



UTVECKLING AV FASTIGHETSFÖRETAGANDE I OFFENTLIG SEKTOR (UFOS)

# Solenergi

*Möjligheter för offentliga lokaler*

## **Läses med varsamhet**

Denna publikation är delvis inaktuell. Delar av innehållet kan fortfarande vara relevant och aktuellt. Därför har vi märkt den "Läses med varsamhet".



© UFOS

118 82 Stockholm

TFN: 08-452 79 33

E-POST: [fastighet@skl.se](mailto:fastighet@skl.se)

WEBBPLATS: [www.offentligafastigheter.se](http://www.offentligafastigheter.se)

ISBN: 978-91-7164-946-1

TEXT: Lars Andrén, DrivKraft

OMSLAGSFOTO: John Fox Images

GRAFISK FORM OCH PRODUKTION: Kombinera AB

TRYCK: LTAB 2013

Skriften beställs på [webbutik.skl.se](http://webbutik.skl.se)

# Förord

**SÅVÄL SOLVÄRME SOM SOLEL** står inför ett genombrott i Sverige. Inom en snar framtid kommer solfångare (för värmeproduktion) och solceller (för elgenerering) att vara en vanlig syn inom både den privata och den offentliga sektorn. Sverige har utmärkta förutsättningar för att öka användningen av solenergi. Både god tillgång på solinstrålning, bra systemtekniska förutsättningar och hög teknisk kompetens för att integrera tekniken. Dessutom har vi högt ställda miljö- och klimatmål.

Syftet med denna skrift är att inspirera och beskriva hur offentliga fastighetsorganisationer kan använda sig av solenergi. Skriften ger en överblick över olika tekniklösningar, ekonomi och framgångsfaktorer.

Skriften har initierats och finansierats av Utveckling av fastighetsföretagande i offentlig sektor (UFOS). Här ingår Sveriges Kommuner och Landsting, Akademiska Hus, Fortifikationsverket samt Samverkansforum för statliga byggherrar och förvaltare genom Statens fastighetsverk och Specialfastigheter. Detta projekt har också stöttats ekonomiskt av Energimyndigheten.

Skriften har författats av Lars Andrén, DrivKraft. Till sin hjälp har författaren haft en styrgrupp som medverkat i arbetet, bistått med material och gett värdefulla synpunkter. Styrgruppen har bestått av Christer Kilersjö, Eksta Bostads AB; Charlotte Kullander Hedbom, Karlstads kommun; Jesper Mårtensson, Landstinget Dalarna; Mikael Yllman, Statens fastighetsverk och John Öberg, Fortifikationsverket.

Sonja Pagrotsky och Magnus Kristiansson från Sveriges Kommuner och Landsting (SKL) har på uppdrag av UFOS varit projektledare.

*Stockholm i april 2013*

## Innehåll

Förord .....	1
Sammanfattning .....	5
Läsanvisning .....	6
<b>1 Inledning</b> .....	8
Solinstrålning .....	11
Solvärme .....	13
Solel .....	17
Fokus på offentlig sektor och lokaler .....	23
För- och nackdelar – begränsningar och saker att tänka på .....	25
<b>2 Olika teknikområden</b> .....	27
Vätskeburna solvärmesystem .....	27
Lågtempererade solfångare .....	35
Hybridteknik, el och värme .....	37
Solel – solceller .....	37
Andra teknikområden .....	39
<b>3 Goda exempel</b> .....	44
Solvärme och solel vid nyproduktion – Kungsbacka kommun .....	45
Solceller som solavskärmning – Karlstads kommun .....	50
Fasadintegrerade solfångare – Borlänge kommun .....	54
Fjärrvärmeansluten solvärme – Swedavia .....	57
Solkyla – Statens fastighetsverk .....	61
Hybridsolfångare (värme och el) – Sundsvalls kommun .....	64
Solvärme för utomhusbad – Kalix kommun .....	67
<b>4 Ekonomi</b> .....	70
<b>5 Upphandling</b> .....	74

<b>6 Reflektion</b> .....	77
Läs och länktips .....	78
Bilaga .....	79
Checklista – så gör du: .....	79



# Sammanfattning

**DEN HÄR SKRIFTEN RIKTAR SIG** till aktörer inom den offentliga sektorn. Innehållet ger en överskådlig bild av hur solenergi kan utnyttjas för elproduktion samt tappvarmvatten- och värmeförsörjning för i första hand byggnader och lokaler inom den offentliga sektorn. Olika teknikområden beskrivs övergripande. En tyngdpunkt utgör presentationen av några goda exempel på anläggningar som genomförts inom sektorn. Det finns också ett avsnitt med konkreta tips och checklistor som kan vara värdefullt att ta del av inför en upphandling av solceller eller solfångare.

Solenergi är en av de starkaste tillväxtmarknaderna i världen just nu. I flertalet länder sker stora investeringar och sakta men säkert ökar även intresset och efterfrågan i Sverige. I takt med att ambitionsgraden att bli självförsörjande på energiområdet ökar, samtidigt som det finns en önskan att avveckla kärnkraft och minska oljeberoendet och framför allt hitta en energiteknik som är skonsam mot miljön och klimatet, tilldrar sig solenergin ett allt större intresse.

Den här skriften är tänkt att ge inspiration och fungera som ett enkelt uppslagsverk för de inom offentlig sektor som är intresserade av solenergi. Skriften ger en nulägesbeskrivning av såväl solvärme- som soletekniken vad avser marknadsutvecklingen internationellt och i Sverige. Tekniken och dess ekonomiska förutsättningar beskrivs kortfattat. Skriften innehåller också en rad praktiska detaljer om upphandling och projektering, allt i syfte att underlätta inför en investering i en solvärme- eller solesanläggning. Praktiska exempel ägnas särskild uppmärksamhet, bland annat genom redovisning av några genomförda objekt.

Såväl solvärme som solet står inför ett nära kommersiellt genombrott i Sverige. Vi är inte där riktigt ännu men inom en överskådlig tid kommer solfångare (för värmeproduktion) och solceller (för elgenerering) att vara mer eller mindre vanliga, såväl inom den privata som offentliga sektorn. Sverige har utmärkt goda förutsättningar för att öka användningen av solenergi: god tillgång på solinstrålning, bra systemtekniska förutsättningar

och hög teknisk kompetens för att integrera tekniken. Och inte minst högt ställda miljö- och klimatmål.

Om Sverige ska klara av att ställa om till en hållbar energiförsörjning måste solenergin få en viktig funktion. Dels för att skapa system med ett bättre utnyttjande av våra energitillgångar men också för att omvandlingen av solinstrålning till värme och el sker utan resursutnyttjande. Detta innebär att tekniken, i omvandlingsfasen till el och värme, är helt miljö- och klimatneutral.

Den offentliga sektorn har en viktig samhällsfunktion som kan få stor betydelse för solenergens kommersiella genombrott. Förutom att det är en stor beställargrupp får objekten ett stort referens- och publikvärde. Den offentliga sektorn kan som beställare bidra till en ökad kunskapsnivå hos konsulter och installatörer. Med ökad kunskap hos konsulter och installatörer blir tekniken mer tillgänglig samtidigt som det finns förutsättningar att pressa kostnader i alla led. Får vi dessutom en växande marknad, med allt vad det innebär i storskalfördelar, stärks konkurrenskraften för teknikområdet.

Det finns också ett särskilt värde i att staten, kommuner och landsting gör investeringar som exponeras för allmänheten. Tekniken blir känd och referensobjekt tillgängliga. I närområden, lokalt och regionalt, påverkas också marknadsutvecklingen då konsulter och entreprenörer ökar sin kompetens och kan erbjuda ännu mer konkurrenskraftiga system. Den offentliga sektorn kan på så sätt vara med och skapa en dynamisk tillväxt för en av de intressantaste energibärarna för oss på jorden.

Det råder en ökad miljö- och klimatmedvetenhet i samhället. All förnybar energi, inte minst solenergin, kommer att gynnas av detta. Solenergin är nu mogen att övervinna de hinder som funnits för en marknadsexpansion i Sverige. Detta har redan skett på många andra håll ute i världen. Långa garantitider tyder på pålitlighet, prestandan har förbättrats och prisnivåerna sjunkit. Konkurrenskraften har därmed stärkts på ett sätt som gör tekniken i det närmaste ekonomiskt bärkraftig.

## Läsanvisning

Skriften har en faktadel om solceller och olika former av solvärme. Inledningsvis beskrivs den mängd solinstrålning som når Sverige och hur marknaden för solceller och solfångare ser ut, såväl nationellt som internationellt. Solcellstekniken och olika typer av solfångare beskrivs relativt ingående. Genom ett antal goda exempel kan läsaren ta del av några projekt som genomförts i Sverige. Här beskrivs några konventionella anläggningar och processen i samband med investeringen. I några av exemplen finns också systemskisser presenterade, för att ge en överskådlig bild av systemtekniken.

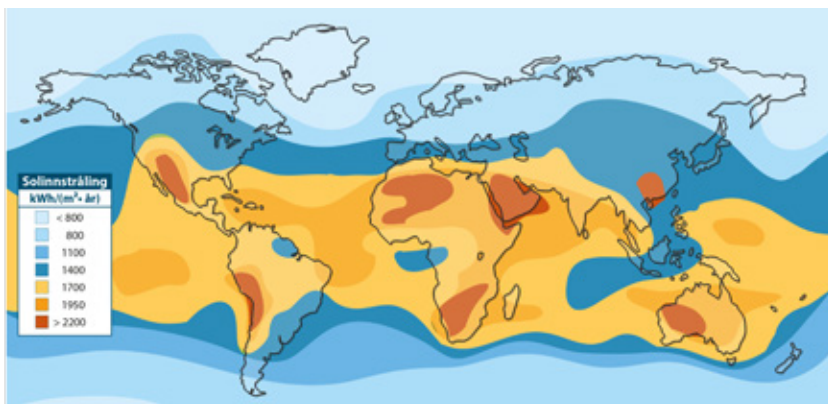


De ekonomiska förutsättningarna för den här typen av projekt har ett eget avsnitt. Även upphandlingsfasen ägnas speciell uppmärksamhet. Dels i ett avsnitt om upphandling men också genom en rad olika checklistor, allt för att ge en konkret bild av vad som är speciellt viktigt att beakta i samband med den här typen av objekt. För de som önskar mer information finns ett avsnitt med tips på ytterligare litteratur om teknikområdena och intressanta länkar som kan bidra med fördjupande kunskap.

# Inledning

**SOLEN ÄR EN GRUNDFÖRUTSÄTTNING** för allt liv på jorden och i ett mänskligt perspektiv är den därmed en oändlig resurs. Den solinstrålning som når jorden har en enorm potential och kan bidra till en stor del av den globala energiförsörjningen. Tio minuters solinstrålning mot jorden motsvarar ungefär samma energimängd som vi gör av med globalt under ett helt år!

Även i Sverige är solinstrålningen omfattande och långt mycket större än vad som är allmänt känt. Det är nästan samma mängd solinstrålning i Sverige som i södra Tyskland. Först i Medelhavsklimat ökar instrålningen markant och är cirka 1,5 gånger större än här. I ökenklimat är instrålningen 2,5 till 3 gånger större än i Sverige.



## SOLINSTRÅLNING INTERNATIONELLT

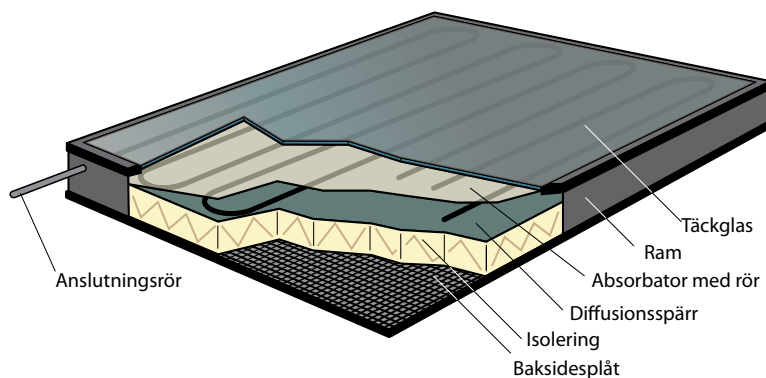
Solinstrålningen i Sverige är i det närmaste lika stor som i Tyskland. Det är först när jämförelsen görs med Medelhavsklimat som skillnaden ökar. Kring Medelhavet är solinstrålningen ungefär 1,5 gång så stor som i Sverige och i ökenklimat 2,5–3 gånger så stor som här. Tyskland är ett av de länder i världen som satsar mest på solenergi och vi har i det närmaste identiska förutsättningar vad gäller mängden solinstrålning under ett år.

KÄLLA: NORSK VVS & ENERGITEKNISK FÖRENING

## SOLINSTRÅLNING SVERIGE

Om vi förser en procent av Sveriges area med solceller (med 30 % verkningsgrad) skulle vi klara hela vår energianvändning (som år 2010 var 411 TWh). Ett ordinärt villatak (motsvarande cirka 100 m<sup>2</sup>) tar årligen emot fem gånger så mycket energi i form av solinstrålning som ett normalhushåll använder för värme och tappvarmvatten under ett år.

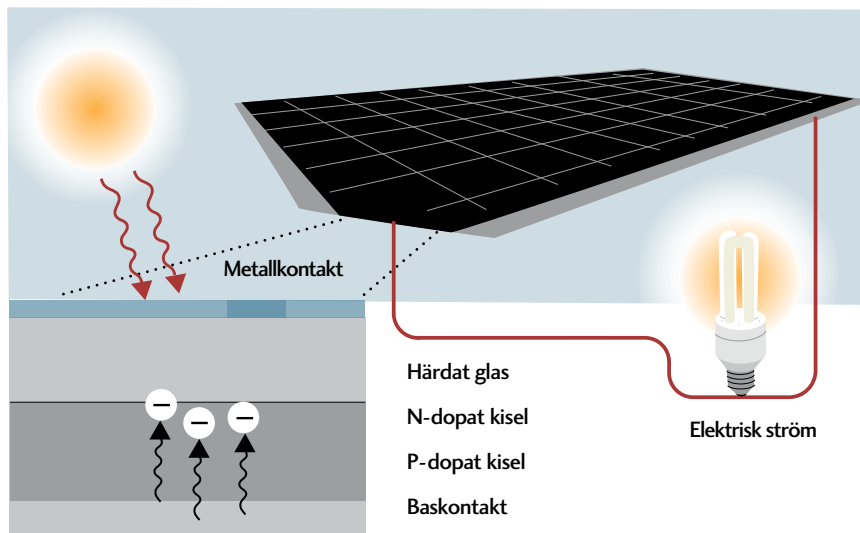
Solinstrålningen som når jorden kan omvandlas till el eller värme. För omvandling till värme och tappvarmvatten (solvärme) används huvudsakligen vätskeburna solfångare. Solvärmen lagras i någon form av värmelager, vanligtvis en ackumulatortank eller varmvattenberedare, för att sedan användas som värme och tappvarmvatten. Värmen kan även lagras på andra sätt, till exempel i berggrunden, underjordiska lerlager eller större vattenmagasin. Det finns också olika typer av kemiska lager, till exempel lagring av solvärme i salt. Det går också att använda volymen i en fjärrvärmekulvert som värmelager (eller snarare som temperaturutjämnare). I det svenska klimatet kommer solfångare upp till verkningsgrader på mellan 50–70 procent vilket innebär att de omvandlar 500–700 kWh per m<sup>2</sup> och år. Det innebär att en solvärmeanläggning kan dimensioneras för att täcka 25–35 procent av en byggnads årsvärmebehov (inklusive tappvarmvattenlasten).



### PLAN SOLFÅNGARKONSTRUKTION

Plana solfångarkonstruktioner dominerar den svenska marknaden. Det finns en handfull svenska tillverkare. Ungefär hälften av den area som installeras per år importeras. En plan solfångare består av en baksidesplatta (av plåt, aluminium eller annat material) som bärs upp av en självbärande ram. Ovanpå baksidesplattan placeras en värmeständig isolering som täcks av en damm- och diffusionsspärr. Mellan diffusionsspärren och täckglaset placeras absorbatoren (där värmeomvandlingen sker). Normalt används härdade, antireflexbehandlade glas i solfångare. ILLUSTRATION: LENNART MOLIN

I en solcell omvandlas solinstrålningen direkt till elektricitet. Det finns självförsörjande system, så kallade off-grid, där soleden dimensioneras för lågeffekta behov (belysning, cirkulationspumpar, fläktar och dylikt). Den här typen av system (ofta 12 V eller möjligen 24 V) är främst avsedda för användningsområden utanför det ordinarie elnätet, till exempel för belysning till busskurer, informationsskyltar, fyrar eller liknande.



#### SOLCELLSMODUL

I en solcellsmodul sammankopplas enskilda solceller i serie så att önskvärd spänning uppnås. En solcellsmodul är i allmänhet 1–1,5 m<sup>2</sup> och uppnår en topp effekt på 100–150 Wp. Solcellsmodulerna läggs i serie (strängar) och producerar likström. I en växelriktare omformas sedan elektriciteten till växelström. Uppemot 90–95 procent av de solceller som säljs idag är så kallade kiselceller. ILLUSTRATION: KOMBINERA

Dagens kiselceller (med en marknadsandel på cirka 90–95 %) har en verkningsgrad på 10–15 procent, vilket innebär att en solcellsanläggning genererar mellan 100–150 kWh per m<sup>2</sup> och år. Generellt dimensioneras en solcellsanläggning aldrig för att täcka ett givet effektbehov då det blir väldigt dyrt. Solcellsanläggningar dimensioneras istället för att ge ett visst eltillskott över året. Begränsande dimensioneringsfaktorer är till exempel möjligheten att placera solcellerna (tillgängliga tak- och fasadareor), investeringsvilja (tekniken är kapitalbindande) och elhandelsbolagens villkor för att köpa solel. Ur lönsamhetssynpunkt kan det vara mest fördelaktigt att investera i anläggningar där all el används direkt, då det förmodligen alltid kommer att vara ett högre pris på den el som används (köps in) än den som levereras ut på nätet (säljs).

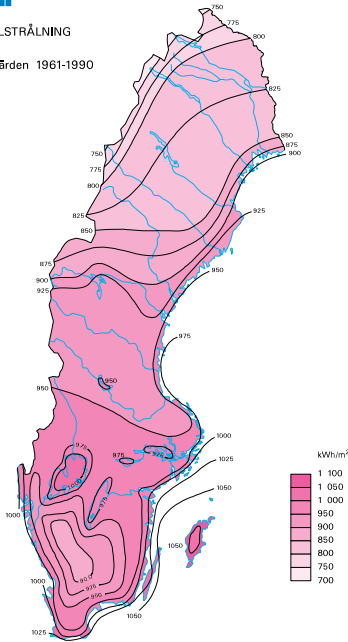
### NETTODEBITERING

Med nettodebitering menas ett system där till exempel överskottsel från en solcellsanläggning kan levereras ut på elnätet och sedan kvittas mot senare köpt elektricitet. Solcellsägare skulle på detta sätt kunna sälja eller byta överskottsel (som det inte finns behov av) till perioder när solcellsanläggningen inte kommer upp i en sådan produktionskapacitet att den täcker hela elbehovet. I skrivande stund utreder Finansdepartementet ett lagförslag om nettodebitering av el och skattskyldighet för energiskatt på el. Utredaren ska ta fram ett lagförslag om införande av ett system för nettodebitering som även ska omfatta kvittning av energi- och mervärdesskatt. Avsikten är att ta fram ett system för den förnybara el som *mikroproducenter* producerar och överför till elnätet och hur den ska kvittas mot annan el som tas emot från nätet. Aktuell information och besked om ett eventuellt lagförslag finns på [www.regeringen.se](http://www.regeringen.se)

Idag dimensioneras allt fler anläggningar som periodvis producerar mer el än vad som används i byggnaden, vilket innebär att villkoren för att kunna nettodebitera solel blir allt viktigare. Många energi- och elhandelsbolag har börjat betala för solel och också förbättrat villkoren för detta. Variationen på avtalen (villkoren) är emellertid stor.

### Solinstrålning

Solinstrålningen uttrycks i kWh per m<sup>2</sup> och år och är mer omfattande än vad som är allmänt känt. Mot en södervänd yta i Sverige, med 30° lutning från horisontalplanet, instrålar på årsbasis mellan 1000–1250 kWh per m<sup>2</sup>. Med bra solfångare kan 50–70 procent av denna solinstrålning omvandlas (motsvarande 500–875 kWh) till värme och i en solcell med 15–20 procent verkningsgrad genereras motsvarande 150–250 kWh elektricitet per m<sup>2</sup> och år. Utmed Sveriges kuster, från norr till söder, är skillnaden i mängden solinstrålning relativt liten.



### SOLINSTRÅLNING SVERIGE

Bilden visar globalinstrålningen (den totala instrålningen) mot en horisontell yta. Notera att skillnaden mellan norra och södra Sverige är relativt liten så länge jämförelsen görs utmed kusterna. Idealvinkeln för en solfångare är ungefär 10–15 grader lägre än den aktuella breddgraden. Det innebär att solinstrålningen per  $m^2$  ökar med 15–20 procent utifrån angivna värden på kartan om ytan vinklas upp 25–55 grader från horisontalplanet. KÄLLA: SMHI

Den energi (värme eller el uttryckt i kWh) som kan utvinnas av solinstrålningen påverkas huvudsakligen av det lokala vädret och hur mycket effekt som når markytan. I Sverige är det allmänt vedertaget att räkna med en effekt av solinstrålningen som motsvarar 1 000 W per  $m^2$ . Reflektion och absorption i moln begränsar sedan den mängd som når jordytan. Under sommarhalvåret, när avståndet i atmosfären är kortare, har vi nästan samma effekt i solinstrålningen i Sverige som i Sydeuropa. Skillnaden blir påtaglig först när instrålningen jämförs med Medelhavsområdet på årsbasis.

### TILLGÄNGLIG TAKYTA

Det finns i Sverige i storleksordningen 300  $km^2$  (källa: Potential for Building Integrated Photovoltaics, Report IEA – PVPS T7-4: 2002 (Summary) takyta som har bra förutsättningar för att täckas med solceller och solfångare. I princip kan denna area omvandla 120–150 kWh solel per  $m^2$  och år eller motsvarande 400–500 kWh solvärme per  $m^2$  och år. Skulle hela arean täckas med solcellsmoduler eller solfångare kan den årligen generera 35–40 TWh solel eller drygt 100 TWh solvärme, under förutsättning att det går att få avsättning för all energi. Det motsvarar knappt 30 procent av Sveriges totala elanvändning och 100 procent av hela Sveriges värmebehov.

Den energimängd som kan tillgodoräknas avgörs av tillgången på soltimmar, lokalisering av solfångarna eller solcellerna, reduktion i atmosfären, reflektionen och absorptionen i molnen samt verkningsgrad, väderstrecksorientering och lutning av enheterna.

Nyttiggjord instrålning minskar vid en avvikelse mot söder och påverkas också av vilken lutningsvinkel enheterna har. Optimala förutsättningar erhålls i rakt söderläge och med en lutning som ligger 10–15° grader under den breddgrad enheterna placeras på.

Riktning	Lutning			
	15°	30°	45°	65°
S	0,91	0,99	1,00	0,96
SV, SO	0,87	0,92	0,93	0,89
V, O	0,79	0,78	0,75	0,69

#### LUTNINGSTABELL

Tabellen visar korrigeringsvärden när en yta avviker i väderstreck och lutning med utgångspunkt från en södervänd yta med 45 graders lutning från horisontalplanet. Inom spannet sydost till sydväst och med en lutningsvinkel på mellan 30–65 grader är korrigeringsfaktorn liten. Tabellen visar att väst- och östorientering bör undvikas. Naturligtvis har det betydelse om det gäller solceller eller solfångare och vilken typ av solfångare. Rådgör med leverantören om placeringen av enheterna. Och se till att alltid undvika all form av skugga!

## Solvärme

När solinstrålningen omvandlas i en solfångare skapas per definition solvärme som i de flesta fall används för tappvarmvattenberedning eller till viss del för rumsuppvärmning. En solfångare kan antingen ha luft eller vätska som värmebärare. Den vanligaste tillämpningen är vätskeburna solfångare som dimensioneras för att täcka tappvarmvattenbehov och värmelast under sommarhalvåret. I Sverige krävs systemlösningar som kan vara i drift hela året vilket innebär att värmebäraren måste vara frostskyddad. I vätskeburna system används i regel någon form av glykolblandat vatten.

### Användningsområde

För den offentliga miljön finns en rad olika användningsområden. I första hand används solvärmern för att täcka tappvarmvattenlasten under årets sommarmånader. Solvärme kan till exempel vara aktuell för vård- och omsorgsboende, idrottsplatser, utomhusbad, flerbostadshus och campinganläggningar men egentligen är alla inrättningar som har ett värme- och tappvarmvattenbehov sommartid av intresse. Värmeomvandlingen i en solfångare kan också användas för att driva en kylanläggning i en så kallad

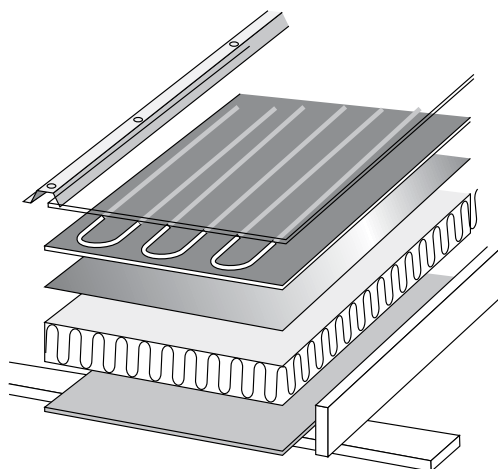
absorptionskylmaskin. Enkla luftburna solfångare kan med fördel användas till att förvärma ventilationsluften. Det finns också lågtempererade (oglasade och oisolerade) solfångare som främst är konstruerade för att värma utomhusbassänger.

## Solfångare

Principen för termiska solfångare är att solinstrålningen absorberas på en yta och den värme som uppstår överförs till ett medium. I luftburna solfångare sker omvandlingen följaktligen till luft och i en vätskeburen solfångare till en vätska, antingen till förbrukningsvattnet direkt eller till en frostskyddad värmebärare. För lågtempererade användningsområden (t.ex. för att värma en utomhusbassäng) finns speciella oglasade och oisolerade solfångare. Det har också utvecklats speciella takintegrerade solfångare för större projekt och dessa enheter fungerar även som taktäckningsmaterial.

### ÅTERVINNINGSBARHET

En solcellsmodul återgenererar energiåtgången för sin produktion på mindre än två år. Energianvändningen för att tillverka en solfångare är betydligt lägre samtidigt som den har en högre verkningsgrad, vilket gör att solfångare återgenererar motsvarande energimängd för tillverkningen under ett år. Såväl solcellsmoduler som solfångare kan i princip återvinnas till 100 procent efter användningstiden.



### PRINCIPSKISS SOLFÅNGARE

Bilden visar hur en plan solfångarkonstruktion är uppbyggd. Detta utseende gäller, mer eller mindre, oavsett fabrikat eller storlek på enheten. Plana solfångare kan byggas upp till 10–15 m<sup>2</sup> per enhet. Konstruktionen är tät och kan fungera som, och därmed ersätta, annat taktäckningsmaterial. I allmänhet erhålls bättre verkningsgrad ju större enheterna är, samtidigt som monteringsarbetet underlättas eftersom det blir färre enheter att hantera för en given area.

ILLUSTRATION: TYPOFORM



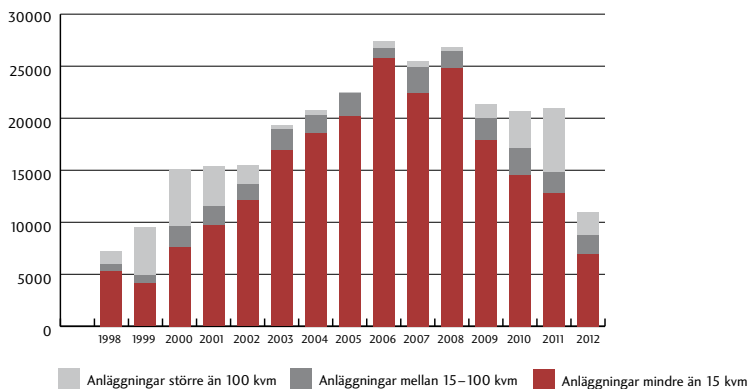
I direkta system, till exempel för uppvärmning av utomhusbassänger, värms bassängvattnet direkt i solfångaren vilket innebär att bassängvattnet i sig självt fungerar som värmebärare. I indirekta system används en frostskyddad värmebärare i solkretsen som sedan växlas över till ett användningsområde (t.ex. tappvarmvatten, rumsuppvärmning, bassänguppvärmning eller för kyla) via en värmeväxlare till ett värmelager.

### Marknadssituation i Sverige och internationellt

Även om förutsättningarna vad gäller solinstrålningen nära nog är lika bra i Sverige som i de flesta andra länder i Europa norr om Alperna, använder vi bara en bråkdel solvärme jämfört med till exempel Österrike, Tyskland och Danmark.

Sverige utvecklade tidigt solfångare och solvärmesystem. Redan i samband med oljekriserna på 1970-talet genomfördes de första storskaliga solvärmeprojekten i vårt land. Under ett par decennier var vi sedan teknikledande men i takt med att hemmamarknaden minskade avtog den industriella utvecklingen. Idag finns endast ett fåtal svenska företag som utvecklar och producerar solfångare och solvärmesystem. Ungefär hälften av de solfångare som appliceras i Sverige importeras från andra länder.

Under alla år har teknikområdet på ett eller annat sätt varit stödberoende och det har också funnits investeringsstöd under en längre tid. Vid årsskiftet 2011–2012 togs emellertid investeringsstödet bort. Det gör att vi under år 2012 ser hur den svenska marknaden minskar, inte minst bland medelstora och större projekt.



### SVENSK SOLVÄRMEMARKNAD

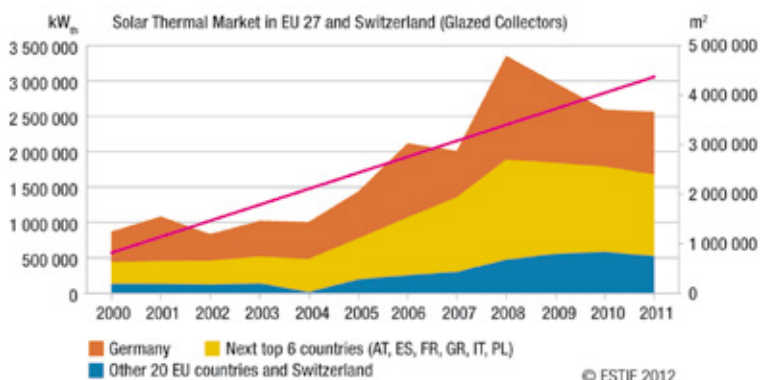
Bilden visar solvärmemarknaden i Sverige och baserat på försäljningssiffror av glasade solfångare uttryckt i kvadratmeter. Genom att multiplicera den installerade arean med 0,7 får man ut den installerade termiska effekten (MWth). Under toppåret 2006 installerades det drygt 27 000 m<sup>2</sup> i Sverige vilket då årligen genererar knappt 10 800 MWth. Till och med år 2011 har andelen större projekt ökat och en del av dessa objekt är installerade inom den offentliga sektorn! KÄLLA: JOHAN BJÖRKMAN, SP SVERIGES TEKNISKA FORSKNINGSSINSTITUT

I Sverige omvandlas motsvarande 0,12 TWh solvärme per år vilket kan jämföras med 6 TWh i Tyskland. Som bäst (2006) har det installerats knappt 30 000 m<sup>2</sup> solfångare i Sverige medan Tyskland har legat på årsvolymer över 1 000 000–1 500 000 m<sup>2</sup>. I sammanhanget kan också nämnas att det i Österrike årligen installeras motsvarande area solfångare som Sveriges ackumulerade area. Det land i världen som utnyttjar mest solvärme är dock Kina. Den kinesiska marknaden uppgår till cirka 80 procent av världsmarknaden.

Potentialen för solvärme är stor i Sverige. Teoretiskt skulle vi kunna klara av 20–30 procent av vår samlade värmelast (som uppskattningsvis ligger kring 100 TWh) med solfångare. Praktiskt och ekonomiskt ligger potentialen sannolikt på mellan 4–10 TWh inom 15–20 år. En rad faktorer har stor inverkan på de närmaste årens utbyggnad. Framför allt prisutvecklingen på solfångare och system men också alternativkostnaden för energi i allmänhet och värme i synnerhet. Stigande el- och biobränslepriser skulle naturligtvis främja marknadsutvecklingen. Det är också viktigt att det sker en standardisering av tekniken och utveckling av solfångare som lättare och mer kostnadseffektivt kan integreras i fasad- och takmaterial. Avgörande är också en större kännedom om tekniken i beställarled och bland konsulter och installatörer.

Solenergin ska ses som en del av energisystemet. Energiomvandlingen sker utan att några resurser tas i anspråk och energibäraren är gratis. Den energi som inte används direkt kan sparas i andra energibärare för att användas vid senare tillfällen. Solel kan till exempel lagras i vattenkraft och solvärme i biobränsle. På så vis kan solenergin få betydelse för energiförsörjningen även när solen inte lyser.

Det är extra intressant när solcellsmodulerna eller solfångarna kan få en sekundär funktion för byggnaden, som taktäckningsmaterial, balkongräcken eller som solavskärmning. Solvärmens ger bra kombinations fördelar i biobränsleeldade system. Genom att ersätta låglasteldning under sommartid skapas i allmänhet en högre systemverkningsgrad vilket ökar konkurrenskraften för solvärmens.



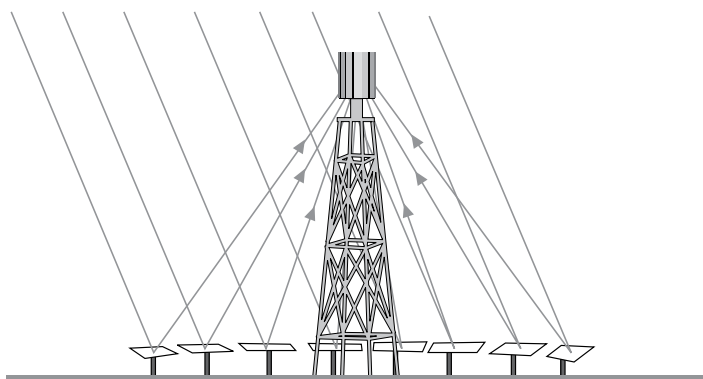
### DEN EUROPEISKA SOLVÄRMEMARKNADEN

Utmärkande är hur stor den tyska solvärmemarknaden är. Solvärmen kommer år 2012 att producera ungefär 6 TWh värme i Tyskland. I Österrike har det under en 20-års period årligen installerats motsvarande mängd solfångare som vi har ackumulerat i Sverige sedan 1970-talet. Starka tillväxtmarknader just nu är Spanien, Frankrike och Italien. I en internationell jämförelse är dock den europeiska solvärmemarknaden ganska blygsam. Mer än 80 procent av den installerade arean år 2011 finns i Kina! KÄLLA: © ESTIF EUROPEAN SOLAR THERMAL INDUSTRY FEDERATION, WWW.ESTIF.ORG

Globalt tillförde solvärmen motsvarande 150 TWh värme (år 2010) varav 81 procent installerats i Kina. Cypern har cirka 621 W installerad solvärme per capita, Österrike 332 W, Grekland 263 W, Tyskland 128 W, Danmark 74 W och Sverige endast 25 W.

### Solel

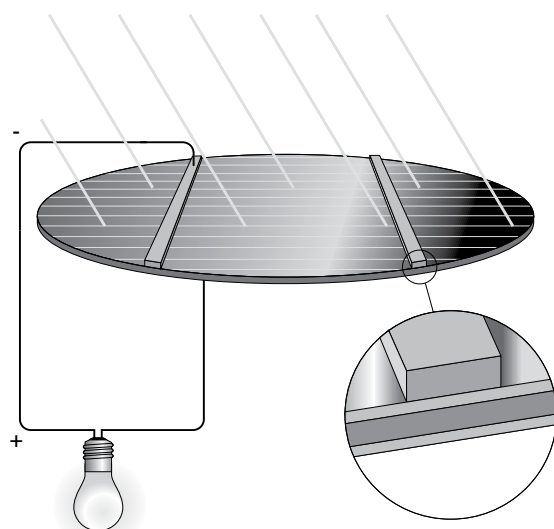
Solljuset kan i en solcell omvandlas till elektricitet. Det finns några olika metoder för detta. I geografiska områden med en förhållandevis stor mängd klar solinstrålning (t.ex. kring Medelhavet) byggs så kallade termiska solkraftverk. Markbaserade speglar koncentrerar solljuset till en ångturbin som i sin tur driver en generator. Tekniken är vanlig i södra Spanien och delar av USA. Termisk solem är intressant i områden där elen kan användas för topplast, till exempel i länder med varmt och soligt klimat och där det följaktligen finns stora behov av luftkonditionering.



### TERMISKT SOLKRAFTVERK

I ett termiskt solkraftverk reflekteras solstrålarna till en ångturbin som i sin tur driver en generator. Tekniken kallas på engelska för Concentrated Solar Power (CSP) och fungerar bäst där det finns förhållandevis många klara soldagar, till exempel i södra Spanien eller i delar av USA. ILLUSTRATION: TYPOFORM

I Sverige är det däremot mer intressant med konventionell solcellsteknik. I en solcell omvandlas solljuset direkt till elektricitet. Sverige har haft en världsledande forskning på framför allt tunnfilmsteknik vid Uppsala universitet (Ångströmlaboratoriet). Trots en internationellt sett hög kunskapsnivå har det i Sverige inte skapats någon nämnvärd industriell utveckling inom teknikområdet på grund av en svag hemmamarknad.



### FUNKTION KISELSOLCELL

När en solcell utsätts för ljus polariseras den så att framsidan blir negativt laddad och baksidan blir positivt laddad. Konventionella solceller består av en tunn skiva kisel. När solljuset träffar solcellen strävar energiflödet från den ena sidan (+ sidan) till den andra sidan (- sidan) av cellen, vilket genererar en elektrisk spänning mellan de olika sidorna. Solcellens framsida har ett metalliskt nät som samlar in den elektriska strömmen. Solcellens baksida är täckt av ett ledande metallskikt, ofta kisel.

ILLUSTRATION: TYPOFORM

## Användningsområde

Under senare år har intresset för nätanslutna projekt ökat dramatiskt. Allt fler kommuner, landsting och andra offentliga inrättningar investerar idag i solcellsteknik. Sjunkande priser och investeringsstöd har hjälpt till att öka intresset och investeringsgraden. Allt fler objekt utnyttjar också solcellerna för någon sekundär funktion. Det kan till exempel vara för solavskärmning, som balkongräcken eller fasad- och taktäckningsmaterial. I de objekt där solcellerna används för något annat ändamål förbättras lönsamheten betydligt! En stor fördel är också att elektriciteten omvandlas i direkt anslutning till där den ska användas.

Ett extra intressant användningsområde är vid lågeffekta behov och där det saknas ledningsbunden elektricitet. För den offentliga sektorn kan det till exempel röra sig om olika typer av informationsskyltar (vägskyltar, kommun- och turistinformation vid läns- eller kommungränser etc.). I många fall blir det mer kostnadseffektivt med denna typ av solelssystem än att dra fram ledningsbunden el för ett lågt energibehov. Eftersom dessa anläggningar inte ansluts till nätet är de inte stödberättigade.

### *INVESTERINGSSTÖD SOLEL*

Regeringen avsatte hösten 2011 ytterligare 210 miljoner kronor för ett solelsstöd. Stöd ges till nätanslutna system och anslagna medel är avsatta till och med 2016. Stödnivån är på 35 procent av den totala investeringskostnaden. Information om aktuella stödnivåer och länsvis fördelning av medel kan antingen erhållas via Länsstyrelsens Bostadsenhet eller via [www.energimyndigheten.se](http://www.energimyndigheten.se)

### ELCERTIFIKATSYSTEMET

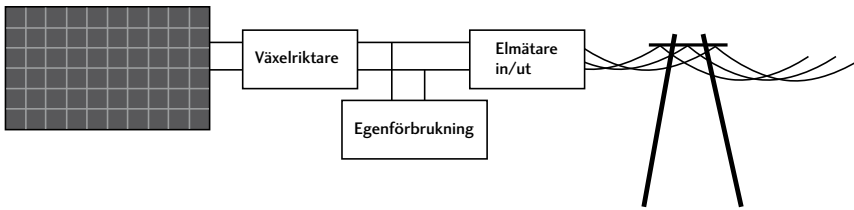
Elcertifikatsystemet är ett marknadsbaserat stödsystem som ska öka produktionen av förnybar el på ett kostnadseffektivt sätt. I Sverige ska elcertifikatsystemet bidra till 25 TWh förnybar el från år 2002 fram till år 2020. Tillsammans med Norge ska ytterligare 13,2 TWh förnybar el produceras mellan åren 2012 och 2020. Från år 2002 fram till år 2011 har den förnybara elproduktionen ökat med drygt 13 TWh, framför allt genom ny biokraft och vindkraft. 1 500 nya anläggningar har tagits i drift, varav merparten är vindkraft. Elcertifikatsystemet berör främst producenter av förnybar el, elleverantörer, elintensiv industri och vissa elanvändare. De energikällor som kan tilldelas elcertifikat är vindkraft, viss vattenkraft, vissa biobränslen, solenergi, geotermisk energi, vågenergi och torv i kraftvärmeverk. För ytterligare information se: [www.energimyndigheten.se](http://www.energimyndigheten.se). (Källa: Energimyndigheten.)

### Solceller – moduler eller solpaneler

En solcell omvandlar solljuset till elektrisk ström. Den elektriska strömmen tas ut via ledningar som är anslutna till cellens fram- och baksida. De enskilda solcellerna seriekopplas sedan för att komma upp i önskvärd spänning (likström), normalt 12–24 volt. De laminerade solcellerna levereras som färdiga enheter vilka i allmänna ordalag kallas solpanel (alternativt modul). Även solpanelerna seriekopplas för att erhålla önskvärd spänning. I vissa fall kan det bli fråga om väldigt hög spänning, upp emot flera hundra volt.

Solpanelerna har normalt en effekt på 100–150 Wp och brukar omfatta en area kring 1–2 m<sup>2</sup> per enhet, vilket naturligtvis varierar beroende på fabrikat. I nätanslutna system omformas likströmmen via en växelriktare till växelström som antingen används direkt av brukaren eller matas ut på elnätet.

En solcellsanläggning är i det närmaste underhållsfri. Det finns inga mekaniska komponenter och själva solcellsmodulerna har en extremt lång livslängd. Det finns leverantörer som lämnar upp till 20–30 års funktionsgaranti på solcellerna! Det är viktigt med en regelbunden översyn av anläggningen. Solcellerna bör ses över någon gång per år för att kontrollera fastsättningen och att de är hela. Elgenereringen bör läsas av med relativt täta tidsintervaller för att kontrollera att anläggningen fungerar som avsett.

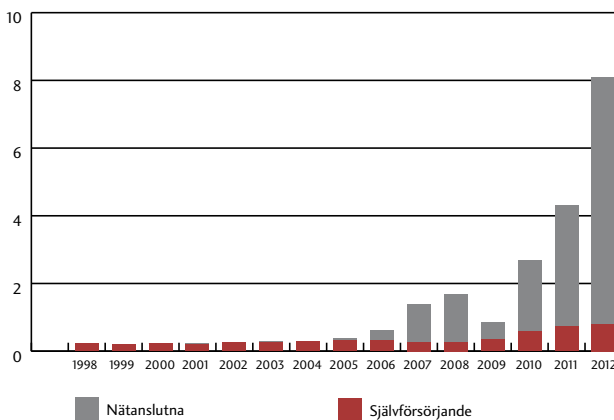


### KOMPLETT SOLELSANLÄGGNING

En solesanläggning består av ett antal solcellsmoduler som seriekopplas för att ge önskvärd spänning. Likströmmen omformas till växelström i en växelriktare. I första hand används växelströmmen i byggnaden som solcellsmodulerna är placerade på. Via en elcentral överförs elektriciteten till byggnadens elsystem. Eventuell överskottsel levereras ut på nätet via ett mätarskåp, för att få kontroll över antalet kWh som köps in respektive levereras ut på nätet.

### Marknadssituation i Sverige och internationellt

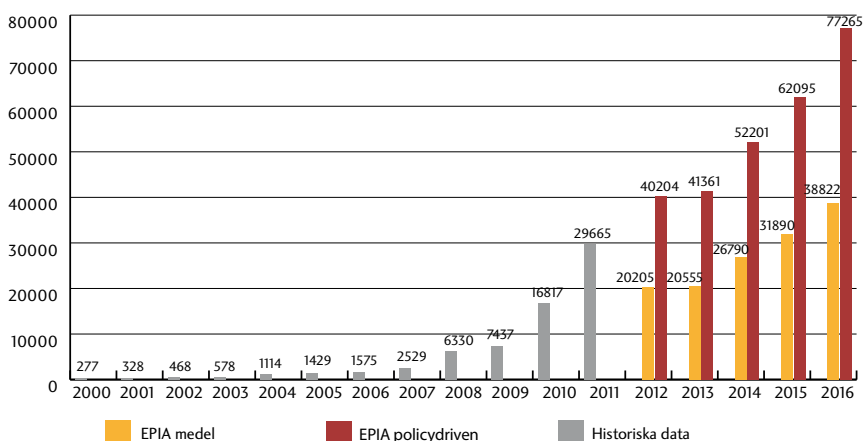
Den svenska solesmarknaden är blygsam i en internationell jämförelse. Anledningarna till detta är många. Först och främst har vi en god tillgång på energi och inte minst förnybara resurser, i första hand biobränsle och vattenkraft. Under senare år har även investeringar i vindkraft ökat dramatiskt (vindkraftsproduktionen år 2011 var 6,1 TWh + 74 % jämfört med 2010) och kom upp i knappt 7,5 TWh år 2012. Vi har också under senare år ökat utbyggnaden av biobränslebaserad kraftvärme. Som en följd av god tillgång på elektricitet har Sverige förhållandevis låga elpriser, vilket minskat intresset och försämrat konkurrenssituationen för soles jämfört med förutsättningarna i många andra länder.



### SVENSK SOLCELLSMARKNAD

Solcellsmarknaden i Sverige växer. Under 2012 installerades nära nog dubbelt så mycket effekt solceller som året före. Som en följd av fortsatta investeringsstöd kan vi även för framtiden förvänta oss en stark marknadstillväxt.

Trots dessa förutsättningar ser vi en växande solelsmarknad i Sverige. Mycket tack vare sjunkande priser och ett investeringsstöd, men också för att det framför allt inom den offentliga sektorn finns ett stort intresse för teknikområdet. Allt sedan investeringsstödet infördes 2005 har vi på bara några år gått från 5 MW till cirka 15 MW solel i Sverige. Bara under 2011 installerades ungefär 4,5 MW solel! Detta kan emellertid jämföras med att det i Tyskland under 2011 installerades 7 500 MW och i Italien hela 9 301 MW. Den effekt-nivå (15 MW) som vi kommit upp i nu genererar motsvarande 0,010–0,015 TWh solel per år, vilket kan jämföras med att det i Tyskland under år 2012 kommer att tillföras knappt 30 TWh solel.

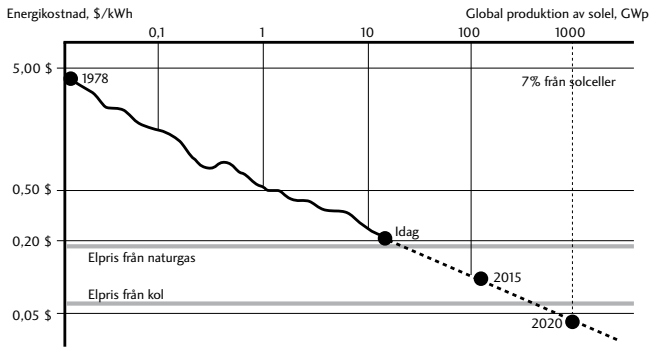


#### GLOBAL MARKNADSUTVECKLING

I Tyskland har det 2011 installerats ungefär 7,5 GWp solel och den ackumulerade solcellsarean kommer att producera knappt 30 TWh solel. I Italien har det installerats drygt 9,3 GWp under 2011. Länder som kommer starkt är Japan (4,9 GW), Spanien (4,4 GW), Kina och USA. De flesta bedömare tror på en fortsatt stark tillväxt av solcellsinstallationer i världen. KÄLLA: EPIA – EUROPEAN PHOTOVOLTAIC INDUSTRY ASSOCIATION

Även solelen har en stor potential i Sverige. Olika beräkningar visar att en utbyggnadstakt till motsvarande 4 TWh solel till år 2020 är fullt möjlig. Vissa bedömare tror till och med att vi till år 2030 skulle kunna komma upp till cirka 10 procent av vår elanvändning, vilket skulle motsvara 14–15 TWh. Utbyggnadstakten kommer i första hand att påverkas av prisutvecklingen på solelssystemen men också den allmänna prisutvecklingen på elektricitet i Sverige och Europa samt överföringskapaciteten till våra grannländer. För att nå upp till dessa volymer måste den industriella utvecklingen ta fart och helt avgörande är också om och i så fall när ett regelverk för så kallad netto-debitering införs.





### PRISREDUKTIONEN PÅ SOLCELLER

Som en följd av teknikutveckling och ökade produktionsvolymerna sjunker priset på solceller kraftigt. Under de senaste 18 månaderna har priserna sjunkit med 50–70 procent. Bilden visar den sammanlagda produktionen i GWp och kostnad för installerad sol i \$ per kWh för olika år. KÄLLA: E. SACHS, MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY

## Fokus på offentlig sektor och lokaler

Den offentliga sektorn har ett stort fastighetsbestånd och därmed omfattande energianvändning. Inom en rad sektorer och för många användningsområden finns det goda förutsättningar att använda solenergi. För vissa ändamål lämpar sig solceller bättre och för andra är solvärmesystemet mer konkurrenskraftigt. Genom att vid nyproduktion eller vid ombyggnad och renovering vara uppmärksam finns det stora möjligheter att göra lönsamma solenergiinvesteringar.

Den offentliga sektorn har i allmänhet ett långsiktigt ägande vilket förbättrar villkoren för solenergi. Det är till exempel stor skillnad på att göra en ekonomisk kalkyl som sträcker sig över fem år än om kalkyltiden kan utökas till 20 år eller längre. En annan faktor som gör solenergin mer intressant inom den offentliga sektorn är att kalkylräntan i allmänhet kan sättas lägre än inom andra sektorer. Bredvid kalkyltiden är det i huvudsak räntesatsen som påverkar lönsamheten för den här typen av objekt.

Den offentliga sektorn kan fungera som föregångare genom att investera i ny teknik. Som en stor aktör och betydelsefull beställare kan den offentliga sektorn vara med och utveckla ny teknik men också bidra till viktig informations- och kunskapsspridning. Beställarfunktionen tvingar också andra aktörer att öka sin kompetens på området. På så vis kan såväl arkitekter som konsulter och entreprenörer stimuleras till att öka sin kunskap. I förlängningen innebär detta att den offentliga sektorn kan påverka utvecklingen och hjälpa ett teknikområde att öka sin konkurrenskraft, dels genom ökade volymer vilket i sig skapar förutsättningar för storskalafördelar, men också genom att nya objekt fungerar som visningsanläggningar vilket stimulerar såväl kunskapsspridningen som kännedomen.

Investeringar i solex och solvärme synliggör tekniken effektivt. Referensobjekt kan få stor betydelse för trovärdighet och acceptans och stimulera såväl branschaktörer som andra investerare till ytterligare investeringar.

#### *EU:S MÅL OCH ÅTGÄRDER INOM ENERGI- OCH KLIMATOMRÅDET*

Solenergin kan få stor betydelse för att uppnå såväl den offentliga sektorns energi- och klimatmål som de mål EU satt upp. Inte bara genom den energi som tekniken genererar, utan också genom att visa på olika tillämpningsformer.

EU:s energi- och klimatmål sammanfattas enligt följande på regeringens hemsida:

”- Minskade utsläpp av växthusgaser med minst 20 procent till år 2020 (EU 27), utsläppen ska minska med 30 procent vid en bredare, internationell överenskommelse.

- Andelen förnybar energi ska motsvara 20 procent av all energianvändning i EU år 2020.

- Biodrivmedel ska utgöra minst 10 procent av den totala drivmedelsanvändningen inom transportsektorn senast år 2020.

- Ökad energieffektivitet inom unionen – energianvändningen ska minska med 20 procent till år 2020.

- Flyget ska omfattas av EU:s system med handel med utsläppsrätter från 2012.

- EU:s energi- och klimatpaket, Europeiska rådet enades om energi- och klimatpaketet december 2008.”

För ytterligare information: [www.regeringen.se](http://www.regeringen.se)

Det finns en rad olika användningsområden av speciellt intresse. När det gäller solex kan det vara intressant att studera objekt där solcellerna (solpanelerna) kan få en sekundär funktion för byggnaden. Det kan vara som taktäckningsmaterial eller för solavskärmning. Det finns också exempel på att solpaneler används som balkongräcken, ljudvallar och liknande. När det gäller solvärme är det mest intressant att täcka tappvarmvattenlaster. Kommuner driver ofta campinganläggningar och idrottsplatser, inrättningar med omfattande varmvattenanvändning och som sammanfaller med årstider då solinstrålningen är som störst. Av den anledningen är solvärme särskilt intressant för denna typ av objekt. Sedan finns det naturligtvis en rad olika användningsområden där det kan vara lämpligt med solvärme. Det viktiga är att fokusera på objekt som har någon form av värmelast eller tappvarmvattenbehov under sommarhalvåret.

## För- och nackdelar – begränsningar och saker att tänka på

Solenergens största fördel är att inga resurser tas i anspråk i själva omvandlingsfasen till elektricitet eller värme. Det innebär för det första att energiflödet är kostnadsfritt och för det andra att tekniken är helt miljö- och klimatneutral. I takt med att priserna på solceller sjunker ökar konkurrenskraften. För solvärmern ser vi en stabil prisnivå med i stort sett konstanta kostnader under 10–15 års tid. Eftersom alternativkostnaden för värme samtidigt har ökat, har även solvärmern stärkt sin konkurrenskraft betydligt.

Allt fler aktörer har någon form av miljöpolicy. En investering i solenergi får i detta avseende en påtaglig effekt eftersom tekniken är väl synlig på byggnaden och därmed får ett stort exponeringsvärde, samtidigt som ett varumärke kan förstärkas. Många aktörer inom den offentliga sektorn har en tydlig miljöprofilering, vilket borde stimulera utnyttjandet av solenergi.

Det är viktigt att se såväl soleden som solvärmern som komplement till energiförsörjningen. Av det skälet gäller det att investera i objekt (fastigheter) där solenergin kan ingå som en naturlig del i energi- eller värmeförsörjningssystemet. Det gäller helt enkelt att välja ut objekt som har tekniska och ekonomiska förutsättningar för investeringar i soled och solvärme. Bra objekt kan sedan med tiden ge erfarenheter av vilka typer av förutsättningar som är gynnsamma och det är alltid bra att börja där det är som enklast.

Soled och solvärme binder kapital men har försumbara drift- och underhållskostnader. Konkurrenskraften och lönsamheten påverkas nästan enbart av kapitalkostnader. Av det skälet är kalkyltiderna och kalkylräntan av största betydelse för lönsamheten. Solcellsprojekt och solvärmeanläggningar binder investeringsmedel som skulle kunna användas till annat.

Generellt gäller det att dimensionera anläggningarna efter den last som gäller. Det är viktigt att det finns ett behov av den elektricitet som alstras (om det inte finns ett förmånligt nettodebiteringsavtal) eller den värme som produceras. Av det skälet kan det till exempel vara mindre lämpligt med solvärme till skolor och förskolor, om det inte bedrivs någon verksamhet under sommarmånaderna. I en solvärmeanläggning blir utbytet i allmänhet bättre vid en underdimensionering än vid en överdimensionering. I underdimensionerade anläggningar minskar dessutom risken för övertemperaturer.

Referensanläggningar är av stor vikt. Inför en investering, oavsett vilken, är det bra att besöka en eller flera anläggningar. Dels för att få praktiska installations- och drifterfarenheter men också för att lära känna tekniken, ta del av utfall och nytta och framför allt skapa kontakter med aktörer som kan projektera, offerera och installera.

### *SVENSK SOLENERGI*

På branschorganisationen Svensk Solenergis hemsida ([www.svensk-solenergi.se](http://www.svensk-solenergi.se)) finns leverantörer och installatörer av solels- och solvärmeutrustning samlade.

## Olika teknikområden

**SOLENERGIN KAN OMVANDLAS** till värme eller elektricitet och för detta används solfångare för värmeomvandling och solceller för generering av elektricitet. I det här avsnittet presenteras de vanligaste solfångarna och solcellerna på den svenska marknaden.

Lite udda teknikområden som kan ha ett visst intresse för objekt inom den offentliga sektorn tas också upp. Luftburen solvärmeteknik kan till exempel vara intressant i objekt som står inför någon form av fasadförändring, till exempel i samband med renoverings- och ombyggnadsprojekt. Det har också utvecklats en systemteknik för solkyla som är intressant för lokaler med kylbehov. I samband med nyproduktion är det viktigt att tänka på byggnadens orientering och att det går att utnyttja solinstrålningen passivt för inflöde av såväl ljus som värme.

### Vätskeburna solvärmesystem

Den vanligaste typen av solvärmesystem är vätskeburna system. Det innebär att en frostsäker vätska fungerar som värmebärare och transporterar värmen från solfångarna till värmelagret. Värmebäraren måste förutom att vara frostsäker också klara de tryck- och temperaturvariationer som kan uppstå i solkretsen. Vätskan måste också anpassas för att klara de material som ingår i systemet.

Den viktigaste komponenten i ett solvärmesystem är solfångaren. Under årens lopp har ett omfattande utvecklingsarbete lett fram till bra konstruktioner med lång livslängd och hög prestanda. Bra plana solfångare har i vårt klimat en verkningsgrad på omkring 50 procent vid normala driftförhållanden. Vakuumsolfångare har i allmänhet lägre värmeförluster och därmed högre verkningsgrad, speciellt vid låga utomhustemperaturer eller vid höga arbetstemperaturer i solkretsen.

Det finns en rad olika solfångarkonstruktioner och det vi kallar för plana solfångare och vakuumsolfångare dominerar den svenska marknaden.

Under senare år har marknadsfördelningen varit ganska jämn med ett litet försteg för plana solfångare. I större objekt dominerar dock de plana solfångarkonstruktionerna.

#### MARKNADSÖVERSIKT

På branschorganisationen Svensk Solenergis hemsida ([www.svensksolenergi.se](http://www.svensksolenergi.se)) finns de flesta aktörer som arbetar med solet och solvärme samlade. Leverantörer går också att hitta på SP – Sveriges Tekniska Forskningsinstituts hemsida ([www.sp.se](http://www.sp.se)).

En viktig aspekt vid val av solfångare är kvalitetssäkring. En solvärmeanläggning är alltid en långsiktig investering och därför gäller det att välja produkter som uppfyller de provnings- och prestandakrav som bör ställas på solfångare i vårt klimat. Det finns idag en europeisk certifiering (Solar Keymark) av solfångare och solvärmesystem. Solar Keymark är ett frivilligt kvalitetsmärke som erhålls genom att solfångarna eller systemet uppfyller fastställda certifieringsregler enligt en europeisk standard.

#### SOLAR KEYMARK

Ett godkännande i ett europeiskt land enligt certifieringssystemet Solar Keymark gäller i hela Europa. Provningsen utförs av ett ackrediterat provningsinstitut, till exempel SP – Sveriges Tekniska Forskningsinstitut i Borås ([www.sp.se](http://www.sp.se)). Mer information om certifieringssystemet och ackrediterade testinstitut finns på [www.solarkeymark.org](http://www.solarkeymark.org).



#### SOLAR KEYMARK

Solar Keymark är en frivillig kvalitetsmärkning av solfångare och solvärmesystem som erhålls efter godkänd provning enligt en europeisk standard. Ett godkännande i ett land gäller i hela Europa. Provingen kan endast utföras av ackrediterade testinstitut, som till exempel SP – Sveriges Tekniska Forskningsinstitut i Borås. För ytterligare information se [www.sp.se](http://www.sp.se) eller [www.solarkeymark.org](http://www.solarkeymark.org)

#### Plana solfångare

De plana solfångarkonstruktionerna dominerar den europeiska marknaden och även i Sverige. Speciellt när det gäller större projekt där solfångarna även ska fungera som taktäckningsmaterial eller i de fall där de placeras på marken. Sverige var tidigt ute och började utveckla plana solfångarkonstruktioner redan i slutet av 1970-talet. Under senare år har det utvecklats allt bättre plana solfångare med höga verkningsgrader anpassade och standardiserade för takmontage.

Generellt erhålls en bättre verkningsgrad ju större solfångarna är. I en stor modul (upp till 15–20 m<sup>2</sup> per enhet) minskar andelen kantförluster vilket ökar verkningsgraden. En annan slutsats är att kvadratmeterpriset per enhet sjunker ju större modulerna är, samtidigt som monteringsarbetet förenklas.

#### VÄRMEUTBYTE PLANA SOLFÅNGARE

En bra plan solfångare har vid en drifttemperatur på 50° C vid en solinstrålning motsvarande 1000 kWh per m<sup>2</sup> ett värmeutbyte som motsvarar 400–500 kWh per m<sup>2</sup> och år.

Det finns ett stort utbud av plana solfångare på marknaden. Importen har under senare år ökat, framför allt från Tyskland och Österrike. Det finns idag endast en handfull svenska tillverkare men dessa har å andra sidan en relativt stor marknadsandel. Sveriges Tekniska Forskningsinstitut (SP) tillhandahåller en förteckning över leverantörer som kan erbjuda Solar Keymärkta solfångare. I redovisningen framgår typ av solfångare och leverantör. Även solfångarens prestanda redovisas (se [www.sp.se](http://www.sp.se)).



#### TAKINTEGRERAD SOLFÅNGARE

Bilden visar en takintegrerad solfångare som täcker en hel takyta och även fungerar som taktäckningsmaterial. Solfångarna kommer som färdiga enheter och placeras direkt på takstolarna. Konstruktionen gör att merkostnaden för solfångaren kan hållas nere.

FOTO: JAN-OLOF DALENBÄCK, CHALMERS

Det är viktigt att välja konstruktioner som klarar vårt klimat vad gäller snölast och stora temperaturvariationer. En plan solfångarkonstruktion har i allmänhet en stagnationstemperatur kring 180–190° C. Solfångarna måste också vara korrosionssäkra, klara de tryck som kan uppstå i solkretsen och naturligtvis stå emot väder och vind.

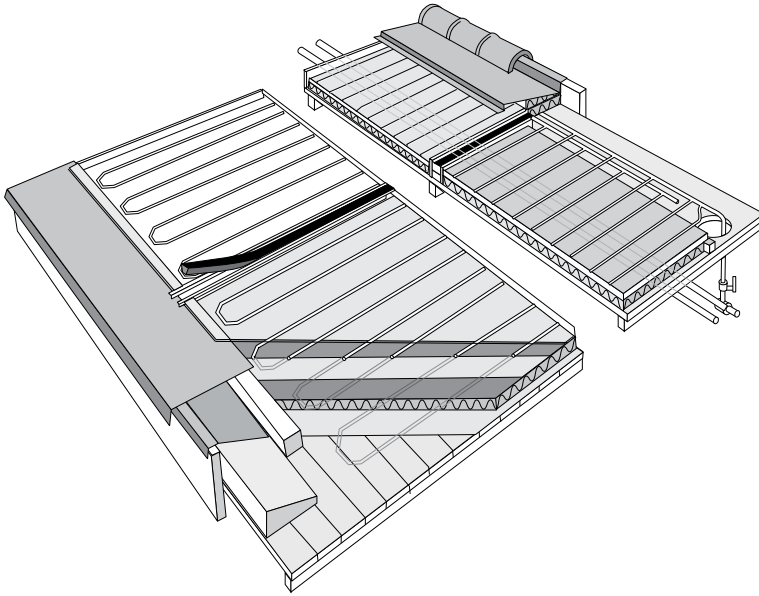
#### DRÄNERANDE SOLFÅNGARE

Det finns speciella solfångarkonstruktioner som kan dräneras. För att få en dränerande funktion måste solfångarna i sig själva och solkretsen i sin helhet ha en gemensam lägsta punkt. Dränerande solvärmesystem är relativt ovanliga i Sverige. Om en dränerande systemlösning ska tillämpas är det viktigt att följa de krav som ställs för att få en fullgod dränering.

#### Takintegrerade solfångare

Det har utvecklats en speciell typ av fabriksmonterade solfångarmoduler som levereras som färdiga byggelement. Dessa takintegrerade konstruktioner fungerar både som taktäckningsmaterial och solfångare i samma enhet. Modulerna är konstruerade för att enkelt kunna monteras direkt på takstolar och måtten anpassas efter respektive objekt. Den här typen av solfångare är speciellt lämpade för större objekt (> 75–100 m<sup>2</sup>) och för nyproduktion eller i de fall en takomläggning ändå ska göras.





#### SPRÄNGSKISS TAKINTEGRERAD SOLFÅNGARE

Bilden visar en fabriksmonterad solfångare som kommer som en färdig enhet till byggarbetsplatsen. Vissa konstruktioner kan måttanpassas efter tillgängliga taktyper. Speciellt intressant är den här konstruktionen vid nyproduktion och vid takomläggningar. ILLUSTRATION: TYPOFORM

I och med att takintegrerade solfångare även fungerar som taktäckningsmaterial blir merkostnaden lägre. Vid nyproduktion eller om befintligt taktäckningsmaterial ska bytas ut kan kostnaden för takpannor, plåttak eller motsvarande räknas av mot kostnaden för solfångaren. På så vis ökar konkurrenskraften för solvärmen.



#### MONTERING AV TAKINTEGRERADE SOLFÅNGARE

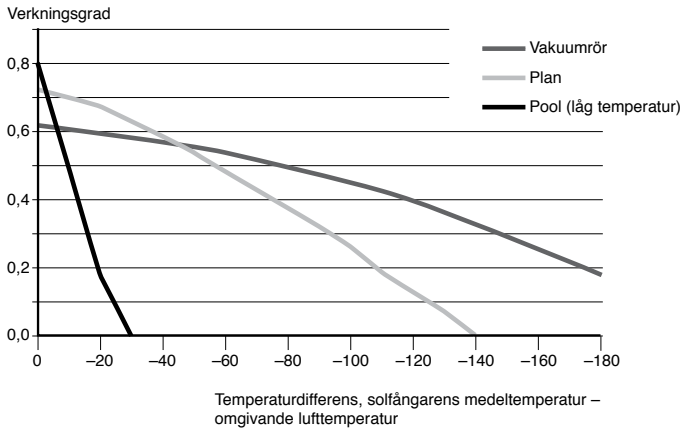
Solfångaren är konstruerad för att enkelt kunna monteras på takstolarna och levereras tillsammans med övriga byggelement. FOTO: JAN-OLOF DALENBÄCK, CHALMERS

Genom att solfångarna kommer i stora, förtillverkade moduler förenklas monteringsarbetet. Det blir också tydliga gränssnitt mellan garantiåtaganden och de olika entreprenörerna i projektet.

#### Vakuumsolfångare

Utbudet av vakuumsolfångare har ökat betydligt i Sverige under senare år. Tekniken har blivit allt mer prisvärd och marknadsandelen har ökat kraftigt. Som mest har marknadsandelen varit upp i knappt 50 procent av den årliga försäljningen. Det finns ingen tillverkning av vakuumsolfångare i Sverige och endast en handfull i Europa. Huvuddelen av den teknik som säljs kommer från Kina.

I en vakuumsolfångare är det ett vakuum som omger och därmed isolerar absorbatoren, den värmeupptagande komponenten i solfångaren. Vakuudet förhindrar såväl värmeledning som konvektion i solfångaren. Genom låga värmeförluster erhålls en bättre prestanda i solfångaren. I jämförelse med en plan solfångarkonstruktion blir detta speciellt märkbart när temperaturskillnaden mellan värmebäraren i solkretsen och den omgivande lufttemperaturen är stor (t.ex. när utomhustemperaturen är låg eller om solkretsen arbetar med höga temperaturer,  $> 100^{\circ}\text{C}$ ).



### VERKNINGSGRAD SOLFÅNGARE

Verkningsgraden i en solfångare påverkas av temperaturskillnaden mellan solfångarens medeltemperatur och dess omgivningstemperatur och självklart solinstrålningens intensitet.

ILLUSTRATION: TYPOFORM

Vid normala drifttemperaturer, när solkretsen har en medeltemperatur på mellan 40–60°C över utomhustemperaturen, är dock prestandaskillnaden mot plana solfångare relativt liten. Om däremot medeltemperaturen i solkretsen ökar eller om omgivningstemperaturen sjunker bibehåller vakuumsolfångaren en relativt hög verkningsgrad.

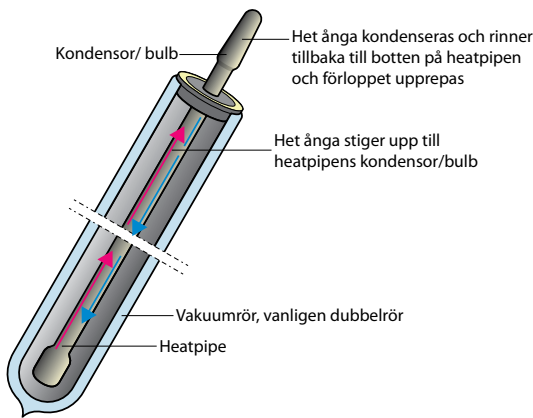


### FASADMONTERADE VAKUUMRÖRSOLFÅNGARE

Bilden visar fasadmonterade vakuumsolfångare. På platser med stora snömängder är det lämpligt att montera solfångarna brant då snön får svårare att ligga kvar. FOTO: LARS ANDRÉN

Även för större projekt börjar vakuümörsofångare bli allt vanligare. Speciellt intressanta är dessa i anläggningar med förhållandevis höga arbetstemperaturer. Ett exempel är när solkretsen ansluts till en fjärrvärmekrets. I allmänhet skapas då relativt höga arbetstemperaturer vilket gör det fördelaktigt att använda vakuümörsofångare.

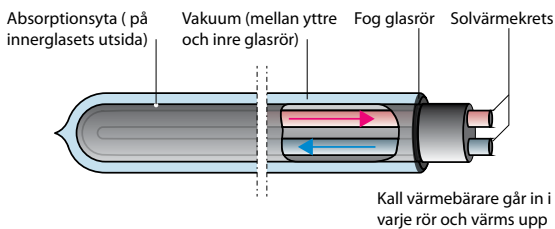
Det finns två grundläggande konstruktioner av vakuümör, dels ett med enkelglas och dels en variant med dubbelglas. Dubbelglaskonstruktioner kan liknas vid en termos, där vakuüm gjuts in mellan två glaströr som har olika diametrar. Sedan finns det två metoder för att överföra värmen från absorbatoren till värmebäraren. Dels en konstruktion som kallas för Heat-pipe och dels en som kallas för U-rörskonstruktion.



### HEAT-PIPE

En Heat-pipe-konstruktion bygger på att ett medium förångas och kondenseras i ett slutet rör. Vid kondensationen frigörs värme som växlas över till solkretsens värmebärare.

ILLUSTRATION: LENNART MOLIN



### U-RÖRSKONSTRUKTION

I en U-rörskonstruktion leds solkretsens värmebärare genom vakuümörret.

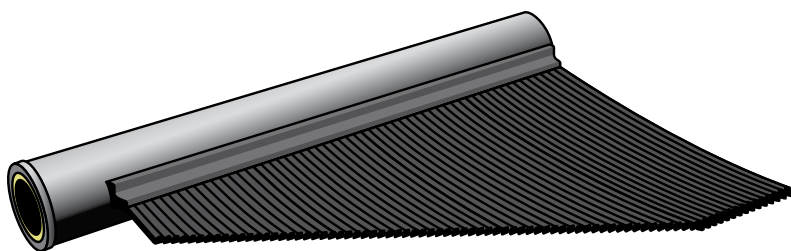
ILLUSTRATION: LENNART MOLIN

### MONTERINGSTIPS VAKUUMRÖRSOLFÅNGARE

Eftersom värmeförlusterna är relativt små (och därmed inte smälter undan snö) är det bra att montera vakuumrörsolfångare med relativt brant lutning, upp emot 65–70° från horisontalplanet. För att få självirkulationen i Heat-pipe-konstruktioner att fungera, bör dessa inte monteras med en lutning lägre än 15° från horisontalplanet (följ anvisningar från leverantören). Vakuumrörsolfångare med cirkulär absorptor är inte så känsliga för väderstrecksorienteringen. Det är viktigt att ha handskar och skyddsglasögon vid drifttagning av vakuumrörsolfångare då dessa har mycket höga stagnationstemperaturer. Vissa konstruktioner stagnerar inte förrän en bit över 300°C! U-rörskonstruktioner kräver noggrann urluftning vid drifttagningen, följ anvisningarna från leverantören noga.

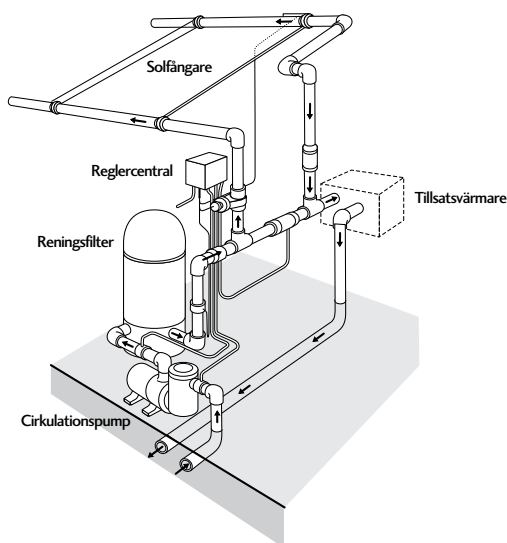
### Lågtempererade solfångare

För användningsområden med låga temperaturkrav (< 35° C) i solkretsen, till exempel vid uppvärmning av utomhusbassänger, används speciella lågtempererade solfångare med mycket god lönsamhet! Dessa är i allmänhet helt oisolerade och oglasade och tillverkade av någon form av UV-beständigt plast- eller gummimaterial. Stagnationstemperaturen ligger i allmänhet under 35° C vilket begränsar användningsområdet. Framför allt är den här typen av solfångare ämnade för uppvärmning av utomhusbassänger men det finns också system som höjer temperaturen på köldbäraren i en värmepump.



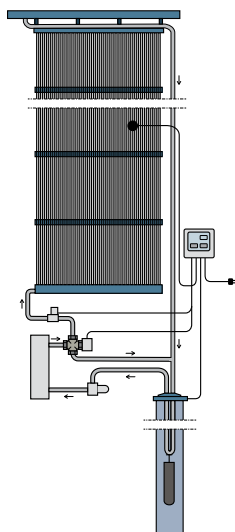
#### LÅGTEMPERERADE SOLFÅNGARE

Det finns enkla (oisolerade och oglasade) solfångare som är framtagna för lågtempererade solvärmesystem. I första hand för uppvärmning av utomhusbassänger men de kan också användas för att höja temperaturen på köldbäraren till en värmepump. Normalt är lågtempererade solfångare tillverkade av UV-beständiga plast- eller gummimaterial. Beroende på användningsområde är det viktigt att materialen är resistent mot klorerat vatten eller den köldbärare som kan bli aktuell i ett värmepumpssystem. ILLUSTRATION: LENNART MOLIN



### SYSTEMSKISS BASSÄNGUPPVÄRMNING

Lågtempererade solfångare kan värma bassängvattnet direkt. Efter poolkretsens reningsanläggning ansluts ett tillloppsör till solfångarna. Bassängvattnet leds direkt genom solfångarna när dessa har uppnått en högre temperatur. Notera att returledningen från solfångarna är ansluten före annan tillsatsvärme. ILLUSTRATION: TYPOFORM



### LÅGTEMPERERADE SOLFÅNGARE FÖR ÅTERLADDNING AV BORRHÅL

För att höja temperaturen på köldbäraren i en värmepump, eller för att återladda borrhål eller markslingar, kan enkla, oglasade lågtempererade solfångare användas. Köldbäraren leds direkt genom solfångaren och på så vis kan värmepumpens värmefaktor förbättras. Det är viktigt att systemlösningen utförs korrekt och att temperaturregleringen säkerställs. Det gäller att följa leverantörens anvisningar noggrant! ILLUSTRATION: LENNART MOLIN

## Hybridteknik, el och värme

Det finns solfångare som utvecklats med en form av hybridteknik som genererar både el och värme i samma enhet. Denna solfångarkonstruktion är ofta solföljande och består av en koncentrerande parabolisk reflektor som centrerar solinstrålningen mot en solcell, som också är vattenkyld genom att en absorbatör transporterar bort överskottsvärmen. På så vis erhålls såväl elektricitet som värme från solfångaren. Genom att utnyttja en speciell reflektorgeometri årstidsanpassas solfångaren. Solinstrålningen mot absorbatören kan genom reflektorgeometrin minskas under sommartid (då det ändå råder överskott) och ökas vintertid. Fördelningen över året blir på det här sättet jämnare. Materialinnehållet kan också minimeras. Framför allt minskar andelen absorbatörarea med en reflektor, samtidigt som konstruktionen inte behöver någon isolering.



### HYBRIDSOLFÅNGARE

Det finns solfångare som genererar både el och värme och som i allmänhet benämns hybrid-solfångare. Bilden visar en svensk konstruktion med solföljande reflektorer i en paraboliskt koncentrerande solfångare där en absorbatör (för värmeomvandling) och en solcell (för elgenerering) placeras i zenit. På det här sättet kan absorbatör- och solcellsarean minimeras samtidigt som värmeförlusterna kan hållas nere. Absorbatören hjälper till att kyla solcellerna vilket ökar verkningsgraden. FOTO: JOAKIM BYSTRÖM, ABSOLICON SOLAR CONCENTRATOR AB

## Solel – solceller

Utbudet av solceller har under senare år ökat dramatiskt. Framför allt ser vi en ökad import från Kina. Priset på modulerna har pressats och därmed har konkurrenskraften ökat. Ett statligt investeringsstöd har medfört ett ökat intresse, men också allt fler installerade anläggningar, inte minst inom den offentliga sektorn.

Det är inte ovanligt att solpanelerna får en sekundär funktion som solavskärmning eller som fasadmaterial. Det finns också exempel på att solpaneler används som balkongräcken.



#### FASADINTEGRERADE SOLCELLER

Bilden visar solcellsmoduler som integrerats i det ordinarie fasadmaterial. Montaget har gett byggnaden en karaktär och merkostnaden för solcellerna har minskat eftersom de också fungerar som fasadmaterial. FOTO: LARS ANDRÉN

#### Kiselsolceller

Såväl i Sverige som internationellt är det den kristallina solcellstekniken som dominerar. Som en följd av sjunkande materialpriser (främst på kisel) och mer utvecklade och rationella produktionsmetoder har priserna sjunkit kraftigt, uppemot 50–70 procent bara under de senaste två åren. Konkurrenskraften har därmed ökat och idag har kristallina solceller mer än 90 procent av världsmarknaden.

#### Tunnteknik

Under många år har det bedrivits en intensiv forskning och teknikutveckling av tunntekniksolceller. Det finns en stor förhoppning om att tunntekniken inom kort kan få ett kommersiellt genombrott. Tunntekniken gör det möjligt att anpassa solcellernas storlek efter de material den anläggs på. Det innebär att tekniken blir mycket mer formbar och anpassad till ordinära fasad- och takmaterial. Flexibiliteten ökar och merkostnaden för själva solcellen kan begränsas eftersom fasad- och takmaterialen ändå måste anskaffas.



Tunnsfilmstekniken är särskilt intressant då andra metaller (koppar, indium, gallium och diselenid) än kisel används och framför allt för att materialåtgången är betydligt mindre än i en konventionell kiselcell.

Sverige har genom Ångströmlaboratoriet (ett forskningsinstitut på Uppsala universitet) ett av världens ledande forskningsinstitut när det gäller Grätzelsolceller. Det är en typ av fotoelektrokemisk solcell som består av ett poröst halvledarmaterial. Om tunnsfilmsolcellerna betraktas som en andra generations solcellsteknik så tillhör Grätzelsolcellerna tredje generationen.



#### GLASINTEGRERADE TUNNFILMSSOLCELLER

I Malmö (Augustenborg) har glasintegrerade tunnsfilmsolceller monterats som en glasfasad. Tunnsfilmstekniken gör det möjligt att variera ljusinsläppet beroende på hur tätt cellerna placeras. I och med att solcellerna integrerats i glasmaterialet fungerar de också som ett fasadmateriel. FOTO: LARS ANDRÉN

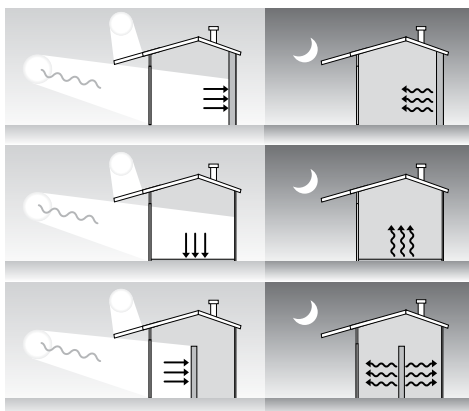
## Andra teknikområden

Solinstrålningen kan också utnyttjas för andra användningsområden. Några av dessa är av speciellt intresse för den offentliga sektorns fastighetsbestånd. I vissa fall är tekniken mest intressant vid nyproduktion medan andra teknikområden mer är avsedda för renoverings- och ombyggnadsprojekt.

### Passiv solvärme

Genom att i samband med nyproduktion söderorientera huskroppen kan den passiva solinstrålningen, genom byggnadens fönsterareor, tillvaratas i byggnaden. Värmen och ljuset kan på så vis utnyttjas och därmed minskar behovet av andra ljuskällor och värmeförsel.

Det gäller att vara eftertänksam i projekteringsfasen så att huskroppen får en väderstrecksorientering som underlättar för solljuset att tränga in i byggnaden. Det är en fördel att använda tunga byggnadsmaterial då dessa kan magasinera värmen bättre. På så vis skapas en jämnare temperatur över dygnet och värme från dagtid kan lagras för återgivning under dygnets mörka timmar.



#### PASSIV SOLVÄRME

Vid nyproduktion kan det finnas anledning att tänka igenom byggnadens väderstrecksorientering. Genom att söderorientera byggnadens långsidor ökar möjligheterna att ta vara på den infallande solenergin, både i form av ljus och av värme. Med bra förutsättningar kan den passiva solvärmens stå för ungefär 15 procent av årsvärmebehovet. Ett annat mervärde är att det infallande ljuset ökar trivselen. I och med att takorienteringen riktas mot söder blir det också enklare att placera solcellsmoduler och solfångare. Notera det överhängande takutsprånget som har funktionen att avskärma oönskad solinstrålning sommartid. ILLUSTRATION: TYPOFORM

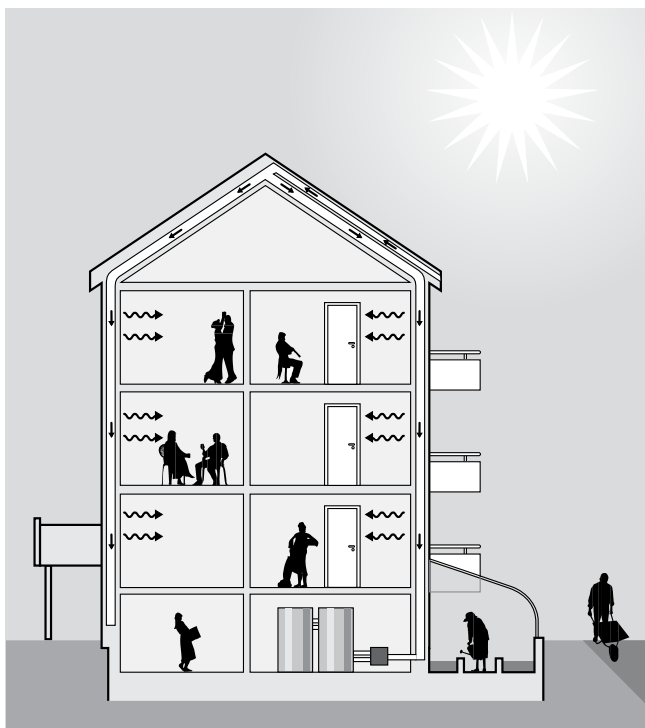
Den passiva solvärmens kan klara upp till 15 procent av en byggnads värmebehov i Sverige. Dessutom minskar behovet av elektricitet för ljuskällor. Det kan också påpekas att placeringen av solceller och solfångare underlättas om huskropparnas långsidor söderorienteras.

#### SOLAVSKÄRMNING

För att minska instrålningen av oönskad värme (sommartid) är det viktigt att byggnaden får solavskärmning över de fönsterareor som är söderorienterade. Speciellt viktigt är detta i välisolerade byggnads-konstruktioner. Genom solavskärmningen minskar risken för övertemperaturer sommartid och därmed behovet att kyla byggnaden på annat sätt.

## Luftburen solvärme

Ett luftburet solvärmesystem fungerar i praktiken på samma sätt som ett vätskeburet, med den skillnaden att luft används som värmebärare. Värmen omvandlas i en förhållandevis enkelt konstruerad (och därmed billig) luft-solfångare och transporteras vanligtvis med hjälp av en fläkt ut i byggnaden. Värmen kan lagras i byggnadskonstruktionen eller förvärma ventilationsluften. Det går också att växla värmen till ett värmelager för att därifrån distribuera den eller använda för tappvarmvattenberedning.



### LUFTBUREN SOLVÄRMETEKNIK

I samband med nyproduktion eller renovering och ombyggnad kan det vara intressant att undersöka konkurrenskraften för luftburen solvärmeteknik. Den uppvärmda luften kan antingen användas för rumsuppvärmning eller växlas över till tappvarmvattenberedare.

ILLUSTRATION: TYPOFORM

I samband med fasadrenovering eller ombyggnad kan det vara intressant att undersöka möjligheten att utnyttja en luftburen solvärmeteknik. Luftburna solfångare är enkla i sin konstruktion och kan delvis fungera som tak- och fasadmateriäl. I samband med nyproduktion, renovering eller ombyggnad kan därmed merkostnaden hållas förhållandevis låg.

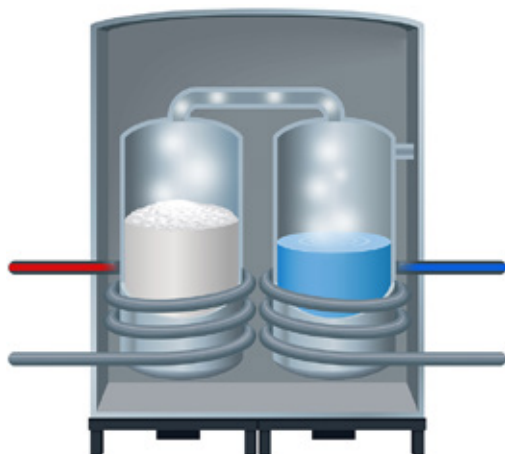


#### LUFTBURNA SOLFÅNGARE

Ovanför entrén har en enkel form av luftsolångare konstruerats som en del av fasadmaterialet. Inkommande ventilationsluft förvärmats bakom den perforerade plåten innan den förs in i lägenheterna. FOTO: LARS ANDRÉN

#### Solkyla

Behovet att kyla byggnader, inte minst inom den kommersiella och offentliga sektorn, ökar allt mer. Att använda solenergi för att driva kylprocesser är extra intressant eftersom kylbehovet uppstår när solinstrålningen är som intensivast. Solenergin kan omvandlas till såväl el som värme och båda dessa energibärare kan användas som drivenergi för kylmaskiner.



#### TERMOACKUMULATOR

Bilden visar ett kemiskt lager där salt fasförändras. Energin som frigörs vid fasförändringen kan omväxlande tas ut som kyla eller värme. KÄLLA OCH ILLUSTRATION:

GÖRAN BOLIN, CLIMATEWELL

Lönsamheten för soldrivna kylprocesser påverkas av verkningsgraden i omvandlingen av solinstrålningen och kylprocessens effektivitet. Eftersom verkningsgraden är högre i en solfångare än i en solcell, är det extra intressant att utveckla värmedrivna kylprocesser.

## Goda exempel

**DET FINNS ETT STORT VÄRDE** i att besöka referensanläggningar. Här nedan redovisas ett antal objekt som representerar olika typer av projekt. Anläggningarna beskriver olika teknikområden och har en geografisk spridning. Förhoppningsvis kan objekten inspirera och tydliggöra solenergens olika möjligheter.

De projekt som redovisas är:

Solvärme och solel vid nyproduktion – Kungsbacka kommun

Solceller som solavskärmning – Karlstads kommun

Fasadintegrerade solfångare – Borlänge kommun

Fjärrvärmeansluten solvärme – Swedavia

Solkyla – Statens fastighetsverk

Hybridsolfångare (värme och el) – Sundsvalls kommun

Solvärme för utomhusbad – Kalix kommun

## Solvärme och solet vid nyproduktion – Kungsbacka kommun

Eksta Bostads AB är ett helägt kommunalt bostadsbolag som bygger och förvaltar bostäder och lokaler i och utanför Kungsbackas stadskärna. Eksta Bostads AB bildades 1968 och har sedan sent 1970-tal och som en följd av dåtidens oljekriser, arbetat med att i möjligaste mån använda förnybar energiteknik med ambitionen att skapa byggnader med minimal miljö- och klimatpåverkan.

Bolaget började tidigt investera i solvärme och intressera sig för energieffektivt byggande. Under årens lopp har ambitionen att bygga hållbara bostäder stärkts vilket bland annat lett till en frekvent användning av solvärme, biobränsle och solet för energiförsörjningen. Redan 1979 byggdes den första solvärmeanläggningen (som fortfarande är i drift!) och Eksta är utan jämförelse det bostadsbolag i Sverige som använder mest solvärme per hyresgäst. Det första soletsprojektet genomfördes 2005 och året därpå byggdes det första passivhuset.

Projektet Vallda Heberg, på Onsalahalvön strax utanför Kungsbacka centralort, är ett exempel på Ekstas ambition att driva utvecklingen framåt. Projektet ingår i ett nytt planområde med en ny syn på logistik och energiförsörjning. Vallda Heberg omfattar totalt 130 bostäder med många olika upplåtelseformer – vanlig hyresrätt, hyresrätt för seniorboende (+ 55 år) samt tomter för självbyggare och småhus med äganderätt. Området har också ett vård- och omsorgsboende med 60 lägenheter, en förskola och verksamhetslokaler.



## ANLÄGGNINGSAKTA

Typ av objekt:	Nytt planområde, Vallda Heberg med 130 bostäder, förskola, verksamhetslokaler och för området en speciell infrastruktur.
Byggherre:	Eksta Bostads AB, Kungsbacka kommun
Byggår:	2012
Typ av anläggning:	Solel och solvärme (både plana solfångare och vakuumrörsolfångare)
Typ av solfångare:	Effectas plana solfångare 462 m <sup>2</sup> + vakuumrörsolfångare (114 m <sup>2</sup> u-rörskonstruktion).
Solceller:	350 m <sup>2</sup> monokristallina solceller av fabrikat Nordic solar
Övrigt:	Eksta har investerat i vindkraftsel för att tillgodose hushållselen för bostäderna i området.
För mer information:	<a href="http://www.valldaheberg.se">www.valldaheberg.se</a>

## Motiv till investeringen

Många drivkrafter och motiv har varit vägledande för Vallda Heberg-projektet. Redan från projektstarten fanns ett uttalat mål att företaget ville utmana sig själv och branschens aktörer att skapa ett område där energieffektivt byggande i kombination med solenergi skulle klara en ansenlig mängd av energiförsörjningen. Vid nyproduktion finns goda förutsättningar för detta genom att varje delmoment kan optimeras för att uppnå fastställda mål. Vissa förutsättningar gynnade också ambitionerna att använda solenergi, ett vård- och omsorgsboende är till exempel en byggnad med stabil last över året som underlättar dimensioneringen av solvärme.







I projektet fanns inga speciellt uttalade krav från ägaren (Kungsbacka kommun) utan det var företagen som satte upp mål och ambitioner. Strategin var att utveckla ett område med energieffektiva byggnader och med så stort utnyttjande av solenergi som möjligt. Allt för att uppnå så hög grad av självförsörjning med energi som möjligt. Utmaningen var att skapa ett nytt område med maximalt utnyttjande av solenergi. Vallda Heberg kan ses som en fortsättning på den strategi som Eksta arbetat med länge. Målet var att klara 40 procent av årsvärmebehovet och tappvarmvattenlasten med solvärme. Vård- och omsorgsboendet ska klara 40 procent av fastighetselen med solceller och sommarens överproduktion används för att driva en kylanläggning i byggnaden.

### **Hur beslutet togs (processen)**

Tydliga mål sattes upp och projektet drevs i så kallad partnersamverkan, vilket innebär att entreprenörerna är lika engagerade som byggherren. Genom gemensamt uppsatta mål skapas en process där entreprenörernas rationella syn på byggprocessen förvaltas. På så vis skapas en dynamik i projektet där de enskilda parternas erfarenhet kan förbättra och kostnadseffektivisera slutresultatet. Det gäller helt enkelt att utnyttja varje aktörs specifika kunskaper och drivkrafter genom transparens i processen och målmedvetenhet i genomförandet.

Ett fåtal parter har varit inblandade i beslutsprocessen, i första hand har Ekstas VD och förvaltare varit drivande. Eksta har inte behövt någon ny kunskap och erfarenhet eftersom den redan finns internt och den här typen av målinriktat byggande inte är okänt inom bolaget. Det fanns helt enkelt inga osäkerhetsrisker att övervinna, vilket naturligtvis underlättat beslutsgången.

I upphandlingen, i form av en partneringöverenskommelse, angavs tydligt vilka mål beställaren fastställt för projektet. Dessutom ställdes krav på att anbudsgivaren skulle gå in i ett konstruktivt samarbete med beställaren.

Syftet med samarbetet är att sätta projektet i fokus och att alla parter ska bidra med sina kunskaper och erfarenheter.

### Ekonomi – kalkyler

Kostnads kalkyl Vallda Heberg:

*Solceller – sol:*

Installerad effekt 50 kWp (toppeffekt)

Area 350 m<sup>2</sup>, monokristallina solceller

Beräknad årsproduktion 42 000 kWh

Investering 1 375 000 kr

Beviljat investeringsstöd 45 procent av total investeringskostnad =  
618 000 kr

*Solfångare – solvärme:*

Vakuumsolfångare:

Area 114 m<sup>2</sup>

Beräknad årsproduktion 68 000 kWh

Plana solfångare:

Area 462 m<sup>2</sup>

Beräknad årsproduktion 214 000 kWh

Total investeringssumma för solvärmeanläggningen 2 480 000 kr

Investeringsstöd 704 590 kr (cirka 28 procent av den totala kostnaden)

### Kort teknisk beskrivning

Vallda Heberg omfattar ett helt nytt planområde och samtliga byggnader byggs enligt passivhusstandard. Projektet omfattar hyresrätter, egna hem, hyresrätter med seniorboende, vård- och omsorgsboende och förskola samt gemensamhetslokaler.

Vid infartsvägen till området placerades en biobränsleanläggning med pellets, där panncentralens södertak försågs med vakuumsolfångare med brant lutning för att optimera värmeförseln under tidig vår och sen höst. Ute i området placerades ett antal undercentraler för att minska kulvertförluster. Undercentralernas solfångare har till huvudsaklig uppgift att stå för



tappvarmvattenförsörjningen sommartid, då bränslepannan hålls avstängd. Undercentralernas tak har försetts med plana solfångare med relativt flack lutning för att optimera prestandan under sommarhalvåret. Stor vikt har lagts vid att minimera kulvertförlusterna i området. Dels har längden kulvert hållits nere och dels används inte kulvertssystemet under hela året. Förutom detta har stor vikt lagts vid att hitta metoder för att minska värmeförlusterna.

#### **STORA ENERGIPRISET**

Eksta Bostads AB tilldelades Swecos Stora Energi priset 2012 för sina långvariga och målmedvetna satsningar på solenergi och för att det allmännyttiga bostadsföretaget ”i över 30 år legat i täten för införandet av förnybar energi i bostadsbyggandet”. Eksta täcker 40 procent av energianvändningen med solenergi och annan förnybar energi och i det nyligen genomförda projektet Vallda Heberg utanför Kungsbäcka blir energianvändningen bara en tredjedel av dagens nybyggnadskrav.

#### **Intressanta processer – hur gjordes förarbetet (inventeringen)?**

För att klara mål som tänjer på gränserna krävs ett genomtänkt och bra upphandlingsunderlag. Stor noggrannhet behövs vid framtagande av förfrågningsunderlag som sedan ligger till grund för upphandlingen.

I Vallda Hebergs panncentral kommer solvärmeproduktionen att visa såväl momentan effekt som den ackumulerade tillförda värmeenergin.

Förvaltningen av Vallda Heberg följer Ekstas normala rutiner. För att skapa en god kännedom om projektet har företagets energicontroller varit delaktig under byggprocessen och även varit med och driftsatt anläggningen. På så vis har den egna personalen fått en bra inblick i projektet och vilka funktioner och mål som förväntas av de olika delarna i anläggningen.

#### **Hur sköts driften idag?**

Eksta har fasta rutiner för förvaltningen vad gäller ronderingar, service och löpande underhåll. Alla solvärmeprojekt har rutiner för vintergenomgång och sommargenomgång, bolaget följer fasta mallar för detta vilka i princip varit fastställda så länge det funnits solvärmeprojekt i bygnadsbeståndet.

Erfarenheterna av solcellstekniken visar att dessa anläggningar enbart behöver översyn någon gång per år. En okulär besiktning av solcellerna rekommenderas och att elproduktionen läses av regelbundet och enligt fastställda rutiner. Allt för att garantera att anläggningarna ger den elproduktion som avsetts.

## Solceller som solavskärmning – Karlstads kommun

I en satsning för att öka tillförseln av förnybar energi i sitt fastighetsbestånd, med målet att bli oberoende av olja, har Karlstads kommun bland annat valt att målmedvetet investera i solenergi. Solelsprojektet på Karlstads stadshus är ett exempel på detta. När anläggningen byggdes var den ett av de största solcellsprojekten i Sverige.

Projektet är speciellt då huvudsyftet med investeringen i första hand var att anpassa funktionen för solavskärmning och i andra hand för elproduktion. På så vis blev de ekonomiska förutsättningarna för en solelsanläggning speciella och gynnsamma. I en första kalkyl, där solcellerna skulle bära sina kostnader fullt ut, beräknades återbetalningstiden till 38 år. I och med att solcellernas primära funktion värderades som solavskärmning blev merkostnaden i det närmaste noll och därmed lönsam från första drifttimmen.

Inledningsvis gjordes en skuggningsstudie för att undersöka hur skuggning från intilliggande träd och byggnader skulle påverka prestandan (elproduktionen) för anläggningen. Resultatet visade att det var lämpligt att dela upp anläggningen i flera sektioner för att optimera elproduktionen.

### ANLÄGGNINGSAFKTA

Typ av objekt:	Solavskärmande solceller på Stadshuset i Karlstad
Byggherre:	Karlstads kommun
Byggår:	2008
Typ av anläggning:	282 st monokristallina solpaneler med en sammanlagd area på 370 m <sup>2</sup> . Beräknad årsproduktion 27 000 kWh.
Typ av solceller:	Monokristallina
För mer information:	<a href="http://www.karlstad.se">www.karlstad.se</a>

### Motiv till investeringen

Karlstads stadshus byggdes 1964 och har en verksamhetsarea på totalt 9 063 m<sup>2</sup>. Förutom kontor för cirka 200 anställda innehåller byggnaden även cafeteria och ett arkiv. Byggnaden har totalt sex våningsplan varav ett är källarplan. Stadshuset värms med fjärrvärme och har komfortkyla (kompressorkyla) via samtliga ventilationsaggregat.

Det har visat sig att komfortkylan inte räcker till i de söderorienterade lokalerna. Framför allt har det varit svårt att hålla behagliga inomhustemperaturer under sommarmånaderna. Av det skälet startade en diskussion mellan fastighetsägaren och Stadsbyggnadskontoret (som har hand om



bygglovsärenden i kommunen) om att installera solavskärmning i form av aluminiumprofiler. Syftet med solavskärmningen vara att minska solinstrålningen sommartid och därmed begränsa övertemperaturerna under sommarhalvåret. Under denna tid fanns det ett statligt Off-ROT-avdrag som var avsett för renovering och upprustning inom den offentliga sektorn. För solcellsprojekt var Off-ROT-stödet extra förmånligt (70 %) varpå inga andra stöd söktes. Som en följd av detta blev villkoren för solcellsinstallationen extra förmånliga. Samtidigt fanns ett kommunalt beslut (i den kommunala energiplanen) om att kommunen innan 2010 års utgång skulle installera 3 000 m<sup>2</sup> solenergi i sin verksamhet.

#### *SOLA I KARLSTAD*

Karlstads kommun använder sig av solen som varumärke och har statistiskt sett många soltimmar. Även om just "Sola i Karlstad" från början var en gladlynt värdshusägare i centrala Karlstad.

#### **Hur beslutet togs (processen)**

När förvaltaren fick idén att använda solceller för solavskärmning, var processen med att sätta upp vanliga aluminiumkonsoler för att minska solinstrålningen på byggnadens söderorienterade fasader redan igång. Finansieringen var klar och beslutad av den politiska nämnden och investeringspengar för projektet var beviljade. Parallellt hade bygglovsansökningar inlämnats men inte färdigbehandlats. Idén med solceller för solavskärmning



uppkom då förvaltaren läste om ett liknande projekt i Tyskland som haft problem med för hög solinstrålning. Projektet i Tyskland hade investerat i solceller som förutom elproduktionen, även skärmade av solinstrålningen sommartid och därmed minskade övertemperaturer under sommarhalvåret.

I samband med detta fattades det politiska beslutet (i den då aktuella energiplanen) att kommunen fram till 2010 skulle installera 3 000 m<sup>2</sup> solenergi. Förvaltaren kontaktade bygglovsavdelningen på kommunen och berättade om sina idéer med solceller samt initierade en projektering för en solcellsanläggning som ett alternativ till konventionella solavskärmningskonsoler.

### Ekonomi – kalkyler

Kostnaden för projektet uppgick till:

Materialkostnader	3 195 438 kr
Arbetskostnader	698 750 kr
Kostnad	3 894 188 kr (inklusive projekteringskostnader)
Statligt stöd (Off-ROT)	-2 840 403 kr
Kostnad efter stöd	1 053 785 kr

Solelsanläggningen beräknas minska behovet av köpt el i Stadshuset med cirka 27 000 kWh per år till ett beräknat värde av 28 000 kr. Pay-off-tiden för investeringen uppskattas med dessa förutsättningar hamna på 38 år. Kostnaden för att sätta upp konventionella aluminiumkonsoler som solavskärmning var uppskattad till drygt 1 000 000 kr. I och med att det fanns ett Off-ROT-avdrag att utnyttja kunde merkostnaden för solelsanläggningen, med sin primära funktion att fungera som solavskärmning, anses vara ringa (eller ingen alls).

Alternativkostnaden för att förbättra komfortkylanläggningen i Stadshuset har inte utretts. Anläggningen är tolv år gammal och underdimension-

nerad. Det sannolika är att det på sikt installeras fjärrkyla, vilket kommer att reducera kostnaden för komfortkylan.

### Kort teknisk beskrivning

Solelsanläggningen på Karlstads stadshus invigdes 2008 och består av 282 solpaneler. En solelspanel har placerats ovanför varje fönster i söderläge. Panelerna är monterade några decimeter över fönstren på väggkonsoler och har en lutning som gör att solinstrålningen under sommarhalvåret avskärmas, medan den lågt stående solinstrålningen vintertid kommer inomhusmiljön till godo, både i form av ljus och värme. Runt solcellerna sitter ett tonat glas i ett så kallat bikakemönster (dvs. åttakantat) som är designat för att släppa igenom ljus mellan själva solcellerna. Detta för att sommartid behålla dagsljuskänslan inne på kontoren.

Den sammanlagda solpanelsarean är 370 m<sup>2</sup> och den årliga elproduktionen beräknades till 27 000 kWh. Anläggningen är uppdelad i nio sektioner för att skuggningen från närliggande byggnader, träd och flaggstänger ska påverka elproduktionen så lite som möjligt. Förvaltaren valde monokristallina solceller för att harmonisera med byggnadens gestaltning och för att ge en neutral upplevelse av byggnaden (en typisk 1960-talsbyggnad).

### Intressanta processer – hur gjordes förarbetet (inventeringen)?

#### Hur sköts driften idag?

Ett konsultföretag projekterade anläggningen åt kommunen. Idag sköts driften genom att en driftgrupp varje månad läser av elproduktionen i anläggningen, för att kontrollera funktionen och att anläggningen genererar den elproduktion som avsetts. Någon gång per år analyseras produktionskurvan för månadsstatistiken.

#### **DOKUMENTERAD ELPRODUKTION:**

2009	29 101 kWh
2010	27 074 kWh
2011	30 265 kWh
2012	29 418 kWh (till och med oktober månad)

#### **RENGÖRING**

Under åren har endast vid ett tillfälle ett tiotal paneler rengjorts från fågelträck, i övrigt håller de sig rena med hjälp av regnvattnet.

## Fasadintegrerade solfångare – Borlänge kommun

I samband med en utbyggnad av Högskolan Dalarnas lokaler i Borlänge passade det kommunägda fastighetsbolaget Fastighets AB Hushagen på att investera i en solvärmeanläggning. Anläggningen kan ses som ett experimentbyggnadsprojekt, dels för att solfångarna integrerats i fasaden och därmed ersatt annat fasadmateriel och dels för att anläggningen kan användas i studiesyfte på SERC – Solar Energy Research Center samt för studiebesök och studentlaborationer. Eftersom det rörde sig om en nyproduktion integrerades solfångarna i fasaden och efter anvisningar från arkitekten med en relativt brant lutning, dels av estetiska skäl men också för att öka utbytet under tidig vår och sen höst.

Projektet omfattar 80 m<sup>2</sup> plana solfångare kopplade till en sammanlagd ackumulatorvolym på 4 500 liter. Solvärmeanläggningen är dimensionerad för att täcka tappvarmvattenlaster och varmvattencirkulationsförluster (VVC) sommartid.

### ANLÄGGNINGSAKTA

Typ av objekt:	Solvärmesystem för tappvarmvattenberedning
Byggherre:	Fastighets AB Hushagen, Borlänge kommun
Byggår:	2009
Typ av anläggning:	80 m <sup>2</sup> plana solfångare kopplade till en ackumulatorvolym på 4 500 liter
Typ av solfångare:	Fabrikat SVESOL 32 solfångare av typen Favorit Max
För mer information:	<a href="http://www.du.se/serc">www.du.se/serc</a>

### Motiv till investeringen

Det viktigaste motivet till att solvärmeanläggningen på Högskolan i Dalarna genomfördes var att byggherren ville passa på när lokalerna ändå skulle byggas ut. På så vis kunde merkostnaden för solfångarna begränsas. Ett annat viktigt skäl var att anläggningen ska användas som en del i utbildningsverksamheten som SERC på Högskolan Dalarna bedriver. Forskarna får på det här sättet en demonstrationsanläggning i direkt anslutning till sin verksamhet. Anläggningen kan på ett förtjänstfullt sätt användas för mätningar, funktionskontroller och mycket annat, med utgångspunkt från den utbildning och forskning som bedrivs i lokalerna.

### Hur beslutet togs (processen)

Det fanns önskemål från SERC om att investera i en solvärmeanläggning i





FOTO: VADIM ISOTOV

samband med att deras verksamhetslokaler skulle flytta och inrymmas i den tillbyggnad av högskolan som planerades.

Fastighetsansvarig för Högskolan Dalarna framförde önskemålen till fastighetsägaren, kommunägda Fastighets AB Hushagen, som tog med dessa som en option i utbyggnaden. Anläggningen planerades och genomfördes i samråd med en regional aktör. Målet var att integrera solfångarna i byggnadsskalet på ett arkitektoniskt bra sätt.

### **Ekonomi – kalkyler**

Investering 780 000 kr

LCC med Nuvärdesmetoden

Ränta 5 procent

Avskrivningstid 20 år

Ger ett resultat på -272 000 kr (som en följd av låga fjärrvärmepriser sommartid)

Andra värden än lönsamhet gjorde att beställaren gick vidare och genomförde projektet.

### **Kort teknisk beskrivning**

Solvärmeanläggningen är dimensionerad för att täcka förlusterna från varmvattencirkulationen (VVC). Resterande del av året förvärmer solvärmen inkommande kallvatten. Systemet är relativt konventionellt på det sättet att solfångarna värmer en ackumulatorvolym som sedan bereder tappvarmvatten för lokalerna.

Solfångare:	Plana solfångare typ SVESOL Favorit Max med en total area på 80 m <sup>2</sup>
Maxeffekt:	53 kW
Akkumulatorvolym:	5 x 900 liter = 4 500 liter
Beräknad värmeproduktion:	38 333 kWh per år
Total kostnad:	780 000 kr
Beräknad driftkostnad:	500 kr per år
Beräknad återbetalningstid:	Under en kalkyltid på 20 år med 5 procent kalkylränta ger anläggningen ett underskott på 272 000 kr, som en följd av låga fjärrvärmes taxor sommartid

### Intressanta processer – hur gjordes förarbetet (inventeringen)?

Anläggningen uppfyller målsättningen att vara arkitektoniskt välintegrerad i byggnaden och väl synlig för förbipasserande. Solfångarkretsen har fungerat utan driftsstörning och har levererat motsvarande 62 700 kWh sedan anläggningen togs i drift våren 2010. Det ger en ungefärlig årsproduktion på cirka 21 000 kWh, vilket är lägre än beräknat. Förklaringen till detta är att solfångarna alltid arbetar vid en relativt hög temperatur vilket resulterar i en förhållandevis låg verkningsgrad på grund av att värmen framförallt tillförs varmvattencirkulationen vid 55° C. Orsaken är brister i systemdesignen som gör att det inkommande kallvattnet under en tappning blandas med varmvattencirkulationen och enbart därefter värms med solvärme.

Bristande kunskap om den verkliga tappvattenlasten ledde till antagandet att det fanns ringa tappvarmvattenbehov och att anläggningen framförallt skulle designas för att täcka förluster från varmvattencirkulationen. Mätningar i efterhand har visat att tappvarmvattenlasten är lika stor som förlusterna från VVC. Planen är att bygga om anläggningen för att lägga till ett värmeväxlingssteg så att det även går att förvärma det inkommande kallvattnet med solvärme. Lärdomen som kan dras är inte ny men viktig ändå. Det är inte enbart dimensioneringen som påverkas av lastens storlek och fördelning utan även systemdesignen.

Solvärmeanläggningen dimensionerades för att täcka 50 procent av årsvarmvattenbehovet, det vill säga bidra med ungefär 38 MWh av ett beräknat årsbehov för tappvarmvatten och VVC-förluster motsvarande 75 MWh.

### Hur sköts driften idag?

Anläggningen har inga speciella drift- eller skötselbehov utan sköts av fastighetens ordinarie operatör. Eftersom anläggningen är föremål för regelbundna mätningar råder full kontroll på funktion och prestanda.

## Fjärrvärmeansluten solvärme – Swedavia

Swedavia har under många år arbetat för att bli ett klimatneutralt företag. Ett angivet mål är nollutsläpp av fossil koldioxid till år 2020. De högt ställda målen har gjort att företaget konsekvent investerat i miljö- och klimatanpassad teknik. På Malmö Airport har CO<sub>2</sub>-utsläppen reducerats med över 80 procent mellan åren 2005–2011. Sedan år 2006 är Swedavia ett klimatneutralt företag i den bemärkelsen att de klimatpåverkande utsläpp som fortfarande äger rum, klimatkompenseras genom att flygplatsen bekostar motsvarande sänkning av utsläpp i andra delar av världen. I arbetet med att skapa en klimatneutral flygplats har Malmö Airport sedan år 2005 enbart köpt in grön el.

### ANLÄGGNINGSAKTA

Typ av objekt:	Flygplats – Malmö Airport
Byggherre:	Swedavia
Byggår:	2008
Typ av anläggning:	Solvärme i kombination med fastbränsle (pellets) och som ingår i ett fjärrvärmenät för Malmö Airport.
Typ av solfångare:	Vakuumsolfångare, 500 m <sup>2</sup> , fabrikat Intelli Heat 58/24
Övrigt:	Var när den byggdes Sveriges största anläggning med vakuumsolfångare.
För mer information: <a href="http://www.swedavia.se">www.swedavia.se</a>	

### Motiv till investeringen

I det generella arbetet med att bli klimatneutralt och minska CO<sub>2</sub>-utsläppen var det självklart för Swedavia att undersöka möjligheterna att ersätta oljeeldning och elanvändning med solvärme och biobränsle.

### Hur beslutet togs (processen)

I samband med att en befintlig oljepanna tjänat ut och skulle bytas, studerades möjligheten att utnyttja biobränsle i kombination med solvärme. En konsultfirma gjorde förstudier av förutsättningarna som sedan låg till grund för det förfrågningsunderlag som togs fram för projektet. Det höga oljepriset tillsammans med en förhållandevis hög dollarkurs bidrog till en intressant lönsamhetskalkyl. De ekonomiska förutsättningarna förbättrades ytterligare då ett klimpbidrag utnyttjades och utöver detta beviljade Länsstyrelsen och Boverket ett stöd för ”konvertering till förnybara energikällor inom offentlig verksamhet”.



FOTO: HEAT-ON, ÖREBRO

#### SOLENERGIPRISET 2009

Solvärmeprojektet på Malmö Airport har bland annat tilldelats Svensk Solenergis solenergipris 2009 med motiveringen: "En tekniskt väl utförd solvärmeanläggning som anslutits med en prefabricerad enhet i ett biobränslebaserat närvärmesystem. Genom att anläggningen uppförts på en flygplats och kan övervakas via Internet har den ett bra exponeringsvärde."

#### Ekonomi – kalkyler

Investeringskostnad för värmeanläggningen:	30 208 000 kr
Investeringskostnad solvärmeanläggning:	4 161 000 kr
Bidrag från Naturvårdsverket via Svedala kommun:	5 970 000 kr
Bidrag från Boverket via Länsstyrelsen:	3 439 000 kr
Nettoinvestering:	24 960 000 kr
Årlig besparing:	7 900 000 kr
Beräknad återbetalningstid:	4,8 år

#### Kort teknisk beskrivning

Solvärmeanläggningen byggdes år 2008 och ingår i ett biobränsleeldat fjärrvärmesystem. När anläggningen byggdes var den Sveriges största solvärmeanläggning med vakuumrörsolfångare. Anläggningen består av 5 600 vakuumrör som tillsammans utgör en verksam area på ungefär 500

m<sup>2</sup>. Solvärmeanläggningen är beräknad att årligen bidra med knappt 300 MWh värme, vilket innebär en täckningsgrad på 2–3 procent av den totala värmelasten. Anläggningen har fungerat väl och framför allt vintertid har solfångarna levererat mer värme än beräknat.

Solvärmekretsens tekniska förutsättningar har gett solvärmeanläggningen en optimal utformning med bra driftresultat. Anläggningen kan följas på distans via en Internetuppkoppling.

Huvudskälet till att Swedavia valde vakuumrörsolfångare var att dessa uppfyllde flygplatsens säkerhetskrav vad gäller reflektionsrisker som kan störa flygtrafiken.

Solfångare:	Vakuumrör av så kallad heat-pipe-konstruktion av fabrikat Intelli Heat 58/24. Anläggningen omfattar 5 600 separata vakuumrör som tillsammans utgör en verksam area på 500 m <sup>2</sup> .
Maxeffekt:	Max effekt 300 kW.
Akkumulatorvolym:	Solfångarna arbetar direkt mot fjärrvärmekulverten.
Beräknad värmeproduktion:	300 000 kWh per år.
Total kostnad:	4 160 000 kr.
Beräknad driftkostnad:	Uppgift saknas.
Beräknad återbetalningstid:	Under 5 år!

### Solvärmeproduktion

2009	272 000 kWh (544 kWh per m <sup>2</sup> solfångare)
2010	232 000 kWh (464 kWh per m <sup>2</sup> solfångare)
2011	218 000 kWh (436 kWh per m <sup>2</sup> solfångare)*

\*anläggningen var inte i drift hela året

### Intressanta processer – hur gjordes förarbetet (inventeringen)?

De första besluten togs när dåvarande LFV – Luftfartsverket (idag Swedavia) skulle byta ut sin värmeproduktionsanläggning för det interna fjärrvärm nätet som finns inom flygplatsområdet. I ett första steg togs beslut om att installera två stycken pellets pannor om vardera 2,5 MW. Till anläggningen dockades också en fyra MW oljepanna, konstruerad för flytande biobränslen, vars funktion var att klara effekttopparna vintertid. Oljepannan skulle också ta sommarlasten när pellets pannorna, på grund av sin storlek, inte får optimala driftförutsättningar.

För att minska användningen av flytande biobränsle fattades sedermera ett beslut om att fjärrvärmeanläggningen skulle kompletteras med ett

solvärmesystem. Solfångararean beräknades utifrån värmedistributions-systemets lägsta effektbehov under en högsommardag. Av det skälet kan solfångarna arbeta direkt mot fjärrvärmekulverten utan något extra värme-lager, det vill säga ingen ackumulatortank behövdes för solvärmesystemet. Solvärmekretsen har kopplats in enligt principen retur/retur vilket innebär att vatten tas från fjärrvärmesystemets returledning varvid det värms och sedan skickas tillbaka till nätets returledning.

#### **Hur sköts driften idag?**

Drift och underhåll av hela anläggningen, inklusive solvärmesystemet, sköts av egen personal. Internetuppkopplingen är fortfarande aktiv vilket gör att insatta personer kan studera och kontrollera anläggningen på distans och följa solfångarnas värmeproduktion.

## Solkyla – Statens fastighetsverk

Statens fastighetsverk (SFV) förvaltar Sveriges nationalbyggnader och fria marker; slott och kungsgårdar, teatrar, museer och ambassader. I förvaltandet ingår en sjundedel av landets area bestående av skog och mark. Sveriges medborgare äger detta tillsammans och SFV:s uppgift är att förvalta det på bästa sätt.

SFV:s förvaltningsuppdrag omfattar cirka två miljoner kvadratmeter lokaler och 6,5 miljoner hektar mark. Värdet av fastigheterna uppgår till drygt 13 miljarder kronor.

SFV:s uppgift är att med god ekonomi förvalta statens byggnader så att det nationella kulturarvet finns tillgängligt för allmänheten. Samtidigt är det viktigt att kulturvärden vårdas och bevaras. Många av byggnaderna är idag ett levande inslag i det svenska samhället såsom teatrar, museer, slott och residens. Andra har redan haft sin storhetstid – som gamla borgar, fästningar och försvarsverk.

SFV har en mycket väl utvecklad energi- och miljöpolicy. SFV arbetar aktivt med miljöfrågor och har som målsättning att aktivt upprätthålla och öka miljökompetensen hos de anställda. Miljöarbetet berör alla delar av verksamheten, från medarbetare till fastighetsdrift och miljöstyrning inom byggprojekt.

### ANLÄGGNINGSAKTA

Typ av objekt:	Kontorsbyggnad för Regeringskansliet
Byggherre:	Statens fastighetsverk (SFV)
Byggår:	2012
Typ av anläggning:	Solvärmedriven sorptivkylanläggning
Typ av solfångare:	Plana solfångare av fabrikatet Aquasol
För mer information:	<a href="http://www.sfv.se">www.sfv.se</a>

### Motiv till investeringen

Statens fastighetsverk har det övergripande målet att minska energianvändningen med 25 procent till år 2016. Målet för kvarteret Loen var att skapa en miljöklassad byggnad och uppnå kraven för EU Green Building och Miljöklassad byggnad silver efter ombyggnaden.

Kvarteret Loen hade innan ombyggnaden central kyla som utnyttjades maximalt. För att tillgodose behovet av kyla, även efter ombyggnaden, behövdes antingen en ny kylanläggning eller någon annan lösning. En ny anläggning skulle ha kostat 50–100 miljoner, så sorptiv kyla med solpaneler var en bra lösning för att klara kylbehoven.



### Hur beslutet togs (processen)

Miljö- och energimålen har varit viktiga i projektet. För att kunna tillgodose behovet av kyla även efter om- och påbyggnad utvärderade SFV olika alternativ. En ny kylanläggning skulle ha varit dyrare och svår att bygga. Istället beslutade projektets styrgrupp att bygga en sorptiv kylanläggning med solvärme.

Ombyggnaden av kvarteret Loen är ett av SFV:s större byggprojekt och miljömålen har varit viktiga under hela projektet. SFV fastställde tidigt målet att byggnaden skulle uppnå kraven för Green Building och Miljöklassad byggnad silver.



## Ekonomi – kalkyler

SFV förvaltar tio kvarter i södra Klara och kvarteret Loen är ett av dessa. Byggnaden behövde större kapacitet av kyla. För att tillgodose kylbehovet beslöt SFV att använda solkyla. I området finns centralkyla, men inte med tillräcklig kapacitet. Att bygga ut centralkylan skulle vara ett större och mer kostsamt projekt och därför beslutades att använda solkyla i kvarteret Loen.

## Kort teknisk beskrivning

År 2009 inleddes en om- och påbyggnad av kvarteret Loen på Jakobsgatan 20–24 i södra Klara i Stockholm. Ombyggnaden är en totalrenovering av 23 000 m<sup>2</sup> och en tillbyggnad på 3 000 m<sup>2</sup>.

Kvarteret Loen består av fyra byggnader. Från början (tidigt 1900-tal) byggdes två separata bankbyggnader. Fastigheten kompletterades sedan med en ny byggnad på 1970-talet. Under 1980-talet byggdes bankbyggnaderna samman till en byggnad.

I projektet bestämdes att om- och tillbyggnaden skulle miljöklassas enligt Green Building samt Miljöklassad byggnad minst klass silver. I de båda klassningarna ingår att befintlig energianvändning ska minskas med minst 25 procent. I detta fall från 105 kWh/m<sup>2</sup> och år till 75 kWh/m<sup>2</sup> och år. Det fanns även ett behov av att minimera tillförd kyleffekt till kvarteret då kylnätet som serverar byggnaden var överbelastat. I och med dessa krav togs beslutet att använda sorptivkylning med plana solfångare kopplade till regenereringsbatterierna.

## Intressanta processer – hur gjordes förarbetet (inventeringen)?

### Hur sköts driften idag?

Under sommaren 2012 har anläggningen provats, dock utan hyresgäster i huset. Driften sköts av SFV:s tekniker efter intern utbildning.



FOTO: KATRIN FURUSTIG

## Hybridsolfångare (värme och el) – Sundsvalls kommun

Sundsvalls kommun har en ambition att ligga i framkant vad avser klimat-anpassning och arbetar därför konsekvent med lokal kunskapsöverföring. Syftet är att förebygga de negativa effekter som klimatförändringar kan få för kommuninvånarna.

Som ett led i arbetet med att hitta hållbara energilösningar har kommunen investerat i två solenergianläggningar. Anläggningarna genomfördes i stort sett samtidigt men hade lite olika inriktningar. Anledningen till de här två investeringarna var i första hand att kommunen ville bygga upp sin kunskap om solenergi, lära sig tekniken och få erfarenheter av upphandlingsprocessen och hur anläggningarna ska förvaltas för att optimera funktion och livslängd.

I projektet Solgården i Indal valdes en hybridsolfångare som levererar såväl el som värme. Solvärmern är inkopplad på ett lokalt närvärmenät. Som leverantör valdes ett regionalt företag. Det fanns ett uttalat önskemål om att kommunen ville lära sig mer om tekniken och ge stimulans till fler investeringar av den här typen. Detta var huvudanledningarna till investeringen.

### ANLÄGGNINGSAKTA

Typ av objekt:	Vård- och omsorgsboende, Sundsvalls kommun Solgården, Indal, med 49 lägenheter
Byggherre:	Sundsvalls kommun
Byggår:	2012 (slutbesiktad november 2012)
Typ av anläggning:	Hybridsolfångare som genererar både el och värme
Typ av solfångare:	Absolicon, X10 PVT
För mer information:	<a href="http://www.sundsvall.se">www.sundsvall.se</a>

### Motiv till investeringen

Det fanns ett politiskt beslut om att kommunen skulle uppföra en större solenergianläggning med strategin att vara delaktig i utvecklingen, få erfarenhet och lära sig mer om teknikområdet. Redan från start fanns ett önskemål om att solfångarna skulle leverera både el och värme. Genom de två parallella solenergiinvesteringarna inleddes arbetet med att investera i solenergi. Investeringen verkställdes genom en öppen upphandling.

### Hur beslutet togs (processen)

Det togs fram en kravbild på anläggningen där det viktigaste kriteriet var att solfångarna skulle generera såväl el som värme. Med en upprättad kravspecifikation togs anbud in på denna typ av hybridteknik.



Härnösandsföretaget Absolicon presenterade ett förslag som sedan omarbetades. Processen pågick under en längre tid och efter cirka två års arbete upphandlades anläggningen.

### **Ekonomi – kalkyler**

Ekonomi har inte varit vägledande för investeringen utan kommunen ser projektet som en provanläggning. Hållbarhetsperspektivet har varit mer pådrivande än att uppnå lönsamhet i investeringen. I skrivande stund är anläggningen inte injusterad och någon uppföljning av funktionen och utvärdering av ekonomin har ännu inte skett.

Inhägnaden kring solfångarna, plintar och fundament har drivit upp kostnaden för anläggningen vilket gör det svårt att dra slutsatser om lönsamheten.

### **Kort teknisk beskrivning**

Projektet har genomförts som en totalentreprenad (enligt ABT – Allmänna Bestämmelser för en Totalentreprenad ) och omfattar 100 m<sup>2</sup> solföljande Absolicon X10 med en elektrisk topp effekt på 10 kW. Solvärmen är ansluten till en mindre närvärmekulvert. Solfångarna är installerade direkt nedanför boendet och är inhägnade (för att minimera risken för skadegörelse). Anläggningen är fjärrövervakad och produktionen av el och värme loggas via en server.

Solprojektet på Solgården i Indal är en relativt enkel anläggning med en given funktion. Anläggningen verkar fungera som avsett och levererar den



el och värme som den är dimensionerad för. Lite intrimning och uppföljning av anläggningen kvarstår men de uppmätningar som hittills genomförts tyder på att solfångarna levererar förväntad mängd el och värme.

#### **Intressanta processer – hur gjordes förarbetet (inventeringen)?**

##### **Hur sköts driften idag?**

Driften är överlämnad till Sundsvalls kommun och leverantören har ett normalt garantiåtagande enligt bestämmelserna i en ABT-upphandling. Hela anläggningen (inte bara solfångarna och centralen) är CE-märkt. Beställaren har enligt normala rutiner anlitat en opartisk besiktningsförrättare för att genomföra en entreprenadbesiktning.

## Solvärme för utomhusbad – Kalix kommun

Under många år har det förts en politisk diskussion i Kalix om att bygga ett utomhusbad i nära anslutning till Kalix centralort. Outnyttjade strandängar utmed Kalixälven, nära centrum och strax intill genomfartsvägen (E 4) och en intilliggande campinganläggning fick fart på processen. Ambitionen var att skapa en modern och attraktiv badanläggning för såväl kommuninvånare som förbipasserande.

Badanläggningen ligger naturskönt och dessutom med närhet till såväl en campinganläggning som centralorten. Målet var att placera utomhusbadet lättillgängligt för invånarna och samtidigt kunna öka turismen till orten. Det fanns också en förhoppning om att locka förbipasserande att stanna till genom en placering utmed riksvägen och med närhet till campinganläggningen.

Strandängsbadet invigdes 4 juli 2010 och blev från start en stor succé. Trots att badet enbart hade öppet sex veckor första året kom det 7 000 besökare! Strandängsbadet har formgivits av Kalixbördiga Josefina Nordmark. Anläggningen har anpassats till den natursköna omgivningen och en tydlig ambition har varit att skapa en närhet till Kalixälven.

### ANLÄGGNINGSAKTA

Typ av objekt:	Utomhusbad
Byggherre:	Kalix kommun
Byggår:	2010
Typ av anläggning:	Fjärrvärmeansluten solvärmeanläggning för uppvärmning av utomhusbad
Typ av solfångare:	Plana solfångare typ BoRö
För mer information:	<a href="http://www.kalix.se">www.kalix.se</a>

### Motiv till investeringen

Kalix kommun har, som många andra kommuner i Sverige, höga ambitioner vad gäller miljö- och klimatpolicy och därmed en vilja att i möjligaste mån utnyttja förnybara energiresurser. Att använda solvärme för att värma ett utomhusbad kändes därmed naturligt. Det ansågs lämpligt att utnyttja solfångare för att värma en utomhusbassäng, inte bara för att den typen av anläggningar i allmänhet får en bra driftsekonomi utan också för att tekniken tydligt speglar kommunens miljö- och klimatambitioner. Att exploatera solvärme på en publik anläggning får också ett mervärde i att besökarna får en möjlighet att bekanta sig med tekniken.

Att utnyttja de dittills oanvända strandängarna för en badanläggning hade föregåtts av en långvarig politisk process, som pågått i närmare två

decennier. När så processen tog fart och konkretiserades blev det ett uttalat mål att få med solvärmen som en del av totalentreprenaden.

### Hur beslutet togs (processen)

Under processen diskuterades många förslag och lösningar på hur badanläggningen skulle gestaltas men också värmas. Efter en nästan 20-årig politisk diskussion fastställdes ramarna för Strandängsbadet och det skedde i samband med några avgörande politiska beslut år 2008.

Solvärmen kom med som en naturlig del i projekteringen när väl projektet skulle ta form och genomföras. I underlaget för totalentreprenaden ingick solvärmen som ett tillägg. Målet var att värma bassängerna huvudsakligen med solvärme, dels av ekonomiska skäl men också för att det fanns en ambition att göra en miljömässigt bra investering.



FOTO: LARS ANDRÉN

#### SOLENERGIPRIS 2011

Strandängsbadet i Kalix fick år 2011 branschorganisationen Svensk Solenergis Solenergipris med motiveringen: "Kalix nya solvärmade badanläggning ligger naturskönt vid älvstranden i nära anslutning till Kalix centrum. En tekniskt och estetiskt väl utförd solvärmeanläggning som på ett förtjänstfullt sätt visar nyttan av att använda solvärme i fritidssektorn. Det faktum att det finns en etablerad solfångartillverkare i kommunen ger anläggningen ett extra värde."

### Ekonomi – kalkyler

I de inledande diskussionerna gjordes kalkyler för solvärmen med utgångspunkt från att badet annars skulle värmts med elvärme. De ursprungliga kalkylerna visade på en pay-off-tid på cirka 15 år.

Solfångarna har under driftåret 2011 levererat 24 470 kWh (beräknat värde eftersom mätvärden endast finns för halva perioden). Under år 2012 är det uppmätta värdet 21 885 kWh.

### Kort teknisk beskrivning

Kommunen har byggt i egen regi och handlat upp en totalentreprenad där solvärmeanläggningen ingick (och ej särredovisats) som en del av projektet.



FOTO: EMELIE ÅSTRÖM

Projektet omfattar 100 m<sup>2</sup> solfångare som värmer en 25 meters bassäng, en barnbassäng och en bubbelbadavdelning.

I och med att solvärmen arbetar mot bassängvattnets låga temperaturer erhålls bra driftförutsättningar för solfångarna. Bassängtemperaturen hålls under driftperioden (juni till och med mitten av augusti) på omkring 27 grader. All spetslast kommer från fjärrvärme. Funktionen mellan solvärme-systemet och fjärrvärmen har fungerat utmärkt.

En värmemängdsmätare finns installerad så att anläggningens funktion och solfångarnas prestanda kan följas. Det finns en ambition att redovisa värdena på kommunens hemsida, inte bara solfångarnas värmeproduktion utan också den dagsaktuella badtemperaturen.

### **Intressanta processer – hur gjordes förarbetet (inventeringen)?**

En totalentreprenad har ansetts vara en naturlig och bra upphandlingsform för den här typen av projekt. Kommunen har ställt ett tydligt funktionskrav på det som beställts, vilket varit enkelt att följa upp. Uppföljningen sker bland annat med hjälp av den värmemängdsmätare som är installerad.

### **Hur sköts driften idag?**

Det har tagits fram tydliga instruktioner för hur anläggningen ska förvaltas och vilka årliga drift- och servicebehov som föreligger. Färdiga mallar har tagits fram i samråd med leverantören, för såväl solvärmen som driften av badanläggningen. Det finns noga angivna gränsvärden för bakterie- och algförekomst. Avläsningar görs också av hur mycket fjärrvärme som tillförs och hur mycket solvärmen bidrar med. Kommunens interna styr- och reglertekniker har optimerat anläggningens driftförutsättningar för att solvärmeanläggningen ska få bästa tänkbara funktion.

## Ekonomi

**LÖNSAMHETSBERÄKNINGEN FÖR** en solenergianläggning, oavsett om det gäller solet eller solvärme, innehåller speciella förutsättningar och en unik fördel genom att energibäraren (solstrålen) är gratis. I huvudsak styr anläggningens kapitalkostnad tillsammans med energiprisutvecklingen lönsamheten. Avgörande för solenergis konkurrenskraft är kalkylräntan tillsammans med avskrivningstiden. Låg ränta och långa avskrivningstider ger förutsättningar för lönsamhet och vice versa. Inom den offentliga sektorn finns därmed fördelar med det långsiktiga ägandet och förvaltandet samtidigt som det ofta används en lägre kalkylränta (låneränta) än på marknaden i övrigt.

### *LCC-BERÄKNINGAR ENLIGT ISO 15686-5:2008*

En livscykelkostnad (LCC) beskriver en investeringens totala kostnader under dess livslängd. Genom att beräkna investeringsalternativens inköpskostnad + driftskostnader + underhåll + destruktion – restvärde kan olika valmöjligheter ställas mot varandra. Med hjälp av en nusumme- och nuvärdesberäkning kan kostnaderna jämföras till en och samma tidpunkt. Beräkningarna kan enkelt göras i en Excelkalkyl och är en effektiv metod för jämförelse mellan olika investeringsalternativ, till exempel en solenergiinvestering och något annat alternativ. Mer information om LCC-beräkningar finns på [www.energimyndigheten.se](http://www.energimyndigheten.se).

### Beräkningsmodeller

Det finns olika beräkningsmodeller att utgå ifrån för att fastställa lönsamheten. Det vanligaste är att kapitalkostnaden beräknas i en annuitetskalkyl. Det innebär att avskrivningstiden tillsammans med en realränta ger en



annuitetsfaktor som multipliceras med investeringskostnaden och sedan divideras med den beräknade elproduktionen i en solcellsanläggning eller värmebesparingen i en solvärmeanläggning.

#### ANNUITETSKALKYL

Fastställs kalkyltiden till 20 år och realräntan till 5 procent erhålls en annuitetsfaktor på 0,0802. Annuitetsfaktorn multipliceras med investeringskostnaden och divideras sedan med producerad elektricitet (i en solcellsanläggning) eller motsvarande värmebesparing (i en solvärmeanläggning). Till detta läggs sedan en rörlig kostnad för drivenergin till cirkulationspumpen i ett solvärmesystem. Det kan också vara lämpligt att avsätta en rörlig del för fondering av medel till eventuellt underhåll eller framtida serviceåtgärder. I allmänhet brukar detta för större projekt motsvara 1–3 procent av anläggningens totala investeringskostnad eller 1–3 öre per levererad kWh.

$$\frac{(\text{annuitetsfaktor} \times \text{investering})}{\text{levererad energi}} + \text{drift} = \text{öre/kWh}$$

Ett annat sätt att beräkna lönsamheten är att ställa investeringskostnaden mot värdet av den energi eller värme som ersätts. Den här kalkylmetoden (som ofta kallas pay-back eller pay-off-kalkyl) visar hur många år det tar för investeringen att återbetala sig. Eftersom energiprisutvecklingen är oviss finns det en viss osäkerhet med den här typen av beräkningsmodeller.

#### PAYBACK-KALKYL (PAY OFF-KALKYL)

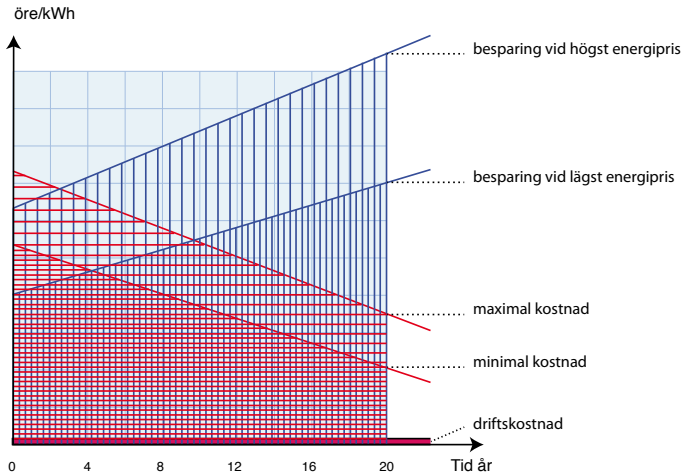
I en payback-kalkyl beräknas anläggningens kapitalkostnad genom att fastställa en amorteringstid för investeringskostnaden och en låneränta över kalkyltiden. Även här bör hänsyn tas till att det bör fastställas en rörlig kostnad för service och underhåll och för eventuella driftkostnader för mekaniska komponenter (t.ex. en cirkulationspump) i anläggningen.

$$\text{År 1} \quad \frac{\text{räntekostnad} + \text{amortering}}{\text{elproduktion alternativt värmebesparing}} + \text{driftkostnad} = \text{öre/kWh}$$

$$\text{År 10} \quad \frac{\text{räntekostnad} + \text{amortering}}{\text{elproduktion alternativt värmebesparing}} + \text{driftkostnad} = \text{öre/kWh}$$

$$\text{År 20} \quad \frac{\text{räntekostnad} + \text{amortering}}{\text{elproduktion alternativt värmebesparing}} + \text{driftkostnad} = \text{öre/kWh}$$

$$\begin{aligned} \text{År 1} & \quad \frac{\text{räntekostnad} + \text{amortering}}{\text{elproduktion eller värmebesparing}} = \text{öre/kWh} \\ \text{År 10} & \quad \frac{\text{räntekostnad (-10 års amortering)} + \text{amortering}}{\text{elproduktion eller värmebesparing}} = \text{öre/kWh} \\ \text{År 20} & \quad \frac{\text{räntekostnad (-20 års amortering)} + \text{amortering}}{\text{elproduktion eller värmebesparing}} = \text{öre/kWh} \end{aligned}$$



#### PAY-OFF KALKYL

Genom en graf där investeringskostnaden under kalkyltiden jämförs med en förväntad ökning av alternativkostnaden erhålls en bild av investeringens konkurrenskraft. Investeringskostnad multiplicerad med låneränta (minus skatteeffekten) = räntekostnaden  
 Amorteringsbelopp per år (erhålls när lånesumman delas med lånets löptid) = amortering  
 Utbyte solceller alternativt solfångare (förväntad energibesparing) = kostnadsbesparing

ILLUSTRATION: LENNART MOLIN

Eftersom en solenergiinvestering inte har några kostnader för energibäraren (solinstrålningen) kan kostnaden för den levererade energin fastställas under en given kalkyltid. Det innebär till exempel att det går att fastställa kostnaden för solelen för upp till 30 år eller värmekostnaden från en solvärmeanläggning för upp till 20 år, beroende på vilken kalkyltid som används. I och med att det går att få långa garantitider för den här typen av investeringar är det inte speciellt riskfyllt att låsa kalkyltiden till 30 år för solceller eller 20 år för solfångare.

Det kan också finnas andra värden i att investera i solenergi. Ett alternativvärde är att behovet av köpt energi minskar. Ett mervärde i sig men också en värdeökning för byggnaden eftersom driftkostnaden blir lägre. Det kan också finnas värden i att solenergin påvisar ett miljö- och klimaten-gagemang. I vissa lägen erhålls också ett värde i en sekundär nytta av solcellsmodulerna eller solfångarna, till exempel när dessa även fungerar som taktäckningsmaterial, balkonräcken eller som solavskärmning.

### *EU:S ENERGIMÅL*

EU ska fram till år 2020 minska utsläppen av växthusgaser med 20 procent, öka andelen förnybar energi till 20 procent samt öka energieffektiviteten med 20 procent. För att nå EU:s energimål och 2020-strategin för en hållbar tillväxt kan solenergin få en avgörande betydelse. Det finns också planer på att halvera energianvändningen till år 2050 vilket till viss del kan tillgodoses med solen och solvärme.

# Upphandling

**UPPHANDLINGEN AV SOLENERGIANLÄGGNINGAR** skiljer sig egentligen inte så mycket från andra offentliga upphandlingar. Det viktigaste är att noggrant inventera förutsättningarna och tidigt i projektet identifiera placeringsalternativ för enheterna (och vid behov göra en skuggningsstudie). För solelsanläggningar är det viktigt att kontakta nätägaren för att ta reda på vilka villkor som krävs för anslutning till elnätet samt var och hur anslutningen sker. Det kan också vara lämpligt att tidigt förhandla med elhandlare för att ta reda på vilka villkor som gäller för att sälja eventuell överskottsel från anläggningen. För solelsinstallationer finns det en rad säkerhetsföreskrifter som ska beaktas, se vidare i checklistan på sidan 79.

## REFERENSER

Underskatta inte värdet av att besöka referensobjekt. Det finns en hel del praktiska drifterfarenheter att lära av samtidigt som tips och råd kan förmedlas om såväl projektering som upphandling och förvaltande av anläggningen. Referensbesök kan också ge en fingervisning om att teknik och entreprenörer uppfyller de kravspecifikationer som upprättats och att funktion och garantiåtaganden varit till belåtenhet.

För en solvärmeanläggning är det viktigt att planera för rördragningen mellan solfångare och värmelager, och om det ska ingå en ackumulatortank i systemet måste det finnas utrymme för denna. Ska anläggningen anslutas till en fjärrvärmekrets är det viktigt att förutsättningarna för detta fastställs med det aktuella fjärrvärmebolaget.

#### LAGEN OM OFFENTLIG UPPHANDLING

Lagen gäller för offentlig verksamhet som finansieras med allmänna medel. Såväl kommuner, landsting och statliga myndigheter som offentligägda bolag omfattas av lagen som i detalj reglerar hur upphandlingen av varor, tjänster och entreprenader som överstiger cirka 290 000 kr ska gå till.

Läs mer om lagen (2007:1091) om offentlig upphandling på:  
[www.notisum.se/rnp/sls/lag/20071091.htm](http://www.notisum.se/rnp/sls/lag/20071091.htm)

För större projekt finns det ett par huvudprinciper av upphandlingsformer. I en *generalentreprenad* (en så kallad utförandeentreprenad) projekteras färdiga handlingar på uppdrag av byggherren. Utifrån framtagna handlingar uppförs anläggningen som en generalentreprenad. Den här upphandlingsformen kräver en aktiv byggherre och som därmed kan påverka anläggningens utformning och totalkostnad. I en *totalentreprenad* uppförs anläggningen av en entreprenör som följaktligen ansvarar både för projektering och utförande. Entreprenören får på så vis ett större ansvar för anläggningens funktion och att den uppnår de krav som byggherren fastställt. I en totalentreprenad upprättar byggherren en rambeskrivning som underlag och anger de krav som ställs och vad som ska ingå i anbudet. Tydlighet i rambeskrivningen är väsentlig för att anbudsförfarandet ska ske på lika villkor.

## UPPHANDLING

### Fas 1 – dimensionering

- Gör en energiberäkning och fastställ energibehovet (el eller värme) under sommarhalvåret.
- Dimensionera anläggningen efter önskad täckningsgrad.
- Fastställ om anläggningen får några ytterligare mervärden (t.ex. om solceller kan användas som solavskärmning, balkonräcken eller liknande, eller om en solvärmeanläggning kan ge mervärde i form av en förbättrad systemverkningsgrad).

### Fas 2 – kravspecifikation

- Ställ krav på typgodkännanden (CE-märkta solceller och elkomponenter och Solar Keymärkta solfångare)
- Placeringsmöjlighet för solceller och solfångare, utrymme för växelriktare eller ackumulatortank och andra ytterligare komponenter.
- Systemkrav, energiberäkning och miljö- och klimatvinster.

### Fas 3 – ekonomiska villkor

- Lönsamhetsberäkning och återbetalningstid för investeringen (fastställande av beräkningsmetod, kalkyltid och räntekostnad).
- Beräkning av drift- och underhållskostnader.

### Fas 4 – upphandling och val av entreprenadform

- Generalentreprenad alternativt totalentreprenad?
- Garantivillkor.
- Uppföljning och funktionskontroll.

## Reflektion

**DET FINNS ETT TILLTAGANDE INTRESSE** för solenergi inom den offentliga sektorn. Allt fler kommuner, landsting och statliga fastighetsförvaltare intresserar sig för och investerar i solcellsprojekt och solvärmeanläggningar. Många kommuner tar politiska beslut om att avsätta medel för solenergi-investeringar och genom detta har investeringstakten ökat påtagligt.

Påfallande är att många av de genomförda solenergiprojekten inom den offentliga sektorn har en hög innovativ status. Det kan till exempel vara solfångare som utvecklats specifikt för ett projekt för att fungera som taktäckningsmaterial (Eksta Bostads AB i Kungsbacka) eller solcellsmoduler som konstruerats speciellt för att användas som solavskärmning (Västernorrlands Landsting). På det här sättet bidrar den offentliga sektorn inte bara till att tekniken används mer frekvent utan också till en intressant teknikutveckling. Det kan också påpekas att den offentliga sektorn är en stor beställargrupp som genom sina objekt stimulerar till bättre kunskap om sol och solvärme till föreskrivande och installerande led.

Solelsprojekt och solvärmeanläggningar är pålitliga system med lång livslängd och minimalt drift- och skötselbehov. I de flesta fall utförs tillsyn och skötsel av intern personal utifrån färdiga mallar som tagits fram i samråd med leverantören. Driftsäkerheten är hög och tekniken pålitlig. När väl anläggningen är driftsatt och intrimmad behövs i allmänhet endast avläsning av den levererade energin och regelbunden översyn av anläggningen.

Investering i solenergi innebär inte alltid en direkt lönsamhet men kan skapa intressanta mervärden för en byggnad. Dels genom att minska behovet av köpt energi och dels genom att bidra till byggnadens eller investerarens miljö- och klimatprofilering. Det är alltid intressant att undersöka solenergens tekniska och ekonomiska förutsättningar vid nyproduktion och i de fall en byggnad ändå ska byta värmesystem eller takbeläggning. Det kan också vara intressant att undersöka möjligheterna för solkyla och om solcellsmoduler eller solfångare kan användas för solavskärmning.

# Läs och länktips

Boverket

[www.boverket.se](http://www.boverket.se)

DrivKraft

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

Energimyndigheten

[www.energimyndigheten.se](http://www.energimyndigheten.se)

Högskolan Dalarna, Centrum för solenergiforskning

[www.du.se/serc](http://www.du.se/serc)

Kalix kommun

[www.kalix.se](http://www.kalix.se)

Karlstads kommun

[www.karlstad.se](http://www.karlstad.se)

Lagen om offentlig upphandling

[www.notisum.se/rnp/sls/lag/20071091.htm](http://www.notisum.se/rnp/sls/lag/20071091.htm)

Solvärmeprojektet Vallda Heberg

[www.valldaheberg.se](http://www.valldaheberg.se)

SP, Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

[www.sp.se](http://www.sp.se)

Statens fastighetsverk

[www.sfv.se](http://www.sfv.se)

Sundsvalls kommun

[www.sundsvall.se](http://www.sundsvall.se)

Svensk Solenergi

[www.svensksolenegi.se](http://www.svensksolenegi.se)

Sveriges Kommuner och Landsting

[www.skl.se](http://www.skl.se)

Swedavia

[www.swedavia.se](http://www.swedavia.se)



# Bilaga

## Checklista – så gör du:

Nedan följer några allmänna rekommendationer att beakta vid upphandling av en solenergianläggning. Det är viktigt att se varje objekt som unikt och utgå ifrån de objektsspecifika förutsättningar som gäller. Noggrannhet i upphandlingsunderlaget betalar sig alltid.

### Så här ser en förstudie ut – ”så här inventerar du”

- Inledningsvis bör syfte och mål med solenergin diskuteras och gärna dokumenteras för att skapa ett engagemang för investeringen i hela organisationen. Det är också viktigt att organisationen har personal med engagemang och tid att trygga driften av anläggningen.
- Första steget är att ta reda på hur energianvändningen fördelas på respektive användningsområde (värme, varmvatten, förluster i VVC-system, drift-el och så vidare). Eftersom solinstrålningen är som störst under maj till augusti är det energianvändningen under denna period som är mest intressant.
- Inventera tillgängliga tak- och fasadareor. Gör skuggningsstudier (framför allt inom tidsperioden första mars till och med sista oktober) om risk för skuggning kan föreligga.
- Gör tidigt en beräkning av lönsamhet och av vilka mervärden som kan skapas för att ta reda på investeringens konkurrenskraft.
- För *solvärmeanläggningar*: Inventera förutsättningarna för att dra rörledningar mellan solfångare och värmelager (värmecentral). Om en ackumulatortank ska ingå i systemet måste det finnas utrymme för denna i anslutning till byggnadens värmecentral (den värmetekniska utrustningen).
- För *solelsanläggningar*: Fastställ om det är monokristallina eller polykristallina solceller som avses, alternativt tunnfilmsteknik. Kontakta nätägaren för information om vilka krav som ställs på nätanlutningen och om mätningen kan göras åt ”båda hållen”. Förhandla med en elhandlare för att få information om villkoren för leverans av överskottsel. Undersök var anslutningspunkten för solelen ska vara. Undersök om solelsanläggningen kan anslutas till elcertifikatsystemet, vilket i så fall kan förbättra det ekonomiska utfallet.  
Elektricitet handlas upp enligt LOU (lagen om offentlig upphandling) för kommuner och landsting. I de fall det är aktuellt med en ny

upphandling kan det vara lämpligt att ta upp villkoren för att leverera överskottsel för att fastställa möjliga ersättningsnivåer från elhandlaren.

- Vid *nyproduktion*: Gör noggranna energiberäkningar och sätt in solenergin i ett sammanhang (nytta, konkurrenskraft etc.). Orientera byggnaden åt söder och välj gärna en taklutning på mellan 25–65° från horisontalplanet (ju brantare desto bättre, speciellt för anläggningar på nordliga breddgrader).
- Undersök om det finns några mervärden, förutom det energi- eller värmestillskott som anläggningen beräknas bidra med, som kan vara befogade att ta med i lönsamhetsberäkningen. Det kan röra sig om marknadsföringsvinster, miljövärden, policy, reduktion av andra kostnader (som t.ex. att enheterna kan ersätta andra fasad- och taktäckningsmaterial, balkongräcken etc.) eller funktion som solavskärmning.

### Dimensioneringsunderlag – projektering

- Först och främst gäller det att fastställa om projekteringen gäller solex eller solvärme.
- Utför en energiberäkning för byggnaden och inventera elanvändningen alternativt värmebehovet under den mest solintensiva perioden (maj till och med augusti).
- Utgå ifrån att anläggningen ska täcka större delen av el- eller värmebehovet under maj till och med augusti. Undantagsvis kan anläggningen dimensioneras för att leverera ett överskott och i så fall enbart om den delen av el- eller värmeomvandlingen som inte används direkt i byggnaden, kan säljas till en elhandlare eller ett fjärrvärmebolag. Än så länge har vi inte nettodebitering vilket innebär att det är effektbehovet per timme som ska beaktas för att säkerställa att elproduktionen inte blir högre än lasten. Med månatlig nettodebitering blir det istället per månad.
- Gör en tydlig kravspecifikation, innehållande kvalitetskrav på komponenterna, täckningsgrad av anläggningen (alternativt önskad mängd kWh el eller värme), tydliga säkerhetsföreskrifter och i förekommande fall specifika krav på montering (t.ex. integrering i taktäckningsmaterial eller lutning av enheterna).
- Vid anbudsförfrågningar på solexanläggningar är det ofta toppeffekt (kWp) som efterfrågas och inte mängden energi (kWh). Det kan finnas anledning att vara uppmärksam på att anläggningar med lägre topp-effekt kan ge ett större energiutbyte över året. Av den anledningen bör båda parametrarna anges i anbudsförfrågan.
- Ställ krav på att en energimängdsmätare (alternativt en värmemängdsmätare) installeras för att kunna kontrollera funktionen. Begär gärna

också en funktionskontroll i samband med garantibesiktningen (eller separat).

- Ställ krav på att drift- och skötselmanualer överlämnas i samband med överlämnandet av anläggningen, gärna i en samlad driftpärm som också innehåller datablad över samtliga ingående komponenter tillsammans med flödesschema och annan teknisk information.
- Begär att leverantören och/eller entreprenören tydligt och handfast går igenom servicekrav, drift- och underhållsbehov med den egna personalen.
- Var noga med att få garantivillkoren tydligt formulerade.
- Generellt är det bättre ekonomi i att underdimensionera en anläggning än tvärtom, speciellt när det gäller solvärme!

### Ekonomi – tänk på det här

- En investering i solenergi innebär att kostnaden för energin (elen eller värmen) blir given under kalkyltiden!
- Det är svårt att förutse konkurrenskraften över tiden då energiprisutvecklingen, på såväl kort som lång sikt, är oförutsägbar.
- Var noga med att upprätta anbudsunderlag så att offerter kan lämnas på lika villkor och anbudena utvärderas rättvist. Det är viktigt att anbudsunderlaget är komplett för att minska risken för oförutsägbara tilläggskostnader.
- Den tekniska livslängden för såväl solelsanläggningar som solvärmesystem är mycket lång, erfarenheter visar på över 30 år! Kalkyltiderna kan anpassas till den tekniska livslängden. Brukligt är att avskrivningstiden fastställs till 20 år med en realränta på 5 procent.
- Undersök mervärden i investeringen, dels de miljö- och klimatvinster som erhålls men också om solcellerna eller solfångarna ersätter tak- och fasadmateriel eller om de fyller andra funktioner för byggnaden.

### Projekteringsunderlag (en för solel och en för solvärme)

- Anlita konsulter med verifierad erfarenhet av solel alternativt solvärme.
- Minska riskerna genom att projektera utifrån standardiserad och etablerad teknik.
- Beakta i byggnadsprojekteringen eventuella laster som kan uppstå för till exempel takkonstruktionen (extra ordinära vikter, festsättning etc.), håltagning genom tätskikt (såväl läckage- som brandrisk).
- Var noga med gränsdragningen mellan de olika entreprenörerna (bygg, VVS, el och sol, etc.) i projektet. Genomtänkta och tydliga listor i gränsdragningen är att föredra.

## Upphandlingsunderlag

- Utgångspunkten för upphandling inom den offentliga sektorn är Lagen om Offentlig Upphandling (se [www.notisum.se/rnp/sls/lag/20071091.htm](http://www.notisum.se/rnp/sls/lag/20071091.htm)). Lagen anger vilka villkor som gäller och det finns tydliga riktlinjer om vad som ska följas.
- Definiera tydligt vilka effekt-, energi- eller temperaturkrav (för solvärmeanläggningar) som ställs på anläggningen och vad som gäller för systemuppbyggnaden.
- Solceller och tillhörande komponenter ska vara CE-märkta. Solfångare bör vara Solar-Keymärkta. Det kan även finnas andra kvalitetskrav som bör framgå i upphandlingsunderlaget.
- För solelsanläggningar finns starkströmsföreskrifter (SFS 2009:22) att följa, var noga med att dessa beaktas. I den så kallade MIKRO-handboken (utgiven av Svensk Energi) finns föreskrifter om utförande av elektriska anläggningar för att förebygga person- eller sakskada och om hur kontroll och provning av sådana anläggningar ska utföras. Detta bör finnas med som ett krav på entreprenören.
- Upphandlingskraven bör framtas med yttersta noggrannhet för en korrekt utvärdering av inkomna anbud.
- Besök gärna ett antal referensobjekt som kan tala för den leverantör och/eller entreprenör som ska handlas upp.

## Byggfasen

- Välj samarbetspartner med omsorg!
- Var noga med att tydligt ange gränsdragningen mellan de olika entreprenörerna i projektet och att dessa tillsammans planerar de olika momenten i installationen.
- Produktionsplaneringen är viktig så att samutnyttjande av byggnadsställningar, kranar och annat kan ske.
- Tänk på att en solvärmeanläggning inte kan drifttas i samband med soligt väder.
- Planera en funktionskontroll av anläggningen under ett antal driftsveckor.

## Förvaltning – drift- och skötselmanual

- En solcellsanläggning kräver minimalt med service och tillsyn. Solcellernas fastsättning på tak bör ses över en gång per år. Energiavläsning av anläggningen månadsvis rekommenderas.
- En solvärmeanläggning bör ses över minst en gång per år. En lista bör upprättas över sådant som ska kontrolleras regelbundet, såsom solfångarnas fastsättning, trycket i systemet, styrningens funktion, värmebärandens

frys punkt och cirkulationspumpens drift. Naturligtvis bör även en månatlig, kvartalsvis eller årsvis avstämning av el- eller värmeproduktionen dokumenteras. Vart tredje till vart femte år bör solkretsens värmebärarens kemiska status analyseras liksom en årlig kontroll av fryspunkten bör utföras. I förekommande fall bör också en årlig kontroll av inhibitorn i ackumulatortanken ske. I lite större projekt kan det vara lämpligt att bygga in larmfunktioner som indikerar om det uppstår någon form av driftstörning.

- Varje anläggning är unik och av det skälet bör en specifik checklista, manual och ett dokument för driftkontroll upprättas med aktuell leverantör och entreprenör!
- För en tryggad drift och lång livslängd krävs en årlig tillsyn med fasta rutiner! Tidsåtgången för detta varierar naturligtvis med objektets beskaffenhet. Generellt är det ett fåtal timmar som behöver tas i anspråk. Det viktiga är att det skapas fasta rutiner!

### Besök referenser

Det finns mycket att lära av genomförda projekt. Av det skälet finns det all anledning att besöka anläggningar som är jämförbara med den aktuella investeringen. Inte bara för att se teknikens funktion och hur den estetiskt gestaltar byggnaden utan också för att få tips och råd i såväl projekterings- och upphandlingsfasen som bygg- och förvaltningsfasen. Via besök av genomförda objekt finns det också möjlighet att ta del av praktiska drift- erfarenheter, vilket kan vara mycket värdefullt! Det finns också möjlighet att få information om och värdering av komponenter, leverantörer och installatörer. Råder osäkerhet om något kan det vara lämpligt att besöka ett flertal referenser.

Referensobjekt finns att tillgå via leverantörer och installatörer och dessa kan spåras via branschorganisationen Svensk Solenergi ([www.svensk-solenergi.se](http://www.svensk-solenergi.se)) eller kommunernas energi- och klimatrådgivare (som i allmänhet finns på kommunkontoret, eller se [www.energimyndigheten.se](http://www.energimyndigheten.se)).



### **Det här är UFOS**

Den offentliga sektorn äger och förvaltar tillsammans cirka 90 miljoner kvadratmeter lokalyta. De fastighetsorganisationer som hanterar förvaltningen av dessa byggnader har som uppgift att ge maximalt stöd till den offentliga sektorns kärnverksamheter och att hålla dem med lokaler och service som har rätt kvalitet till lägsta kostnad. UFOS (Utveckling av fastighetsföretagande i offentlig sektor) bedriver utvecklingsprojekt som ger offentliga fastighetsförvaltare verktyg att effektivisera fastighetsföretagandet och att höja kvaliteten för hyresgästerna. Bakom UFOS står Sveriges Kommuner och Landsting, Fortifikationsverket, Akademiska Hus och Samverkansforum för statliga byggherrar och förvaltare genom Statens fastighetsverk och Specialfastigheter. Sedan 2004 deltar även Energimyndigheten för att särskilt stötta projekt som syftar till energieffektivisering och minskad miljöbelastning i fastighetsföretagandet. Denna satsning går under namnet UFOS Energi. UFOS energisamarbete har hittills resulterat i ca 25 publikationer, både handböcker och idéskrifter, i något som kallas för Energibiblioteket. Syftet med detta är att ta fram goda exempel från offentliga fastighetsägare och att visa på praktiska verktyg. Se Energibiblioteket som en verktygslåda – den självklara startpunkten för dig som arbetar med energifrågor!

Mer information hittar du på [www.offentligfastigheter.se](http://www.offentligfastigheter.se)

# Solenergi

## *Möjligheter för offentliga lokaler*

**SVERIGE HAR UTMÄRKTA FÖRUTSÄTTNINGAR** för att öka användningen av solenergi. Vi har både god tillgång till solinstrålning, bra systemtekniska förutsättningar och hög teknisk kompetens för att integrera tekniken. Dessutom har vi högt ställda energi- och klimatmål.

Den här skriften ger inspiration till dig som arbetar med offentliga lokaler och är intresserad av solenergi. Skriften ger en nulägesbeskrivning av både solvärme- och solcellsteknik, både när det gäller marknadsutvecklingen internationellt och i Sverige.

Teknik och ekonomiska förutsättningar är viktiga för att göra rätt val. Denna skrift fungerar även som ett uppslagverk och innehåller en rad praktiska tips kring upphandling och projektering för att underlätta för dig som står inför en investering i en solvärme- eller solelanläggning. Sju spännande exempel på olika lösningar från hela Sverige presenteras också.