

Besiktningar av mindre solcellsanläggningar i drift

Innehållsförteckning

1	Inledning	2
2	Urval av anläggningar.....	3
3	Anläggningsbesökens innehåll	4
3.1	Grundläggande data.....	4
3.2	Detaljerad systemutformning	4
3.3	Montagesystem och kabelförläggning.....	4
3.4	Datainsamling, datalagring, presentation och larm.....	4
3.5	Märkning och skyltning	5
3.6	Offerter	5
3.7	Dokumentation	5
3.8	Energistatistik.....	5
3.9	Intervju med anläggningsägare.....	5
3.10	Bilder	5
4	Intervju med installatörer	6
5	Resultat	7
5.1	Anläggningsstorlekar, ålder, taktyp, placeringar och ägande.....	7
5.2	Grundläggande data.....	9
5.2.1	Komponenter	9
5.2.2	Kostnader och intäkter.....	10
5.2.3	Leverantörer och installatörer	12
5.3	Detaljerad systemutformning	13
5.3.1	DC-sidan	14
5.3.2	AC-sidan	18
5.4	Montagesystem och taksäkerhet.....	22

RISE Research Institutes of Sweden AB

5.5	Skuggning	24
5.6	Datainsamling, datalagring, presentation och larm.....	24
5.7	Märkning och skyltning.....	25
5.8	Motiv, offerter, upphandling	27
5.9	Dokumentation	29
5.10	Energiproduktion	30
5.11	Intervju med anläggningsägare.....	32
5.12	Tre representativa exempel.....	34
6	Diskussion.....	38
6.1	Beställaren	39
6.2	Leverantör och installatör.....	40
6.3	Anläggningen.....	40
7	Slutsatser och rekommendationer	42
	Bilagor	43

1 Inledning

RISE har fått i uppdrag av Energimyndighetens Testlab att bland annat undersöka ett 40-tal mindre solcellsinstallationer i syfte att beskriva hur den svenska marknaden för i första hand villaanläggningar fungerar. Enstaka lantbruks- och industrifastigheter samt bostadsrättsföreningar med solcellsanläggningar under 50 kW märkeffekt ingår också. Undersökningen som genomförts under andra halvåret 2019 har fördelats på tre områden i Sverige: Västra Götaland, Stockholmsområdet och Norrbotten. Rapporten beskriver hur urvalet av anläggningar skett och redovisar därefter resultaten av undersökningarna som omfattat intervjuer med anläggningsägarna, genomgång av offerter samt en ingående visuell besiktning av anläggningarna och användarens dokumentation. Tre installatörsföretag har också intervjuats i syfte att komplettera bilden med ytterligare ett perspektiv. Inom samma uppdrag har två andra delprojekt redovisats. Dessa redovisas i rapporten ”Marknadsöversikt för solcellsmoduler, växelriktare, infästningsanordningar och kompletta system”, rapport nr 9P04225-03 samt i rapporten ”Sammanställning av incidenter i svenska soleanläggningar”, rapport nr 9P04225-02. För en fördjupning kring marknadens olika produkter och tekniska lösningar och kring de brister som uppmärksammats i några svenska soleanläggningar hänvisas till dessa rapporter.

2 Urval av anläggningar

Senaste gången en studie av solenergi marknaden genomfördes av RISE gavs mer eller mindre fri tillgång till Boverkets register över beviljade investeringsstöd. Planen i det nu aktuella projektet var därför att på liknande sätt göra ett slumpvis urval ur Boverkets eller länsstyrelsernas bidragsregister. Målsättningen med urvalet var att åstadkomma ett representativt urval av anläggningar, med fokus på solcellssystem installerade på villor. Merparten av anläggningarna skulle vara tagna i drift under perioden 2015 - 2018, därutöver några från början av tiden med det statliga investeringsstödet dvs 2011-2012. Ambitionen var också att få en stor spridning på installatörsföretag, gärna med några certifierade enligt CIN 2 det vill säga den certifiering som tillkommit som ett resultat av ett EU-direktiv och som är på väg att implementeras av Boverket och Energimyndigheten i samarbete. Spridning på storlek och typ av anläggningar med både byggnadsintegrerat och standard utanpåliggande montage har eftersträvat, liksom olika tekniska lösningar för växelriktare och optimerare.

När RISE tog kontakt med Länsstyrelserna i de tre aktuella länen visade det sig att dessa med hänvisning till GDPR inte var villiga att ställa sin bidragsstatistik till förfogande. Undersökningen var därför hänvisad till ett antal andra tillvägagångssätt för att hitta lämpliga anläggningar att besöka vilket försvårade ett urval enligt den ursprungliga planen. De kanaler som i stället användes för att hitta anläggningsägare med intresse för studien var:

- En Facebookgrupp för privatpersoner med intresse för solceller med ca 6000 medlemmar (8 st)
- Personliga kontakter (14 st)
- Andra solenergi projekt där någon i projektgruppen varit involverad (2 st)
- Flygblad i brevlådor (2 st)
- Ett register över användare av företaget Checkwatts tjänst för elcertifikatsmätning (15 st)

Ett mindre antal anläggningsägare som haft någon form av problem med sina solcellsinstallationer har vidare identifierats genom någon av följande tre informationskanaler:

- Rapporter om problem inkomna i samband med det angränsande delprojektet där RISE på Testlabs uppdrag samlade in incidentrapporter
- Klagomål inkomna till branschorganisationen Svensk solenergi
- Anläggningar där utebliven elproduktion identifierats genom företaget Checkwatts datainsamling från elcertifikatsmätare

Av de senare, alltså anläggningar med inrapporterade problem, finns endast två stycken med bland de 41 anläggningar som besökts.

3 Anläggningsbesökens innehåll

Här följer en kort beskrivning av vad som studerats vid anläggningsbesöken. Resultatet av besöken redovisas i avsnitt 5 och diskuteras i avsnitt 6. Den checklista som använts vid anläggningsbesöken återfinns i bilaga 1. Bilaga 3 är ett Excelark där all information från de 41 anläggningarna har sammanställts. I avsnitt 5.12 beskrivs tre representativa anläggningar mer utförligt, med fokus på den information som framkommit vid intervjuer med anläggningsägarna.

3.1 Grundläggande data

Beskrivning av övergripande data om anläggningen och dess komponenter:

- Anläggningens geografiska och fysiska placering, modulernas lutning och orientering, växelriktarens placering, datum då anläggningen togs i drift
- Förekomst av skuggning, uppskattning av eventuellt stora produktionsbortfall på grund av skuggning, avstämning mot offererade värden
- Systemkostnad, nyckelfärdig¹, inklusive moms, före bidrag. Specifik systemkostnad²
- Uppgifter om leverantör, installatören och dennes auktorisation etc, anläggningsägare, nätägare, elhandlare
- Ersättning för såld el, ungefärlig genomsnittlig elproduktion, försäljning, köp och egenanvändning av producerad el

3.2 Detaljerad systemutformning

Här ges en beskrivning av DC- och AC sidans komponenter, det kontrolleras om väsentlig föreskriven komponent fattas, kontroll av komponenternas dimensionering etc.

DC-sidan: Solcellsmodulernas, växelriktarens och eventuella optimerares namn, typ, antal. Förekomst och dimensionering av brytare, kablar, säkringar, överspänningsskydd, jordning

AC-sidan: Förekomst och dimensionering av brytare, kablar, säkringar, överspänningsskydd, jordfelsbrytare, jordning

3.3 Montagesystem och kabelförläggning

I samband med anläggningsbesöken kontrollerades montagesystemets fabrikat, typ, status och utförande. Förekomst av taksäkerhetsutrustning och snörasskydd kontrollerades också liksom eventuell ansamling av smuts, skräp eller snö. DC-kablagets skydd, förläggning, uppfästning och genomföringar kontrollerades.

3.4 Datainsamling, datalagring, presentation och larm

Rubricerade delar har beskrivits med avseende på hur systemet hanterar data om energiproduktion och eventuella andra parametrar, vilken info användaren får i standardutförande och med tillval och vilken nytta hen har av detta. Gränssnitt för olika växelriktare, deras respektive appar och molntjänster beskrivs liksom hur användaren

¹ Nyckelfärdig innebär komplett, färdiginstallerad, ansluten och idrifttagen anläggning

² Totalkostnad inklusive moms dividerad med anläggningens installerade topp effekt på DC-sidan uttryckt i kr/kWp

uppmärksammas om anläggningen drabbas av fel. I avsnittet ges också exempel på förekommande appar och deras olika sätt att presentera anläggningsdata.

3.5 Märkning och skyltning

Undersökningen har i samtliga anläggningar kontrollerat märkning av kablar och komponenter, skyltning av elcentral, elmätare, fastighet etc för att fastställa om dessa utförts enligt gällande krav och rekommendationer.

3.6 Offerter

För ett antal anläggningar görs en genomgång och jämförelse av de offerter som anläggningsägaren erhållit. Jämförelsen har främst fokuserat på uppgifter om förväntad produktion och pris. Om offerten föregåtts av ett platsbesök eller ej är också av intresse. Därtill görs en bedömning av mängden av information och dess kvalitet.

3.7 Dokumentation

Vid besöken har en genomgång av den dokumentation som installatören lämnat över tillsammans med anläggningen gjorts: En beskrivning av anläggningens komponenter, dess utförande, kontroll före driftsättning, instruktioner för uppföljning av driften och anläggningens status. En jämförelse görs mot gällande krav och rekommendationer. En samlad bedömning av dokumentationens kvantitet och kvalitet görs.

3.8 Energistatistik

I mån av tillgång till historiska data för anläggningens energiproduktion kontrolleras uppmätt mot utlovad/ förväntad produktion.

3.9 Intervju med anläggningsägare

Baserat på en intervju med anläggningsägaren beskrivs dennes "resa" från idé till driftsättning och i förekommande fall också erfarenheter efter några års drift. Hur kom idén upp och vad avgjorde beslutet att investera? Hur gick man tillväga med informationssökning, offertförfrågningar etc? Har man varit i kontakt med försäkringsbolag och räddningstjänst i samband med anläggningens tillkomst? Hur uppfattade man kontakterna med branschen och med den slutligen valda installatören? Hur resonerar man kring anläggningens ekonomi? Följer man upp anläggningens produktion och i så fall hur? Hur tänker man kring eventuellt underhåll av anläggningen?

3.10 Bilder

Varje anläggning har dokumenterats med 15-20 bilder på komponenter, märkningar, takinstallation m.m. Merparten av dessa har varit avsedda som stöd i sammanställningen av data och i rapporten redovisas endast ett urval av dessa bilder, till exempel för att illustrera bra och dåliga utföranden av olika delar av en installation. I Excelsammanställningen finns i den första kolumnen inlagt en miniatyrbild på varje anläggning som en kommentar för att möjliggöra en snabb uppfattning om vilken typ av anläggning det rör sig om och ungefär i vilken omgivning den är belägen.

4 Intervju med installatörer

Tre installatörsföretag har intervjuats för att bredda bilden av hur marknaden för solcellssystem till villor fungerar. Resultaten presenteras inte separat utan har använts för att fördjupa resonemanget i de avslutande avsnitten. Enkät för installatörsintervju återfinns i bilaga 2

5 Resultat

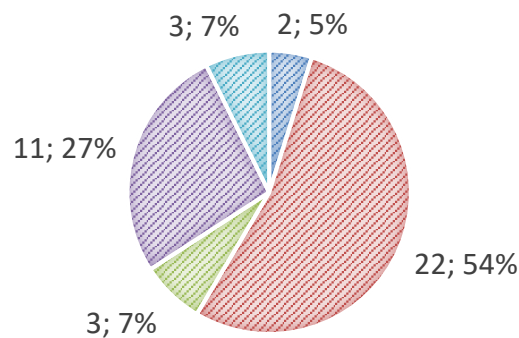
För att få en överblick av all data som samlats in från 41 anläggningar har dessa sammanställts i ett Excelark som bifogas rapporten, se bilaga 3.

5.1 Anläggningsstorlekar, ålder, taktyp, placeringar och ägande

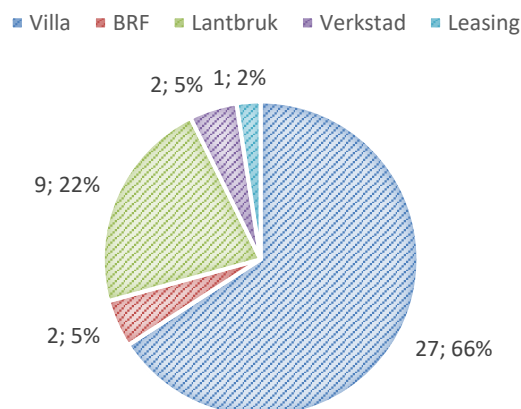
Tjugonio anläggningar har besökts i Västra Götaland, tre i Norrbotten och nio i Stockholmsområdet. Fördelningen av anläggningar framgår av de olika figurerna nedan:

- Taktyp – Figur 1
- Typ av ägande – Figur 2
- Orientering (azimuth) och lutning på anläggningen – Figur 3
- Anläggningsstorlek – Figur 4
- Anläggningarnas ålder – Figur 5

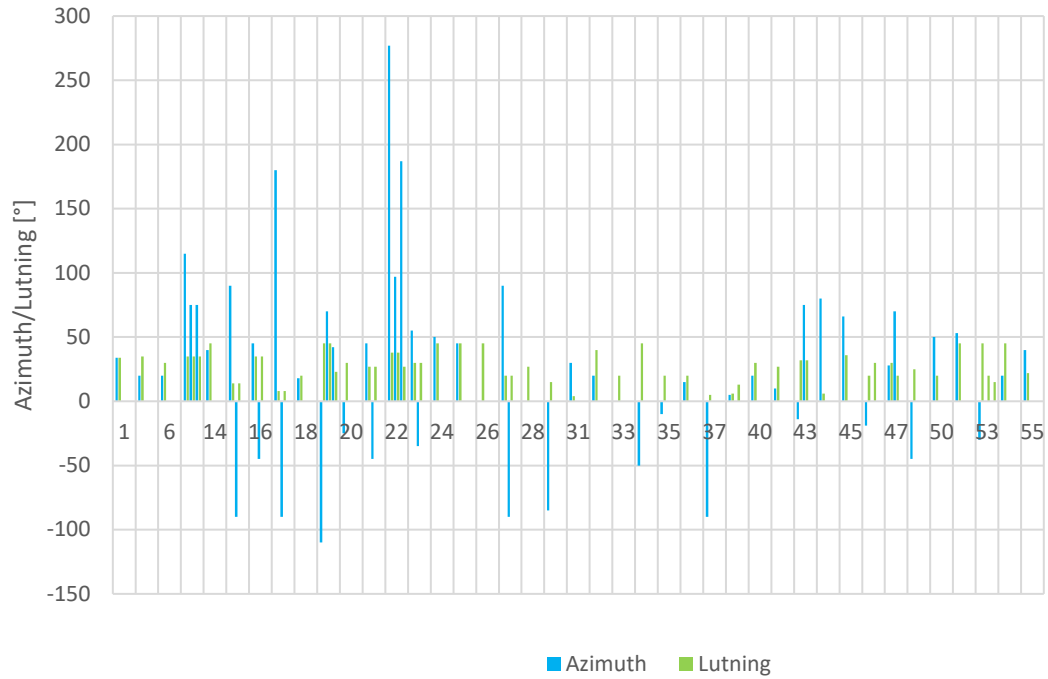
- Platt/låglutande tak (<6 grader)
- Lutande tak - tegel
- Lutande tak - falsad plåt
- Lutande tak - profilplåt
- Lutande tak - papp



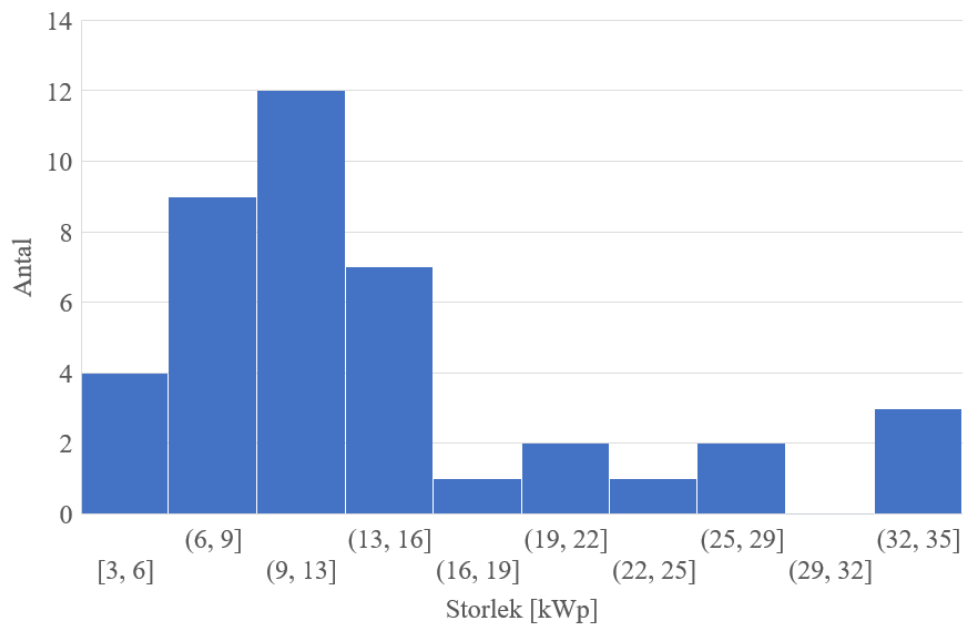
Figur 1 Taktyper för samtliga anläggningar. Antal och procentuell andel per kategori



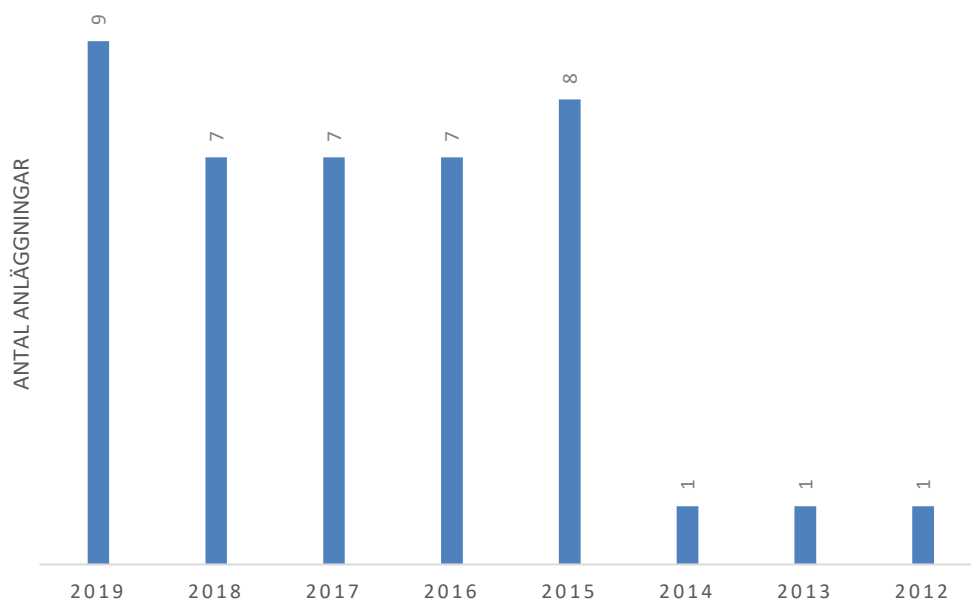
Figur 2 Fördelningen av fastighetstyper som besökts i undersökningen. BRF=Bostadsrättsförening.



Figur 3 Azimuth (orientering) och lutning på anläggningen. Rakt söder = 0° azimuth och negativt värde = orientering mot öster. Vissa anläggningar har flera orienteringar och lutningar, se exempelvis anläggning 22.



Figur 4 Spridning i anläggningsstorlek. Gränserna för varje intervall anges i total topp effekt för solcellsmodulerna (kWp) på x-axeln

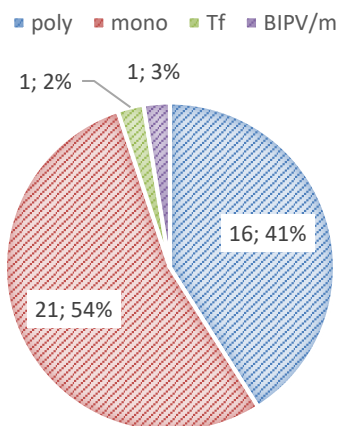


Figur 5 Fördelning av de undersökta anläggningarnas installationsår. Ytterligare några äldre anläggningar var ursprungligen tänkta att ingå i undersökningen, men på grund av svårigheter med tillgång till bidragsstatistik gick detta inte att lösa.

5.2 Grundläggande data

5.2.1 Komponenter

Det stora flertalet installationer innehåller solcellsmoduler och växelriktare av traditionell utformning. Avseende cellteknologi dominerar polykristallint kisel stort världsmarknaden. Monokristallint kisel har under 2019 snabbt kommit att öka sina marknadsandelar och förväntas inom något år dominera marknaden, och bland de undersökta anläggningarna är något förvånande drygt hälften av mono-typ. Endast en anläggning med tunnfilmssolceller fanns med i urvalet. Figur 6 visar fördelningen av modultyp för de besiktigade anläggningarna.

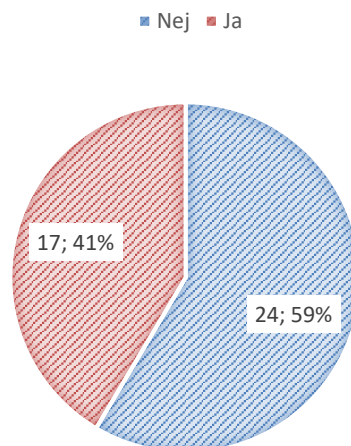


Figur 6 Fördelning av modultyp hos de besiktigade anläggningarna. "Tf" = tunnfilm, BIPV = byggnadsintegrerade moduler ("Building Integrated PV"), men monokristallina ("m"), polykristallina ("p") eller tunnfilm ("tf").

När det gäller byggnadsintegrerade lösningar så har 2019 inneburit att flera nya produkter presenterats på den svenska marknaden. I undersökningens urval finns ingen av dessa nya, mer ovanliga produkter med utan endast en anläggning med standardmoduler i särskilt utformade profiler som gör det möjligt att åstadkomma en takintegrerad lösning.

På växelriktarsidan finns bland de besökta anläggningarna en stor spridning på produkter tillverkade i Asien, USA och Europa. Ingen av anläggningarna var utrustad med batterilagring, men 3 anläggningar med växelriktare från svenska Ferroamp hade haft batterier i åtanke när de valde produkt. Förutom dessa finns enkelt uttryckt två typer av växelriktare i de besökta anläggningarna. Produkter med optimerare och växelriktare i en och samma enhet, så kallade strängväxelriktare (29 st) eller produkter med separata moduloptimerare som var och en kopplas till en eller två moduler och matar likspänning till en central växelriktare (11 st). Av den senare typen finns i huvudsak två dominerande fabriker. Solar Edge (8 st) där optimerarna bara är fullt kompatibla med en strängväxelriktare av samma fabrikat samt Tigo (3 st) vars optimerare är kompatibla med ett flertal växelriktarfabrikat och dessutom, till skillnad från Solar Edge, kan monteras på endast särskilt skuggningsutsatta moduler i en anläggning. En sista väldigt ovanlig variant är modulväxelriktare där både optimering och omriktning sker direkt vid varje modul (1 st). En fördel med moduloptimerare är att det ger anläggningsägaren möjlighet att följa elproduktionen från varje ansluten modul till skillnad från konventionella växelriktare som bara visar resultat på strängnivå det vill säga för cirka 15-20 sammankopplade moduler, se vidare avsnitt 5.6. Moduloptimerare har de senaste åren börjat ifrågasättas med hänvisning till att de anses kunna ge upphov till radiostörningar som t.ex. skulle kunna störa känslig utrustning på sjukhus eller försvarsanläggningar. Frågan utreds för närvarande av olika aktörer men ingen av anläggningsägarna i vår undersökning har pekat på några sådana problem. Figur 7 visar antalet och fördelningen av de besiktigade anläggningarna som har moduloptimerare installerade.

MODULOPTIMERARE?



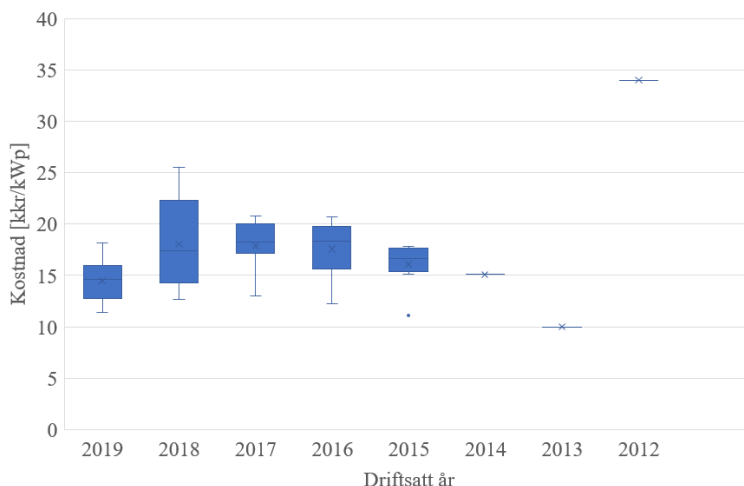
Figur 7 Antalet besiktigade anläggningar med moduloptimerare

5.2.2 Kostnader och intäkter

Att jämföra kostnader och intäkter för 41 olika anläggningar är en vanskelig uppgift av flera skäl. För det första har priset på nyckelfärdiga anläggningar sjunkit med mer än 20% under den period, 2012-2019 som de undersökta anläggningarna har installerats³. Ser man sedan

³ National Survey Report of PV Power Applications in Sweden 2018. Energimyndigheten och IEA PVPS

vidare på inköpskostnaderna så finner man en stor variation som kan tillskrivas ”tycke och smak”. Flera kunder har efterfrågat det senaste, mest effektiva eller snyggaste. Andra bara vill vara säkra på att de får bra kvalitet och några ser i huvudsak på priset som ska vara lågt. Fördelningen av kostnader för alla anläggningar framgår av Figur 8. Priserna är inklusive moms och före bidrag för nyckelfärdiga anläggningar.



Figur 8 Fördelning av de undersökta anläggningarnas specifika investeringskostnad fördelat på installationsår

På intäktssidan finns liknande svårigheter. I materialet finns en övervikt av anläggningsägare som investerat i en elcertifikatsmätare från företaget Checkwatt för att kunna få elcertifikat på bruttoproduktionen av solceller (18 st). Eftersom rekryteringen av anläggningsägare villiga att medverka i undersökningen till stor del skett genom Checkwatts medverkan så är denna övervikt inte representativ för helheten av svenska anläggningar.

Då en separat elcertifikatsmätare innebär en extrainvestering så krävs en viss storlek på solcellsanläggning för att det ska vara lönsamt. Att vi trots det funnit anläggningar som egentligen är för små för att det ska vara lönsamt kan till exempel bero på att det finns människor som bara vill ha det och därför inte räknar lönsamhet på denna extrainvestering. Man nöjer sig med att konstatera att kostnaden är rimlig. Det kan också bero på att man räknat med att få en högre intäkt än man faktiskt fått. Priset på elcertifikat ligger år 2019 på en tredjedel av priset för tio år sedan. På liknande sätt finns det en stor variation i hur respondenterna förhållit sig till andra möjligheter man som mikroproducent har att påverka sina intäkter och sin besparing. Om man verkligen vill maximera sin ekonomiska nytta med solelanläggningen har man en komplex beräkning framför sig. Elhandelsföretag kräver normalt att man köper sin el från dem om man ska sälja sitt överskott till dem. Därför gäller det dels att få högsta möjliga ersättning för elen man säljer, men också att få köpa el till så lågt pris som möjligt från samma elhandlare. Samtidigt blir den besparing man gör genom att ersätta köpt el med egenproducerad större ju högre pris man betalar för den el man köper. Man behöver också ha en uppfattning om hur mycket av sin producerade el man använder själv (s.k. egenkonsumtion) och hur mycket man säljer, vilket få installatörer eller leverantörer kan tala om. Till saken hör också att avtalen om köpt och såld el ofta har olika löptid. Mot denna bakgrund är det inte särskilt förvånande att få om ens någon visat en utförlig kalkyl på sina intäkter och besparingar eller tagit upp frågan till diskussion.

Undersökningens resultat kring kostnader och intäkter kan i övrigt sammanfattas i följande punkter:

- När det gäller ägarens uppfattning om investeringens återbetalningstid kan man konstatera att väldigt få diskuterar effekten av framtida elpris- eller räntehöjningar

eller hur länge skatteavdraget på 60 öre per kWh såld el kommer att finnas kvar. Detta tolkas som att de förhållandevis många respondenter som konstaterar att deras anläggning kommer att vara betald inom åtta till tio år, inte har gått särskilt djupt i sin analys. Deras uppskattning kan mycket väl komma att visa sig korrekt, men den innehåller oftast en mycket större osäkerhet än den som återspeglas i det spann på två år som ofta anges, till exempel ”åtta till tio år”.

- Knappt hälften av respondenterna har lagt mindre vikt vid, eller inte alls jämfört priser⁴ utan istället gått på förtroende och/ eller trygghet, eller teknikintresse till exempel genom
 - Att välja en installatör knuten till sin nätägare eller det lokala energibolaget
 - Att välja samma leverantör och installatör som någon man känner
 - Att välja en leverantör som tillhandahåller precis de produkter man har bestämt sig för
- Alla utom två, vilka leasat sina anläggningar har utnyttjat investeringsstödet och fått 20 eller 30 procent av kostnaderna täckta. Någon har tillfälligt utnyttjat ROT-avdrag som sedan återbetalats när investeringsstödet väl säkrats.
- Samtliga privatägda anläggningar utnyttjar skatteavdraget på 60 öre per kWh såld el. Bland de som bedriver någon form av näringsverksamhet i anslutning till privatbostaden och i bostadsrättsföreningar råder oftast en stor osäkerhet kring huruvida man har rätt till detta avdrag. För privatpersoner och de med enskild näringsverksamhet löper detta med automatik via nätägaren och Skatteverket, men för andra näringsverksamheter behöver ägaren själv begära avdraget i sin deklaration, vilket kan innebära att man i brist på information går miste om avdraget.

5.2.3 Leverantörer och installatörer

Undersökningen uppvisar en stor spridning på leverantörer, solelinstallatörer och registrerade elinstallationsföretag och på hur dessa har samverkat. Det har inte ingått i uppdraget att detaljstudera installatörernas arbetssätt, kunskapsnivå, eventuella utbildningar, certifiering etc. Undersökningen har därmed i detta avseende begränsats till den information som varit direkt tillgänglig från anläggningsägaren samt från Elsäkerhetsverkets register över elinstallationsföretag.

Totalt har 25 olika installatörsföretag och två anläggningsägare *monterat* de 41 anläggningar som undersökts. Av företagen är cirka hälften solelinstallatörsföretag⁵ som även gjort hela eller delar av den elektriska installationen och i det senare fallet även anlitat en elinstallatör från ett traditionellt elinstallatörsföretag registrerat hos Elsäkerhetsverket. Av de registrerade företagen har vi funnit två som inte är registrerade för att utföra arbeten i elproduktionsanläggningar, men för andra relevanta uppgifter. Ungefär i var fjärde anläggning har, såvitt undersökningen har kunnat utröna, elinstallationsarbete utförts av personer som varken varit registrerade eller ingått i ett registrerats företags egenkontrollprogram.

⁴ Någon form av rimlighetsbedömning av kostnaden görs självfallet alltid

⁵ Företag som monterar solceller och växelriktare och i vissa fall har en auktoriserad elektriker i företaget som gör de mer kritiska delarna av elinstallationen och tar ansvar för helheten, i vissa fall anlitar en sådan elektriker från ett elinstallatörsföretag som är registrerat hos Elsäkerhetsverket. I det förra fallet är solelföretaget självt registrerat hos Elsäkerhetsverket.

I de fall där anläggningsägaren själv har gjort en del av elinstallationen och därefter anlitat en registrerad elinstallatör för att slutföra arbetet och ansluta anläggningen till det allmänna elnätet har vi noterat detta som att elinstallationen inte utförts av en person registrerad hos Elsäkerhetsverket. Enligt regelverket skall även den som kopplar samman modulernas förmonterade kontakter ingå i ett så kallat egenkontrollprogram hos det registrerade företaget, men i vilken utsträckning detta efterlevts har inte varit möjligt att kontrollera.

Resultaten av undersökningarna på plats är att de flesta anläggningar uppvisar ett flertal mer eller mindre allvarliga brister som kan hänföras till bristande kunskap hos installatörerna. Våra slutsatser av detta är:

- Solcellstekniken, och marknaden för densamma, är fortfarande under snabb utveckling vilket innebär att det finns ett stort och snabbt ökande utbildningsbehov hos såväl så kallade solelinstallatörer som hos traditionella elinstallatörer
- Traditionella installatörer behöver göras medvetna om att solcellsanläggningar medför en del säkerhetsutmaningar som de normalt inte hanterar och utbildningsbehovet borde kunna tillgodoses med relativt enkla medel
- Solelinstallatörer behöver utbildas och helst certifieras⁶ vilket är en betydligt större utmaning. Fokus bör ligga på regelverket kring elsäkerhet och på hur ett korrekt överlämnande av anläggningen och dess dokumentation ska gå till
- Med tanke på att någon regelrätt besiktning i stort sett inte utförs på någon nyinstallerad villaanläggning är installatörens egenkontroll särskilt viktig. Det är därför alarmerande att protokoll från en sådan egenkontroll bara kunnat återfinnas i nio av 41 undersökta anläggningar.

Specifika brister beträffande komponentval, dokumentation, kalkyler etc som uppmärksammats i anläggningarna redogörs utförligt för i kommande avsnitt.

5.3 Detaljerad systemutformning

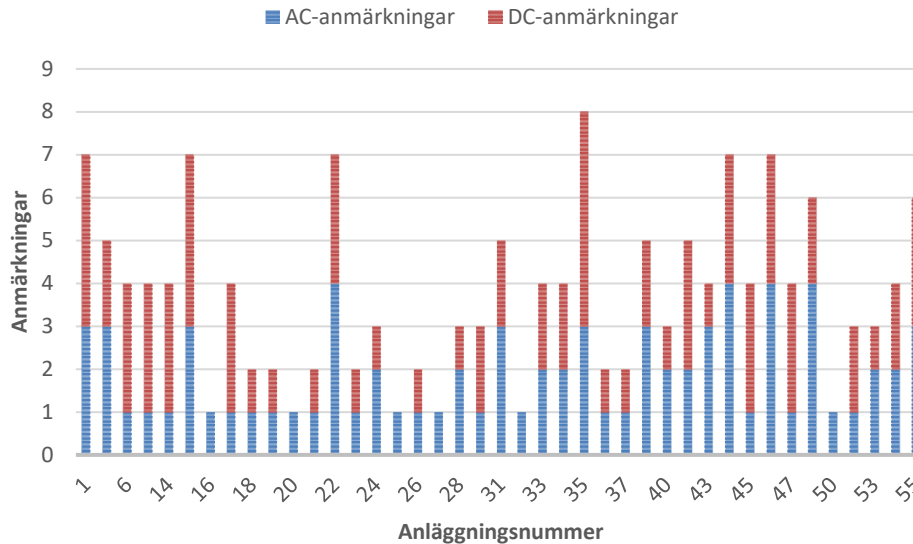
I besiktningarna har det kontrollerats vilka elektriska komponenter som använts i solcellsinstallationerna. Det avser komponenter för såväl likström- som växelströmsidan och som krävs för, eller som främjar, anläggningens funktion och en säker elanläggning.

Vilka komponenter som krävs för en säker anläggning är till viss del beroende på hur och var solcellsinstallationen ansluts till husets befintliga elinstallation. Två anläggningar med likadan utformning kan därför bedömas säkra i ett fall och osäkra i ett annat.

Bedömningen av systemens säkerhetsfunktioner och val av komponenter grundar sig på senaste utgåvan av Elinstallationsreglerna. Betyggande säkerhet kan uppnås även på andra sätt men i sådana fall föreskriver ELSÄK-FS 2008:1 att underliggande bedömningar ska dokumenteras. Även i en del andra fall behövs dokumentation av t.ex. provningar för att kunna bedöma om utförandet är enligt svensk standard. I de fall då avvikelser från svensk standard varit uppenbara eller troliga och motsatsen endast skulle kunna avgöras med hjälp av dokumentation som då inte funnits att tillgå så har dessa rubricerats som fel. I en del andra fall har slutgiltig bedömning inte kunnat ske på grund av att nödvändiga underlag inte kunnat hämtas in vid platsbesök, eller att bedömning kräver större beräknings- eller

⁶ Här avses certifiering enligt CIN 2, det vill säga den certifiering som tillkommit som ett resultat av ett EU-direktiv och som är på väg att implementeras av Boverket och Energimyndigheten i samarbete.

bedömningsmoment. Sådana fall har markerats som ej kontrollerbara. Figur 9 visar noterade avvikelser för AC- och DC-sidan för de besiktigade anläggningarna.



Figur 9 Antal noterade anmärkningar på AC- och DC-delen av installationen för samtliga undersökta anläggningar. Att anmärkning saknas på en anläggning, som till exempel DC-anmärkning på anläggning 16, kan bero på att någon punkt inte varit möjlig att kontrollera.

5.3.1 DC-sidan

5.3.1.1 Passiva skydd (val, dimensionering och montering av kablar, kontakter, m.m.)

Flera skyddsfunktioner på DC-sidan uppnås genom passiva skydd i en kombination av följande åtgärder:

- rätt val av kablar och komponenter med hänsyn till bl.a. installationsmiljö och dubbel eller förstärkt isolering,
- en säker förläggning av kablarna,
- rätt dimensionering i förhållande till solcellssträngarnas och -blockens ström- och spänningskaraktär

När det gäller val av kabel och komponenter (a) har inga upptäckts som inte har dubbel eller förstärkt isolering. Kablarna i alla anläggningar har varit specialkablar för solcellsinstallationer.

Skyddsjordning av solcellsmoduler eller montagesystem har identifierats på två av anläggningarna, som uppfördes innan kravet på dubbel eller förstärkt isolering infördes i samband med senaste utgåva av Elinstallationsreglerna (2017). Att anläggningen bedöms ha skyddsutjämnning baseras på att grön-gula potentialutjämningsledare används. Utförandet kunde inte kontrolleras fullt på grund av dålig tillgänglighet.

Rätt val av snabbkontakter har varit svårare att bedöma. Snabbkontaktpar ska vara, och är vanligtvis, skyddade mot vatten och främmande objekt (vanligtvis minst IP65-klassad). Kontaktparen ska också säkerställa en god elektrisk kontakt över tid. Olika studier och

rapporter⁷ har ifrågasatt kompatibiliteten mellan olika fabrikat på snabbkontakter som används i samma kontaktpar. Även elinstallationsreglerna ställer krav på samma fabrikat eller att kompatibilitet säkerställs genom provning enligt standard⁸. I de flesta fall är snabbkontaktens fabrikat svårt att identifiera från kontakten och även datablad för solcellsmoduler och växelriktare specificerar inte alltid fabrikat. Med hänsyn till antalet olika fabrikat på solcellsmoduler och växelriktare i anläggningarna bedöms det dock vara sannolikt att kontaktpar med olika fabrikat förekommer i en del av anläggningarna.

Nästa kontrollpunkt (b) omfattar förläggningssättet för DC-kablar, inklusive snabbkontaktarna på kablarna. I allmänhet ställs krav på kortslutningsskyddad förläggning. Konkret har besiktningarna riktat in sig på ett antal vanligare förläggningsfel:

- lösa kablar och kontakter bakom/under solcellsmodulerna
- kablar som ligger mot vassa kanter och
- för små böjningsradier (Mindre än 8ggr kabeldiametern)

Listan på anmärkningar kompletteras med ett specifikt krav för lantbruk⁹, som även rekommenderas för andra solcellsinstallationer¹⁰:

- separata genomföringar i vägg och tak för plus- och minuskablar, med 10 cm mellanrum.

De flesta upptäckta bristerna finns i hur kablar och kontakter är fästade bakom solcellsmodulerna. Av alla 41 besiktigade anläggningarna ansågs endast 5 ha ordentligt fästa kablar och kontakter bakom modulerna, medan det för 11 av anläggningarna inte gick att bedöma kabelförläggningen bakom modulerna. Andra fel i förläggningen, som exempelvis för små böjningsradier, kunde endast fastställas i enstaka anläggningar. Bakom solcellsmodulerna är det dock i praktiken nästan omöjligt att kontrollera böjningsradien. Med tanke på att kablarna oftast förläggs på relativt smala aluminiumskenor är förekomsten av för hårda böjningar inte osannolikt.

Kablar som ligger mot vassa kanter har inte upptäckts vid besiktningarna, dock med reservation för att stora delar av kabelvägarna är dolda eller svåråtkomliga för okulär besiktning.

Utförandet med separata genomföringar har inte påträffats vid någon besiktning.

Sista kontrollpunkten (c) för passiva skydd är kablarnas dimensionering. Så länge sträng- och blockkablar är dimensionerade enligt Elinstallationsreglerna (avsnitt 712.43) krävs i de flesta villasystem inga ytterligare överströmsskydd. Detta för att kortslutningsströmmen från solcellsmodulerna är begränsad och ligger nära strömstorleken vid vanlig drift. Vid besiktningarna har en förenklad bedömning gjorts, baserad på DC-kabelns ledararea, kabellängd och antalet parallellkopplade strängar. För system med två parallella strängar krävs

⁷ BRE National Solar Centre. *Fire and Solar PV Systems*, report number P100874-1000 issue 3.4. Cornwall : s.n., 2017; TÜV, 2015, *Bewertung des Brandrisikos in Photovoltaik-Anlagen und Erstellung von Sicherheitskonzepten zur Risikominimierung*; Multi-Contact, Berginski, M., *Sichere Steckverbindungen: Paarung von Fremdprodukten / Crimpen im Feld*, 2. PV-Brandschutz-Workshop, Freiburg, 2013; Urs Muntwyler, 2016, *New Findings In Fire Prevention And Fire Fighting Of Pv Installations*, 32nd European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition

⁸ T.ex. SS-EN 50521

⁹ Lantbrukets Brandskyddskommitté, REGELVERK 2019:1, Elinstallationer i lantbruk och hästverksamhet – kap. 24

¹⁰ SEK Handbok 457, Solceller – kap. 13.

inget separat överströmsskydd, men i praktiken krävs det sällan för system med upp till tre strängar. Utifrån den övergripande bedömningen har inga fel kunnat upptäckas på kabeldimensionen på likströmssidan.

5.3.1.2 Aktiva skyddskomponenter (överspänningsskydd, frånskiljningsanordning, m.m.)

5.3.1.2.1 Överströmsskydd

Som förklarats ovan behövs sällan överströmsskydd på likströmssidan i villasystem. Endast en av de anläggningar som besiktigats har en växelriktarkonfiguration som enligt installatörens bedömning krävde säkringar. Det har dock inte gått att bedöma säkringarnas dimensionering på grund av bristande dokumentation.

5.3.1.2.2 Frånskiljningsanordning

Ett annat skydd som ska finnas i anläggningen är en frånskiljningsanordning med lastbrytarförmåga. En brytare är vanligtvis integrerad i växelriktaren, dock framgår det inte alltid från växelriktardokumentationen om denna är en lastfrånskiljare. Bland våra anläggningar är detta osäker i 2 av fallen, som både avser samma fabrikat. Men även om den integrerade brytaren är en lastfrånskiljare så behöver man på ett säkert sätt kunna isolera växelriktaren från solcellsblocket – för fallet då växelriktaren behöver bytas ut e.d.. För det behövs t.ex. snabbkontakter på eller precis intill växelriktaren. Snabbkontakter på tak bedöms inte uppfylla kraven, då taket kan vara otillgängligt på ett säkert sätt (utan fallskyddssele) och så gott som ingen anläggning har dokumentation över var strängarna börjar och slutar. En sådan extern isoleringsmöjlighet saknas på enstaka anläggningar. Till slut saknar de flesta anläggningar en tydlig märkning av DC-frånskiljaren.

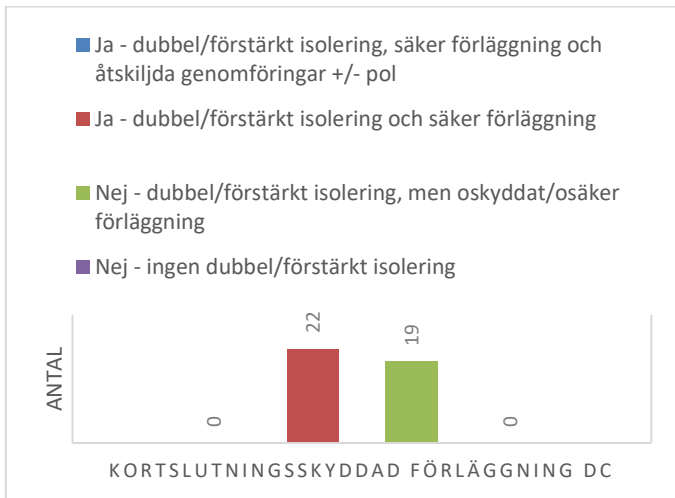
Installationer med vissa typer av moduloptimerare stryker spänningen från solcellssträngarna till en säker nivå (motsvarande PELV eller SELV¹¹) när AC-sidan på växelriktaren frånskiljs. Några sådana anläggningar saknar en lastfrånskiljare på DC-sidan och dokumentation om installatörens eventuella riskbedömningar saknas, så det får anses som ett fel. Om det skulle kunna vara en tillräcklig säker lösning i olika driftfall diskuteras inte vidare i denna rapport.

5.3.1.2.3 Övrigt

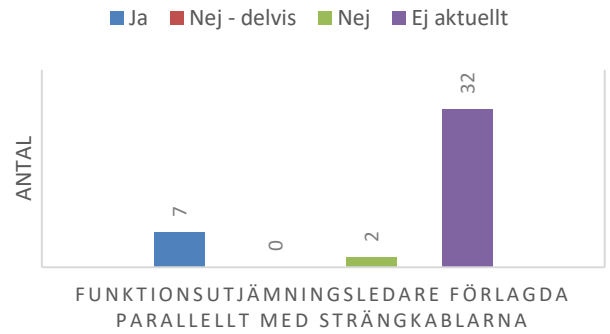
Även övriga skyddskomponenter på likströmssida återfinns vanligtvis integrerade i växelriktaren. Det gäller både strängsäkringar (som diskuterades i början på avsnittet), DC-överspänningsskydd och övervakning av isolation och jordfel. Behovet av överspänningsskydd ska bedömas med en riskbedömning från fall till fall. I praktiken är det dock ett krav på de flesta anläggningar utanför stadsmiljön. De flesta växelriktare har integrerade sådana och därmed är skyddet i de allra flesta fall klart. Enstaka fall har upptäckts där överspänningsskydd krävs och det varken finns i växelriktaren eller externt.

Isolationsövervakningsfunktionen återfinns i samtliga anträffade växelriktare och samma gäller för jordfelsövervakning. Detaljerna på jordfelsövervakningen saknas dock i flera fall vilket gör att dessa inte utan vidare kan anses vara avgörande för personskydd (30 mA). Se diskussion om jordfelsbrytare i avsnitt 5.3.2.1.3.

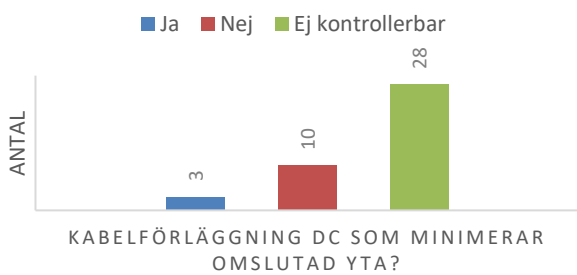
¹¹ PELV=Protective Extra Low Voltage, SELV= Safety Extra Low Voltage



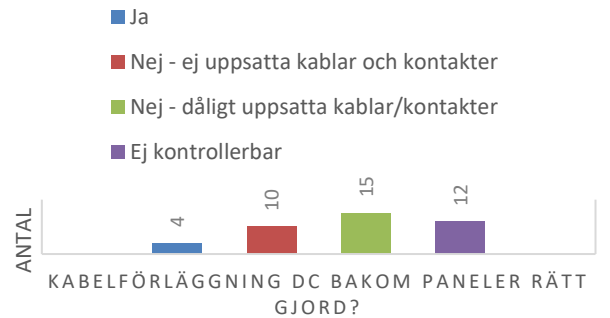
(a)



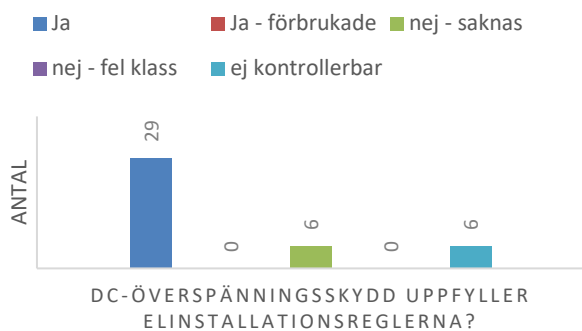
(b)



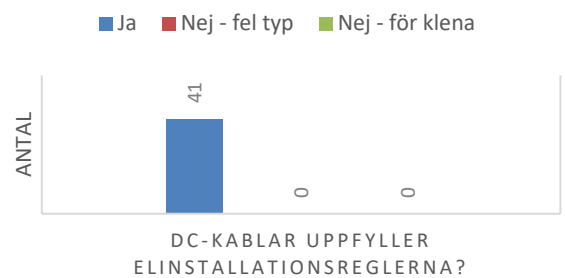
(c)



(d)



(e)

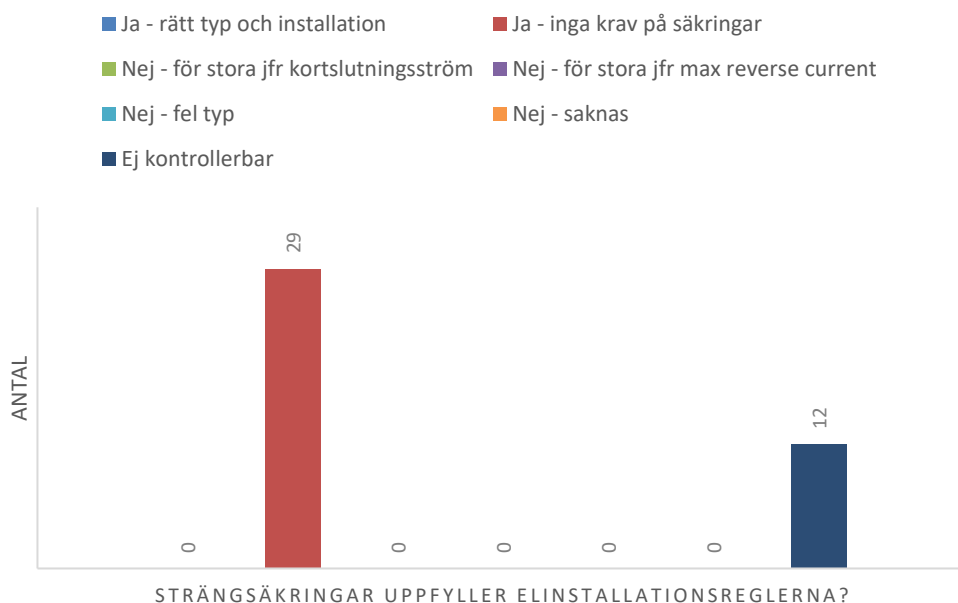


(f)

Figur 10 Sammanställning av noteringar från granskning av likströmssidans (DC) komponenter.



Figur 11 Ett antal olika krav ställs på utförandet av frånskiljare som ska kunna användas för att koppla bort solcellspanelerna elektriskt från resten av anläggningen.



Figur 12 Säkringarna, om de finns, är normalt inbyggda i växelriktaren och därför svåra att kontrollera. I en villanläggning krävs normalt inga strängsäkringar då fler än två parallella strängar är mycket ovanligt.

5.3.2 AC-sidan

5.3.2.1 Aktiva skyddskomponenter (överströmsskydd, frånskiljningsanordning)

På växelströmsidan bygger de flesta skyddsfunktioner på aktiva skydd som frånskiljer matningen vid fel. Dessa skydd är i regel till för att frånskilja solcellsanläggningen från elnätmatningen. När elnätmatning bryts aktiveras växelriktarnas reläskydd och frånskiljer AC-sidan. Konstruktionsström för detta (och övriga) skydd är växelriktarens maximala växelström.

5.3.2.1.1 Överspänningsskydd

Växelriktarna innehåller i många fall överspänningsskydd på AC-sidan av klass III¹². Detta är tillräckligt om ett klass II skydd är installerat nedströms i anläggningen. Om sådan finns har varit svårt att reda ut på flera av besiktningarna.

5.3.2.1.2 Överströmsskydd

Överströmsskydd krävs i anslutningscentralen för solcellsanläggningen. Två besökta anläggningar befaras vara anslutna direkt på skenorna i anslutningscentralen, alltså utan överströmsskydd. I ett av fallen har installatören bekräftat felet och lovat att åtgärda det. I sex anläggningar förekommer dock överströmsskydd med lägre nominell ström än växelriktarens angivna värde. Flertalet av dessa fall har en överdimensionerad växelriktare, så att växelriktarens utmatade ström möjligen aldrig kommer att lösa ut skyddet, men risken finns ändå. Denna avvikelser påverkar i grunden inte säkerheten i anläggningen negativt så länge det inte finns någon last kopplad till ledningen mellan växelriktare och skyddet vilket inte får förekomma. Förhållandena kan också innebära mer krävande driftförhållanden och ökad åldring av överströmsskyddet. Största risken är dock att produktionen frångörs vid de bästa produktionstillfällena. Detta kan även bli aktuellt när växelriktarströmmen är något lägre än skyddets märkström. Hög produktion förekommer nämligen oftast under en längre ihållande tid och därmed värmer den upp överströmsskyddet, vilket leder till en något lägre utlösningssström för skyddet. Uppvärmning kan också ske mellan intilliggande överströmsskydd för flera växelriktare. Ett annat problem med för kläna överströmsskydd som är aktuellt i några av anläggningarna är att anläggningsägaren har tänkt sig en eventuell framtida utbyggnad av solcellsblocket, som gör att växelriktaren då kan komma att mata ut en för hög ström.

5.3.2.1.3 Jordfelskydd

I lantbruk finns krav på jordfelsbrytare för skydd mot brand (max 300 mA) över växelriktarens matningskabel, medan det i bostadshus är ett ovanligt krav. När en solcellsanläggning ansluts till lantbrukets elinstallation så ska jordfelsbrytare vara av typ B¹³, vilket i många fall innebär att befintliga jordfelsbrytare i hela elanläggningen ska bytas ut. Det kan finnas undantag om växelriktartillverkaren kan garantera inga eller mycket låga likströmskomponenter, under 6 mA. För inga av de besökta lantbruken har en kravenlig installation av jordfelsbrytare kunnat konstatera. Möjligen att skyddet är tillräckligt på vissa anläggningar på grund av val av växelriktaren. Är så inte fallet riskerar lantbrukaren sitt brandskydd och produktion, då jordfelsbrytare av typ A kan lösa ut felaktigt, men kan även upphöra att fungera och ge en falsk trygghet.

Jordfelsbrytare för personskydd (högst 30 mA) krävs för gruppledningar med uttag (upp till 32A) i den befintliga elanläggningen i bostadshus, lantbruk och verksamheter. Undantag kan finnas för äldre anläggningar som installerades när detta krav inte fanns i samma utsträckning. I besiktningarna har ingen fullständig utredning gjorts på varje anläggning huruvida anläggningen ryms inom undantagen och om undantaget kan påverkas av solcellsinstallationen. Det som har noterats är huruvida jordfelskydd finns enligt dagens Elinstallationsregler utifrån följande kriterier:

- Solcellsmatning ska ej kunna förbigå jordfelsbrytare vid matning till uttag (upp till 32A), i annat fall registreras ett fel.
En ny jordfelsbrytare ska installeras för att skydda dessa uttag. Alternativt så ändras anslutningspunkten för solcellsanläggningen så att den hamnar på matningssidan av

¹² Se exempelvis <https://obo-bettermann.se/sv-se> för mer information

¹³ Se http://www.siemens.se/bu/AS/Insta/doc/Beta_jordfelsbrytarhandbok.pdf för mer information

den befintliga jordfelsbrytare. I båda dessa lösningar ska jordfelsbrytaren i regel vara av typ B.

- Om befintliga jordfelsbrytare finns i övriga delar av elanläggningen ska dessa i regel vara av typ B. Ett fel noteras ifall dessa inte är av typ B.

Som framgår av kriterierna ovan så bortses vid felbedömning från de undantagsfall där växelriktaren har inbyggt skydd mot att alstra likströmmar. Att ta reda på varje växelriktartyps förutsättningar ligger bortom studiens omfattning.

Med reservation för de två nämnda undantagen finns endast två anläggningar som kan konstateras uppfylla regelverket.

5.3.2.1.4 Frånskiljningsanordning

Frånskiljaranordningar ska finnas på växelströmsidan om växelriktarna. Dessa är med fördel separata för varje växelriktare men gemensamma sådana kan inte anses bryta mot regelverket. Viktigt för frånskiljaranordningen är att den:

- är godkänd som frånskiljare,
- är rätt dimensionerad,
- är utförd eller monterad så att oavsiktlig tillslag inte kan ske, t.ex. genom lås av brytare eller skåp; och
- är tydligt uppmärkt för ändamålet

I de besökta anläggningarna finns alltid en anordning (vanligtvis säkerhetsbrytare alternativt dvärgbrytare) för frånskiljning, men det är vanligt att märkningen är bristfällig och även åtgärder mot oavsiktlig tillslag saknas i flera av fallen.

5.3.2.1.5 Övrigt

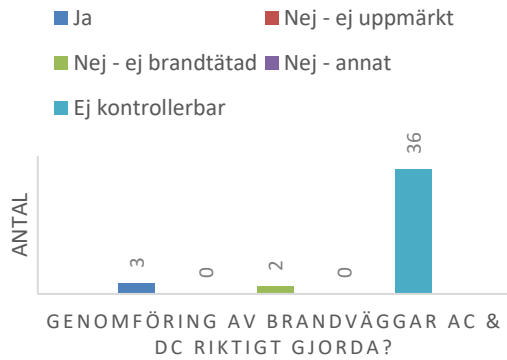
Besiktning av reläskydden har inte prioriterats i besiktningarna på grund av praktiska svårigheter att få fram inställningsvärden.

5.3.2.2 Passiva skydd (val, dimensionering och montering av kablar, m.m.)

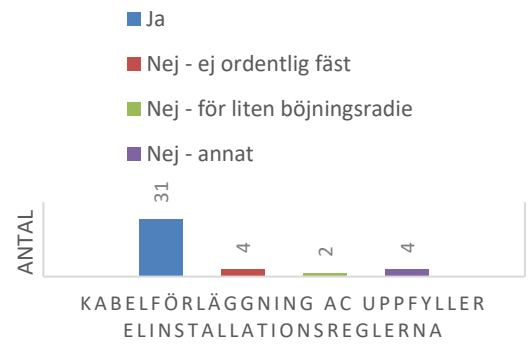
Belastningsförmåga av AC-ledningarna har bedömts i relation till konstruktionsström, strömclass för överströmsskydd och förläggningssätt. Inga av de besiktigade anläggningarna bedömdes ha för kläna AC-ledningar. Notera att kontroll av utlösningvillkoren bedömdes vara för omfattande för denna studie.

Det skulle kunna förekomma enstaka fall där spänningsfallet mellan växelriktare och anslutningscentral, eller mellan växelriktare och anslutningspunkt till det allmänna elnät, överskrider nivåerna som oftast krävs i förfrågningsunderlag från professionella beställare. Bedömningen är att sannolikheten att detta finns är liten på grund av relativt korta kabelavstånd i anläggningar. Insatsen som krävs för att utreda förutsättningarna samt utföra kontrollberäkningar för varje anläggning har inte ansetts försvarbara.

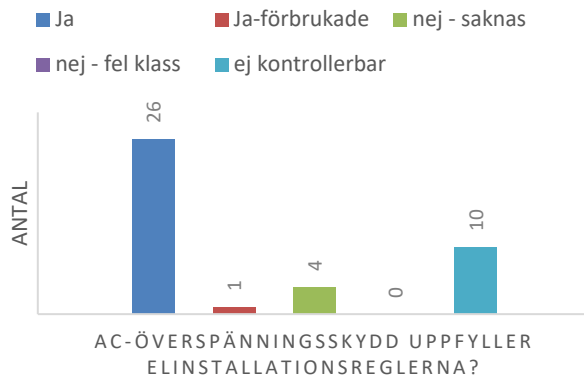
Förläggningssättet av AC-ledningar på enstaka anläggningar har inte varit regelenligt, vilket berodde på dålig uppfästning eller felaktig böjningsradie.



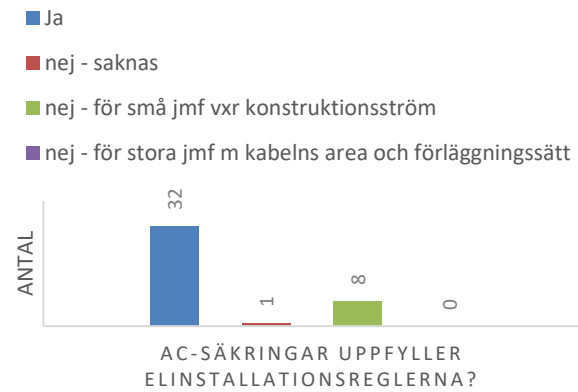
(a)



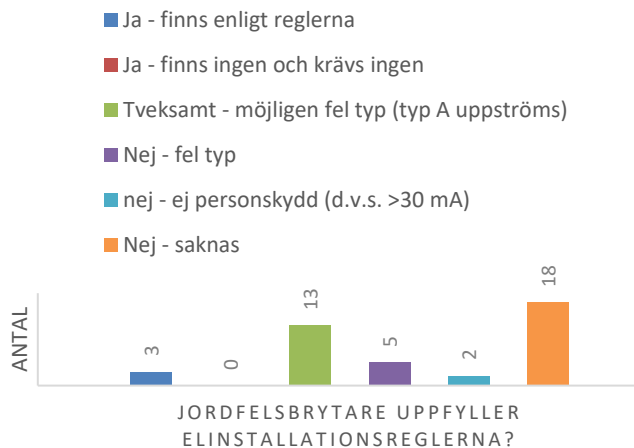
(b)



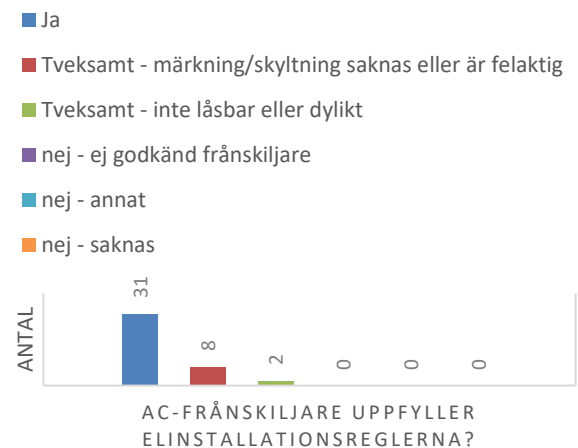
(c)



(d)



(e)



(f)

Figur 13 Sammanställning av noteringar från granskning av växelströmssidans (AC) komponenter. Graf a) visar resultatet av kontroll av brandtätningar. Eftersom en villa oftast inte består av fler än en brandcell så är det inte krav på brandtätningar i dessa och "ej kontrollerbar" skulle egentligen kommenterats som "krävs ej". "Nej, ej personskydd i graf e) syftar på att skyddet inte är dimensionerat som ett personskydd (30 mA felström).

5.4 Montagesystem och taksäkerhet

Målsättningen har varit att kontrollera montagesystemets fabrikat, typ, status och utförande. Av särskilt intresse är om installatören gjort någon bedömning av systemets förmåga att klara de vind- och snölasten som råder där anläggningen är placerad. Kontrollen har dock visat sig mycket svår att genomföra, dels på grund av svårigheter att komma tillräckligt nära in på montaget vid höga byggnader och/ eller små avstånd mellan tak och solcellsmoduler, dels på grund av att dokumentation som beskriver montagesystemet i stort sett alltid saknas. Förekomsten av snörasskydd och taksäkerhetsanordningar har varit betydligt lättare att kontrollera.

Av de modulmontage som kunnat kontrolleras har följande potentiella brister kunnat noteras:

- Fästen som ”smygs in” under takpannor från sidan eller nerifrån för att fästas i underliggande tak fästs i råspont och inte i takstolar (vissa fästen *kan* vara godkända för montering i råspont av tillverkaren).
- Fästen som ”smygs in” under takpannor från sidan eller nerifrån för att fästas i underliggande tak lyfter pannor om de inte fasas ur för att ge plats för fästet. Detta gör att regnskyddet försämras.
- Gångade skruvar som dras genom ett papp- eller skiffertak tätas inte tillräckligt bra med packning och/ eller tätningsmassa.
- Fästen som skruvas i råsponten utan någon form av mothåll på insidan. De flesta takfästen som används på tegeltak bör skruvas i takstolar eller förses med mothåll om de skruvas i råsponten.
- Beskrivning av montagesystemet och eventuella beräkningar som legat till grund för dess dimensionering saknas i princip i alla undersökta anläggningar

När det gäller taksäkerhetsutrustning och snörasskydd är det inte självklart vilka krav som gäller för de olika typer av anläggningar som studerats. Ett villatak förses till exempel väldigt sällan med snörasskydd i syd- och Mellansverige och taksäkerhetsutrustningen som sotaren kräver anses nog i de flesta fall vara tillräcklig för enklare tillsyn av solcellsmodulerna. I fall liknande det i Figur 14 borde leverantören rimligen ha inkluderat ett snörasskydd i sin offert. Av de undersökta enfamiljshusen hade varken snörasskydd eller extra taksäkerhetsutrustning monterats i något fall.

På lantbruksfastigheter där solcellerna monteras på lagårdstak bör det rimligen finnas snörasskydd över entréer och portar, men inte heller på dessa byggnader har vi funnit några snörasskydd. På de två anläggningar som försetts med snörasskydd var avståndet till solcellsmodulernas nederkant för kort i förhållande till rekommendationen från taksäkerhetskommitténs ”Branschstandard taksäkerhet” i den ena och i den andra var det för lågt. Ett för kort avstånd kan innebära risk för skador på solcellsmodulerna om snö och is pressar sig in emellan moduler och snörasskydd. I fem av anläggningarna ansåg bedömarna att snörasskydd borde ha funnits.



Figur 14 Ett exempel på när ett snörasskydd kan vara motiverat även i syd- och Mellansverige. Bilden visar en takintegrerad anläggning med solcellsmoduler i standardformat

I arbetet med att få en solcellsinstallation av hög kvalitet ingår anpassning av montagesystemet till lokala faktorer som påverkar laster som systemet kan utsättas för. Faktorer som utgör indata i beräkningarna är vind/snö/landskapstyp/byggnadshöjd samt byggnadens formfaktorer. Etablerade och seriösa montagesystemsleverantörerna har beräkningsverktyg som utifrån dessa lokala data ger ett bra val av montagesystemsvariant och avstånd mellan fästpunkter för respektive taktäckningstyp. Beräkningarna kan ske med hjälp av tabellverk i montageinstruktionen eller programvaror på leverantörens hemsida i vilka snö och vindtabeller ligger inlagda och angivelse av plats kopplas till dessa data automatiskt. Därtill erbjuds mindre och ovana återförsäljare/installatörer stöd för att få fram lämplig utformning av montagesystemet i de enskilda kundfallen.

På marknaden förekommer mindre seriösa leverantörer av montagesystem och installatörer som inte tar hänsyn till de lokala förutsättningarna för ett projekt.

Slutkunderna rekommenderas att be installatören om redovisat resultat av dimensioneringen av montagesystemet. Idag saknas den informationen mestadels i den dokumentation som kunden får och den är sällan med i offerten även om installatören har gjort beräkningarna. Ett sätt att få en kvalitetsbedömning är att fråga efter certifierade montagesystem. Det finns inga krav från regelverket på detta men en leverantör kan låta ett oberoende testinstitut genomföra en provning enligt institutets egenhändigt framtagna provmetodik. I andra fall kan man få information om de lastberäkningar som exempelvis en oberoende mekanikingenjör gjort på montagesystemet.

5.5 Skuggning

Ett mindre antal anläggningar, 5 stycken av totalt 41, har haft skuggning i någon större omfattning, uppskattningsvis med cirka 5-10 procent reduktion på årsutbytet, men vid ett par av dem har skuggningen varit avsevärd. Årsutbytet har i dessa reducerats med 27 respektive 36% i förhållande till vad installatörsföretaget uppgett i offerten.

Det är mycket sällsynt att leverantören/ installatören tagit hänsyn till skuggningens inverkan i offerten eller påtalat det i samband med affären. Med tanke på att ett platsbesök borde vara obligatoriskt innan en skarp offert lämnas och på att det för en rutinerad installatör/ leverantör är förhållandevis enkelt att göra en uppskattning av skuggningsförluster så är detta klart anmärkningsvärt. Genom att undersökningen gällt villor och enstaka lantbruksfastigheter har skuggningen i de fall den förekommit nästan alltid handlat om träd som skuggar.

5.6 Datainsamling, datalagring, presentation och larm

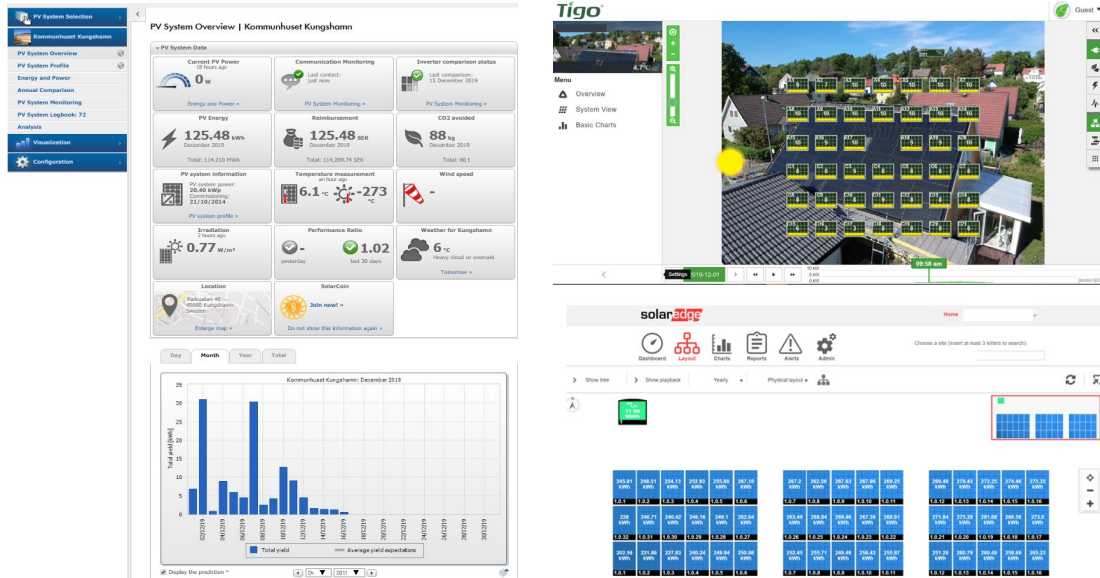
Oavsett om motiven som ligger till grund för att investera i en soleanläggning är ekonomiska, miljömässiga eller, som oftast, en blandning av dessa så eftersträvas naturligtvis en optimalt fungerande anläggning. Väl på plats ska anläggningen generera el enligt sin specifikation så snart instrålningen är tillräckligt hög och under många år framöver.

Erfarenhetsmässigt är en modern soleanläggning mycket driftsäker och den är i stort sett underhållsfri. Detta borde innebära att en villaägare utan vare sig kunskap eller intresse av tekniken som sådan ska kunna investera i en anläggning i trygg förvisning om att den ska leverera både ekonomisk och miljömässig nytta. Vissa förutsättningar behöver dock finnas på plats för att detta ska realiseras.

- a) **Mätning:** Växelriktare mäter alltid kontinuerligt data på spänningar, strömmar, effekter och energiproduktion. Energiproduktionsdata lagras alltid i växelriktaren och ligger kvar i flera år.
- b) **Datapresentation och kommunikation:** Alla växelriktartillverkare erbjuder någon form av webbplattform/ molntjänst där man överskådligt, i en mobil-app eller dator, presenterar aktuell status och historiska data på energiproduktionen, se Figur 16 för ett exempel. Detta förutsätter dock att växelriktaren är utrustad för datakommunikation med omvärlden till exempel via Wifi eller kabel som ansluter till anläggningsägarens datornätverk eller via ett modem som kommunicerar direkt med växelriktartillverkarens server. Sådan datakommunikation är standard i vissa produkter men långt ifrån i alla. Om man inte har tillgång till en sådan tjänst kan man normalt läsa av data från växelriktarens display.
- c) **Larm:** Alla växelriktare har någon form av LED-indikering för normal drift och för larm om avvikelser från normal drift. Vissa aktörer, växelriktartillverkare, tillverkare av certifikatsmätare eller systemleverantörer, erbjuder olika tjänster som varskor anläggningsägaren med ett sms eller ett e-postmeddelande om någonting i anläggningen inte fungerar som det ska.

För en mer än genomsnittligt intresserad anläggningsägare kan a)-c) i sina enklaste utföranden, utan datakommunikation och med larmindikering enbart på växelriktaren, vara tillräckligt för att säkerställa övervakningen av anläggningens drift och upptäckt av eventuella fel. Generella erfarenheter från undersökningen visar dock att de som inte valt till datakommunikation önskar att de hade gjort det och att de som har tillgång till det i varierande grad utnyttjar denna möjlighet för att hålla koll på driften. Det är dock relativt vanligt att det uppstår problem i

datakommunikationen, ibland som ett resultat av att åska slagit ut kommunikationskortet, ibland på grund av mer traditionella svårigheter med räckvidden på Wifi-nätverk.



Figur 15 Tre exempel på appar med vars hjälp användaren kan hålla koll på sin anläggning via mobil, dator eller surfplatta. Till vänster växelriktartillverkaren SMAs app, överst till höger Tigos och nederst till höger appen för Solar Edge-anläggningar. De två tillverkarna till höger använder modulloptimerare vilket gör det möjligt att följa produktionen från varje enskild solcellsmodul till skillnad från strängväxelriktaren/ från SMA som visar resultat för strängar om 15-20 moduler. Samtliga appar ger möjlighet att analysera driften i detalj både momentant och med historiska data för energiproduktion.

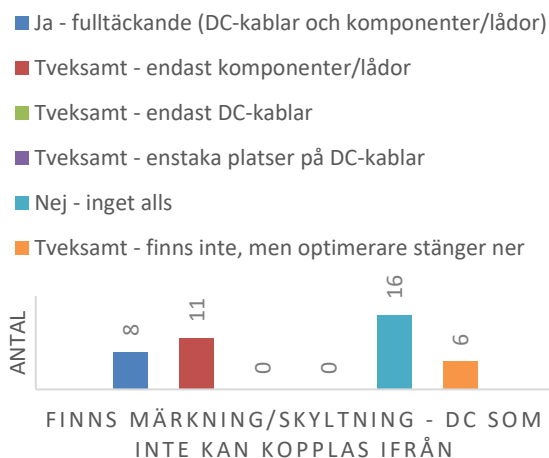
För det stora flertalet användare krävs antagligen ett mer påtagligt budskap om fel via sms eller e-post för att säkerställa driften av de svenska villaanläggningarna. Även om utrustningen erbjuder möjligheten att få larm skickat till anläggningsägaren är det inte givet att det utnyttjas eftersom en sådan funktion behöver konfigureras av leverantören och ägaren i samverkan. Av de undersökta anläggningarna hade 8 stycken tillgång till en sådan larmfunktion som ägaren var medveten om, men uppskattningsvis ytterligare ett tiotal bedömdes ha möjligheten, dock utan att ägaren var medveten om den eller brytt sig om att utnyttja den.

Det finns i dagsläget såvitt vi vet ingen aktör som erbjuder villaägare en tjänst kring övervakning och åtgärd av uppkomna fel, eventuellt kombinerat med att servicebesök utförs med viss regelbundenhet, till exempel vart tredje år.

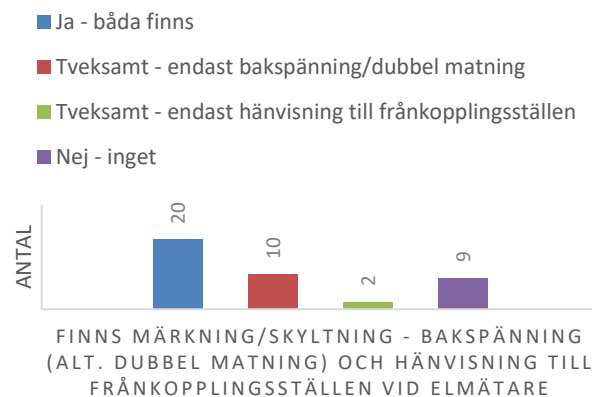
5.7 Märkning och skyltning

Vid bedömning av märkning och skyltning har grunden lagts i den obligatoriska varselmärkningen enligt SEK Handbok 457 avsnitt 28. Eftersom många av de besiktigade anläggningarna installerades före utgåvan av senaste Elinstallationsreglerna (maj 2017) ligger fokus dessutom på innehåll snarare än utformning, samt på kraven på varselmärkning för bakspänning enligt ELSÄK 2008:2. Följande specifika kontroller har gjorts:

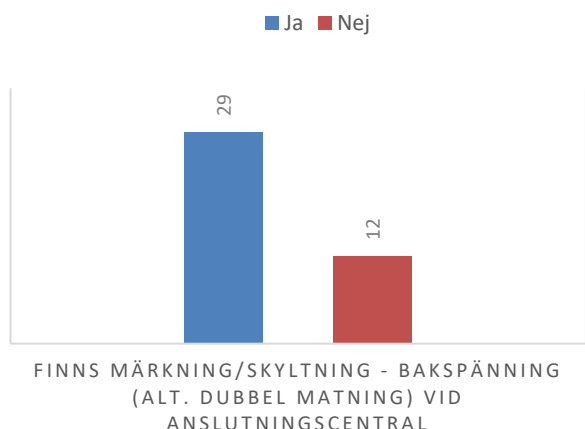
- Finns Märkning/Skytning - DC som inte kan kopplas ifrån, se Figur 16 (a)
- Finns Märkning/Skytning - Bakspänning (alt. dubbel matning) och hänvisning till fränkopplingsställen vid elmätare, se Figur 16 (b)
- Finns Märkning/Skytning - Bakspänning (alt. dubbel matning) vid anslutningscentral, se Figur 16 (c)
- Finns Märkning/Skytning - Märkning fränskiljare AC/DC och fränskiljningsinstruktion vid växelriktare, se Figur 16 (d)



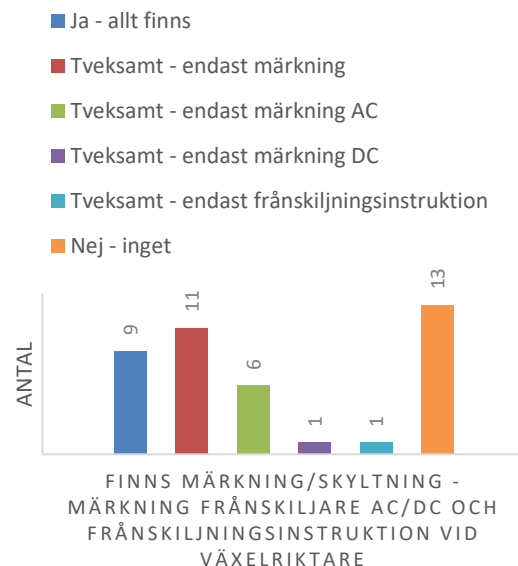
(a)



(b)



(c)



(d)

Figur 16 Sammanställning av noteringar från granskning av märkning och skyltning

Resultaten visar att endast enstaka anläggningar har en fullgod märkning av likströmsdelar som inte kan kopplas ifrån. Flerparten har ingen sådan varselmärkning alls.

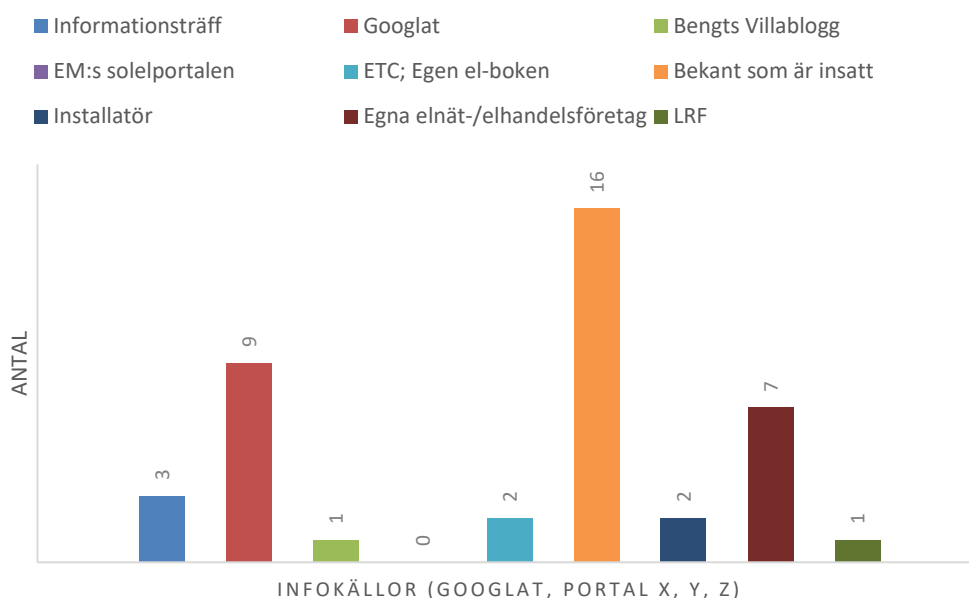
Även på de andra kontrollerna finns stora brister, med undantag för bakspännings-varningen vid anslutningscentralen, som finns på de flesta anläggningarna. Vid elmätaren och växelriktaren saknas ofta en varselskylt eller en tydlig hänvisning och/eller instruktion för var/hur frångskiljning ska ske.

Det finns goda skäl och till viss del krav¹⁴ på ytterligare märkning av en solcellsanläggning, men dessa bedöms vara mindre prioriterade att kontrollera än solcellsspecifik varselmärkning. Ett specifikt undantag, märkningen för frångskiljarna på båda sidor om växelriktarna, har även tagits med i bedömning av frångskiljningsanordningarna i avsnitt 5.3 i denna rapport.

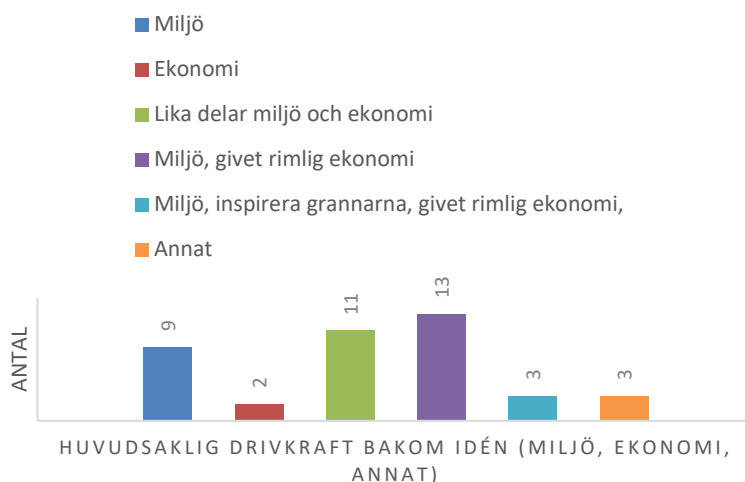
¹⁴ Elinstallationsreglerna avsnitt 514

5.8 Motiv, offerter, upphandling

I intervjuer med anläggningsägarna har de bland annat fått redogöra för vad som fått dem att börja fundera på att investera i en egen solcellsanläggning och hur man sedan gått tillväga för att informera sig om tekniken och marknadsaktörerna. Vänner och bekanta som installerat är vanliga inspirationskällor och även, kombinerat med googlande, det vanligaste sättet att söka mer information och offerter, se Figur 17. Vissa redogör för att de bestämt sig för att investera väldigt tidigt, till exempel efter en första informationsträff med den lokala nätägaren och en leverantör. Andra har gått väldigt grundligt tillväga med informationssökandet och det kan ha gått flera år innan beslutet mognat och man har gått ut och frågat efter offerter. Det vanligaste motivet till att man fattat sitt beslut är av allt att döma en kombination av att vilja bidra med klimatnytta (miljöskäl) och uppfattningen att det är en bra, eller åtminstone tillräckligt bra investering rent ekonomiskt, se Figur 18.

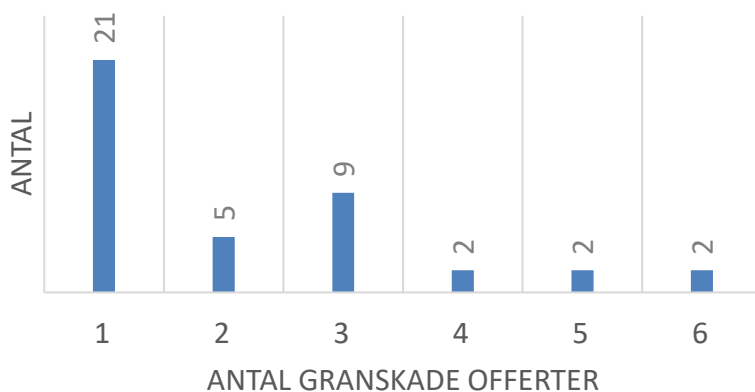


Figur 17 Huvudsaklig informationskanal som använts

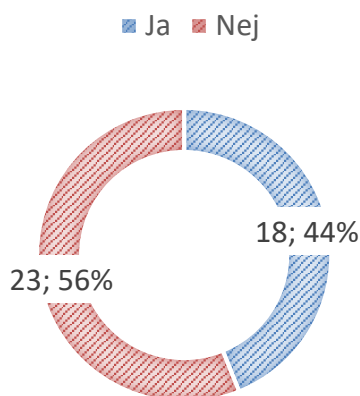


Figur 18 Huvudsakliga drivkrafter för investeringen

Även i nästa skede, när offerter begärts in, har spridningen varit stor mellan de som bara tagit in någon enstaka offert, ibland endast en, och någon som tagit in upp till tio offerter, se Figur 19. Anmärkningsvärt få (21 st) har bara granska en enda offert innan man gjort affär. Att ta in minst tre offerter är väldigt enkelt genom att det idag finns flera webbtjänster som löser detta mer eller mindre med automatik¹⁵. Detta är antagligen det mest uppenbara en potentiell köpare kan göra för att säkerställa ett lyckat slutresultat. Vår undersökning av offerter har varit kraftigt begränsad av det faktum att de flesta inte har sparat sina offerter, med undantag av den som slutligen legat till grund för affären. Ett resultat är att endast drygt hälften av köparna har ställt några specifika krav eller uttryckt särskilda önskemål när de begärt in offerter, se Figur 20. När det har gjorts så har det gällt enstaka punkter som utseendet på anläggningen och att man vill ha en så stor anläggning som möjligt utan att man överskrider gränsen för mikroproducent genom att sälja mer el än man köper in under ett år. Flera har också krävt ett platsbesök av installatören som underlag för offert. Enstaka mer kvalificerade beställare har ställt mer omfattande krav men ändå, enligt vår bedömning, missat väsentliga delar.



Figur 19 Antal offerter som köparen granskat. Exempelvis har 21 av köparna endast granskat en offert



Figur 20 Antal beställare som ställt specifika krav när de begärt in offerter.

¹⁵ Se till exempel www.solcellskollen.se och www.svensksolenergi.se/att-installera-solenergi/intresseanmaelan/privatperson--intresseanmaelan

5.9 Dokumentation

Vid varje besiktning har den tillgängliga dokumentationen avseende komponenterna och hela systemet granskats på följande punkter:

- Datablad och/eller manual för komponenter
 - Solcellsmoduler
 - Växelriktare
 - Montagesystem
 - Kablage
 - Reservdelar (t.ex. säkringar, åskskydd)
 - Brytare och nödsystem
 - Övervakning och larm
- Systemdokumentation i följande delar:
 - Dokumenterad kontroll före driftsättning
 - Dokumentation för den kompletta anläggningen, t.ex. ett strängschema
 - Instruktioner kring förebyggande underhåll
 - Instruktioner kring felsökning och åtgärder vid driftstörning

Genomgående så finns det inte mycket att tillgå av detta. Till exempel säger sig endast hälften av ägarna ha fått en manual till växelriktaren. Dokumentation för monteringsystem, kablar, brytare, övervakning och larm samt av den kompletta anläggningen saknades också i flertalet anläggningar, se Tabell 1 och Tabell 2. Här finns naturligtvis en relativt stor osäkerhet så till vida att många anläggningsägare antagligen inte är särskilt intresserade av denna dokumentation och därför kan ha förlagt eller kastat en del av den. Påfallande är dock att många dokument saknas även hos anläggningsägare som i övrigt har bra ordning på sin dokumentation av solcellsentreprenaden. Skulle systemdokumentation ha överlämnats som en sammansatt pärm eller liknande istället för som lösa dokument så borde också fler anläggningsägare spara dokumentationen.

Tabell 1 Förekomst (i antal anläggningar) av dokumentation för respektive systemkomponenter

	Solcellsmoduler	Växelriktare	Montagesystem	Kablage	Ev. reservdelar (säkringar, överspänningsskydd)	Brytare och nödsystem	Elmätare	Övervakning och larm
Datablad	23	27	2	2	1	1	7	2
Manual	2	25	4	0	0	2	10	8

Tabell 2 Förekomst (i antal anläggningar) av viktiga delar av systemdokumentation till anläggningarna

	Egenkontroll/Kontroll före driftsättning	Instruktioner förebyggande underhåll	Instruktioner felsökning och felavhjälpning
ja	7	5	6
bristfällig	4	1	0
nej	30	35	35

Även med hänsyn till osäkerheten beskriven ovan blir vår tolkning av resultatet att några installatörer/ leverantörer anser att detta moment, inklusive den slutgiltiga kontrollen och överlämnandet av anläggningen är av mindre vikt. Vi som gjort undersökningen och delvis även de som skapat regelverket kring detta är dock av en annan mening:

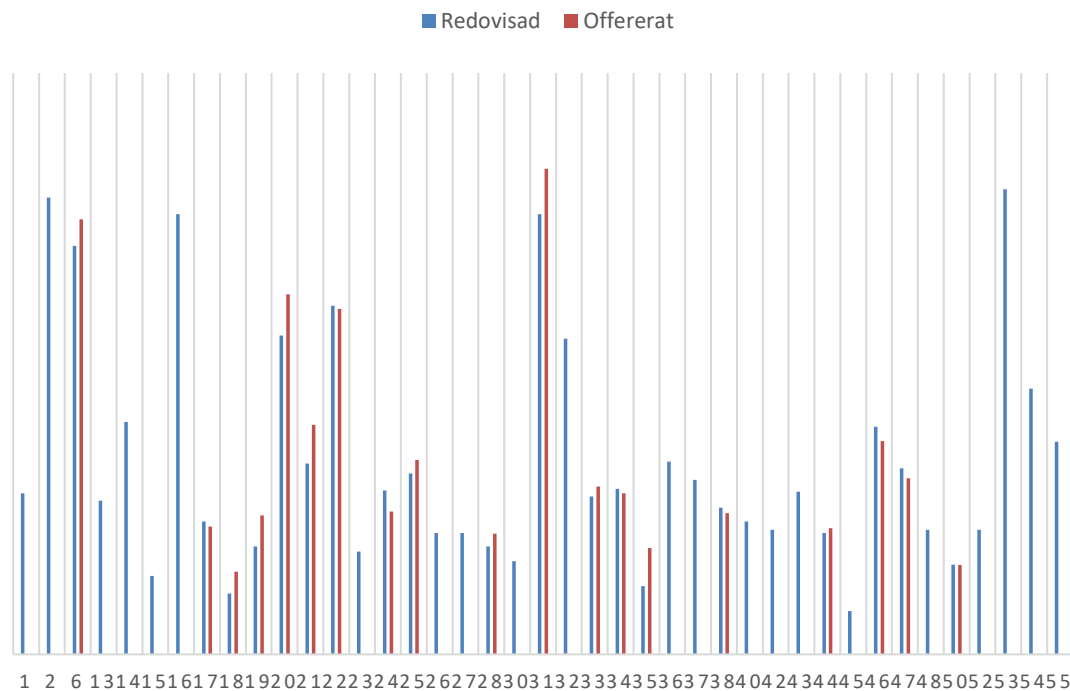
- En strukturerad kontroll av anläggningens status *skall* genomföras genom mätning/ provning av till exempel strängspänningar samt skyddsfunktioner, och protokollföras innan anläggningen överlämnas.
- En manual till växelriktaren skriven på svenska *skall* överlämnas till anläggningsägaren bland annat för att det av den framgår hur denne kontrollerar anläggningens status, konfigurerar dataöverföring etc. En svensk sammanfattning av felsökning och vanliga driftåtgärder kan fungera om en översättning av hela den engelska manualen saknas.
- Dokumentation av anläggningen i sin helhet bör ingå eftersom den tillsammans med ovan nämnda delar underlättar väsentligt för en elektriker som felsöker anläggningen.
- En genomgång där installatören förklarar anläggningens funktion för ägaren bör alltid utföras i samband med anläggningens driftsättning.
- För en person som tar över ett hus med en soleanläggning är det utan denna dokumentation stor risk att anläggningens drift inte fortsätter att kontrolleras och i värsta fall att ett väldigt enkelt fel gör att anläggningen får ett permanent driftavbrott

5.10 Energiproduktion

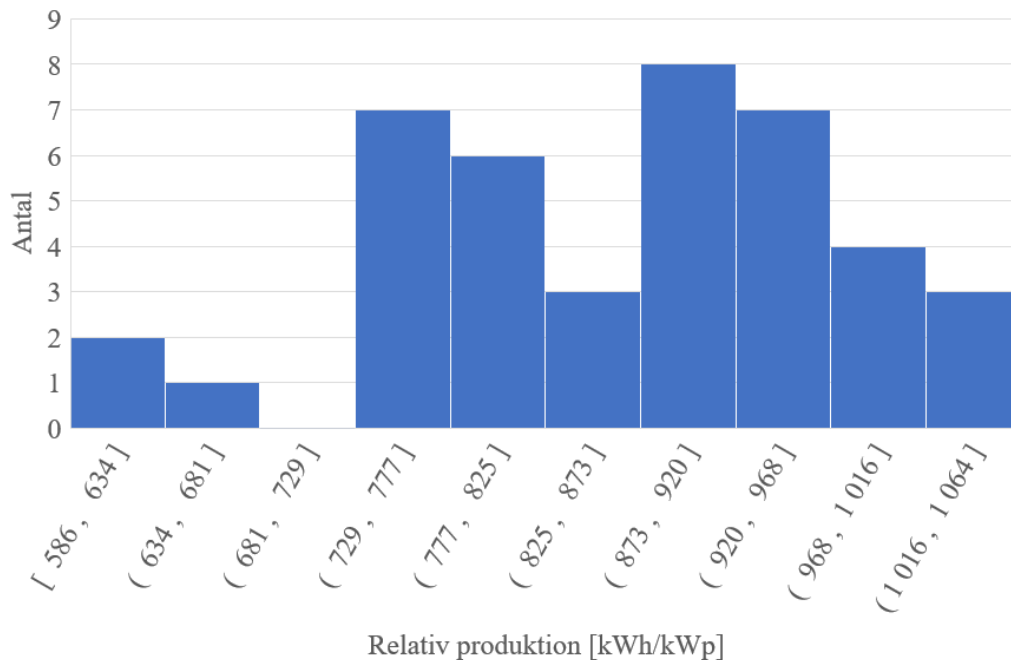
Undersökningen har inte haft utrymme för att gå på djupet med energiberäkningar för att exempelvis korrigera uppmätta värden till normalår eller genomföra energisimuleringar för varje anläggning. Som nämnts i avsnittet om offerter så saknas ofta beräknad årsproduktion i dessa varför vi inte kunnat göra en komplett jämförelse av uppmätt mot beräknad energiproduktion. De anläggningar där vi kunnat jämföra projekterad mot uppmätt produktion visar att tre av 17 undersökta anläggningar har visat sig prestera långt under förväntade värden och att de gjort det på grund av skuggning, se Figur 21. Den beräknade och/ eller uppmätta relativa produktionen för respektive anläggning visas i Figur 22 och beräknas som kvoten mellan total energiproduktion (kWh) genom anläggningens märkeffekt (kWp). Resultaten av vår undersökning ger möjligen en lite väl positiv bild av läget med avseende på direkta fel. Detta sagt med tanke på åldersfördelningen på de undersökta anläggningarna där merparten är tre år eller yngre, se Figur 5, och tyska undersökningar¹⁶ om fel i anläggningar som visat att 50 % av de fel som inträffar gör det under det första året och 85 % under de första fem åren.

Tre anläggningar har haft problem med växelriktare som behövt bytas ut på grund av åsknedslag och i ytterligare en upptäcktes först efter närmare två års drift att en av ingångarna varit defekt sedan starten. Utbyten av växelriktare har i ett par fall vållat ägaren bekymmer genom att de fått vänta i flera månader på en ny efter att den slagits ut av åskan. Eftersom detta sker mitt i sommaren så innebär det att många goda kilowattimmar kan gå förlorade. I ett fall ersattes dock anläggningsägaren för produktionsbortfallet av sitt försäkringsbolag. En bra rekommendation till beställaren för att undvika liknande problem är annars att skriva in i köpeavtalet att leverantören förbinder sig att byta en defekt växelriktare inom exempelvis tre veckor och i annat fall åtar sig att ersätta förlorade intäkter.

¹⁶ H. Laukamp et.al. PV fire hazard-analysis and assessment of fire incidents. 26th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, 2011



Figur 21 Jämförelse av projekterad energiproduktion där dessa angetts, och uppmätta värden utan normalårskorrigerig

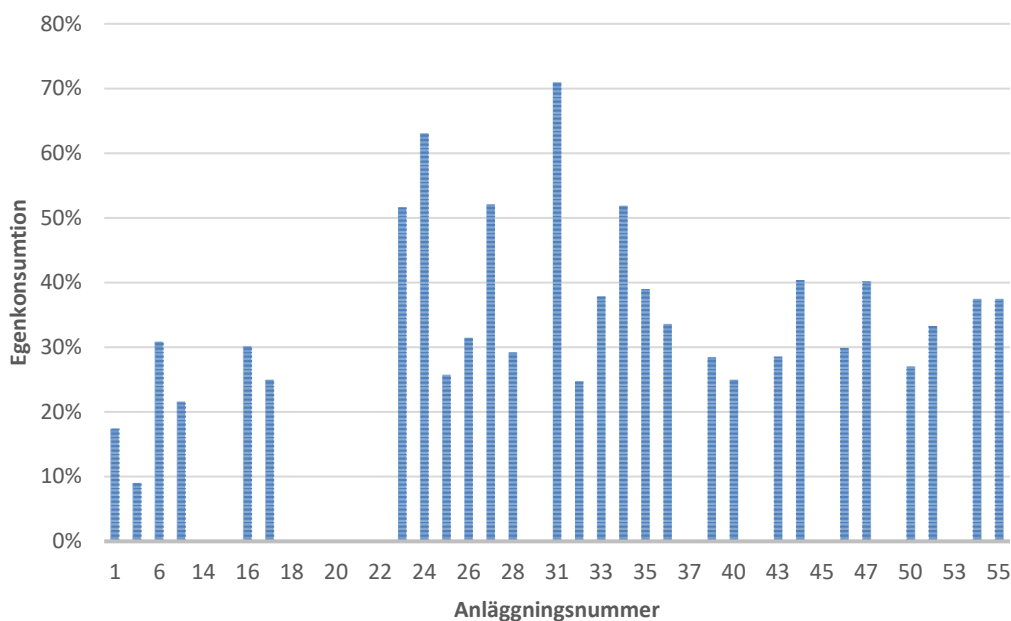


Figur 22 Fördelning av beräknad relativ produktion baserad på uppmätta värden från växelriktaren [kWh/kWp]

I Figur 23 visas beräknad mängd egenkonsumerad solen från respektive anläggning för ett år. Egenkonsumtionen ("SC") visar hur mycket av den genererade solelen som konsumeras direkt i byggnaden och definieras som

$$SC = \frac{E_{pv,int}}{E_{PV}} \tag{1}$$

där $E_{PV, int}$ är den del som konsumeras internt och E_{PV} totalt genererad solet. Som framgår av diagrammet ligger denna som regel mellan 30 och 40 % och sjunker med ökande anläggningsstorlekar, där det senare har varit en trend de senaste åren. Värden på över 50 % innebär i detta sammanhang att anläggningen och dess produktion är liten i förhållande till användningen i byggnaden vilket till exempel varit fallet i den bostadsrättsförening där SC=71%.

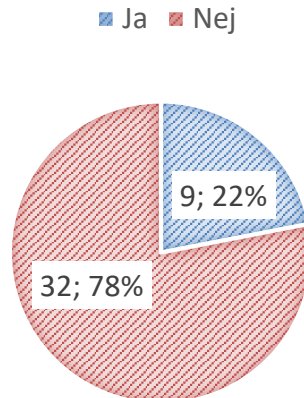


Figur 23 Beräknad egenkonsumtion för samtliga anläggningar. Uppgiften har inte varit möjlig att beräkna för alla anläggningar.

5.11 Intervju med anläggningsägare

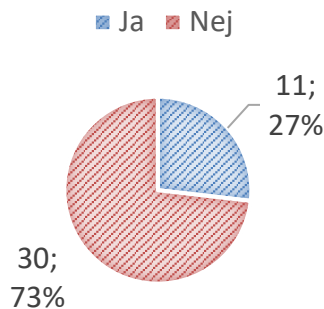
Beskrivning av ägarens "resa" från idé till driftsättning och dennes erfarenheter efter några års drift har undersökts genom intervjuer med en anläggningsägare för varje anläggning. I Figur 24 – Figur 25 nedan redovisas svaren på ett urval av de frågor som ställdes.

Bland iakttagelserna kan nämnas att kontakter med räddningstjänsten för att informera om anläggningens tillkomst är mycket ovanliga och att även kontakter med försäkringsbolaget är relativt ovanliga. I Boråsområdet har flera respondenter haft mycket goda erfarenheter av kontakter med den kommunala energi- och klimatrådgivningen (EKR). En av respondenterna beskriver kontakten som "helt avgörande". I övriga undersökta områden är det mer sällsynt att man rådgjort med EKR. Figur 24 visar antal (och andel) som haft kontakt med energi- och klimatrådgivare för alla undersökta anläggningar.

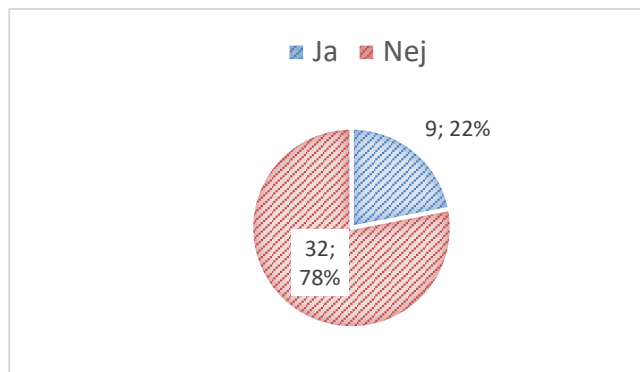


Figur 24 Antal (och andel) av alla undersökta anläggningar där ägaren haft kontakt med energi- och klimatrådgivare inför köpet av en solcellsanläggning

Positivt att notera är att merparten av anläggningsägarna beskrivit erfarenheten av att skaffa en soleanläggning som ok, eller, oftare, som goda eller mycket goda, se Figur 26. Tre ägare refererar till erfarenheten som ”dålig”, två som ”mycket dålig”.

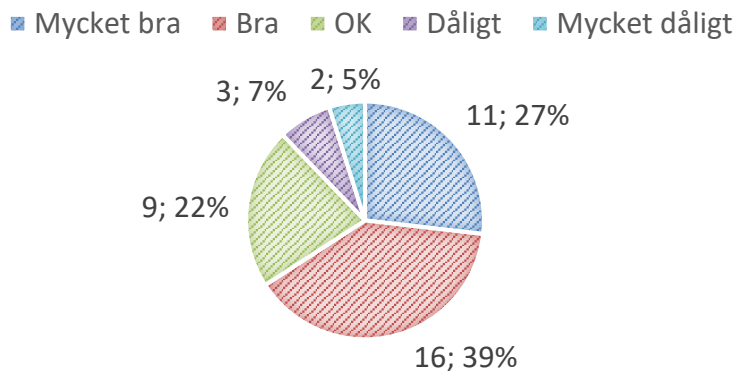


(a)



(b)

Figur 25 Antal (och andel) som diskuterat taktäthet (a) samt vind- och snölast (b) med leverantören eller installatören



Figur 26 Fördelning av anläggningsägarnas beskrivning av sin samlade erfarenhet från att köpa och äga en solcellsanläggning.

5.12 Tre representativa exempel

Som inledningsvis beskrivits har undersökningen resulterat i ett stort material med massor av bilder, iakttagelser och svar från intervjuer med anläggningsägarna och några installatörer. I detta avsnitt presenteras tre olika anläggningar utifrån en del av det material som samlats in vid besöken hos deras ägare.

5.12.1.1 Anläggning 35

Anläggningen utgör ett exempel på ett mindre lyckat projekt. Omfattande skuggning av solcellsmodulerna från en skorsten mitt på taket, se Figur 27 a, och träd, bland annat av ett som växer precis inpå taket, se Figur 27 b, förefaller ha gått installatören förbi. Detta har lett till att det redovisade utbytet skiljer sig väsentligt från det offererade, se Tabell 3. Ett snörasskydd borde ha installerats eftersom ägaren varit med om att ett större sjok snö släppt från solcellsmodulerna och hamnat på altanen mitt framför ytterdörren. Ägaren klagar också på ett obehagligt ljud från växelriktaren som placerats i ett skåp i ett av rummen i den inredda källarvåningen. Ljudet gör det svårt att vistas i rummet. Installationen av likströmskablar under modulerna, se Figur 28, är ett tydligt exempel på dåligt utförande. Kablarna skall fästas upp under modulerna så att snö och is inte kan skada dem och så att de inte kan röra sig och skrapa mot takytan. Denna anmärkning har tyvärr varit alltför vanlig i undersökningen och betraktas som ett allvarligt fel eftersom kablarnas isolering kan skadas vilket kan ge kortslutning och i värsta fall brand eller elchock.



Figur 27 Kraftig skuggning från en skorsten och från omgivande träd både i öster och väster har reducerat energiutbytet kraftigt.

Beställarens intryck var att installatören saknat både kunskap och erfarenhet. I det första förslaget som presenterades föreslogs 32 paneler, trots att endast 26 fick plats. Beställaren besökte ett informationsmöte, bestämde sig direkt och tog endast in en offert. Ingen kontakt togs heller med energirådgivare. Med hjälp av en energirådgivare och/ eller några till offerter hade antagligen skuggningsproblemen upptäckts. En erfaren installatör skulle eventuellt helt avrått villaägaren från att investera i solceller eller i alla fall förklarat problematiken och gjort en mer realistisk uppskattning av förväntad energiproduktion. Hen skulle också ha rekommenderat ett snörasskydd ovanför entrén.

Tabell 3 Allmän information för anläggning 35

	Värde
Installerad effekt [kWp]	7,0
Redovisat årsutbyte [kWh]	4 100
Offererat årsutbyte [kWh]	6 400
Total systemkostnad (inkl. moms och utan investeringsstöd) [kr]	156 000
Relativ systemkostnad [kkr/kWp]	22,3



Figur 28 Felaktig och säkerhetsmässigt riskabel dragning av likspänningskablar under panelerna.

5.12.1.2 Anläggning 25

Anläggning 25 är en villaanläggning med byggnadsintegrerade moduler, se Figur 29. Mer allmän information om anläggningen finns i Tabell 4. Noterbart är att kostnaden per installerad kilowatt för systemet är i överkant jämfört med de andra anläggningarna (se Figur 8 och anläggningar driftsatta 2018). Detta beror på att ägaren här velat ha en estetiskt mer tilltalande anläggning och därför valt byggnadsintegrerade moduler som ersätter befintligt takmaterial, se Figur 30. Viss skuggning finns från det närliggande garaget, som delvis skymtas till vänster i Figur 29, vilket kan förklara en del av skillnaden i redovisat och offererat utbyte. Ett annat skäl kan vara att solcellerna i ett integrerat montage får en något högre drifttemperatur än i ett utanpåliggande montage vilket inverkar negativt på cellernas effektivitet. Om leverantören inte tar hänsyn till detta så överskattas anläggningens elproduktion. Figur 30 belyser tydligt frågan om arbetsmiljöriskerna vid solcellsinstallationer. En ordentlig byggnadsställning innebär en ansevärd merkostnad för solcellsinvesteringen vilket både kund och leverantör vill undvika. Resultatet kan som här bli att de som ska arbeta på taket löper risk att skadas i en fallolycka.



Figur 29 Byggnadsintegrerade moduler på anläggning 25

Tabell 4 Allmän information för anläggning 25

	Värde
Installerad effekt [kWp]	12,3
Redovisat årsutbyte [kWh]	10 893
Offererat årsutbyte [kWh]	11 703
Total systemkostnad (inkl. moms och utan investeringsstöd) [kr]	314 000
Relativ systemkostnad [kkr/kWp]	25,5



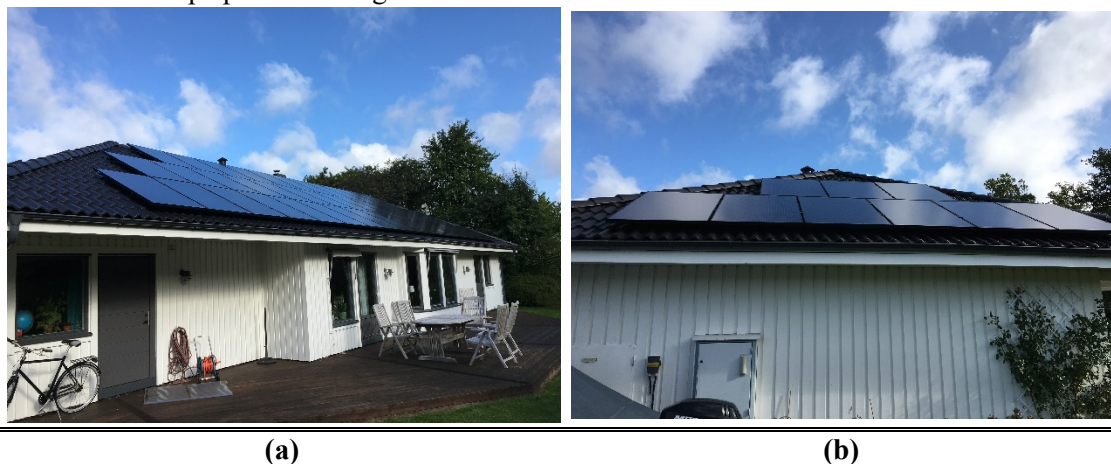
Figur 30 Bild från installationstillfället där man ser hur modulerna installeras direkt på en nylagd takläkt

Installationsmässigt är anläggningen väl genomförd med endast en noterad anmärkning, se Figur 9. Beställaren var också nöjd med processen och angav ”miljö”, ”chansen att inspirera grannar” och ”ekonomi” som de tre anledningarna till investeringen. Ägaren har sökt kunskap via sökningar på internet. Noterbart är att bygglov krävdes för anläggningen på grund av att takets färg ändrades från rött till svart.

5.12.1.3 Anläggning 21

Anläggning 21 har två mindre block med solcellsmoduler i varsin orientering, det ena i sydost, det andra i sydväst, båda med samma lutning på 27 grader, se Figur 31. De olika orienteringarna gör också att anläggningen körs med de två MPPT:n (”*Maximum Power Point Trackers*”) som finns inbyggd i växelriktaren för att maximera utbytet för de båda delarna av anläggningen.

Beställaren, som haft en flitig dialog med kommunens energirådgivare menar att denna kontakt var helt avgörande för genomförandet av affären. Taket byttes i samband med att solcellsmodulerna installerades och båda arbetena gjordes helt parallellt, med båda montörsteamerna på plats samtidigt.

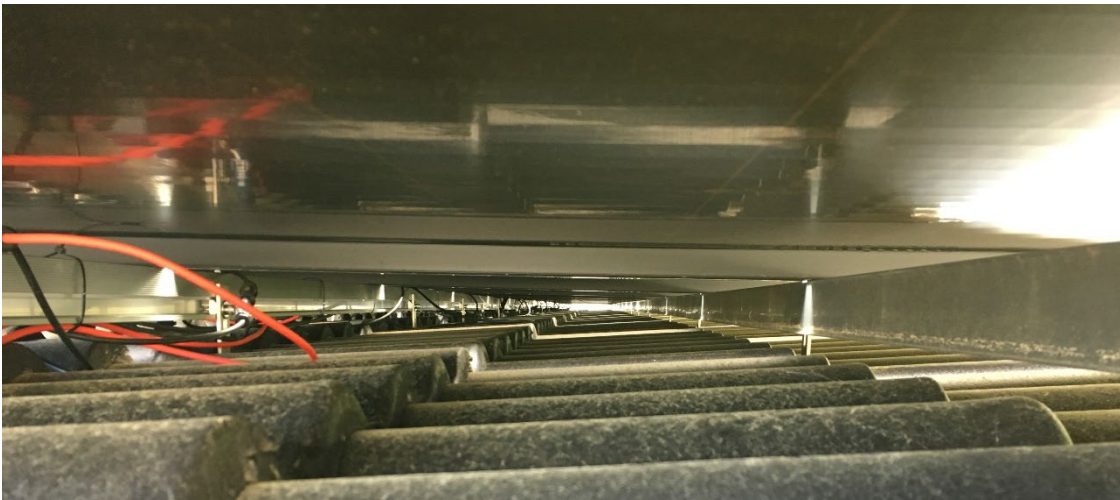


Figur 31 Installationen på anläggning 21 ligger på två olika taktytor orienterade i två väderstreck

Tabell 5 Allmän information om anläggning 21

	Värde
Installerad effekt [kWp]	15,1
Redovisat årsutbyte [kWh]	11 500
Offererat årsutbyte [kWh]	13 827
Total systemkostnad (inkl. moms och utan investeringsstöd) [kr]	191 000
Relativ systemkostnad [kkr/kWp]	12,7

En viss skuggning kan förklara en del av skillnaden i offererat och redovisat årsutbyte. Även på denna anläggning visade det sig att likströmskablar under modulerna var bristfälligt uppfästade, dock betydligt bättre än i det tidigare exemplet, se Figur 32.



Figur 32 Bristfällig upphängning av DC-kablage under modulerna på anläggning 21

6 Diskussion

I detta avsnitt sammanfattas och problematiseras undersökningens resultat. Projektet har inneburit att ett urval av mindre soleanläggningar undersökts i syfte att sprida ljus över ett antal frågor som berör anläggningarnas säkerhet och kvalitet, kompetens hos beställare och leverantör med mera. Resultat som pekar på brister och oklarheter som på ett negativt sätt påverkar exempelvis säkerheten är i första hand adresserade till solebansbranschen, myndigheter och forskningsutförare. Syftet är att dessa nu ska kunna vidta olika åtgärder för att komma till rätta med bristerna och skingra oklarheterna. Diskussionen i det följande skall förstås mot denna bakgrund. Det långsiktiga målet med undersökningen är alltså att alla nya anläggningar skall vara säkra och leverera så mycket solex som möjligt utifrån de lokala förutsättningarna. För att få perspektiv på resultaten i studien ska också följande förhållanden beaktas:

- De fem författarna till rapporten har en samlad erfarenhet från solexmarknaden på tillsammans mer än 50 år och kan därmed se resultaten i ett historiskt perspektiv. Solcellsbranschen har i mycket vuxit fram ur en vilja att utveckla förnybar elproduktion och göra verklighet av en hållbar utveckling. Många av de tidiga solcellsinstallatörsföretagen etablerades och drevs av gröna entreprenörer snarare än av elinstallatörer vilket varit en anledning till bristande kunskaper om elinstallationerna. År 2019 ser branschen väldigt annorlunda ut och kunskapsnivån om hur solcellsinstallationer bör utföras är generellt sett betydligt högre. Resultaten pekar även på en mycket positiv utveckling både vad gäller produkternas kvalitet och regelverkens tydlighet. En utmaning i branschen är dock att upprätthålla kompetensnivån i varje installationsprojekt på en önskvärd nivå när marknaden och företagen växer så snabbt som idag.
- Resultaten skulle sannolikt ha sett ut på ett liknande sätt om undersökningen gällt konventionella elinstallationer i villor. En sådan undersökning skulle också ha resulterat i ett jämförbart antal anmärkningar per objekt vilket illustreras väl av resultaten i en litteratursammanställning från 2018¹⁷ utförd av RISE. Där jämförs bland annat en tysk undersökning¹⁸ som redovisar att soleanläggningar i 33 fall per en miljon bostäder varit orsak till uppkomst av brand medan en annan undersökning¹⁹ anger att ”elektrisk utrustning” orsakat brand i 182 fall per en miljon norska bostäder. I den senare ingår visserligen soleanläggningar i kategorin ”elektrisk utrustning” men andelen av det hela är för dessa försumbart liten i Norge.
- Urvalet av undersökningsobjekt har inte gjorts på ett sätt som gör att resultaten kan anses vara statistiskt säkerställt representativa för solcellsinstallationer i svenska villor. Orsaken till detta och en redogörelse för hur urvalet gått till återfinns i avsnitt 2.
- Även om den svenska marknaden för solcellsanläggningar i villor befinner sig i stark tillväxt så är den fortfarande liten och anläggningsägarna är därför fortfarande att betrakta som så kallade ”early adopters”²⁰.

¹⁷ Solcelleteknologi og brannsikkerhet. RISE-rapport 2018:31

¹⁸ H. Laukamp mfl., «PV fire hazard-analysis and assessment of fire incidents», presentert på 26th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, 2011.

¹⁹ Brannstatistikk 2017 - Tall fra rapporteringsløsningen (BRIS) fra brann- og redningsvesenet til DSB», Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, Tønsberg, 2018.

²⁰ Syftar här på en individ som använder en ny teknik före andra. En early adopter godtar sannolikt mer av svårigheter i processen än senare kunder men accepterar detta om användningen av produkten förbättrar till exempel miljönyttan eller höjer köparens sociala status.

En sammanfattande bedömning av materialet från 41 anläggningsbesök ger en komplex och mångfacetterad bild av mindre solcellsinstallationer i Sverige. Här finns ett antal olika delar att utgå ifrån, till exempel:

- Anläggningsägaren och dennes erfarenheter av hela processen, från idé till att ha ägt och förvaltat en anläggning en tid.
- Leverantör och installatör av utrustningen, deras kompetens, servicenivå, åtaganden etc.
- Installationens utförande och ingående komponenter i förhållande till gällande elsäkerhetsregler.

6.1 Beställaren

Nio av tio anläggningsägare som deltagit i undersökningen beskriver sina erfarenheter av att beställa och äga en soleanläggning som ”ok” (22 %), ”bra”(39 %) eller ”mycket bra” (27 %). Som kvalificerad neutral bedömare, utgående från vad som observerats vid anläggningsbesiktningarna, konstateras att detta resultat ger en väl positiv bild av läget. I flera fall har resan från idé till drift objektivt sett, det vill säga från RISE perspektiv, varit allt annat än problemfri. På grund av en positiv grundinställning har beställaren trots detta givit ett positivt slutomdöme om sin erfarenhet. I ett par fall framstår det till och med som att man tagit sig an uppgiften att utbilda installatören då det framkommit att beställarens kunskaper inom någon del av projekterings- eller installationsarbetet varit större än installatörens. Till saken hör också att en beställare som helt saknar kunskaper i ämnet har svårt att bedöma kvalitén i den slutliga leveransen. Miljömedvetenhet har i så gott som alla fall varit ett tungt vägande skäl till att man valt att satsa på solceller, vilket också delvis kan förklara en förlåtande attityd. Man anser helt enkelt att syftet och slutmålet med satsningen är något bra och eftersträvansvärt vilket påverkar ens attityd i positiv riktning.

Påfallande många har en ganska bestämd uppfattning om investeringens lönsamhet och uppger att de är mycket tillfreds med att anläggningen kommer att vara betald inom (oftast) 10-12 år med en rak pay off-beräkning. Detta är dock avhängigt av hur länge skatteavdraget på 0,6 kr/kWh såld överskottsproduktion är tillgängligt eftersom villaägarna ofta har ett överskott på 60-70 procent av sin årliga elproduktion. Skatteavdraget är tillgängligt för mikroproducenter med en huvudsäkning på maximalt 100 ampere och utgår med automatik genom nätägarens försorg till privatpersoner som säljer sin överskottsproduktion från soleanläggningen. Utan skatteavdraget så halveras intäkterna från försäljningen av överskotts el så som marknaden ser ut idag. Har man då en solcellsanläggning som producerar betydligt mer än vad man själv använder²¹ så påverkas naturligtvis totalekonomin kraftigt i negativ riktning.

I rollen som genomsnittlig beställare konstaterar författarna att man är väldigt utlämnad åt andra aktörers kunskap och professionalism och här kan energi- och klimatrådgivarna ha en mycket viktig roll som neutral informationskälla. I undersökningen har Boråsområdet kunnat uppvisa mycket positiva resultat i detta avseende där många beställare har haft goda erfarenheter av kontakterna med Energi- och klimatrådgivningen. I övriga undersökta kommuner har ägaren av solcellsanläggningen sällan haft kontakt med sin kommunala energi- och klimatrådgivare.

Ägarens möjligheter att följa upp driften av sin anläggning och att utföra några få enkla kontroller för att säkerställa anläggningens funktion är avhängig av två aspekter. Dels av statusen på den dokumentation som installatören lämnar över när anläggningen ansluts till elnätet inklusive en genomgång av anläggningens funktion tillsammans med ägaren. Viktig är

²¹ Avräkning av förbrukning mot produktion sker normalt timma för timma. Exempelvis uppstår ett överskott på en kWh om produktionen under en timma uppgått till två kWh samtidigt som användningen varit en kWh

också ägarens möjlighet att följa anläggningens produktion och att relatera den till förväntade värden samt att bli varskodd på något vis, via ett larm, om anläggningen drabbas av något fel. Stora delar av den dokumentation ägaren borde ha erhållit saknas dock oftast och inskränker sig i många fall till ett par datablad och en manual till växelriktaren. Möjligheten att hålla koll på elproduktionen och att bli varskodd, till exempel via ett sms eller ett E-postmeddelande finns i många fall genom växelriktartillverkarens webbportal. Detta utnyttjas dock alltför sällan vilket kan bero på just avsaknaden av dokumentation och/ eller brister i överlämnandet av anläggningen. En annan anledning som noterats i några anläggningar är att kommunikationen mellan växelriktaren och internet slutat fungera.

6.2 Leverantör och installatör

Förhållandet mellan säljare, leverantör av utrustning och installatör kan se ut på många olika sätt. Ibland kan det vara svårt för beställaren att överblicka detta vilket i sin tur bidrar till oklara ansvarsförhållanden. Exempelvis kan anläggningen beställas från det lokala energibolaget eller nätägaren som samarbetar med en leverantör som tillhandahåller utrustning, men som i sin tur anlitar ett installatörsföretag. Avsaknad av offert och/ eller ett tydligt avtal försvårar anläggningsägarens situation vid en eventuell tvist. För att slutresultatet skall bli bra behöver ansvarsförhållanden och ett flertal andra detaljer specificeras i offerten och i det slutgiltiga avtalet mellan köpare och säljare. Exempel på andra viktiga delar som bör specificeras är förväntad månatlig och årlig energiproduktion, garantier och omfattning på dokumentation.

Undersökningen visar att allmänna kunskapsnivån hos installatörerna som installerat de solcellsanläggningar som ingår i studien inte är tillräcklig i förhållande till vad regelverket säger. Det kan konstateras att så gott som ingen anläggning helt uppfyller de nya elinstallationsreglerna som kom 2017 och som innebar många skärpningar avseende solelinstallationer. Reglerna gäller formellt sett inte de undersökta anläggningar som installerade före 2017 men avvikelserna gäller även anläggningar som kommit till under perioden 2017 till och med 2019. Undersökningen har ibland kunnat konstatera en stor variation i installationen mellan anläggningar utförda av samma aktör vilket antyder att det finns brister i företagets kvalitetsrutiner som bland annat är till för att säkerställa en jämn kvalitet. Utbildning och certifiering av såväl auktoriserade elinstallatörer som av solcellsinstallatörer behöver därför uppenbarligen uppmuntras och förbättras. Anmärkningsvärt är också andelen installationer som utförts av företag som inte finns registrerade hos Elsäkerhetsverket eller ingår i egenkontrollprogrammet hos en elinstallationsfirma som är registrerad. Detta gäller uppskattningsvis²² var fjärde undersökt installation. Ett installatörsföretags registrering kontrolleras enkelt på Elsäkerhetsverkets webbplats <https://www.elsakerhetsverket.se/privatpersoner/anlita-ett-elinstallationsforetag/>.

6.3 Anläggningen

Bland de brister i anläggningarna som noterats bör särskilt poängteras förläggningen av likströmskablar, i synnerhet på taket under solcellsmodulerna. Här finnas ofta allvarliga brister i form av kablar och kontakter som är bristfälligt upphängda eller i värsta fall ligger helt löst på taket. Att de ska ligga på det viset, utsatta för väder och vind, i kanske 30 år ger anledning till oro.

En viktig komponent med avseende på personsäkerhet är vidare jordfelsbrytare och på denna punkt konstateras att regelverket inte är tillräckligt tydligt för att säkerställa anläggningens

²² Siffran är osäker på grund av att informationen enbart bygger på anläggningsägarens uppgifter om vilket företag som installerat solcellsanläggningen och vår kontroll av om detta företag är registrerat och i så fall för vilka verksamhetstyper

funktion. Under vissa förutsättningar kan växelriktaren erbjuda det skydd som en kompletterande jordfelsbrytare annars skulle ge, men i merparten av fallen bedöms installatören inte ha tillräcklig kunskap för att kunna avgöra detta. I vissa fall installeras en jordfelsbrytare av typ A trots att regelverket kräver en, väsentligt dyrare, typ B brytare. I andra fall är regelverket inte tillräckligt tydligt för att installatören ska kunna avgöra om en typ B brytare krävs.

Märkning av likströmskablar, brytare, mätarskåp, centraler och växelriktare lämnar en hel del att önska. Kraven borde vara enkla att uppfylla utan att det skulle innebära några nämnvärda fördyringar. Bristande kunskap och otydliga skrivningar i regelverken kan förklara detta.

Några anläggningsägare har rapporterat om feldimensionering av kablar och säkringar på AC-sidan, vilket har drabbat energiproduktionen genom att växelriktaren kopplats ifrån. I de fall vi fått kännedom om sådana fall har detta upptäckts tidigt, i samband med att anläggningen tagits i drift och då snarast åtgärdats. I frånvaro av driftuppföljning och/ eller larm kan en sådan händelse förbli oupptäckt under lång tid men ingen av de undersökta anläggningarna har varit ur drift på grund av detta vid besiktningen.

Växelriktarens placering lämnar ofta en del att önska beträffande avstånd till omgivande ytor och omgivande material. Av de undersökta anläggningarna befanns alla växelriktare utom en vara placerad inomhus. Här är installatören hänvisad till tillverkarens rekommendationer och vi har inte kunnat peka på något regelverk som styr detta. I vissa fall skulle antagligen en utomhusplacering varit att föredra under förutsättning att apparaten är skyddad mot direkt solljus och regn. De flesta växelriktare är klassade för att kunna placeras utomhus och en sådan placering innebär vidare att man undviker inomhus dragning av DC-kablar som ofta är kontinuerligt spänningssatta.

Anläggningens energiproduktion är avgörande för investeringens lönsamhet. För att kunna följa upp den på ett bra sätt och säkerställa att eventuella fel upptäcks snabbt krävs som tidigare nämnts bland annat att användaren har enkel tillgång till lättolkad driftstatistik och varskos om eventuella fel via tydliga larm. Utan en bra uppfattning om hur mycket el solcellsanläggningen kan förväntas producera är det dock svårt att tolka statistiken. Därför är det viktigt att installatören i offerten och kontraktet anger den offererade anläggningens förväntade elproduktion. Undersökningen av offerter visar dock att denna uppgift saknas i ungefär hälften av offerterna. I de offerter som senare resulterat i en affär och där man angett en förväntad årlig elproduktion har denna jämförts med uppmätta värden, se avsnitt 5.10. I enstaka fall har stora avvikelser förekommit och då beroende på att installatören inte haft koll på skuggning. Mer eller mindre långvariga avbrott i driften har förekommit i några fall men oftast har de upptäckts tidigt av ägare eller installatör och åtgärdats.

7 Slutsatser och rekommendationer

Undersökningen har identifierat ett antal vanligt förekommande brister hos de olika aspekter av solcellssystem för villor som studerats. Samtidigt konstateras att utvecklingen går åt rätt håll, i vissa avseenden snabbare än i andra. Branschen professionaliseras, kvalitén på produkterna blir bättre och regelverken förtydligas.

Av diskussionsavsnittets inledning framgår att studien haft sina begränsningar men den har samtidigt varit tillräckligt omfattande för att resultaten ska kunna ligga till grund för en rad åtgärder avsedda att ytterligare förbättra säkerhet och tillförlitlighet i framtida installationer.

Den helt dominerande orsaken till de anmärkningar som framkommit i studien är bristande erfarenhet, kunskap och kompetens hos de som projekterar och installerar solcellsanläggningarna. En förklaring till denna brist är branschens ”växtvärk” som innebär att behovet av utbildning är stort och snabbt ökande. Andra förklaringar är att kvalificerade utbildare fram tills helt nyligen varit en bristvara och att den enda nationella²³ insats som varit avsedd att driva på och kontrollera kompetensutvecklingen, nämligen certifieringen av soleininstallatörer, har visats sig svår att få till stånd. Den allvarligaste anmärkningen i hela studien gäller de säkerhetsbrister som kommer sig av att likströmskablar på solcellsmodulernas baksida oftast inte är korrekt monterade och ibland till och med ligger löst på takbeläggningen. Detta är i mångt och mycket en utbildningsfråga, men borde också vara ett incitament till produktutveckling för tillverkare av montageutrustning. Om denna försetts med en enkel lösning för att fästa upp kablarna skulle detta kunna göras snabbt och enkelt av installatören.

Ett starkt incitament för leverantörernas kompetensutveckling är naturligtvis kunniga och krävande beställare och häri ligger också en stor potentiell möjlighet för att driva på utvecklingen. Beställarkompetens hos villaägare skulle kunna vara en möjlighet för studieförbunden att finna nya målgrupper. En lösning för villaägare är naturligtvis att ta tillvara kunskapen hos de kommunala Energi- och klimatrådgivarna vilket visat sig vara framgångsrikt i framförallt en kommun där studien ägt rum²⁴.

Följande rekommendationer följer av slutsatserna ovan:

- En första rekommendation är att genomföra en kompletterande undersökning på ett större antal anläggningar. Denna bör fokusera på säkerhets- och driftuppföljningsfrågor som väljs med ledning av den här redovisade studien. Urvalet av anläggningar behöver göras så att resultaten ger en statistiskt säkerställd bild av hela marknaden vilket inte varit möjligt i denna studie. Tillgång till Boverkets statistik kring investeringsstödet till solcellsanläggningar skulle underlätta detta betydligt.
- Utbildning av såväl elektriker som av de vi i rapporten kallat solcellsinstallatörer behöver intensifieras och bör också kunna förbättras i vissa avseenden med ledning av resultaten från denna undersökning. Elektrikerna behöver göras medvetna om att solcellsanläggningar medför en del säkerhetsutmaningar som de normalt inte hanterar och utbildningsbehovet borde kunna tillgodoses med relativt enkla medel. Soleininstallatörer behöver utbildas och helst certifieras²⁵ vilket är en betydligt större utmaning. Fokus bör ligga på regelverket kring elsäkerhet och på hur ett korrekt överlämnande av anläggningen och dess dokumentation ska gå till.

- För att skapa ett incitament för installatörer att certifiera sig förordar RISE förslaget från utredningen ”Mindre aktörer i energilandskapet – förslag med effekt” SOU 2018:76, om att koppla ett skatteavdrag, så kallat EnergiROT, till krav på certifiering av installatörer.
- Energi- och klimatrådgivarna kan spela en viktig roll och indirekt driva på utvecklingen genom att bistå beställarna med kunskap så att dessa i sin tur kan formulera relevanta krav på leverantörerna. Boråsexemplet bör kunna utgöra en förebild om ytterligare satsningar på denna grupp blir aktuella.
- Branschföreningen Svensk solenergi bör intensifiera sitt arbete med att medvetandegöra sina medlemmar om de brister som förekommer, bistå dem med att tolka regelverk etc, samt medverka till att seminarier och utbildningar där dessa frågor lyfts kommer till stånd.
- Helhetsperspektiv och samordning bör vara ledord i det ovan beskrivna arbetet där en rad tunga intressenter är involverade: Energimyndigheten, Boverket, Elsäkerhetsverket, MSB, kommunerna och branschföreningen Svensk solenergi för att nämna några.
- RISE har en neutral position och en helhetsbild av solelbranschen och dess utmaningar som man besitter genom en unik kombination av lång samlad erfarenhet och expertis inom en rad relevanta områden. Med detta som bas skulle man kunna vara en viktig sammanhållande resurs i strävandena efter säkra och tillförlitliga anläggningar.

RISE Research Institutes of Sweden AB

Energi och cirkulär ekonomi - Hållbara energisystem

Utfört av

Granskat av

Peter Kovacs

Lisa Ossman

Bilagor

1. Checklista som använts vid anläggningsbesöken
2. Formulär till stöd för installatörsintervjuer
3. Excelark med sammanställda resultat från 41 undersökta anläggningar