

## ERFARENHETER MED FOKUS PÅ FFU OCH ENTREPRENADER

# Kombinera solcellsinstallation med takunderhåll för bättre lönsamhet

Den här artikeln beskriver främst allmänna och specifika aspekter på anläggningar som uppförts eller ska uppföras på befintliga flerbostadshus i samband med takunderhåll-/renovering, där en planerad samordning med rätt förutsättningar kan innebära ett bättre slutresultat och en förbättrad lönsamhet.

**TEXT:** JAN-OLOF DALENBÄCK, MARIA HAEGERMARK & PETER KOVACS

**D**e senaste åren har utvecklingen för solcellsinstallationer varit väldigt positiv och förväntas fortsätta så. Utvecklingen har fört med sig att det finns bättre kunskap om solcellsanläggningar hos fastighetsägare, mer hjälpmedel i form av handböcker och mallar för förstudier och förfrågningsunderlag och mer erfarna konsulter och entreprenörer, vilket till del kompenserar för att nuvarande investeringsbidrag sänks eller försvinner.

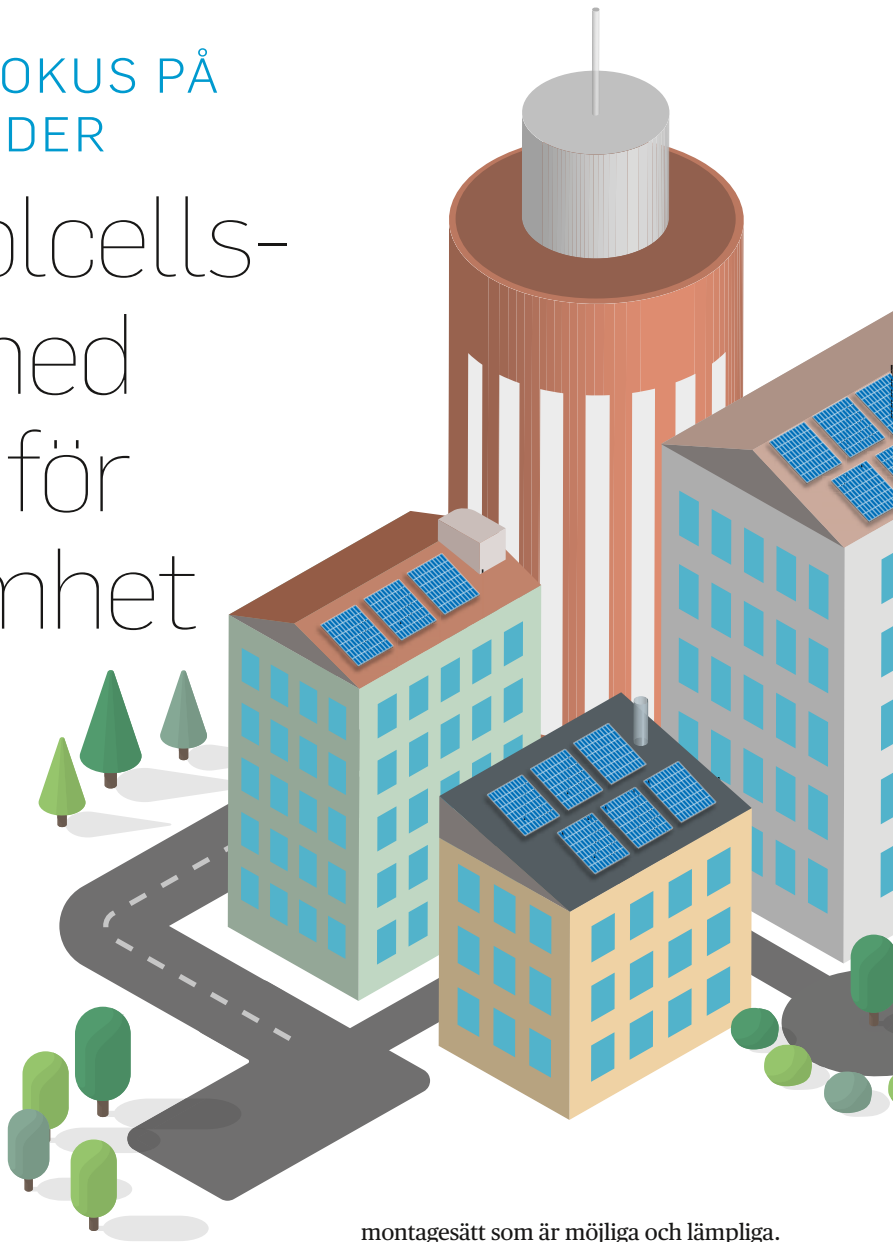
### BÖRJA MED EN ORDENTLIG FÖRSTUDIE

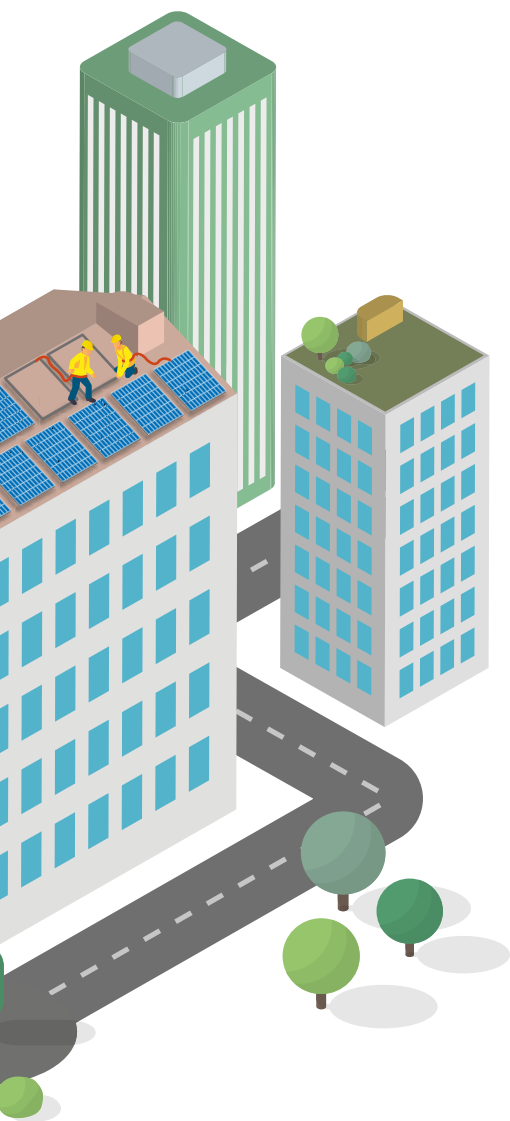
Alla projekt inleds normalt med en förstudie som med fördel genomförs av en eller flera erfarna konsulter. I förstudien identifieras de aktuella förutsättningarna utgående från takets konstruktion och dess underhålls-/renoveringsbehov. En solcellsinstallation i samband med takunderhåll-/renovering kan kräva lite mer jobb med bygglov och takutredningar än för en anläggning på ett nytt tak. Men då det i båda fallen rör sig om takarbete finns där också möjliga samordningsvinster när det gäller erforderlig taksäkerhetsutrustning, byggställningar, montage och lyft av material.

Takkonstruktion, taklutning och ytskikt (tegel, plåt, takduk, m.fl.), bestämmer vilka

montagesätt som är möjliga och lämpliga. Det finns ett stort behov att underhålla och renovera plana tak. Dessa är vanliga i miljöprogramsområden och på större affärslokaler samt industribyggnader. En installation där solcellsmodulerna vinklas upp mer eller mindre från taket är då ofta att föredra, vilket i dagsläget kan kräva bygglov inom detaljplaneområden. Vid en traditionell installation på lutande tak monteras solcellsmodulerna med en luftspalt ovanpå det befintliga yttertaket, men idag finns det också flera system där solcellsmodulerna monteras så de blir en integrerad del av takkonstruktion och takets tätskikt. De flesta äldre byggnader kräver dessutom en kontrollberäkning av tillåtna laster på taket vilket kan behöva förstärkas.

En viktig aspekt på befintliga tak är vilka installationer som redan finns på taket, t.ex. takfläktar, inspektions- och rensningsluckor för ventilationskanaler, avluftnings-





rör och eventuella skorstenar som kan begränsa tillgänglig takyta. Vid en mer omfattande takrenovering kan det finnas anledning att utreda möjligheterna att ändra de befintliga installationerna för att underlätta solcellsinstallationen. Viktigt att beakta är också krav på tillgänglighet för inspektion och vid brand, t.ex. gångbryggor, och snörasskydd där det krävs.

En förstudie omfattar också kartläggning av elabonnemang och den historiska elanvändningen tillsammans med uppgifter om de takareor som är tillgängliga för montage av solcellsmoduler. Tillsammans med gällande skatteregler och beställarens ambitioner föreslås sedan en lämplig storlek på solcellsanläggningen.

#### VÄLJ LÄMPLIG ENTREPRENADFORM

Den vanligaste entreprenadformen för en solcellsanläggning är totalentreprenad (enligt ABT06), dvs. att erforderlig projektering överläts till entreprenören, som sedan utför allt installationsarbete. Då de flesta solcellsentreprenörer är specialiserade på

just solcellsentreprenader, kan det beroende på vilken takrenovering som ska göras, vara en fördel att dela upp projektet i två entreprenader, en för solcellsanläggningen och en för takrenoveringen, vilket sannolikt också leder till fler anbud. Erforderlig samordning faller då på beställaren eller delegeras till en av entreprenörerna.

För att kunna handla upp takunderhåll/-renovering som en underentreprenad till en solcellsentreprenad krävs tydliga underlag för att de ska göra sig besvär att lämna anbud. Exempel på när det kan vara intressant är när takunderhåll sker genom byte av takduk eller då endast enklare förstärkningsarbeten krävs för att taket ska kunna bära solceller. Se sid 12 om Gårdsten.

Projektering/dimensionering av montagesystem och solcellsanläggning utgående från resultaten i förstudien bör ligga på entreprenören. Däremot bör fastighetsägaren (beställaren), redan i anslutning till förstudien, göra en kontrollberäkning av tillåtna laster på taket och bifoga den i förfrågningsunderlaget.

När en installation av en solcellsanläggning kombineras med takrenovering kan det också vara aktuellt med en utförandeentreprenad, upphandlad som *Generalentreprenad* (en entreprenör samordnar), respektive *Delad entreprenad* (beställare samordnar flera entreprenörer), men den förutsätter att fastighetsägaren ansvarar för projektering.

#### ANVÄND FRAMTAGNA MALLAR FÖR FÖRFRÅGNINGSUNDERLAG

Förfrågningsunderlag (anbudsunderlag), FFU, består främst av Administrativa föreskrifter, en teknisk rambeskrivning som innehåller en detaljerad teknisk beskrivning av anläggningen, funktionskrav, materialval m.m., och diverse kompletterande dokument, t.ex. ett anbudsformulär. För exempel på FFU för solcellsanläggningar, se inforuta FFU.

FFU:s innehåll och omfattning kan variera beroende på erfarenhet hos beställare och den konsult som tar fram det samma, liksom beroende på vilken typ av anläggning och takarbete som efterfrågas. Under 2019 gjordes en granskning av 20 förfrågningsunderlag för upphandling av lite större solcellsanläggningar främst från 2016-2018. Innehåll och omfattning jämfördes med den mall som tagits fram inom Sol i Väst projektet. Granskningen sammanfattas och kommenteras i det följande.

Av de studerade förfrågningsunderlagen gällde 19 av 20 en totalentreprenad enligt ABT06 och 18 var utformade enligt Lagen om offentlig upphandling (LOU). I 19 fall

anslöt de administrativa föreskrifterna till AMA AF och i 17 fall anslöt eller hänvisade den tekniska beskrivningen till AMA EL.

Samtliga FFU omfattade "Projektering, leverans, installation/montage, driftsättning, provning av solcellsanläggning" och tre omfattade dessutom takarbete (byte av takduk, nytt undertak, respektive förstärkning och underhåll av yttertak).

Hälften av studerade FFU utvärderades på lägst pris (eller pris per kW eller kWh/år) och hälften på pris plus diverse kriterier. Det kan vara försvarbart att enbart utvärdera på pris om det är en förhållandevis enkel installation, men vid utvärdering av anbud där takunderhåll eller -renovering ingår bör det finnas med en viktning av ett par kvalificeringskrav (t.ex. teknisk och ekonomisk kapacitet enl. LOU 15 kap. §11).

#### Begärda uppgifter

När det gäller vilka uppgifter som begärdes i de olika FFU:na skiljer de sig en del. Det behöver inte betyda att beställarna inte fått in de uppgifter som behövs. Tabell 1 och 2 visar hur många uppgifter som efterfrågats i 20 olika FFU.

Tabell 1 Begärda uppgifter FFU (Sol i Väst mall)	Antal
Solcellsmodulernas topeffekt (kW, DC enligt STC)	12
Växelriktarens uteffekt/märkeffekt (kW, AC)	11
Förväntad årlig elproduktion (enligt mall med redovisad indata)	10
Antal växelriktare	10
Antal moduler	7
Datablad för offererat material	7
Val av montage metod med datablad på offererad utrustning	6
Datablad, mer allmänt	5
Systemverkningsgrad, s.k. performance ratio	4
Eventuella abonnemangskostnader för elcertifikat, datainsamling, osv.	3

Tabell 2 Begärda uppgifter FFU (Övriga)	Antal
Ritning/skiss med placering av solcellsmoduler	7
Beskrivning av systemuppbyggnad/utförande	6
Växelriktarnas (EU-)verkningsgrad	5
Dokumentation/beskrivning av montage lösningar utan krav på datablad	4
Manualer för växelriktare	3
Totala vikten av installationer (kg eller kg/m <sup>2</sup> )	3
Flera andra olika uppgifter	1-2

Beställaren kan antingen ange önskad effekt i FFU, eller låta entreprenören bestämma effekten utgående från anvisad takyta. Då behöver motsvarande takarea respektive effekt efterfrågas. I båda fallen bör det strävas efter att erhålla ett estetiskt tilltalande montage. På motsvarande sätt kan önskad typ av moduler (t.ex. av estetiska skäl) anges i FFU, eller väljas av entreprenören (pris, prestanda). I båda fallen bör datablad på modulerna, liksom på föreslagna växelriktare, finnas med i anbudet.

Uppgifter om årligt elutbyte (elproduktion) behövs för att stämma av lönsamheten, men det kan samtidigt vara svårt att verifiera den uppgiften eftersom den beror på solstrålningen och kräver någon form av normalårskorrigerings. Då är det generellt sett enklare att verifiera anläggningens effekt. Oftast räcker det dock med rimlighetsbedömningar utgående från erfarenhetsvärden med avseende på kWh/år/kW.

Tabell 3 Angivna krav montage FFU	Antal
Dimensionering efter normenliga vind-/snölast	10
Åtkomlighet för skötsel/underhåll av moduler	8
Montagelösningar i samråd mellan entreprenör och beställare	8
Beakta befintliga takfunktioner	6
Ta hänsyn till skuggning	5
Modulerna ska monteras efter takets lutning	5
Montering enligt tillverkarens anvisningar	5
Symmetri/estetik	5
Montering som tillåter ventilering av moduler (med distans från taket)	5
Utrymme för snörasskydd	4
Beakta behov av snöskottning	3
Anpassning till åkskyddssystem	3
Flera andra olika krav	1-2

Tabell 4 Angivna krav brand FFU	Antal
Brandtätningar ingår i entreprenaden	15
Brandkårsbrytare ska finnas!	9
Placering av manöverdon Brandkårsbrytare	9
Informationsskylt vid Räddningstjänstens insatsväg (olika anvisningar)	7
Material och montage metoder skall väljas och utföras så att brandfaran minimeras	6
Hänvisning till Räddningstjänstens anvisningar	3
Informera/föra dialog med Räddningstjänsten	2



Brf Högalid i Trelleborg.

Beträffande dokumentation som exempelvis ritningar m.m. räcker det med enkla skisser i anbudet, medan det krävs detaljerade systembeskrivningar och ritningar för att kunna besiktiga och överlämna anläggningen till beställaren.

#### Kravställning montage

De studerade FFU:na hade förhållandevis många (olika) krav med koppling till hur modulerna skulle monteras på taket (Tabell 3). Många har med beaktande av befintlig takkonstruktion och åtkomlighet för inspektion av befintlig utrustning och t.ex. snöskottning. Andra krav omfattar snörasskydd, hänsyn till skuggning, estetik och typ av monteringslösning (på stativ, etc). I knappt hälften av de studerade FFU:na uppges att montage lösning ska väljas i samråd mellan entreprenör och beställare.

När det gäller skuggning är det inte bara så att hänsyn bör tas vid placering av modulerna utan att projekteringen också bör omfatta beräkningar av energiutbytet med en modell som tar hänsyn till skuggning.

Alla krav som angetts i de studerade FFU:na är relevanta, men olika viktiga beroende på typ av anläggning. När det gäller åtkomlighet och snörasskydd är *Taksäkerhetskommitténs Branschstandard* en lämplig referens <sup>1</sup>.

#### Kravställning brand

Brand har av olika anledningar fått stor betydelse i anslutning till solcellsanläggningar, vilket framgår från de utvärderade FFU:na (Tabell 4). Som med vid alla elinstallationer finns det brandrisker vid olämpligt utförande och man bör vara medveten om att solcellsmoduler blir varma. Den främsta anledningen är dock att de kommunala Räddningstjänsterna i princip ställer krav på att kunna bryta strömmen i DC-kretsen (kretsen med sol-

cellsmoduler) när de gör en räddningsinsats.

Det finns för- och nackdelar med så kallade Brandkårsbrytare som det ställs krav på i 9 av 20 FFU. De viktigaste kraven som bör ställas i en FFU är att det förs en dialog med Räddningstjänsten på orten, att gällande krav på skyltning följs och att dokumentation upprättas i enlighet med SEK handbok 457 <sup>3</sup>.

#### Föreskrifter

Det som var mest bekymmersamt i de FFU:er som granskades gällde de föreskrifter som refererades till eller listades i de olika FFU:orna. Merparten har med de föreskrifter och standarder som finns med i Sol i Väst-mallen, men de flesta listar även ytterligare föreskrifter - både för elinstallationer och solcellsinstallationer och visar på allt från Starkströmsföreskrifterna och Arbetsmiljölagen till minst fyra standarder som inte gäller längre. Där kan vi hoppas att SEK:s handbok 457 ger lite vägledning <sup>2</sup>.

#### FÖRDEL MED ERFAREN PROJEKTLEDNING

##### I BYGGSKEDET

Det är en klar fördel om fastighetsägaren/ (beställaren) har en erfaren projektledare, särskilt om syftet är att kombinera installation av en solcellsanläggning med takunderhåll eller renovering. Aspekter som kan behöva handpåläggning är t.ex. arbetsledning, samordning, taksäkerhet, egenkontroll, m.m.

Som nämnts tidigare är solcellsentreprenörerna i regel väldigt bra på solcellsanläggningen, men mindre bra på mer allmänna delar i en byggtreprenad. Med få undantag - t.ex. då ett etablerat entreprenadföretag, med vana att hantera olika underentreprenörer, väljer att utveckla sin verksamhet med solcellsinstallationer - är solcellsbranschen fortfarande en separat bransch som





Projekt 1. Plant tak med solcellsmoduler monterad på en ny takduk.



Projekt 2. Plant tak med solcellsmoduler monterad på stativ på en ny takduk.



Projekt 3. Lutande plåttak med solcellsmoduler monterad efter takförstärkningar.

» sakta börjar anamma de normer och regler som länge funnits i övriga byggvärlden. För befintliga byggnader behöver också kvalitén på projektering och dokumentation förbättras i entreprenörsledet.

#### TÄNK ÖVER UPPFÖLJNINGEN

Solcellsanläggningar har under lång tid utvecklats internationellt för att själva visa och lagra mätvärden i växelriktarna via Internet. Mer eller mindre med automatik ingår då en inloggning till en web-portal där information om anläggningen visas och lagras. Nackdelen är att det inte är helt enkelt att integrera solcellsanläggningen i befintliga svenska fastighetssystem, ofta bakom brandväggar, m.m. Resultatet blir att det kommer till nya rutiner för att kunna följa upp om solcellsanläggningen fungerar som den ska.

Det här har Lokalförvaltningen (LF) i Göteborg löst genom att de lägger SÖ-system som en separat entreprenad för att anläggningen från början ska kunna följas upp i det (befintliga) överordnade SÖ-systemet.

#### KOM IHÅG EFTERFÖLJANDE TILLSYN

Det kan tyckas att en solcellsanläggning kräver ett minimum av underhåll under lång tid, men med tanke på att ansvaret för anläggningen övergår på anläggningsägaren efter slut-/garantibesiktning finns det ett par saker att beakta.

Det finns krav på att alla elektriska system i en byggnad ska besiktigas varje år. De delar som bör besiktigas är t.ex. brandkärsbrytare som bör provas, och kopplingsboxar där förekommande skruvplintar bör kontrolleras. Vidare bör det kontrolleras så det inte har samlats löv eller byggt fågel-

bon under modulerna vilket kan leda till att modulerna blir för varma och skadas. Ett sätt att kontrollera statusen på modulerna är att använda en drönare med värmekamera.

#### ENTREPRENADERFARENHETER

##### – EXEMPLET GÅRDSTENSBOSTÄDER

Västra Gårdsten består av 40-talet byggnader med plana tak. Norra Gårdsten består av 20-talet byggnader med låglutande sadeltak. Under perioden 2013 till 2017 genomfördes två projekt omfattande samtidigt byte av takduk (takunderhåll) och installation av solcellsanläggningar i Västra Gårdsten. Under perioden 2018 till 2020 har det sedan genomförts ett projekt omfattande takförstärkningar (underhåll) och installation av solcellsanläggningar i Norra Gårdsten som ett demoprojekt inom EST-projektet <sup>3</sup>.

Alla tre projekten (Tabell 5) har genomförts inom ramen för LOU under ledning av en erfaren projektledningsfirma med varierande stöd från en erfaren konsult. Alla tre projekten har omfattat FFU med först ett eller ett par provtak och sedan optioner för övriga tak, vilket fungerat bra. Det första projektet omfattade anläggningar dimensionerade för egenanvändning, det andra för max utbyte per tak (i kombination med batterier i ett par undercentraler), det tredje

	I – Västra 2013	II – Västra 2016	III – Norra 2018
<b>Objekt</b>	Plana tak 3 och 5 våningar	Plana tak 3 och 5 våningar	Södersida sadeltak 5–6 våningar
<b>FFU</b>	1+3 = 4 tak	3+11+3 = 17 tak	1+7 = 8 tak
<b>Dimensionering</b>	Egenanvändning	Max kW per tak	Egenanvändning
<b>Solceller/montage</b>	Ospecifierade	Ospecifierade	Beskrivning
<b>Entreprenad</b>	2 × totalentreprenör Få anbud	1 Totalentreprenad Få anbud	1 Totalentreprenad Få anbud
<b>Omfattning</b>	Takduk + Anl.	Takduk + Anl.	Takförstärk + Anl.
<b>Utvärdering anbud</b>	Pris + div. (LOU): Stora skillnader	Pris + div. (LOU): Stora skillnader	Pris + div. (LOU): Små skillnader, men två anbud hade glömt pris takförs.
<b>Moduleffekt [kW]</b>	Ca 125	Ca 530	Ca 500
<b>Entreprenör</b>	Erfaren solcell	Erfaren solcell	Erfaren el, bygg, m.m.
<b>Modulmontage</b>	Låga stativ (15°) fästa i takduk	Höga stativ (30°) fästa i taket	Skenor fästa i plåttak (15°)
<b>Byggskede</b>	Beställare bad solcells- entreprenör ta takentreprenör som underentreprenör (takgaranti).	<ul style="list-style-type: none"> <li>Beställare bytte ut offererad takduk</li> <li>Entreprenör bytte projektledare 2 ggr.</li> <li>Entreprenör tog batterier som underentreprenör.</li> <li>Entreprenör monterade moduler med olika prestanda.</li> </ul>	Enligt anbud
<b>Slutresultat:</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>Bra</b>

Tabell 5. Beskrivning av tre projekt hos Gårdstensbostäder.

återigen med anläggningar dimensionerade för egenanvändning.

Det första projektet omfattade två FFU som senare slogs ihop till en entreprenad. FFU föreskrev ett montage med horisontella eller låglutande solcellsmoduler. Slutresultatet blev att modulerna monterades på låglutande stativ som fästes direkt i takduken, och med tanke på garantier var det viktigt att det gjordes inom en entreprenad.

Resultatet från det första projektet, och tillgången på bidrag, inspirerade Gårdstensbostäder att gå "all-in" i det andra projektet, med risk för att det omfattade för många saker, varpå resultatet blev därefter.

FFU föreskrev inget speciellt montage utan entreprenören kunde föreslå ett lämpligt montage för att utnyttja taken maximalt. I samband med upphandlingen fick entreprenören byta till en annan (bättre) takduk, dessutom bytte entreprenören projektledare två gånger och entreprenaden blev förlängd. Slutresultatet blev att modulerna monterades med cirka 30 graders lutning på stativ för att komma ovanför rensluckor, m.m. som finns på taken. Det medförde också att solcellsanläggningarna syns tydligt. Beställaren lyfte in installation av batterier i ett par elcentraler. Under entreprenaden byttes offererade moduler ut till moduler med högre effekt, vilket resulterade i att taken blev olika och att ett par växelriktare blev något underdimensionerade. Sammantaget ett montage som inte är estetiskt optimalt i förhållande till andra byggnader i området. Dessutom är anläggningarnas egenanvändning låg, vilket i och för sig var beställarens intention. Sammantaget ett slutresultat påverkat av beställarens och entreprenörens ambitioner.

Det tredje projektet hade bäst förutsättningar och visar som helhet det bästa slutresultatet på flera olika sätt. Beställaren tog fram en beskrivning av vilka takförstärkningar m.m. som skulle ingå i entreprenaden. Vid upphandling visade det sig att ett par anbudsgivare inte räknat med kostnaderna för takförstärkningarna, vilket ledde till överklagande från en tredje anbudsgivare och projektförseningar. FFU föreskrev "svarta" moduler monterade på befintligt plåttak med en sammanlagd effekt inom ett intervall utgående från elanvändningen i respektive undercentral. Entreprenaden genomfördes av en etablerad entreprenör. Slutresultatet blev enligt FFU.

Det tredje projektet hade bäst förutsättningar och visar som helhet det bästa slutresultatet på flera olika sätt. Beställaren tog fram en beskrivning av vilka takförstärkningar m.m. som skulle ingå i entreprenaden. Vid upphandling visade det sig att ett par anbudsgivare inte räknat med kostnaderna för takförstärkningarna, vilket ledde till överklagande från en tredje anbudsgivare och projektförseningar. FFU föreskrev "svarta" moduler monterade på befintligt plåttak med en sammanlagd effekt inom ett intervall utgående från elanvändningen i respektive undercentral. Entreprenaden genomfördes av en etablerad entreprenör. Slutresultatet blev enligt FFU.

#### SAMMANFATTANDE REKOMMENDATIONER

Börja med en ordentlig förstudie som inkluderar en kontrollberäkning av taklast och identifiering av samordningsvinster såsom montage av infästningar av takentreprenör, taksäkerhet (ställningar, skyddsräcken, m.m.). Välj sedan en lämplig entreprenadform beroende på omfattningen och erforderliga projektering av takarbeten. Utvärdera inte anbuden på enbart pris, ha med minirav med avseende på erfarenhet. I byggskedet är en erfaren projektledare och samordning av entreprenörer viktigt för ett bra slutresultat. ■



**JAN-OLOF DALENBÄCK**  
Installationsteknik CHALMERS



**MARIA HAEGERMARCK**  
CIT Energy Management AB



**PETER KOVACS**  
RISE

#### FÖRSTUDIER, FFU-MALLAR, M.M.

##### Projektet Sol i Väst

[www.solivast.nu](http://www.solivast.nu)

##### Vertyg & Stöd Energimyndigheten

[www.energimyndigheten.se](http://www.energimyndigheten.se) Solcells-guide – från idé till färdig anläggning. Företag, föreningar och organisationer (Pdf)

##### Lokalförvaltningen Göteborg stad

Tekniska krav och anvisningar...

[www.goteborg.se/wps/portal?uri=gbglnk%3a201662911534997](http://www.goteborg.se/wps/portal?uri=gbglnk%3a201662911534997)

#### Referenser

##### 1. Taksäkerhetskommitténs särtryck

Taksäkerhet på tak med solpaneler (Oktober 2019).

##### 2. Svensk Elstandard (SEK) – SEK Handbok 457:

Solceller – Råd och regler för elinstallationen (Utgåva 1; Februari 2019). Denna handbok riktar sig till installatörer, projektörer, besiktningsförrättare och innehavare av solcellsanläggningar. Den behandlar eltekniska aspekter vid installation av solcellsanläggningar och grundar sig på svensk standard SS 436 40 00 och SS-EN 62446-1, samt IEC 60364-7-712.

##### 3. Kovacs, P., J-O. Dalenbäck och F. Fiedler.

Tvårfackligt projekt – ger branschen ökad kunskap om solcellstak vid takrening. Husbyggaren Nr 3, 2019