- Önskad eller kravställd egenanvändningsgrad
- Lönsamhet och ekonomi
- Montagesystem
- Solcellsmodultyp
- Utrymme för växelriktare
- Tillgänglig säkringsstorlek där växelriktare ska placeras
- Byggnadsnämndens restriktioner

Beroende på hur förutsättningarna ser ut så kan någon eller några av ovan parametrar vara det som styr hur stort solcellssystemet blir. Dessutom är det viktigt att beakta gångstråk för inspektion och behov av snörasskydd. Eftersom solcellsmoduler utgör en mer glatt yta än de flesta takmaterial kan komplettering med snörasskydd komma att behövas.

### 4.1 Tillgänglig takyta

Behandlat i kapitel 1 Val av ytor för solceller och är generellt det första som ska undersökas.

### 4.2 Skuggning

Även skuggningsproblematiken är inkluderad i kapitel 1 men här kan tilläggas att ju mer takobjekt och andra skuggande, närliggande objekt som påverkar takytan desto större blir värdet i att en solcellssimulering utförs. Mer om solcellssimulering finns att

<sup>5</sup> Samtliga montagesystem för lutande tak har aluminiumskenor som fästs i respektive takinfästningssystem.

läsa i kapitel 4.10 Solcellssimulering. Viss skuggningsproblematik kan hanteras med tekniska hjälpmedel, se kapitel 4.12 DC-optimerare.

### 4.3 Egenanvändningsgrad

Om det finns en önskan eller ett krav för att en hög andel producerad solcellsel ska användas direkt i fastigheten, det vill säga en hög egenanvändningsgrad, är det möjligt att dimensionera solcellssystemet utifrån fastighetens elanvändning, eller närmare bestämt bas- eller medellasten. Nackdelen med denna typ av lösning är att solcellssystemets årsproduktion kan bli relativt liten i förhållande till årsförbrukning av el.

Data för fastighetens elanvändning erhålls från det energibolag som förser byggnaden med el och om denna data levereras i form av timvärden på årsbasis beräknas medellasten genom att beräkna medelvärdet av alla värden över ett representativt år<sup>6</sup>. Baslasten är istället det lägsta timvärdet som har inträffat under dagtid, sommartid och kan användas vid dimensionering ifall det är önskvärt att ingen el alls säljs vidare till elnätet. Dessa beräkningar är relativt enkla att utföra med baskunskaper i Microsoft Excel eller likvärdigt program.

Om företaget å andra sidan accepterar en stor överskottsproduktion och vill maximera solcellssystemets storlek så är det dock viktigt att se till att förväntad såld el inte överstiger förväntad köpt el från samma abonnemang, ifall den befintliga säkringen i anslutningspunkten inte överstiger 63 A. För mindre system än 43,5 kW<sub>t</sub> räknas företaget som mikroproducent för just det systemet och slipper betala en avgift för administration och hantering av mätvärden för överskottsproduktion som skickas ut på nätet.

För solcellssystem med anslutning på över 63 A räknas företaget som producent istället för mikroproducent i just den anslutningspunkten vilket medför särskilda avgifter samt risken att få sämre betalt för överskottet vilket ger en dålig lönsamhet. Notera att det är möjligt att begränsa överskottsproduktion genom att fördela laster mellan flera abonnemang eller genom att sätta in batterilager. Ofta går det även att säkra ner abonnemang i flerbostadshus till under 63 A för fastighetselen.

För att beräkna egenanvändningsgraden, och därmed andelen el som förväntas säljas respektive köpas i framtiden, behövs i tillägg till timvärden för fastighetens elanvändning också timvärden för producerad solel. För att generera timvärden för producerad solel behöver en solcellssimulering utföras. Egenanvändningsgraden beräknas antingen med hjälp av Exempel 1 nedan eller direkt i simuleringsprogrammet.

#### 4.3.1 Exempel 1

För ett flerbostadshus med en årsförbrukning av el på ca 101 MWh så beräknas medellasten till 11,5 kW. Den installerade solcellseffekten överdimensioneras gentemot medellasten till 13,2 kW för att kompensera för värmeförluster i solcellsmodulerna samt förluster i växelriktare. Andelen egenanvänd el uppgår då till ca 99 %, se Appendix A – Beräkning av andel egenanvänd solel för mer detaljer. Notera att om solcellssystemet dimensioneras efter baslasten så erhålls en

<sup>6</sup> Föregående år är vanligen tillräckligt representativt

egenanvändningsgrad på 100 %, dock begränsas den totala solcellseffekten till 3,5 kW.

#### 4.4 Lönsamhet och ekonomi

En stor anledning till att eftersträva en hög egenanvändningsgrad är att solcellssystemet ska vara lönsamt. Söld el har hittills haft ett lägre pris än besparad el/köpt el varför en hög egenanvändning av producerad solel är att föredra.

För att beräkna lönsamheten för solcellssystemet är det möjligt att använda verktyget LCC-kalkylen<sup>7</sup> i programmet. Nödvändiga parametrar för att utföra kalkylen är specificerade i programmet.

##### 4.4.1 Bidragsansökan

För aktuell information om regler för bidrag och ersättningsnivåer, se Energimyndighetens hemsida. I skrivande stund kan alla parter söka bidrag om 30% av investeringens kostnad, med eller utan moms upp till ett tak om 1,2 miljoner kronor.

##### 4.4.2 Ekonomi samt LCC-kalkyl

Elcertifikat är till för att ekonomiskt stötta generering av förnyelsebar el. Ersättningen för elcertifikat och därmed också det som en solcellsproducent kan tillgodoräkna sig var under augusti 2018 ca 15 öre/kWh, det vill säga 150 kr per elcertifikat som tilldelas varje producent som har producerat en MWh förnybar el och som har registrerat sig med ett CESAR-konto. Ersättningen har historiskt varierat mellan 5–30 öre per kWh. Elanvändare som använder el de själva producerat omfattas av så kallad kvotplikt<sup>8</sup>. Detta gäller dock endast om de använder mer än 60 MWh el som de själva producerat och om elen har producerats i ett system med installerad effekt högre än 50 kW.

Utöver elcertifikaten är värdet av den producerade elen antingen värdet av vad en kWh kostar att köpa i fallet för andelen egenanvänd el och annars värdet av vad producenten kan få betalt för överskottselen från ett elhandelsföretag, vanligen spotpriset minus några ören. Det går även att sälja ursprungsgarantier som tilldelas för varje MWh förnybar el som produceras men värdet av dessa har varit lågt historiskt.

El producerad av ett enskilt eller flera solcellssystem med samma ägare som överstiger 255 kW är skattepliktig. Det innebär att energiskatt ska deklarerar för den el som ägaren själv producerar och använder. I dagsläget betalas full energiskatt för den egenanvända solel för varje enskilt solcellssystem som överstiger 255 kW<sub>t</sub>. Om samma ägare äger flera system som tillsammans överstiger 255 kW<sub>t</sub> betalas istället en energiskatt om 0,5 öre/kWh. För aktuella skatteregler hänvisas till Skatteverkets hemsida: <https://www.skatteverket.se/>

Det finns i skrivande stund även en skattereduktion för mikroproduktion som gäller alla juridiska personer som har en anslutningspunkt på maximalt 100 A, men med en maximal årlig reduktion på 18000 kr per juridisk person. Den brukar därför inte tas med i LCC-kalkyler för stora fastighetsbolag som äger många solcellssystem.

<sup>7</sup> LCC – Life Cycle Cost.

<sup>8</sup> Läs mer om kvotplikt på [www.energimyndigheten.se](http://www.energimyndigheten.se)

Sammanfattningsvis finns dessa regler från Skatteverket att förvissa sig om:

- Försäljning av överskottsel (och momsplikt vid försäljning)
- Skattereduktion för mikroproduktion av förnybar el
- Elcertifikat och ursprungsgarantier
- Avdrag för energiskatt på el som framställs från förnybara källor

## 4.5 Montagesystem

Olika många solcellsmoduler får plats på taket beroende på vilket montagesystem som solcellssystemet ska ha.

Fästs modulerna i takets lutning är det i princip möjligt att använda ekvation ( 1 ) för att beräkna antalet moduler som får plats. Observera att ett avstånd på 0,025 m måste läggas på i solcellsmodulens båda riktningar för att infästning i montagesystemet ska vara möjlig. Solcellssystemets storlek (DC-effekt) kan då beräknas genom att multiplicera solcellsmodulernas märkeffekt med beräknat antal moduler.

$$\text{Antal solcellsmoduler} = \frac{\text{Tillgänglig takyta}}{(\text{Modulbredd} + 0,025) * (\text{Modullängd} + 0,025)} \quad ( 1 )$$

Om solcellsmodulerna istället vinklas upp från taket, vilket är vanligt vid montage på platt tak, blir det lite mer komplicerat. För att undvika att framförvarande rad skuggar den bakom krävs ett radavstånd mellan modulraderna. Storleken på radavståndet beror på om modulerna ska monteras med långsidan eller kortsidan nedåt och hur mycket de ska vinklas upp från taket. För ett system på ett platt tak bestående av solcellsmoduler uppvinklade längs långsidan i 10 grader från horisontalplanet med dimensioner 0,992 x 1,65 m<sup>2</sup> och där radavståndet är 0,6 m beräknas 1 kW uppta ungefär 9,3 m<sup>2</sup>.

Generellt sätt så brukar de billigaste systemen vara de som byggs med barlastsystem eller på lutande plåttak med plåtvalsar men det finns variationer på grund av andra omständigheter och lokala variationer.

## 4.6 Solcellsmodultyp

### 4.6.1 Kiselmodul

Det finns en rad olika typer av solceller men i dagsläget består den vanligast förekommande typen av poly- eller monokristallint kisel. Dessa kommer vanligen i moduler om 60 celler med effekter i storleksordningen 300 W och har mått nära 1,00 m x 1,65 m. Det finns även moduler som innehåller 72 solceller som oftast har måtten 1,0 x 2,0 m. Verkningsgraden för olika kiselmoduler varierar från ungefär 15 till 22 % och de i skrivande stund mest kostnadseffektiva har en verkningsgrad på ungefär 17 %, vilket motsvarar ungefär 275 W för en modul med 60 solceller.

Fördelar:

- Kostnadseffektiva i stora volymer
- Relativt hög verkningsgrad
- Beprövad teknik med bevisad livslängd
- Många olika leverantörer
- Standardiserade mått gör att montagesystem kan standardiseras

Nackdelar:

- Relativt tunga och stora
- Svårt att måttanpassa och passar därför inte lika bra på fasader eller byggnadsintegrering
- Mer energikrävande tillverkningsprocess än tunnfilm

#### 4.6.2 Tunnfilmsmodul

Tunnfilmsmoduler finns i många olika utföranden, material och storlek. De vanligaste är helsvarta med en reflekterande glasyta som därför påminner om glasfasader. Av den anledningen har tunnfilmsmoduler blivit populära till användningsområden som innebär integrerat montage i fasader och tak. De vanligaste huvudtyperna kallas CIGS, CdTe och amorft kisel och det som skiljer dessa åt är framför allt det aktiva materialet men också verkningsgraden som är kring 12% för de förstnämnda två medan kring 6% för den sistnämnda.

Tunnfilmsmoduler finns som semitransparenta lösningar som lämpar sig väl som glastak eftersom de samtidigt utgör ett visst solskydd. Tunnfilmsmoduler kan även fås med färgat glas i valfri färg. Eftersom materialet är möjligt att belägga på böjbara material finns det fler användningsområden än för kristallint kisel.

Fördelar:

- Tunnare och mindre materialåtgång
- Mindre energikrävande tillverkningsprocess
- Det finns semitransparenta moduler samt i olika färger
- Finns i fler storlekar för måttpassning
- Passar bra för byggnadsintegrering

Nackdelar:

- Relativt låg verkningsgrad
- Vissa innehåller tungmetaller (Cd)
- Kräver mer yta på taket
- Mindre beprövad teknik

## 4.7 Utrymme för växelriktare

### 4.7.1 Växelriktarplacering

Boerande på hur mycket utrymme som finns för växelriktare kan de vara en betydande faktor när ett solcellssystem dimensioneras. För att förhindra hög värmeutveckling i växelriktare (vanligen 2–3% av momentan effekt), och således även låg verkningsgrad ska de varken monteras ovanpå eller mindre än 0,2 m bredvid varandra eftersom luftintagen sitter på sidorna och undersidan. Dessutom bör ett avstånd på minst 0,2 m finnas upp till tak eftersom värmen vanligen flödar ut på ovansidan. Detta i kombination med ett föreskrivet ryggingsavstånd innebär att varje växelriktare upptar en volym på minst 1 m<sup>3</sup> (1 m x 1 m x 1 m). Växelriktare monteras vanligen i arbetshöjd för att underlätta underhållsarbete och avläsning av data. Generellt är det fördelaktigt att placera växelriktare nära solcellsmodulerna om även möjlighet till elanslutning finns där, exempelvis fläktrum nära tak. Skulle möjlighet till elanslutning endast finnas på exempelvis bottenplan i ställverk är det bättre att placera växelriktare där för att minimera längden på växelströmskablager då det ger upphov till mer förluster jämfört med likströmskablager.

#### 4.7.2 Dimensionering av växelriktare

Av samma anledning som att ett solcellssystem ska överdimensioneras i förhållande till medellasten bör växelriktare underdimensioneras till ca 85 % av solcellsmodulernas totala märkeffekt. I kapitel 6 Appendix A – Beräkning av andel egenanvänd solet finns en förklaring till varför ett solcellssystem överdimensioneras medellasten.

#### 4.8 Tillgänglig säkringsstorlek

Solcellssystemets storlek styrs också av vad det finns för tillgänglig säkringsstorlek vid elanslutningspunkten för växelriktarnas AC-sida. Om säkringen är mindre än vad ett framtida solcellssystem kräver kan det bli kostsamt att förstärka elinstallationerna och att i värsta fall uppgradera elabonnemang och inkommande servis. Genom ekvation ( 2 ) och tillgänglig säkringsstorlek beräknas hur stor total märkeffekt som växelriktarna kan anta, och på så vis går det också att beräkna solcellssystemets storlek.

$$\text{Största totala märkeffekt [kW]} = \text{Tillgänglig säkringstorlek [A]} * 400 [V] * \sqrt{3} \quad ( 2 )$$

#### 4.9 Energiproduktionsestimering

Genom att fylla i installerad effekt och geografisk zon i programmet går det att estimera elproduktionen genom ett enkelt beräkningsverktyg. Beräkningen är en relativt grov uppskattning eftersom modulutningen och riktningen är konstant 15 grader respektive i rakt söderläge, taket antas vara skuggfritt samt att det endast finns fyra zoner att välja på. De fyra geografiska zonerna indikerar energiutbytet per installerad kW<sub>t</sub> graderade utifrån SMHI:s solinstrålningskarta<sup>9</sup>. Verkyget bör användas i de enklaste fallen när det handlar om ett skuggfritt tak eller takyta i rakt söderläge.

#### 4.10 Solcellssimulering

En solcellssimulering görs dels för att generera den beräknade soletproduktionen i form av timvärden, dels för att ta fram den lägsta totala elproduktion som accepteras för ett solcellssystem av en viss märkeffekt (DC-effekt). Den beräknade totala elproduktionen läggs in i rambeskrivningen tillsammans med den totala märkeffekt som får plats på ytan och blir således kontraktgrundande. Vid en avvikelse i elproduktion där ett solcellssystem inte producerar den energimängd som förväntas är det viktigt att ha en korrekt energiberäkning att följa upp mot. Denna energiberäkning bör göras i ett simuleringsprogram som kan hantera skuggor från takobjekt eller andra byggnader eller träd. Det bör även framgå vid vilken global solinstrålning på den aktuella platsen beräkningen är utförd med för att kunna göra en uppföljning mot verklig årsproduktion.

När byggnaderna och dess taktytor valts skapas en modell i ett simuleringsprogram där takobjekt, eventuella närliggande objekt och fullständigt solcellssystem läggs till. Utifrån respektive systems förutsättningar simuleras skuggningsförluster och mängd genererad el med hjälp av programmet. Programmet har databaser med väderdata från flera årtionden tillbaka som används för att generera medelvärderade väderdata för varje timme över ett år. Genom att importera fastighetens elanvändning är det också möjligt att beräkna egenanvändningsgraden.

<sup>9</sup> <https://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/stralning/normal-globalstralning-under-ett-ar-1.2927>

#### 4.11 Byggnadsnämndens restriktioner

Från och med 20180801 behövs inte längre bygglov för att bygga ett solcellssystem med moduler dikt an takets lutning om det inte finns några restriktioner gällande detta i detaljplan. Finns det någon form av bevarandeskydd eller kulturplan i området krävs alltid bygglov. Därför är det bäst att kontakta kommunens byggnadsnämnd och höra om bygglov krävs. Önskas ett solcellssystem med mot taket uppvinklat montagesystem behövs alltid bygglov.

#### 4.12 DC-optimerare

En DC-optimerare är en elektrisk komponent som placeras vid varje alternativt varannan solcellsmodul för att optimera driften av solcellssystemet på modulnivå. Traditionella växelriktare hanterar en eller flera strängar om ca 20 solcellmoduler kopplade i serie. Om en modul skuggas påverkar det även de resterande panelerna i samma kopplingssträng som då alla begränsas till att leverera samma ström och effekt.

Om en modul skuggas i ett solcellssystem med DC-optimerare påverkas bara den modulen vilket gör att solcellssystem kan placeras även på delvis skuggade ytor då övriga moduler kan leverera samma effekt som de gör utan skuggning. En annan positiv egenskap med DC-optimerare är att de reglerar ned spänningen från respektive modul till 1 V, när strömmen bryts vid växelriktaren. Detta innebär att solcellssystemet, vid exempelvis en brand, då bryter spänningen på taket till en ofarlig spänning <50 V DC, då varje sträng högst ger en spänning om 20-30 V. Om DC-optimerare installeras finns alltså ingen anledning att installera den typ av brandmansbrytare som beskrivs i kapitel 4.13 Brandmansbrytare. Istället installeras en brandmansbrytare som bryter på växelriktaren på AC-sidan så att varje DC-optimerare bryter vid varje modul. Brandmansbrytaren fjärrmanövreras med ett manöverdon som placeras i brandförvarstablån eller entrén. Det finns även växelriktarfabrikat med strängoptimerare vars funktion är att reglera varje sträng för sig. I händelse av brand bryter strängoptimerarna strömmen vid varje sträng ute på taket då växelriktarna bryts.

Dock finns det några negativa aspekter också, till exempel gör DC-optimerare solcellssystemet något dyrare. En annan aspekt är att en extra elektronisk komponent per modul installeras vilket i sin tur innebär ökad risk för underhåll eller att någon av komponenterna på taket behöver bytas ut. Dessutom finns det väldigt få tillverkare av DC-optimerare och då riskerar fastighetsägaren att låsa in sig till just den tillverkaren.

#### 4.13 Brandmansbrytare

Eftersom ett solcellssystem hela tiden är spänningssatt då solen skiner så utgör det en säkerhetsrisk om räddningstjänsten behöver göra en räddningsinsats vid brand i byggnaden där system sitter. Räddningstjänsten rekommenderar därför, i vissa kommuner, att brandmansbrytare bör installeras för att kunna bryta strömmen så nära solcellsmodulerna som möjligt vid en räddningsinsats.

I princip skulle det krävas en brandmansbrytare per modul (det vill säga samma funktion som med DC-optimerare, se 4.12 DC-optimerare) för att ge den säkerhet som efterfrågas, vilket är något problematiskt med tanke på DC-optimerares nackdelar som beskrivs ovan. För att ett system utan DC-optimerare ska kunna ha brandmansbrytare

krävs att det installeras en kontaktor eller ett relä per sträng, vilket medför att det blir många anslutningspunkter, som i sig utgör en brandrisk.

Placeras en brandmansbrytare så att den bryter vid samtliga strängkablarna finns fortfarande spänningssatt kablage på taket mellan varje modul och denna typ av brytare kan därför inte göra allt kablage riskfritt vid räddningstjänstens arbete på taket. Därför kan denna typ av brandmansbrytare utgöra en falsk trygghet vid arbete på tak och dess användning och funktion har ifrågasatts av den anledningen.

Om brandmansbrytare behövs eller inte och vilken typ och funktion behöver utredas av beställare, exempelvis i samråd med räddningstjänsten. Varje solcellssystem och byggnad behöver i så fall behandlas individuellt. Oavsett typ av brandmansbrytare som väljs så ska den fjärrmanövreras med ett manöverdon som placeras i brandförvarstablån eller entrén.

## 5 Uppkoppling och övervakning

### 5.1 Energimätare

#### 5.1.1 Registrering av elcertifikat

För att möjliggöra registrering av elcertifikat för solcellssystemets producerade el behövs en MID-certifierad elmätare som är godkänd för just registrering av elcertifikat. Syftet är att el producerad från förnyelsebara källor ska kunna registreras och på så vis även möjliggöra att den som producerar elen får ersättning för detta.

För att kunna samla in mätvärden till CESAR-kontot som behövs för att kunna tilldelas elcertifikat finns produkter och tjänster som gör detta tex en Elvaco-modul som via GSM-uppkoppling skickar värden till vald insamlingspunkt. För en mindre summa per månad kan en tjänst köpas som rapporterar in dessa mätvärden till CESAR-kontot. Även en tjänst för att utföra försäljning av elcertifikat kan köpas.

#### 5.1.2 Registrering av genererad el

Samma elmätare som för registrering av elcertifikat kan användas till att skicka vidare följande data till fastighetens styr- och övervakningssystem:

- Momentan effekt
- Total elproduktion från solcellssystemet

### 5.2 Givare

Med hjälp av givare kan uppföljning av solcellssystemets prestanda utföras. För att kunna följa upp ifall ett system producerar det antal kWh el som förväntas per år måste information om aktuell ackumulerad solinstrålning samlas in och systemverkningsgraden beräknas

Performance Ratio (PR), systemverkningsgraden, beräknas med hjälp av följande formel där  $\mu$  är solcellsmodulens verkningsgrad uppmätt i fabrik:

$$PR = \frac{\text{Uppmätt solenergiproduktion} \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} * \text{år} \right]}{\mu * \text{Uppmätt solinstrålning} \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} * \text{år} \right]}$$

Performance Ratio är ett mått på hur stor andel av den teoretiskt möjliga energiproduktionen som har uppnåtts, med aktuell uppmätt solinstrålning på platsen. PR mäts i procent och blir låg om värmeförlusterna i modulerna blir stora, onormal skuggning inträffar eller om det blir kortslutning eller dålig kontakt i någon krets. PR kan beräknas automatiskt i vissa webbportaler, se kapitlet om övervakning.

#### 5.2.1 Solinstrålningsgivare

Solinstrålningsgivare mäter solinstrålningen momentant i den riktning och lutning som givaren är placerad. För varje solcellssystem som har avvikande riktning och lutning behövs en givare för kunna följa upp systemets prestanda. Denna givare behövs för att kunna mäta och följa upp Performance Ratio.

#### 5.2.2 Celltemperaturgivare

Celltemperaturgivare placeras på baksidan om solcellsmodulen eller inuti solinstrålningsgivaren för att mäta solcellstemperaturen. Precis som för solinstrålningsgivaren behövs en givare per solcellssystem för varje system med avvikande riktning och lutning. Celltemperaturgivaren behövs för att kunna utföra en beräkning av förväntad momentan effekt i förhållande till installerad DC-effekt (märkeffekt). Den förväntade momentaneffekten beror starkt på solcellernas temperatur och ska korrigeras för aktuell celltemperatur och solinstrålning.

#### 5.2.3 Utetemperaturgivare

Utetemperaturgivaren mäter utetemperaturen och installeras i norrläge. Utetemperaturen är endast relevant som referens och för uppföljning ifall årsmedeltemperaturen har varit mycket högre eller lägre än ett normalår.

### 5.3 Övervakning

#### 5.3.1 Larm

Om växelriktare har en webbportal där data från solcellssystemet registreras är det möjligt att få felmeddelanden skickade till en e-postadress. Ett exempel då felmeddelande skickas kan vara då solcellssystemet inte producerar någon el. Det finns också möjlighet att få felmeddelanden eller larm direkt till fastighetens styr- och övervakningssystem.

##### 5.3.1.1 Summalarm

Summalarm kan skickas från växelriktare via potentialfri kontakt till fastighetens styr- och övervakningssystem. Ett summalarm innebär att samtliga larm summeras i olika kategorier A, B, C och så vidare. Ett A-larm kan till exempel betyda akut fara för person eller egendom.

##### 5.3.1.2 Specifika larm

Om växelriktare istället kan kommunicera via Modbus-protokoll med fastighetens styr- och övervakningssystem är det möjligt att hämta ut så kallade specifika larm vilket då ger mer detaljerade felmeddelanden.

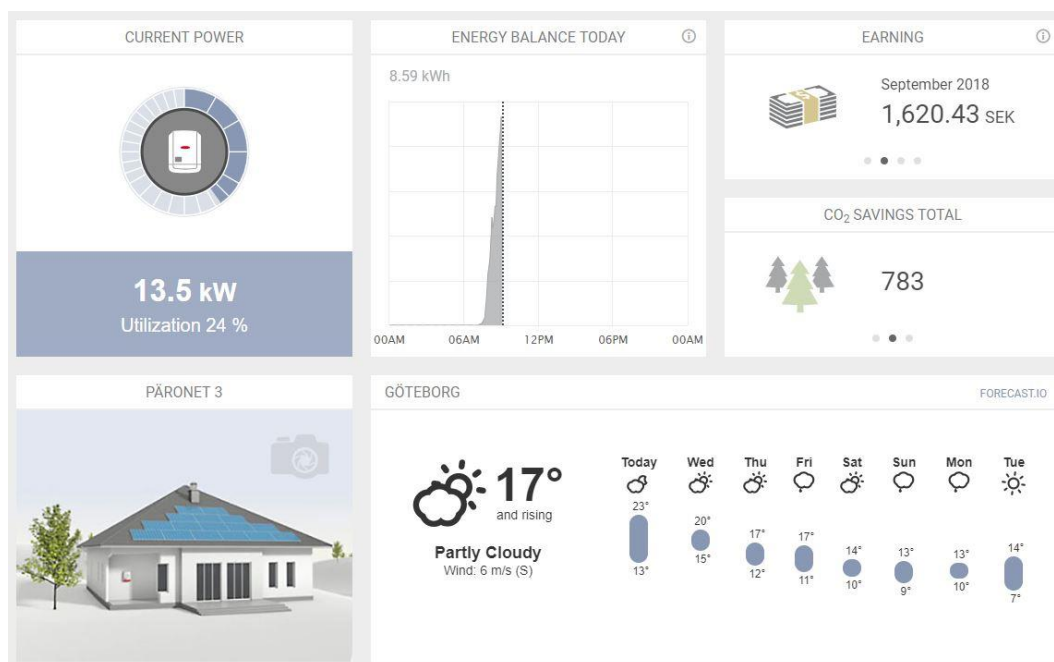
### 5.3.2 Registrering av data

En elmätare, som nämnts ovan, är relativt begränsad i vad den kan registrera och presentera. Dock är det möjligt att erhålla mer data från solcellssystemet, antingen via växelriktares webbportal eller extern webblogger.

#### 5.3.2.1 Växelriktares webbportal

Vanligen har växelriktare en funktion som presenterar registrerade data till en tillverkarspecifik webbportal. Webbportalen visar generellt fler parametrar jämfört med vad som är möjligt att få ut från en elmätare samt på ett mer överskådligt sätt i form av grafer. Det är möjligt att få se den presenterade data genom att logga in via tillverkarens webbsida, alternativt kan detta presenteras i en display.

I Figur 2 illustreras en tillverkarens växelriktarportal i form av en dashboard eller förstasida med sammanfattning av data från systemet.



Figur 2. Fronius dashboard. Exempel på hur data från ett solcellssystem kan presenteras i en webbportal kopplad till växelriktare från Fronius.

#### 5.3.2.2 Extern webblogger

Finns ännu högre krav på vad som ska registreras och presenteras samt på vilket sätt är det möjligt att installera en extern webblogger. Genom en sådan lösning är det möjligt att få ännu bättre överskådlighet samt mer pedagogisk utformning av data från solcellssystem. Figur 3 illustrerar hur data kan presenteras med en extern webblogger från exempelvis Solar log. Det finns flera alternativa produkter.

En extern webblogger kan kopplas upp till fastighetens styr- och övervakningssystem. I tillägg är det även i det här fallet möjligt att presentera den externa webbportalen i en extern display.



Figur 3. Solar log dashboard. Exempel på hur data från solcellssystemet kan presenteras i webbportal kopplad till en extern webblogger från Solar log.

### 5.3.2.3 Egen mätvärdesinsamling och uppföljning

Ett alternativ till att använda en webbportal för uppföljning är att koppla upp växelriktaren till fastighetens styr- och övervakningssystem via Modbus och sedan exportera alla mätvärden dit. Funktioner kan här skapas för att visa aktuella mätvärden, göra egna grafer samt skapa larmar som larmar ifall energiproduktionen för ett tidsintervall understiger förväntat värde. Även solinstrålninggivare och celltemperaturgivare bör då kopplas upp till samma system så att Performance Ratio kan beräknas och visas. Det går även att beräkna vad energiproduktionen förväntas vara ett normalår baserat på solinstrålningsdata för 30 år och jämföra och korrigera vad aktuell solelproduktion borde ha varit med aktuella solinstrålningsdata från det gånga året.

### 5.3.3 Display

Det finns en rad olika displayer som kan användas för presentation av data från solcellssystemet. Valet av displaytyp beror givetvis på var den ska sitta och vad som ska kunna presenteras. Nedan följer några alternativ:

- Enklare svart LED-display för presentation av momentan effekt och total elproduktion för antingen inomhus- eller utomhus bruk
- Kundenpassad LED-display med mer grafisk presentation i form av staplar eller dylikt för utomhusbruk
- En TV som kan kopplas upp mot internet och visa bildspel från växelriktares webbportal.

Figur 4 visar en mer kundanpassad presentationslösning där display presenterar aktuell effekt i form av en stapel och elproduktion. Denna typ av display placeras utomhus. Informationen till displayen måste hämtas från elmätare via pulsmätning.



Figur 4. Ett exempel på display från Borg för placering utomhus som presenterar effekt genom en stapel och elproduktion per dag och totalt i siffror.

Figur 5 visar ett annat exempel på display som istället placeras inomhus. Även denna display hämtar data från elmätare via pulsmätning.



Figur 5. Ett exempel på en typ av display som visar aktuell effekt och elproduktion.

## 6 Appendix A – Beräkning av andel egenanvänd solex

Utifrån elförbrukningen för ett flerbostadshus beräknades medellasten till 11,5 kW, se Figur 6. Värdena i Tabell 3 har tagits fram utifrån elförbrukningen och en solcellssimulering baserad på ett av flerbostadshusets tak som har 7 graders lutning i rakt söderläge och en solinstrålning på 960 kWh/m<sup>2</sup>,år.

Tabell 3. Simulerade värden på solexproduktion och elanvändning på årsbasis, samt beräknad mängd egenanvänd solex.

Total solexproduktion	Total elförbrukning	Egenanvänd solex
11731 kWh	100727 kWh	11598 kWh

Solcellsmodulerna har placerats dikt an takets lutning och den installerade effekten uppgår till 13,2 kW. Den installerade effekten har överdimensionerats med 15 % gentemot baslasten/medellasten för att kompensera för energiförluster. Energiförluster i växelriktare, kablar och värmeutveckling i modulerna gör att ett solcellssystem i Sverige sällan levererar mer effekt än 85 % av dess märkeffekt på DC-sidan. Av den anledningen kan ett system installeras som har en total märkeffekt som är 15 % större än medellasten. Andelen egenanvänd solex uppgår då till ca 99 % enligt beräkning med ekvation ( 3 ).

$$\text{Andel egenanvänd solex} = \frac{\text{Egenanvänd solex}}{\text{Total solexproduktion}} \quad ( 3 )$$

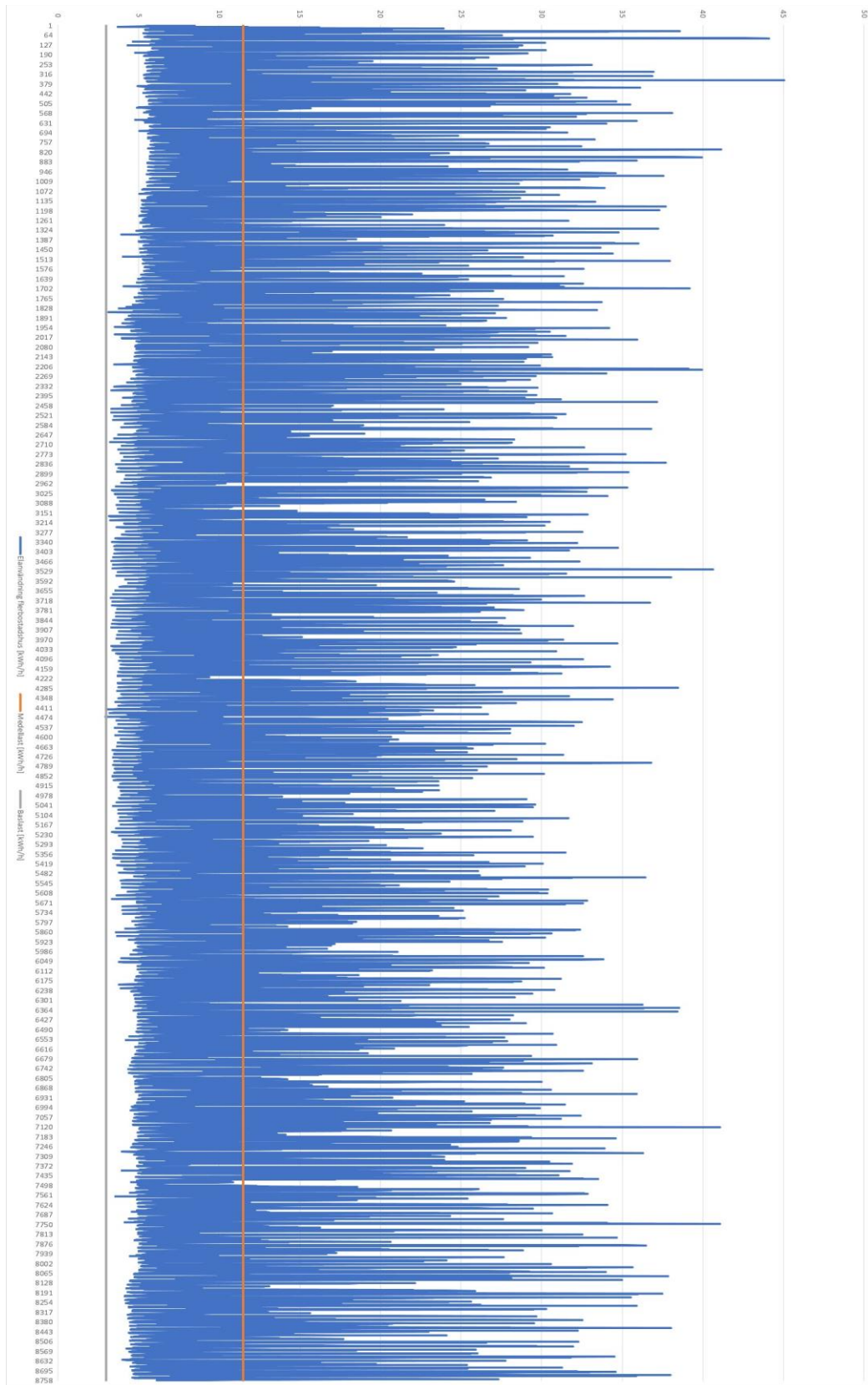
Räkneexemplet har utförts med timvärden för både elförbrukning och genererad solex vilka har jämförts timme för timme. Den egenanvända soxelen har beräknats med ekvation ( 4 ) genom att först räkna ut den totala mängden överskottsel. Total mängd överskottsel erhålls genom att summera alla positiva värden<sup>10</sup> av ekvation ( 5 ), där h står för timme och antar värden 1, 2, 3, ..., 8760<sup>11</sup>. Negativa värden ska exkluderas i beräkningen i ekvation ( 5 ).

$$\text{Egenanvänd solex} = \text{Total solexproduktion} - \text{Total överskottsel} \quad ( 4 )$$

$$\text{Överskottsel}_h = \text{Solexproduktion}_h - \text{Elförbrukning}_h \quad ( 5 )$$

<sup>10</sup> Alla timmar då genererad solex överstiger förbrukad el

<sup>11</sup> Ej skottår då det istället blir 8784 timmar



Figur 6. Elförbrukningen per timme för ett flerbostadshus exklusive hushållsel. Orange linje visar den beräknade medellasten.