

# **VARSAMMA SOLCELLSINSTALLATIONER**



**Utgiven av:** Region Örebro län, 2022

**Författare:** WSP

**Utgivare:** Felicia Elmström och Stefan Bernström

**Form:** Rebecca Larsson

*Bilder från Gettyimages*

Vid ev frågor om innehållet kontakta  
[felicia.elmstrom@regionorebrolan.se](mailto:felicia.elmstrom@regionorebrolan.se)

Region Örebro län

Box 1613, 701 16 Örebro

Besöksadress: Eklundavägen 1

Tel: 019-602 10 00

[utveckling.regionorebrolan.se/sv/energikontoret/vara-omraden/  
fornybar-energi-och-energisystem/](https://utveckling.regionorebrolan.se/sv/energikontoret/vara-omraden/fornybar-energi-och-energisystem/)

# INNEHÅLL

<b>All förändring kräver varsamhet</b>	<b>5</b>
<b>Allmänna rekommendationer</b>	<b>6</b>
<b>När krävs bygglov?</b>	<b>7</b>
<b>Allmänt om solceller och solcellsanläggningar</b>	<b>8</b>
<b>Utanpåliggande solceller</b>	<b>9</b>
Typer	11
Färger	13
Ramar	15
Symmetri	16
Nyproduktion	18
Verkningsgrad	19
Kostnader och lönsamhet	19
Reversibilitet	20
Vikt	25
<b>Integrerade solceller</b>	<b>26</b>
Typer	26
Färger	30
Ramar	31
Symmetri	32
Nyproduktion	32
Verkningsgrad	32
Kostnader och lönsamhet	33
Reversibilitet	33
Vikt	33
<b>Alternativ till installation på tak</b>	<b>34</b>
Staket/bullerplank	36
Terrasstak/Carport	37
Balkongräcken	39
Fasad	40
Solavskärmning	42
Markanläggning	46
Portabla solcellslösningar	46
Andra byggnader	49
<b>Referenser</b>	<b>50</b>



# All förändring kräver varsamhet

Att vi får en mer hållbar energiproduktion i samhället är otroligt viktigt, inte minst för klimatet. Men hållbarhet innefattar också att värna om en god bebyggelse i vår närmiljö. Därför har det också betydelse var din solcellsanläggning placeras och hur den ser ut.

Plan- och bygglagen beskriver att all förändring av bebyggelsen ska göras med hänsyn till byggnadens och platsens värden. En byggnad ska också ha en god form-, färg- och materialverkan, vilket i enklare ordalag kanske bäst beskrivs som att den upplevs harmonisk eller helt enkelt ”bra”. Detta gäller även efter att en solcellsanläggning kommit på plats – och oavsett om solcellsinstallationen kräver bygglov eller inte.

Att installera solceller på en byggnad innebär att byggnaden förändras. Då ska man alltid sträva efter att ta hänsyn till byggnadens karaktärsdrag. Husets tekniska, historiska, kulturhistoriska, miljömässiga och konstnärliga värden ska tas tillvara. Det innebär också att solcellsanläggningen ska utformas och placeras med hänsyn till stadsbilden (eller landskapsbilden) och de natur- och kulturvärden som finns på platsen. Målet är att uppnå det som på fackspråk kallas en god helhetsverkan. Alla platser har olika förutsättningar. Även om grannen har ett likadant hus som du och har fått sätta upp en solcellsanläggning

på sitt tak kan det visa sig mindre lämpligt med samma anläggning på ditt hustak, till exempel om byggnaderna uppfattas olika i stadsbilden.

Med allt detta sagt vill vi också lyfta fram att det är relativt få platser och byggnader där det inte alls är möjligt att sätta upp solceller, så var inte rädd att kontakta kommunen för vägledning kring en mer varsam utformning!

Om du inte alls tagit med varsamhetskraven när du utformat din solcellsanläggning kan den, i värsta fall, bli ett ärende för tillsyn från kommunen med krav på att återställa byggnaden. Detta gäller alltså även om åtgärden inte kräver bygglov, och du kan riskera att behöva ta ner dina paneler.

Detta dokument är tänkt att vara en vägledning som redovisar hur solcellsanläggningar kan utformas och hur det påverkar byggnadens utseende. Dokumentet är framtaget under våren 2022 och tar endast hänsyn till de etablerade produkter och lösningar som finns tillgängliga vid denna tid.

I framtiden hoppas vi få se fler produkter och lösningar som gör det ännu enklare att få till väl utformade solcellsinstallationer och vi vill uppmuntra dig som läsare att gärna efterfråga sådana produkter från din solcellsinstallatör.

# Allmänna rekommendationer

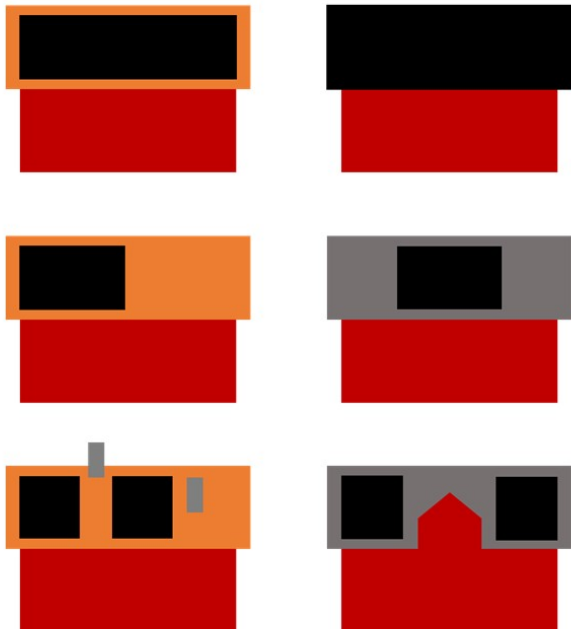
Generellt vill vi gärna lyfta fram dessa punkter, ur varsamhetsperspektivet, när du står inför att utforma en solcellsanläggning:

- ▶ Välj i första hand att placera solcellerna på ytor som inte syns väl från marknivån, eller från andra platser där folk vistas.
- ▶ Välj helst ut ytor där det är möjligt att placera solcellerna sammanhängande i en regelbunden form, i stället för alltför uppdelat.
- ▶ Välj gärna solpaneler som är enhetliga i färg (t.ex. helsvarta).
- ▶ Se till att monteringsdetaljerna är diskret utformade, gärna i samma färg som solpanelerna och de bör inte sticka fram onödigt mycket under panelerna.

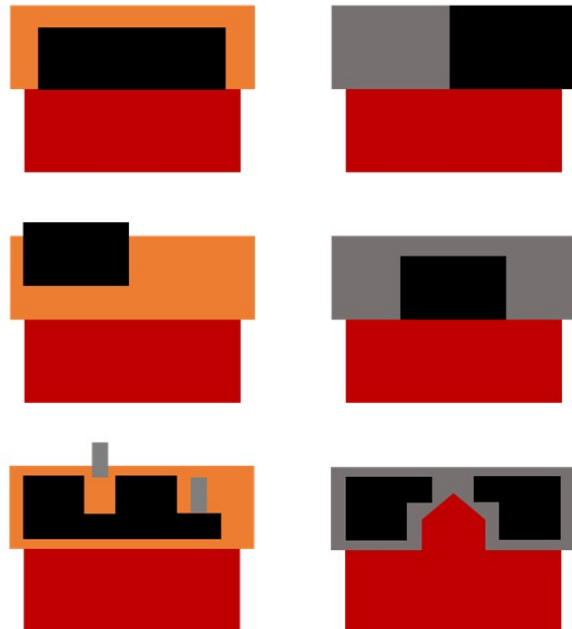
Om solpanelerna avviker mycket från det befintliga takets utseende (exempelvis svarta paneler på rött tak) kan det vara bra att placera panelerna i tydligt indraget läge från det befintliga takets gränser (gavel, takfot och taknock) – så att en del av det underliggande taket syns på håll och helst även från marknivå.

I utpekade kulturmiljöer, på äldre byggnader eller känsliga/karaktäristiska platser bör solcellernas färg vara lik det befintliga takets färg för att synas så lite som möjligt. Observera att bygglovsplikt eller förbud kan förekomma i detaljplanen eller om platsen har områdesbestämmelser. Bäst att kolla upp med din kommun innan!

## Bättre



## Sämre



Exempel på hur man kan tänka vid utformning av en solcellsinstallation. Det är dock viktigt att förstå att ovanstående exempel är generella då det i olika fall ändå kan finnas anledningar som gör en installation olämplig. Stäm därför gärna av med din kommun. Källa: David Larsson och Sara Hallström

# När krävs bygglov?

Bygglov är en formell process där kommunen gör en noggrann bedömning av om en byggnation är lämplig eller inte utifrån en sammanvägd bedömning av en rad olika intressen. För vissa solcellsanläggningar har det införts ett särskilt undantag från bygglov, se rutan intill.

Om din solcellsanläggning inte följer de undantag som finns i rutan intill kan det krävas bygglov, men inte alltid. Till exempel kan det räcka med en enklare bedömning, utan krav på formellt bygglov, även för ett integrerat montage av solceller (där solcellerna ersätter taktäckningsmaterialet).

Vad som är en särskilt värdefull miljö behöver inte vara utpekad på förhand i ett dokument. Om du är osäker på vad som gäller i ditt fall går det bra att kontakta kommunens stadsbyggnadskontor eller bygglovsavdelning för en inledande (mindre formell) bedömning samt vägledning kring hur du kan gå vidare.

För att vara undantagen från de allmänna bestämmelserna om bygglov gäller att solcellsanläggningen:

- monteras utanpå en byggnads fasadbeklädnad eller taktäckningsmaterial
- följer byggnadens form
- inte monteras på byggnader eller inom byggelseområden som är särskilt värdefulla
- inte monteras inom eller i anslutning till områden som är av riksintresse för totalförsvaret
- inte kräver bygglov enligt den detaljplan som gäller för området.



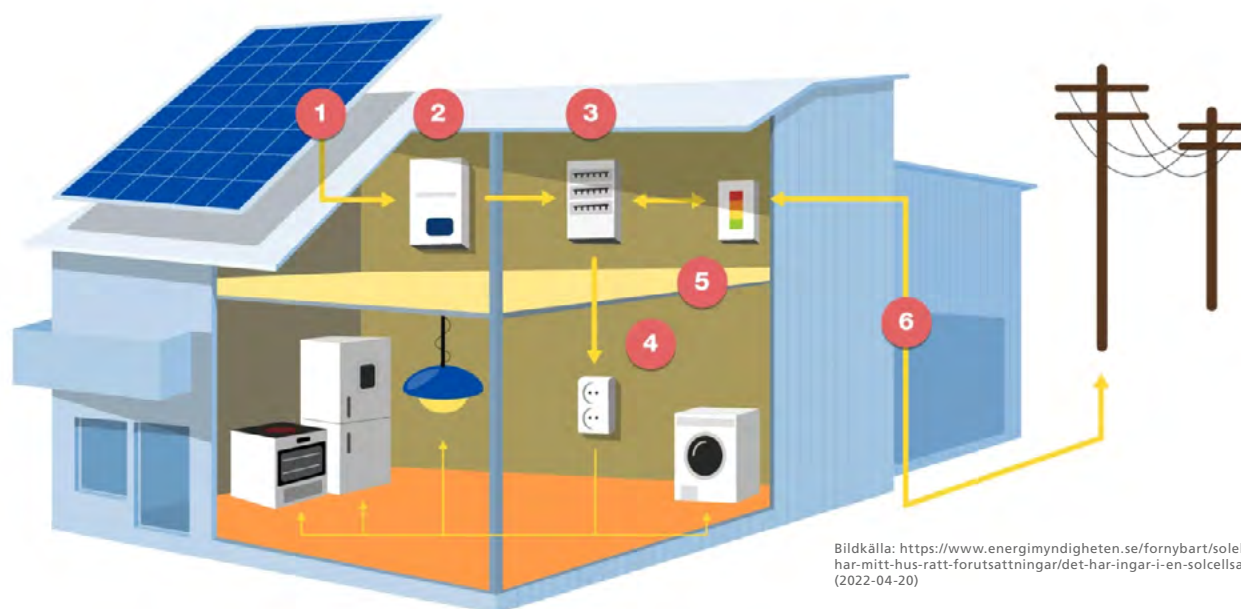
# Allmänt om solceller och solcellsanläggningar

En solcellsanläggning består i huvudsak av solcellspaneler, kablar och växelriktare. Solcellspanelerna installeras på taket (eller en annan solig plats) och omvandlar solstrålningen till elenergi (solel). Via kablar leds elen vidare till en eller flera växelriktare där den omvandlas från likström till växelström.

Därefter leds elen till byggnadens elcentral så att den kan användas i byggnaden eller skickas ut på elnätet.

Utöver detta består en solcellsanläggning av komponenter såsom infästningar och montagesystem, kanalisation för kablarna, olika typer av brytare, elmätare, skyltning och varselmärkning med mera.

## Schematisk bild på en solcellsanläggning



- 1 Solcellsmodul   2 Växelriktare   3 Elcentral   4 Solel som används direkt i huset   5 Elmätare   6 In- och utmatning av el mellan hus och lokalnät

Solcellspanelerna består förenklat av ett lager med solceller som lamineras mellan en framsida och en baksida. Själva solcellerna kan bestå av olika material där kisel är vanligast. Alternativet till kisel är tunnfilms-solceller som består av olika ämnessammansättningar.

Framsidan på en solcellspanel behöver vara genomskinlig för att släppa igenom solstrålning till solcellerna, medan baksidan inte behöver vara det. På baksidan eller på kanten finns ett kontaktpar som gör det möjligt att koppla ihop flera solcellspaneler och leda den producerade elen till en förbrukare.



Konventionella kisel-solcellspaneler till vänster och i mitten, tunnfilmspanel till höger.

Bildkälla: <https://www.digisolar.se/nyheter/monokristallin-polykristallin-eller-tunnfilm-vilken-panel-ska-jag-valja-digisolar-forklarar/> (2022-04-25)





# Utanpåliggande solceller

När solcellspaneler installeras utanpå en byggnads ytskikt benämns de som utanpåliggande. Utanpåliggande solcellspaneler har historiskt varit, och är fortfarande, betydligt vanligare på marknaden jämfört med alternativet byggnadsintegrerade solceller.

En utanpåliggande solcellsanläggning är fristående från byggnadens klimatskal, vilket kan förenkla uppförandet eftersom det inte krävs lika mycket hänsyn, planering, samordning, måttanpassning etcetera gentemot andra byggnadsdelar. Utanpåliggande solceller har inte heller något tätskiktskrav, vilket kan vara fallet för byggnadsintegrerade solceller.

Hur utanpåliggande solcellspaneler monteras på taket skiljer sig åt beroende på vad taket har för konstruktion, ytskikt och lutning, men i de allra flesta fall fästs solcellspanelerna in i ett profilsystem som består av aluminiumskenor. Profilsystemet fästs i sin tur in i takkonstruktionen med olika infästningar beroende på vad det är för

typ av tak. På platta och låglutande tak (< cirka 5 grader) är det vanligt att profilsystemet vinklas upp 10–15 grader för att öka solinstrålningen mot solcellspanelerna, jämfört med att ha dem platt.

Att installera solcellspaneler upplutade på platta tak innebär också att risken för algpåväxt vid gränsen mellan ram och framsida minskar. På solcellspaneler som monteras plant kan vatten och smuts bli stående under långa perioder. På mer lutande tak installeras profilsystemet och solcellspanelerna vanligtvis parallellt och med samma lutning som taket.

Utöver själva solcellspanelerna blir ofta montagesystem, kablar och dess kanalisation synliga delar som påverkar byggnadens estetik. Utanpåliggande solcellspaneler bör placeras med cirka 5–10 centimeters avstånd från taket, detta så att kablar får plats under solcellspanelerna och att det blir ett luftflöde för ventilering under solcellspanelerna.

På vissa platser kan det genom områdesbestämmelser eller detaljplaner vara känsligt med vad som blir synligt ut mot gator, vägar eller grannar.

I många fall kan det dock vara möjligt att hitta en placering för solcellspanelerna där de inte blir synliga för allmänheten.

Ett bra exempel på en sådan solcellsanläggning är kungliga slottet där solcellspaneler finns på pulpettaken som vetter mot innergården, som du kan se på bilden till höger.



Bildkälla: Roland Dahl

Nybyggt hus med utanpåliggande blåa paneler.  
I många fall, beroende på byggnad och område, skulle inte denna typ av installation bedömas som en varsam ändring av byggnaden.



## Typer

Det finns två huvudsakliga väletablerade solcellstekniker tillgängliga på marknaden: de kristallina kiselcellerna och tunnfilmssolcellerna. Kiselcellerna är de absolut vanligaste och står för cirka 97 procent av marknaden.<sup>1</sup> Kiselcellerna kan vidare kategoriseras som poly- eller monokristallina. De polykristallina solcellerna har historiskt dominerat marknaden eftersom de är billigare att tillverka men sedan slutet av 2010-talet har ett skifte till monokristallina kiselceller skett så att dessa nu dominerar marknaden.

Utanpåliggande solcellspaneler utgörs nästan alltid av kiselceller, men det finns undantag när tunnfilmspaneler är mer lämpliga eftersom de går att göra flexibla och har lägre vikt då de kräver mindre och annat material.

### Kiselceller

Kiselcellerna är sköra och behöver lamineras mellan två styva material för att få skydd. Framsidan är alltid gjord av glas medan baksidans material kan variera. På en traditionell kiselcellspanel är baksidan gjord av någon typ av plast, så kallade glas-polymerpaneler. Oftast har paneler med plastbaksida en aluminiumram för att ge ökad stabilitet och skydd mot kantstötter.

Det är även vanligt förekommande att baksidan av en kiselcellspanel består av glas, så kallade glas-glaspaneler. De dubbla glasskikten ger bättre skydd åt solcellerna men ökar vikten och kostnaden för panelerna. Solcellspaneler med glasbaksida finns både med och utan ram. De paneler som inte har en ram kräver en annan typ av montagesystem; de kan till exempel även monteras i profilsystem för glasfasader eller glastak. För glas-glaspaneler är en möjlighet att även ha dubbelsidiga solceller så att ljus kan fångas in från baksidan. Dessa kallas bifacial-paneler och kan vara lämpliga när solcellspanelerna får solstrålning från båda sidorna, i exempelvis staket eller solcellsparker.

Formatet på en kiselcellspanel beror till största del av hur stora de enskilda solcellerna är, samt hur många celler det finns i en panel. En kiselcellspanel består traditionellt av 60 eller 72 stycken solceller som är cirka 16x16 centimeter<sup>2</sup>, i solcellspanelen placeras solcellerna i sex rader med antingen tio eller tolv solceller per rad, vilket ger de typiska måtten 1x1,6 meter och 1x1,9 meter.

De senaste åren har det skett några trendbrott inom tillverkningsindustrin. Dels har cellstorlekarna blivit lite större och vid montering i panelerna har det blivit vanligt att dela cellerna på mitten till så kallade halvceller, vilket ökar effektiviteten i solcellspanelen. Eftersom cellerna halveras är solcellsytan densamma men då det krävs ett inbördes avstånd mellan de halverade cellerna är panelmåtten för dessa något större, typiskt 1,05x1,8 meter eller 1,05x2,1 meter.<sup>3</sup>

### Tunnfilmssolceller

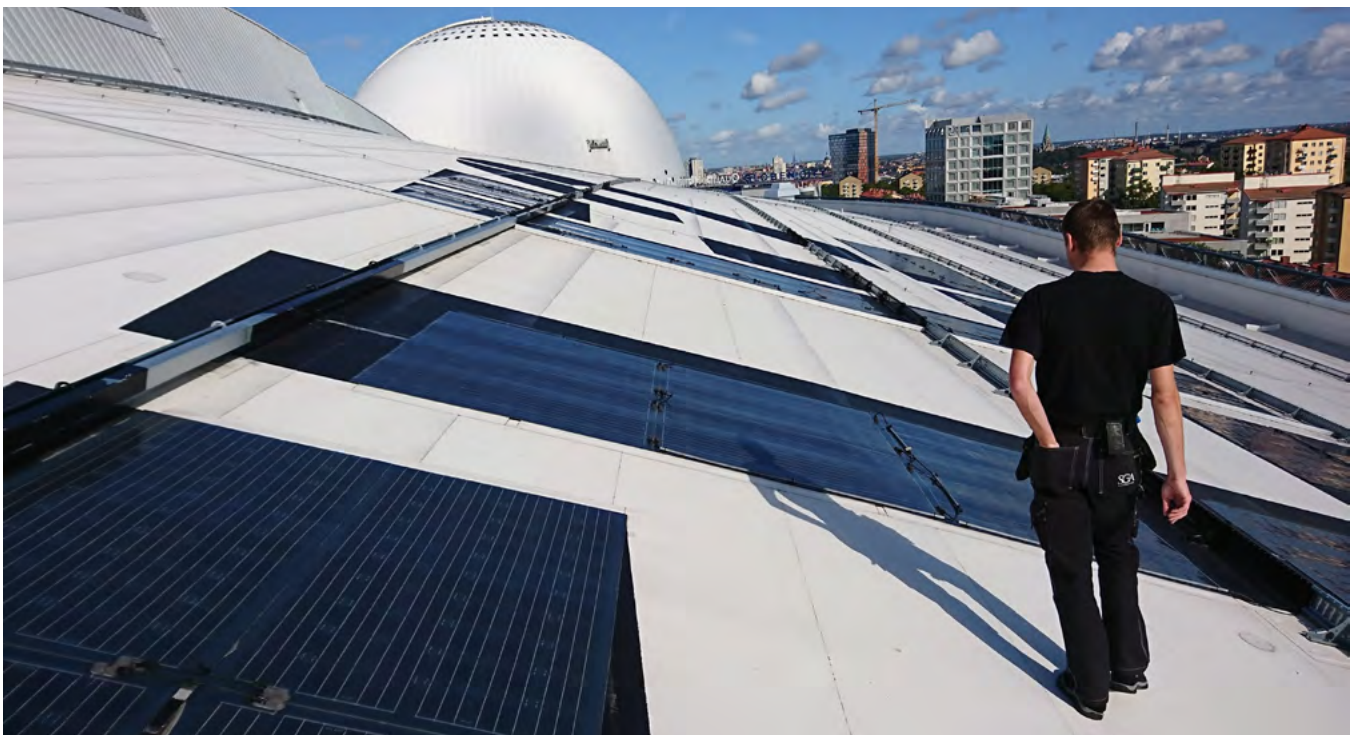
Tunnfilmssolcellerna har i dagsläget endast några få procent av världsmarknaden och förekommer oftast i byggnadsintegrerade produkter, men det finns även utanpåliggande solcellspaneler med tunnfilmsteknik. Det finns flera olika typer av tunnfilmssolceller där de vanligaste är CIGS/CIS samt CdTe-celler.<sup>4</sup>

Tunnfilmssolcellerna är inte sköra på samma sätt som kiselcellerna och går därför att få flexibla om de lamineras mellan exempelvis en böjbar metall och en plast-framsida, vilket gör att de får en lägre vikt. De går då att installera utanpå välvda tak och på tak som inte klarar vikten av en konventionell solcellsanläggning. Till höger kan du se bilder på Tele2 arena som har en sådan typ av solcellsanläggning.



Flygfoto över Tele 2 arena i Stockholm där logotypen utgörs av tunna flmsolceller.

Bildkälla: <https://sgafastigheter.se/vara-arenor-fastigheter/tele2-arena/> (2022-04-21)



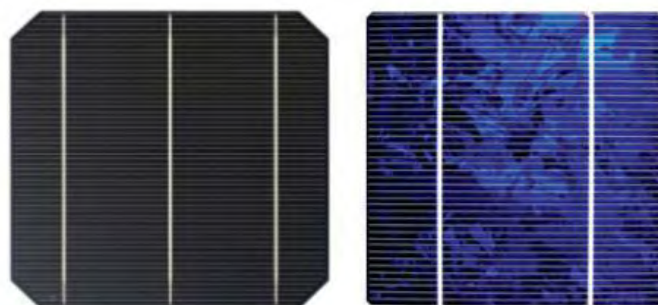
Närbild på tunna flmsolcellspanelerna på Tele2 arena. Bild: Jens Penttilä, WSP

## Färger på utanpåliggande solceller

### Polykristallina och monokristallina kiselceller

De absolut flesta utanpåliggande solcellspaneler består av kiselceller och dessa kan delas in i polykristallina och monokristallina solceller. Monokristallina kiselceller består av en och samma kristallstruktur, vilket ger ett homogent och vanligtvis svart uttryck.<sup>5</sup>

Polykristallina kiselceller består av flera olika kristallstrukturer och har framträdande blåskimrande färgskiftningar.<sup>6</sup> Utöver de olika färgerna kan de olika cellteknikerna ibland särskiljas genom att monokristallina solceller har rundade hörn medan en polykristallin kiselcell har skarpa hörn.



Till vänster: Monokristallin kiselcell.

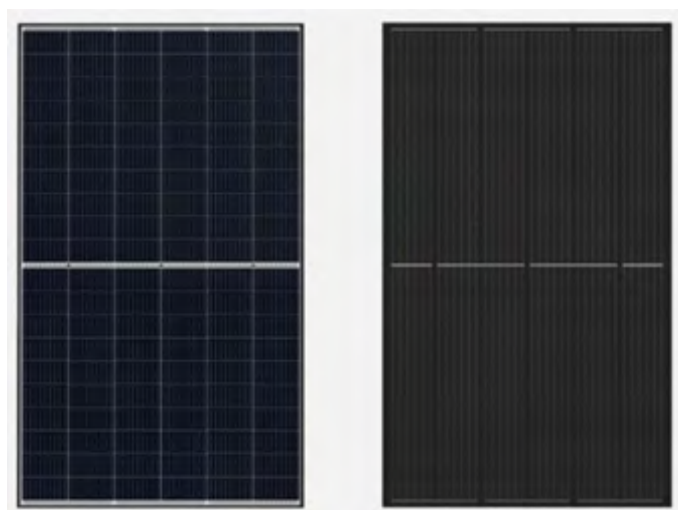
Till höger: Polykristallin.

Bildkälla: [https://www.researchgate.net/publication/359126848/figure/fig/1/figure/fig1/359126848/Left-Mono-crystalline-and-right-multi-crystalline-silicon-solar-cells-it-is-possible-f\\_g13\\_268487729](https://www.researchgate.net/publication/359126848/figure/fig/1/figure/fig1/359126848/Left-Mono-crystalline-and-right-multi-crystalline-silicon-solar-cells-it-is-possible-f_g13_268487729) (2022-04-20)

### Synliga delar på solcellspaneler

Utöver själva solcellerna blir baksidan, kontakterna på solcellerna och eventuella ramar synliga delar på en solcellspanel. Baksidan är traditionellt vit och lyser igenom vid utrymmen mellan cellerna, kontakterna är gjorda av silver och ramarna aluminium. För att få helsvarta solcellspaneler ersätts de olikfärgade detaljerna med svarta.

På bilden till höger kan du se en jämförelse mellan traditionell och helsvart kiselcellspanel.



Till vänster: Monokristallin halvcellspanel.

Till höger: Helsvart monokristallin halvcellspanel.

Bildkälla: <https://solcellskollen.se/blogg/hur-utvecklas-solpaneler-2022-verkningsgrader-fortsatt-ter-oka-men-inledningsvis-aven-priser> (2022-04-20)

### Färgade glasframsidor

Tunnsolcellspaneler tillverkas inte utifrån ett givet mått på solcellerna, som kiselcellerna gör, vilket gör dem mer anpassningsbara i sina storlekar. Tunnsolcellspaneler är oftast svarta i sitt grundutförande.

Genom att färga glaset på framsidan av en solcellspanel är det möjligt att tillverka solcellspaneler i valfri kulör och detta är möjligt för både kisel- och tunnsolcellspaneler.

Vissa nischade leverantörer har ett standardutbud av solcellspaneler med färgade glasframsidor. Den extra handpåläggningen som krävs i tillverkningsprocessen gör att dessa typer av solcellspaneler är betydligt dyrare. För att få exakt rätt kulör som matchar befintlig takfärg kan det krävas specialbeställningar till leverantörer som ger mångdubbling av priset jämfört med en konventionell solcellspanel.



Två hus i Falkenberg med utanpåliggande solcellsanläggningar. Huset i förgrunden har utmärkande blåskimrande polykristallina kiselcellspaneler med aluminiumramar på sitt röda tak. Det bortersta huset har helsvarta monokristallina kiselcellspaneler som knappt går att urskilja på sitt svarta tak. Bild: Hampus Nyman, WSP



Röda monokristallina kiselcellspaneler på rött falsat plåttak i Linné i Göteborg.

Bildkälla: <https://solkompaniet.se/2021/10/14/roda-paneler-pryder-bwyggnad-i-centrala-goteborg/> (2022-04-20)



Monokristallina kiselsolcellspaneler med grönt frontglas, och koppargröna detaljer samt montagesystem.

Bildkälla: <https://vgs.gruppstg.com/en/production/colored-photovoltaic-modules/colored-glass/408-ve360pvfg-colored-glass-green.html> (2022-04-20)

## Ramar

De flesta utanpåliggande solcellspaneler har en ram som ger extra styrka och skyddar mot kantstötter. Ramen består av aluminium och är ofta ofärgad men det blir dock allt vanligare att ramen färgas svart som tillsammans med svart baksida blir så kallade helsvarta solcellspaneler. Dessa anses i många fall ge ett mer estetiskt tilltalande intryck.

Ramarna går att anpassas till valfri färg men detta är en kostnadsdrivande aspekt. Det som skiljer sig från ofärgad aluminium eller svart är att färgade ramar inte tillhör standardsortimentet och måste tillverkas projektspecifikt. Solcellspaneler där både bak- och framsidan är av glas går att få utan ram. Dock kan installationen kräva synliga lister och klämmor runt panelerna, vilka också går att få i valfri färg.

Möjligheten att anpassa färg på ramar och lister gör att det går att matcha dem med färgen på solcellerna för att ge en enfärgad installation som smälter in med eller utmärker byggnadens utseende. Alternativt kan solcellspanelens ramar och lister anpassas med en färg som skiljer sig från solcellerna för att matcha utseendet på andra byggnadsdelar, exempelvis fönsterlister eller balkongräcken.

Se exempel på solcellspaneler med koppargrön ram och montagesystem som matchar med koppartaket på bilden ovan.





Bildkälla: Jessica Jeppson, Region Örebro län

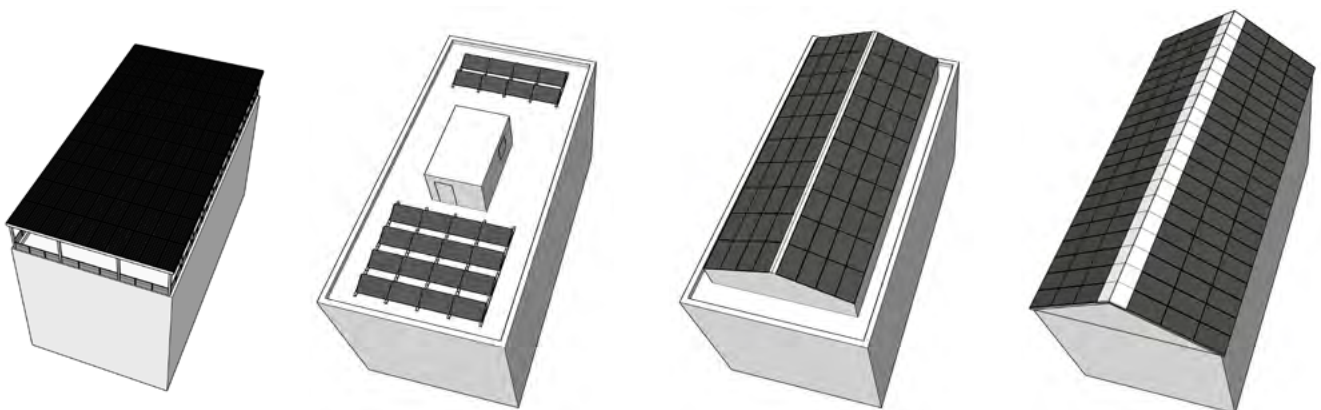
## Symmetri

Hur många solcellspaneler en anläggning ska innehålla är inte strikt utan någonting som anpassas efter de specifika behoven och förutsättningarna. I de flesta montagesystem placeras solcellspanelerna ordnat med marginellt inbördes avstånd i höjd- och sidled. Detta gör att det i de flesta fall finns goda förutsättningar att skapa symmetriska solcellsanläggningar med utanpåliggande solcellspaneler. En symmetrisk anläggning harmoniserar bättre med taket och den omgivande miljön och ger oftast ett mer estetiskt tilltalande intryck.

Det som begränsar genomförandet för symmetriska solcellsanläggningar är i grunden att formatet på utanpåliggande solcellspaneler inte är vidare anpassningsbart. Som beskrivs under avsnittet Typer finns utanpåliggande

solcellspanelerna i storleksordningen 1x1,6-2,1 meter. De kan installeras antingen i porträtt- eller landskapsläge men mer än så går de inte att anpassa utan att avvika från standardsortimentet. Möjligheten att få till en symmetrisk anläggning beror således på takets dimensioner och utformning samt om det finns takinstallationer såsom skorstenar, ventilationshuvor, takfönster, avluftningsrör etcetera.

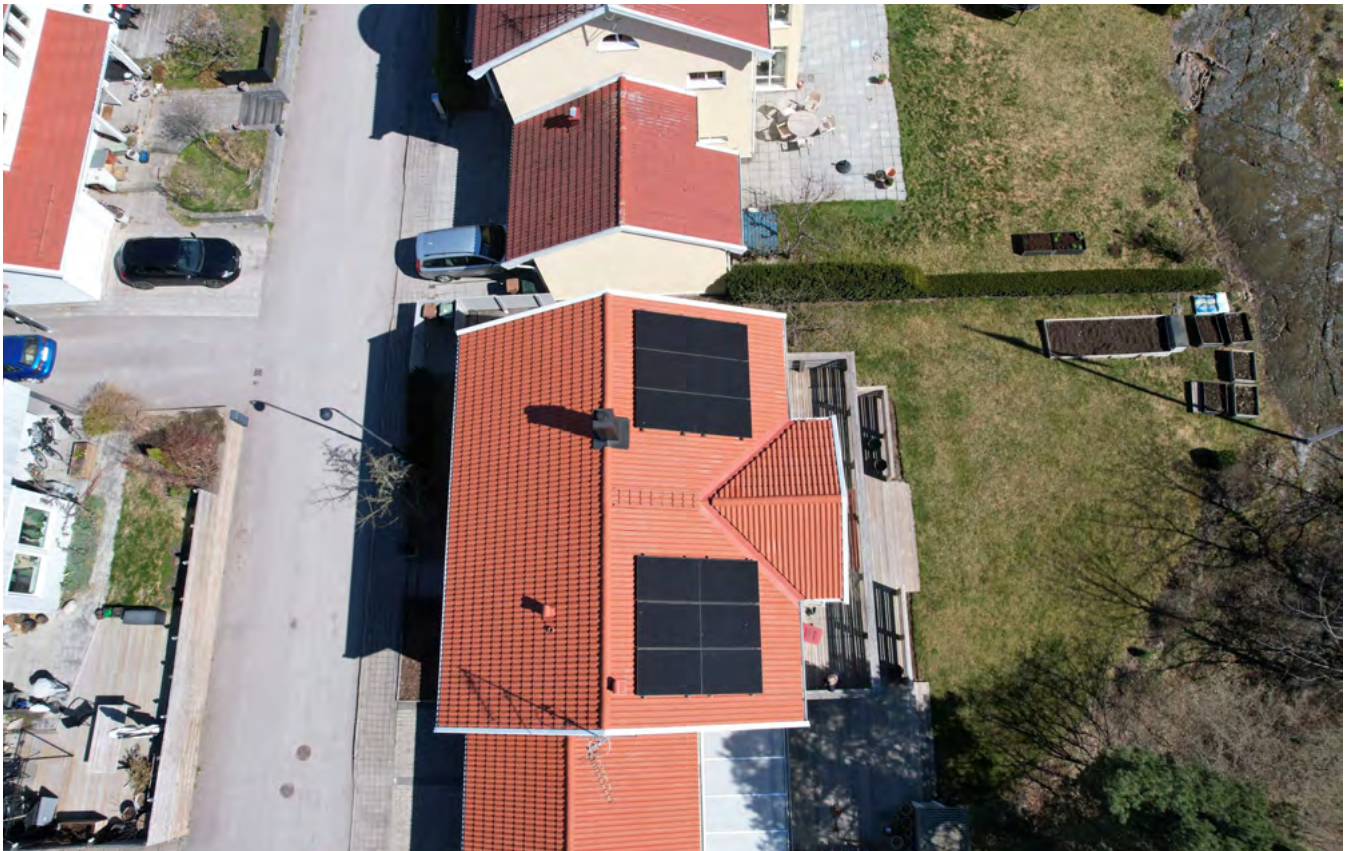
På befintliga platta tak är en möjlig lösning på konflikten mellan placering av solcellspaneler och andra takinstallationer att bygga upp ett nytt tak över det befintliga, vilket då ger goda möjligheter att skapa symmetriska solcellsanläggningar.<sup>7</sup> Utformningen av det nya taket kan se olika ut. Nedan ges några exempel.



Exempel på hur solcellspaneler får ett upplyft montage som löser konflikt med befintliga takinstallationer. Byggnadens grundutförande ses till vänster och i bilderna till höger ges exempel på hur tak för solcellspaneler kan byggas över det befintliga taket. Bild: David Larsson, Solisten.



Osymmetrisk solcellsanläggning på valmat tak. Bild: Hampus Nyman, WSP



Symmetrisk solcellsanläggning vars utformning tagit hänsyn till placering av takkupa. Bild: Sesol

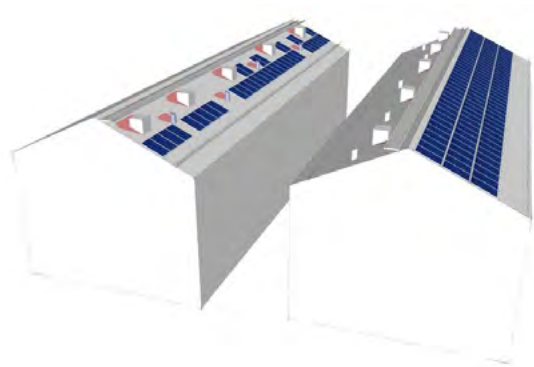
## Nyproduktion

Genom att beakta solcellsanläggningens gestaltning redan i planeringsfasen av en ny byggnad går det nästan alltid att skapa bra förutsättningar för en estetiskt tilltalande solcellsanläggning. För detta behöver solcellsanläggningen samordnas med andra takinstallationer så att exempelvis skorstenar, ventilationshuvor, takfönster, avluftnings-rör inte begränsar solcellsanläggningens utformning.

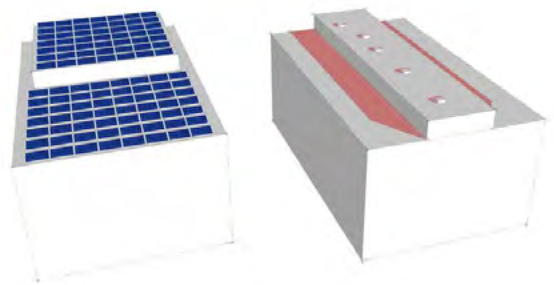
I exempel 1 går det att se exempel på hur planering i tidigt skede kan skapa goda förutsättningar för en symmetrisk solcellsanläggning. På byggnaden till vänster är gångbrygga och ventilationshuvor placerade på det södra takfallet och snörasskydd är placerat långt från takfoten, vilket begränsar möjligheten att skapa en symmetrisk och stor solcellsanläggning. Genom att placera gång-brygga och ventilationshuvor på det norra takfallet samt att placera snörasskydd närmre takfoten skapas en stor sammanhängande yta för en symmetrisk och större solcellsanläggning.

I exempel 2 ses ytterligare exempel på hur planering av solcellsanläggning i tidigt skede kan vara avgörande för att kunna installera en solcellsanläggning. Byggnaden till höger i figuren har ett långsmalt fläktrum med som sträcker sig längs hela taket, vilket resulterar i små sammanhängande takytor som till stor del är skuggade.

Byggnaden till vänster har ett lika stort men bredare fläktrum som är placerat på den norra delen av taket, vilket skapar mer sammanhängande och skuggfri yta för en solcellsanläggning.



Exempel 1 på planering som möjliggör mer estetiskt tilltalande solcellsanläggning. Solceller på tak – möjligheter och fallgropar, BELOK 2015



Exempel 2 på planering som möjliggör mer estetiskt tilltalande solcellsanläggning. Solceller på tak – möjligheter och fallgropar, BELOK 2015



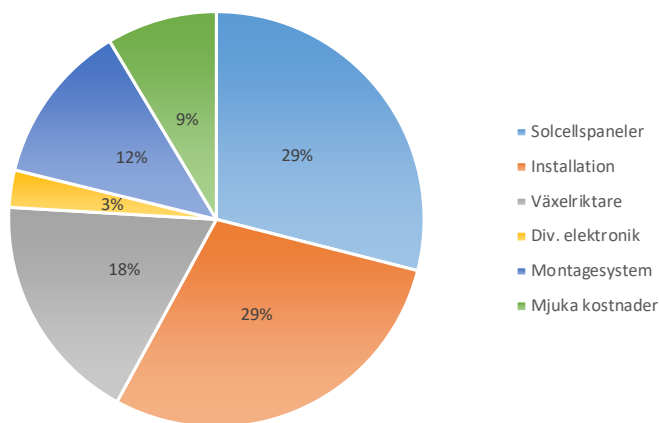
Mindre solcellsanläggning som är anpassad efter hushållets elbehov och byggnadens utformning. Bild: Hampus Nyman, WSP

## Verkningsgrad

Det har tidigare konstaterats, under avsnittet Typer, att utanpåliggande solcellspaneler nästan uteslutande består av kiselceller. Den första användbara kiselcellen tillverkades 1954 och sedan dess har verkningsgraden utvecklats från 4 till omkring 22 procent för de mest högeffektiva solcellspanelerna på marknaden i dagsläget.<sup>8</sup> På den svenska marknaden har solcellspaneler i dagsläget typiskt verkningsgrader omkring 20 procent.

Även om vissa tunnfilmssolceller inom forskningen har jämförbara verkningsgrader med kiselceller<sup>9</sup> är teknik-utvecklingen av kommersiella tunnfilmspaneler inte lika långt kommen. De utanpåliggande tunnfilmssolcellerna som finns tillgängliga på marknaden har i dagsläget verkningsgrader på omkring 14–16 procent medan de integrerade tunnfilmssolcellerna (icke-transparenta) har verkningsgrader på omkring 11–13 procent.<sup>10</sup>

Innebörden av variationen av verkningsgrader blir att det krävs större solcellsyta (fler solcellspaneler) för solcellspaneler med låg verkningsgrad för att komma upp i samma solcellseffekt som för en anläggning som har solcellspaneler med hög verkningsgrad.



Kostnadsfördelning för en 10 kWp solcellsanläggning på en villa. \*De mjuka kostnaderna avser kostnader för tillstånd och rapportering, planering och sälj, resor och frakt. Figur sammansatt av WSP med information från: National Survey Report of PV Power Applications in Sweden 2020, J. Lindahl m.f 2021

## Kostnader och lönsamhet

Lönsamheten i en solcellsanläggning kommer från den el som en undviker att köpa, genom att själv producera den. En får även ersättning för den el som blir överskott genom att sälja den till sitt elhandelsbolag.

För att göra en lönsamhetsbedömning ställs kostnaden för solcellsanläggningen i relation till hur mycket solen den kan generera under sin livslängd och jämförs med marknadspriset på el. Hur mycket den egenproducerade solen kostar beror alltså till stor del på hur mycket själva solcellsanläggningen kostar att få på plats.

Investeringskostnaden för en utanpåliggande solcellsanläggning kan delas in i kostnad för hårdvara, installation och mjuka kostnader. Under 2020 var den typiska kostnadsfördelningen för en solcellsanläggning på en villa i enlighet med figur 18 där solcellspanelerna och installationsarbetet står för majoriteten av investeringskostnaden, cirka 60 procent av totalkostnaden.

För ett få en kostnadseffektiv solcellsanläggning är det alltså avgörande att ha en enkel installation som gör att arbetskostnaden hålls nere samt att solcellspaneler kan köpas in till ett bra pris. Ofta är det enklast och billigast att installera solcellspanelerna på flacka plåttak och på papptak där det går att använda ballast som infästningsmetod: se mer om infästningsmetoder under avsnittet Reversibilitet. Installationskostnaden ökar generellt med större taklutning.

När det gäller solcellspaneler är det i dagsläget mest kostnadseffektivt med utanpåliggande ofärgade solcellspaneler med plastbaksida och aluminiumram<sup>11</sup>, som exemplet visar. Att i stället välja solcellspaneler som är helsvarta är marginellt dyrare medan valet av glasbaksida kan öka panelkostnaden med uppemot 50 procent, vilket skulle innebära 15 procent högre investeringskostnad för exemplet som figur 18 baseras på.

## Reversibilitet

Återställningsmöjligheterna för en utanpåliggande solcellsanläggning är i många fall goda och beror främst på hur montagesystemet fästs in i takkonstruktionen, samt hur genomföringar utförts för kablar som eventuellt behöver ledas in i byggnaden.

När takets återställningsmöjlighet bedöms är det viktigt att ta hänsyn till att det kan bli ett varierat slitage på ett tak med en solcellsanläggning. En solcellsanläggning har en livslängd på cirka 30 år och under den perioden får de delar av taket som har solcellspaneler ett permanent väderskydd. Det blir även ett varmare klimat under solcellspanelerna: dels avger de värme och dels blir de en barriär för luftflödet.

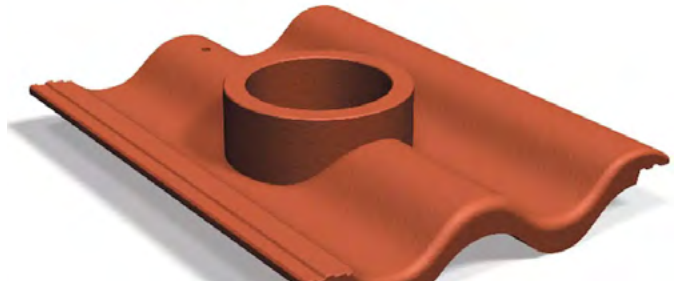
Håltagning genom byggnadens tätskikt är alltid nödvändig när det saknas möjlighet att ansluta solcellsanläggningen till byggnadens elcentral från utsidan. Håltagningen kan utföras både i tak och fasad beroende på vad som är lämpligast. Den bör dock vara nära växelriktaren så att likströmskablage inomhus begränsas.

Montagesystem för en utanpåliggande solcellsanläggning består oftast av ett profilsystem av aluminiumskenor. Hur systemet fästs in i taket beror på vad det är för takkonstruktion, yttskikt och lutning.

## Olika alternativ för kabelgenomföringar på olika typer av tak



Tvåkupig betongpanna med stös för genomföring av kablar.  
Bildkälla: <https://www.ahlsell.se/products/ventilation-3/takhuvar-och-ytttervaggsgaller/takhuvar-och-genomforingar/genomforingar/6201931/#> (2022-04-22)



Tvåkupig betongpanna förberedd för genomföring av kablar.  
Bildkälla: [https://www.byggemma.se/hus-och-bygg/tak/takventilation/genomforingspannor/betongdel-for-genomforing-benders-palema-ytbehandlad/p-816111-244667?gclid=Cj0KC-QjwplmTBhCmARISAKr58czlcAJc3UagTn9-Vlx\\_D0Eneh5pJqCzmzoDeiDDrj5\\_KOLXueS19W8aArzLEALw\\_wcB](https://www.byggemma.se/hus-och-bygg/tak/takventilation/genomforingspannor/betongdel-for-genomforing-benders-palema-ytbehandlad/p-816111-244667?gclid=Cj0KC-QjwplmTBhCmARISAKr58czlcAJc3UagTn9-Vlx_D0Eneh5pJqCzmzoDeiDDrj5_KOLXueS19W8aArzLEALw_wcB) (2022-04-22)

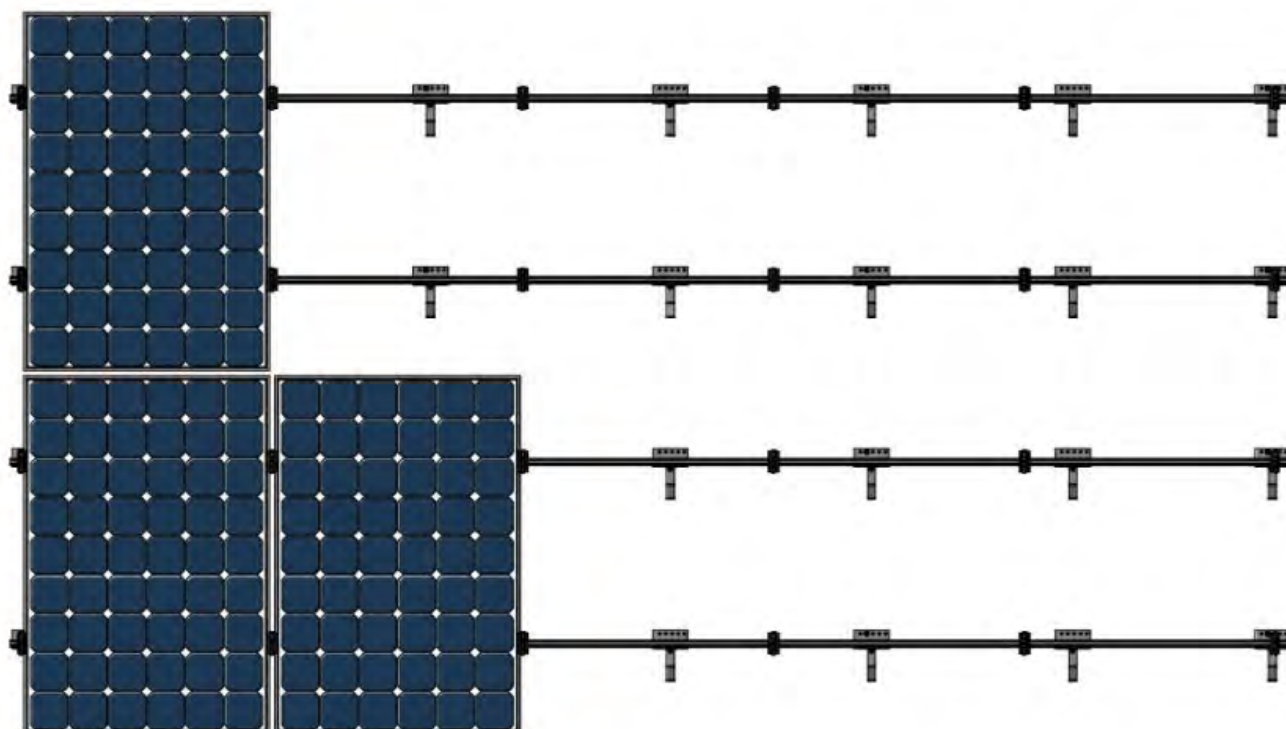


Genomföring på fasad av falsad plåt.  
Foto: Torbjörn Österling



Svanhalsgenomföring på platt papptak.  
Bildkälla: <https://varmitek.se/32-stycken-solceller-pa-papptak/> (2022-04-22)





Prof system för solcellsmontage som fästs in på olika sätt beroende på takkonstruktion.

Bildkälla: [https://www.abc-solar.com/f/leadadmin/redaktion/en/Installer/Products/Installation\\_Manual\\_IBC\\_TopFix200.pdf](https://www.abc-solar.com/f/leadadmin/redaktion/en/Installer/Products/Installation_Manual_IBC_TopFix200.pdf) (2022-04-24)

## Tak med panttäckning

På tak med tegel- eller betongpannor används takkrokar för att fästa in monteringsystemet. Takkrokarna fästs i den underliggande konstruktionen och är utformade så att takpannorna kan läggas tillbaka ovanpå takkrokarna när dessa väl är fästa. Ofta behöver berörda pannor slipas eller kapas något för att göra plats för kroken. Det som syns efter installationen är en metallbit som sticker upp

mellan takpannorna där aluminiumskenorna, och i sin tur solcellspaneler fästs, se illustrationen nedan.

Solcellspanelerna och montagesystemet går att ta bort så att takets utseende återställs, men sannolikt behöver underlagspapp och i en del fall även bärläkten ersättas.

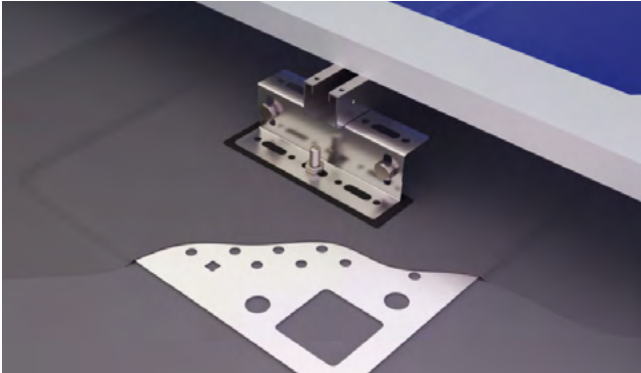


Infästningsprincip för takkrokar på panttäckta tak.

Bildkälla till den vänstra bilden: Solenergibutik  
Bildkälla till den högra bilden: Energie-experten

## Papptak

För platta papptak (<5 graders lutning) kan ofta ballast användas för att fästa in montagesystemet för solcellspanelerna. Det krävs då ingen håltagning i tätskiktet och det går att återställa takets utseende vid demontering av solcellsanläggningen. På papptak kan även infästningsplattor användas som infästningsmetod.



Infästningsplatta med överliggande skena varpå solcellsmodul är fäst. Bildkälla: [www.cwlundberg.com/docs/CWLCWL01665E.pdf](http://www.cwlundberg.com/docs/CWLCWL01665E.pdf) (2022 04 24)

Infästningsplattorna skruvas fast i takkonstruktionen genom tätskiktet och svetsas fast i takpappen. För att återställa tätskiktet svetsas en tätskiktsmatta fast ovanpå infästningsplattan, se nedan. När infästningsplattor används är det svårt att återställa takets utseende utan att lägga nytt ytskikt.



Ballastsystem för att förankra solcellsinstallation  
Bildkälla: <https://paneltaket.se/referenser>

## Gröna tak

Det finns montagesystem för solcellspaneler som är skräddarsydda för platta gröna tak så att både solcellspanelerna och växtligheten gynnas. I vissa fall är dräneringsmatta och monteringsystem integrerat och substratet (växtligheten) fungerar då som ballast, se bilderna nedan. Det är även möjligt att anpassa standardlösningar till

sedumtak, till exempel genom att ta bort sidoskivor från monteringsystemen för att få in ljus under solcellspanelerna.<sup>12</sup> Det är möjligt att återställa takets utseende när en sådan solcellsanläggning demonteras, men det är troligt att växtligheten till en början ser annorlunda där solcellspanelerna suttit.



Montagesystemet Sun-Root 15° från Optigreen.



Montagesystemet Duraklick GR 100/20 från Soltop.  
Solceller på svarta, vita och gröna tak, Energiforsk 2017



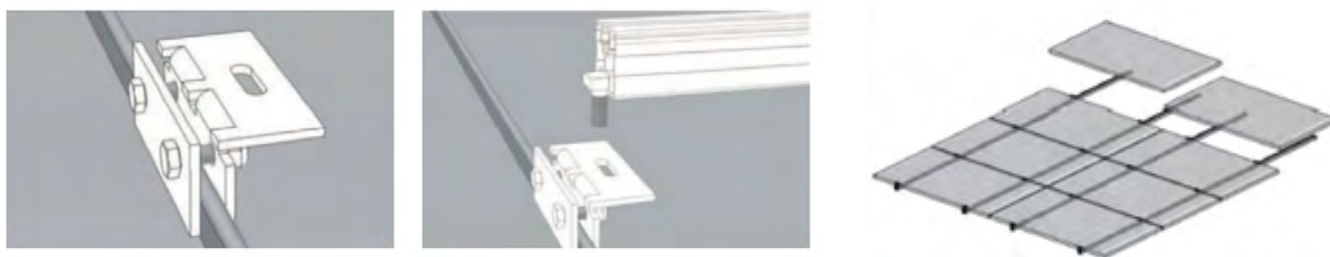
## Falsade plåttak

På falsade plåttak utnyttjas falsklämmor för att fästa in solcellsanläggningens montagesystem. Genom att använda klämmor som fäster och skruvas åt i falsarna skapas ett stabilt fäste för profilsystemet. Det finns olika typer av klämmor för olika falsar, men infästningsprincipen är densamma och det går att använda packningar mellan fästet och falsen som skydd.

Det krävs ingen håltagning i ytskiktet och det är möjligt att helt återställa takets utseende vid demontering av en solcellsanläggning på falsade plåttak.



Olika typer av falsklämmor på olika falsar. Sol i väst, Installation och slutbesiktning 2018.



1. Klämma fästs i fals. 2. Skena fästs i klämma. 3. Solceller fästs på skenor. Sol i väst, Installation och slutbesiktning 2018.

## Vikt

Konventionella utanpåliggande solcellspaneler med plastbaksida väger cirka tio kilo per kvadratmeter och då plastbaksidan ersätts med glas till glas-glaspaneler väger dessa omkring 18 kilo per kvadratmeter. När montagesystemet adderas blir totalvikten för en solcellsanläggning typiskt 15–20 kilo per kvadratmeter.<sup>13</sup>

I solcellspanelerna är det glaset som står för den huvudsakliga vikten; för solcellspaneler med plastbaksida står glaset för cirka 75 procent av vikten och för paneler med glasbaksida står glaset för uppemot 90 procent av

vikten.<sup>14</sup> För att reducera vikten för en solcellsanläggning är det alltså effektivast att ersätta glaset med ett annat material.

För konventionella solcellspaneler är det uteslutet att ersätta glaset, då kiset är skört och behöver stabiliseras av glaset. Vissa tunnfilmssolceller är däremot så tåliga att de kan böjas och ha transparent plast som framsida och dessa solcellspaneler kan väga neråt tre kilo per kvadratmeter.

# Integrerade solceller

Solceller går att integrera i en byggnads fasad eller tak för att göra installationen diskret, estetiskt tilltalande eller för att behålla byggnadens ursprungliga utseende. Integrerade solceller hamnar i nivå med takbeläggnings och ersätter i flera fall delar av den. Det gör att det kan vara lämpligt även av byggnadstekniska skäl, till exempel för tak med lägre bärighet eller på platser med mycket vind. Det breda utbudet av solcellspaneler innehåller flera typer som andra, mer traditionella, byggnadsmaterial. Därför kan integrerade solceller lämpa sig för områden där detaljplan eller arkitekt ställer krav på utseendet, till exempel för byggnader med kulturvärde där byggnadens utseende och intryck vill behållas eller för byggnader som ska ge ett modernt stilrent intryck.

Solcellspanelerna kan utgöra vissa byggnadsdelar eller bilda mönster, vilket gör det möjligt att använda dem för att utforma byggnadens utseende med till exempel mosaikmönster, rutmönster eller ränder. Det är möjligt att använda flera olika typer av solcellspaneler på samma byggnad där till exempel ett tak ska vara av plåt och ett annat av skiffer.

Att integrera vanliga solcellspaneler är generellt något dyrare än att göra ett utanpåliggande montage. Å andra sidan kan vissa kostnader för material och arbete till den ordinarie fasaden eller taket räknas bort, vilket gör att totalkostnaden kan bli lägre. Mer avancerade, eller specialtillverkade, solcellspaneler har normalt ett avsevärt högre pris och lägre tillgänglighet än vanliga solcellspaneler. Generellt sett har integrerade solcellspaneler lägre installerad effekt per yta; dock kan de lämpa sig för fler ytor vilket ger en ökad total effekt.

I vissa fall krävs att montagesystemet sluter tätt mellan solcellspanelerna för att bilda tätskikt, alternativt behövs ett tätskikt under. Integration kan medföra att kylningen av solcellerna blir låg och att högre kvalitet behövs på ytskiktets material.

## Typer

Det finns flera olika typer av integrerade solceller. Konventionella solcellspaneler kan sänkas ner i taket för att

hamna i nivå med övrig takbeläggning. De kan utgöra hela takdelen eller användas för att bättre smälta ihop med övriga takets form, även om de då går att urskilja. Det finns solcellspaneler i form av platta takpannor eller skifferpannor som ersätter takbeläggnings och efterliknar panntäckta tak samt skiffertak. De förekommer oftast med bredare mått än traditionella pannor och uppfattas som glansigare.

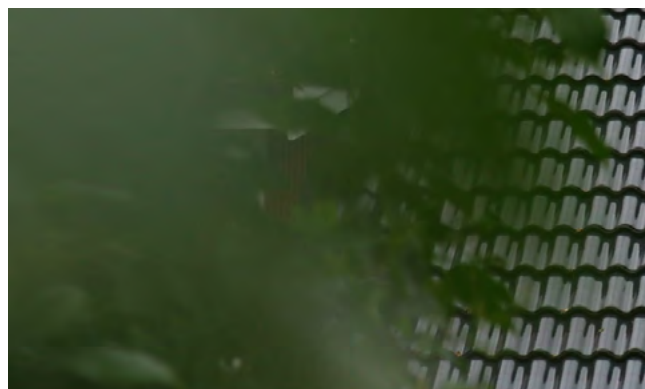
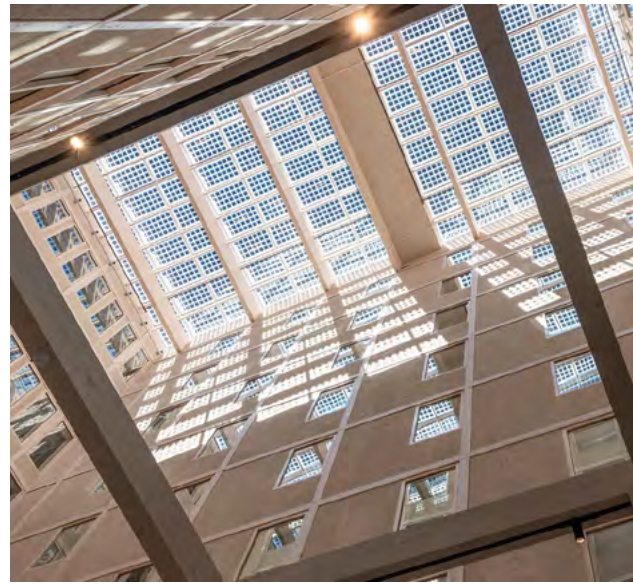
För kupade takpannor finns pannor med små inbyggda solcellspaneler samt vågformade solcellspaneler som följer takpannornas form och monteras direkt på pannorna. Kupade betongpannor med solceller skiljer sig utseendemässigt från dem utan, men bevarar en större del av takets estetik och kulturhistoriska värden med sina mer traditionella former och färgval, som till exempel terrakotta. De vågformade solcellspanelerna som monteras ovanpå kupade takpannor är svarta och svåra att urskilja mot takpannorna de monteras på, om även de är svarta. De kan dock ha en viss nyansskillnad samt uppfattas som mer blanka.

Falsade plåttak kan byggas med takplåt som har integrerade solcellspaneler. Dessa liknar vanlig takplåt i hög grad fränsett att det kan behövas fler synliga skarvar vid långa plåtlängder och att de uppfattas som något glansigare. Ett exempel är ett gammalt stationshus i tegel där det tidigare plåttaket har ersatts av ett nytt takplåt med integrerade solcellspaneler för att ta tillvara byggnadens estetik.

Flexibla solcellspaneler går att limma på takmaterialet och är möjliga att använda på tak med böjda former. Om denna lösning saknar ventilation under panelerna så blir dessa varma vid solljus och värmen överförs till takmaterialet som då bör vara värmefåligt eller ventilerat undertill. I många fall hänvisar tillverkarna till att dessa solceller går att kliva på utan att de tar skada.

Semitransparenta solcellspaneler går att använda där det önskas ett genomsläpp av ljus, till exempel på lanterniner eller glasfasader. De har antingen synliga svarta solceller, som kan utgöra olika mönster och placeras med varierande densitet, eller så har de ett semitransparent punktmönster.







3



4



7



8



10



13



14

- 1 S:t Eriks kupade takpannor med inbyggda solcellspaneler.  
Bildkälla: S:t Eriks
- 2 S:t Eriks kupade takpannor med inbyggda solcellspaneler.  
Bildkälla: S:t Eriks
- 3 Glastak med integrerade solceller på House of choice, Solna.  
Bildkälla: Fabege
- 4 Glasfasad med integrerade solceller.  
Bildkälla: Glassbel
- 5 Solcellspannor integrerade med tak i Hägerstensåsen, Stockholm.  
Bildkälla: Soltech Energy
- 6 Solcellstakpannor integrerade med tak.  
Bildkälla: Onyx Solar
- 7 Takintegrerade solcellspaneler utan synliga ramar och profiler, på Väla Gård i Helsingborg.  
Bildkälla: Skanska
- 8 Konventionella solcellspaneler integrerade med tak på Snötörpavägen, Halmstad.  
Bildkälla: Hallands Posten
- 9 Vågformade solcellspaneler monterade på takpannor.  
Bildkälla: Midsummer Wave
- 10 Vågformade solcellspaneler monterade på takpannor.  
Bildkälla: Midsummer Wave
- 11 Takplåt med solcellspanel, Roof t solar clicseam, på den vänstra takdelen och traditionell takplåt på den högra takdelen.  
Bildkälla: Midsummer Slim
- 12 Stationshus med plåttak och integrerade solcellspaneler.  
Bildkälla: Midsummer Slim
- 13 Flexibla solcellspaneler som monteras tätt in på takytan.  
Bildkälla: Midsummer
- 14 Flexibla solcellspaneler som monteras tätt in på takytan.  
Bildkälla: Midsummer

## Färger på integrerade solceller

Själva solcellerna är i grunden blåskiftande eller svarta (se avsnitt Färger på utanpåliggande solceller), men beroende på typ av solcellspanel ges olika färgval och val av transparens. Vissa solcellspaneler går att anpassa med valfri färg och med olika mönster på panelen.

Solcellspanelerna kan också ha olika mönster, storlek, mellanrum samt synlighet på själva solcellerna. De kan då bilda små eller stora rut- eller punktmönster i olika formationer beroende på önskat utseende och funktion.

Dessa mönster är olika mycket synliga beroende på vilket avstånd panelen betraktas ifrån.

Betongpannor med integrerade solceller finns med svarta, gråa och röda betongpannor där solcellen antingen är svart eller delvis transparent.

Takplåt med integrerade solcellspaneler har ett begränsat utbud gällande färg i dagsläget, där takplåten kan vara av varierande färg, men solcellspanelerna i regel är svarta.



Kupade takpannor med inbyggda solcellspaneler. Bildkälla: S:T Eriks.



Solcellsfasad som utgörs av färfärgade solcellspaneler med mosaikmönster. Biskopsgården, Göteborg. Bildkälla: Bostadsbolaget.



Solcellspaneler med varierande grad av färg i form av punktmönster. Soltech facade color. Bildkälla: Soltech Energy.



Till vänster: Färgade och semi-transparenta solcellspaneler på parkeringshuset Flustret, Linköping. Bildkälla: SanktKors.  
Till höger: Röd semi-transparent solcellsfasad. Plats: Simrisbanvägen, Malmö. Bildkälla: Charlotta Winkler, WSP.

## Ramar

Vanligast förekommande är ofärgade aluminiumramar, men solcellspaneler med svarta aluminiumramar blir allt vanligare eftersom de smälter in med övriga delar av solcellspanelen. Vid installation av konventionella solcellspaneler som integreras med tak används ofta klimat-täta ramar och fogar runt solcellspanelerna, där fogen går att få i avvikande eller i samma färg som ramen.

Det går att få aluminiumramar i valfri färg även om det är ovanligare och ofta anpassas i kombination med färgade solceller. Anpassning av färg är en kostnadsdrivande aspekt, då det skiljer sig från standardsortimentet som är aluminium eller svart färg.

Glas-glaspanelers egenskaper motsvarar säkerhetsglas och finns utan ram.<sup>15</sup> Dock kan installationen kräva synliga lister och klämmor runt panelerna, vilka också går att få i valfri färg. Möjligheten att anpassa färg på ramar och lister gör att det går att matcha dem med färgen på solcellerna, för att ge en enfärgad installation som smälter in med eller utmärker byggnadens utseende.

Alternativt kan solcellspanelens ramar och lister anpassas med en färg som skiljer sig från solcellerna för att matcha utseendet på andra byggnadsdelar, exempelvis fönsterlister eller balkongräcken.

## Symmetri

De flesta solceller för integrering kommer i mindre format än konventionella solcellspaneler och en del av dem kan måttanpassas. Det gör att solcellerna kan läggas runt och närmare hinder på taket som takstosar, skorsten samt takstegar och att ytorna utan solceller blir färre. Det ger i sin tur bättre förutsättningar för symmetri och ett mer enhetligt utseende. Det är vanligt att passbitar av samma färg och material som solcellerna används i kanter och runt hinder för att passa in installationen till en helt homogen yta.

## Nyproduktion

Vid nybyggnation är det fördelaktigt att utreda möjligheten för integrerade solceller tidigt eftersom de kan påverka byggnadens utformning och estetik. Det kan till exempel vara möjligt att integrera solcellspaneler av en typ som inte gör avkall på den tänkta estetiken och där utanpåliggande solcellspaneler hade avvikit. Byggnadens möjliga ytor går att anpassa storleksmässigt och i placering tidigt i projektet, för att bättre kunna integreras med solcellspaneler. Ett exempel är ett hotell i Solna där byggnaden har utformats med solceller på fasad, tak och lanterniner.

Att ta med solcellspaneler i ett tidigt skede underlättar också för att till exempel kunna dölja eller placera kabelkanaler diskret. Det ger också möjligheter till att omplacera hinder och se till att takkonstruktionen anpassas till solcellspanelernas montering och vikt. Kostnadspåverkan samt tillgänglighet är lättare att analysera och ta ställning till tidigt i projektskedet.

## Verkningsgrad

Verkningsgraden hos integrerade solceller varierar beroende på vilken typ och utformning det är. Kisel-solceller har generellt sett hög verkningsgrad, men i jämförelse med utanpåliggande takinstallation förlorar integrerade installationer ofta något i verkningsgrad på grund av sämre ventilering. Tunnsolceller har lägre verkningsgrad, men de är som tidigare nämnts mer anpassningsbara till den tillgängliga ytan och kan därför nyttja en större del av ytan, vilket ofta kompenserar för den lägre verkningsgraden. Det är vanligt att tunnsolceller har något lägre temperaturkänslighet än kisel-solceller, men god ventilation rekommenderas för båda typerna.<sup>16</sup>



Bildkälla på bilden till vänster: Hållbart byggande

Bildkälla på bilden till höger: White Arkitekter



## Kostnader och lönsamhet

Integrerade solceller är dyrare än motsvarande konventionella solcellspaneler på grund av installationsarbetet och dyrare material. En installation med konventionella solcellspaneler som integreras kostar ungefär 1,5–2 gånger mer än vid utanpåliggande installation. En anläggning med solcellstakpannor kostar cirka 2,5 gånger mer än en anläggning med konventionella utanpåliggande och för specialanpassade solcellspaneler, som tunnfilm för fasad eller färgade, är motsvarande kostnad 3–6 gånger högre.<sup>17 18 19</sup>

Fördelen är att integrerade solceller ersätter delar av tak- eller fasadmaterialet som annars också medför kostnader. Integrerade solceller bör installeras i samband med nybyggnation eller ombyggnation för att på så sätt kunna ersätta delar av tak- eller fasadmaterialet och nyttja förutsättningar som liftar och byggnadsställningar. Integrerade solceller som ersätter material kan också vara lönsamt där byggnadskonstruktionen skulle kräva förstärkning för att klara den tillkommande vikten av utanpåliggande konventionella solcellspaneler.

## Reversibilitet

De flesta integrerade solcellspaneler har ett montagesystem som fäster i bärläkten på taket. Solcellspanelerna och montagesystemet går att ta bort, men sannolikt behöver underlagspapp och i en del fall även bärläkten ersättas innan ytskiktet för den berörda delen kan återställas. Om omkringliggande material är av takpapp eller takduk så kan även omkringliggande ytskikt behöva bytas.

Solcellspanelerna som limmats på taktäckning av takpapp eller takduk går att slita bort eller skära bort med vajer vid byte av solcellspanelerna, men limresterna gör att taktäckningen behöver bytas om solcellspanelerna inte ska ersättas.

Takpannor med integrerade solceller monteras enkelt bort likt vanliga takpannor. Vågformade solcellspaneler på takpannor sitter fästa underifrån, vilka kan tas loss för att lyfta bort solcellspanelen. Även kanalisering och liknande kan behöva monteras bort om byggnaden ska återställas.

Utanpåliggande solcellspaneler kan vara fördelaktigt i de fall där tak ska kunna återställas helt på grund av faktorer som till exempel kulturarv.

## Vikt

Eftersom integrerade solceller har lägre vikt kan de lämpa sig väl för byggnader som har mindre bärighet i takkonstruktionen, vilket kan vara fallet för byggnader som lagerlokaler, sporthallar och äldre byggnader. Flexibla solcellspaneler som limmas direkt på takmaterialet kan väga så lite som tre kilo per kvadratmeter och takplåt med integrerade solceller väger cirka tre kilo per kvadratmeter mer än vanlig takplåt.

Konventionella solcellspaneler som integreras i tak har tillsammans med montagesystemet en vikt på cirka 15–20 kilo per kvadratmeter beroende på solcellspanelens vikt samt val av montagesystem; det ersätter då takmaterialets vikt.<sup>20</sup>

Solcellspaneler i form av takpannor och takskiffer har en vikt i storleksordningen 15 kilo per kvadratmeter.

Vågformade solcellspaneler som monteras direkt på takpannor medför en tillkommande vikt på cirka två kilo per kvadratmeter och betongpannor med små integrerade solceller väger totalt cirka 40–45 kilo per kvadratmeter. För jämförelse väger motsvarande betongpannor utan solceller cirka 35 kilo per kvadratmeter eller mer.

# Alternativ till installation på tak



Tillbyggnad och stilbrott på det gamla Posthuset i Göteborg, Clarion Hotel Post. De moderna fasaderna och taken hade passat för integrerade solcellsanläggningar.

Bildkälla: <https://semren-mansson.se/projekt/clarion-hotel-post> (2022-04-21)

Av byggnadstekniska anledningar, estetiska skäl eller bevarandekrav är det ibland inte möjligt att installera solcellspaneler på taket. Fasader, tillbyggnader och omkringliggande byggnader eller ytor kan därför vara platser som lämpar sig bättre. Installationen kan göra området mer attraktivt utan att behöva göra åverkan på känsliga kulturarv eller avvika från områdets utseende.

Infästning, montage och eventuell bärande struktur står för betydande delar av kostnaderna för flera av de lösningar som är alternativ till takinstallation.

Ett exempel är Annexet på Kungliga biblioteket som byggdes till 1997 där glasilanterninen hade kunnat utföras med semi-transparenta solcellspaneler på tak och fasad om den hade byggts idag. Clarion Hotel Post i Göteborg är ytterligare ett exempel på stilbrott vid ombyggnation av äldre byggnader, med starka varsamhetskrav, där en integrerad solcellsanläggning hade kunnat passa in.



Kungliga bibliotekets tillbyggda annex med lanternin av glas, som hade kunnat utföras som en integrerad solcellsanläggning.

Bildkälla: Kungliga biblioteket (t.v.) samt Lars Larsson (t.h.).



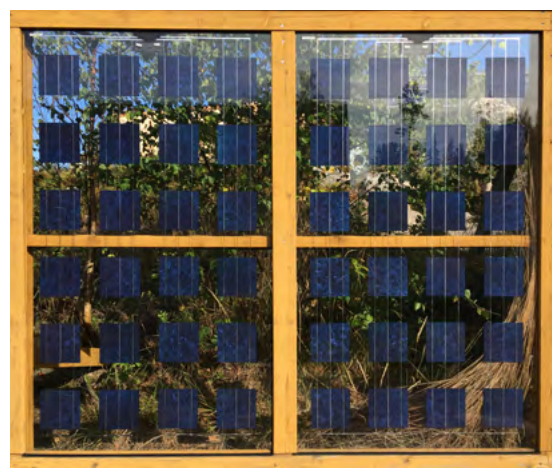
## Staket/bullerplank

Ett staket eller bullerplank har ofta samma raka och rektangulära utformning som solcellspaneler och ger därför bra möjlighet att integrera solcellspaneler utan att det behöver påverka estetiken. Då solcellspanelerna i ett staket eller bullerplank är utsatta för större skaderisk, exempelvis från stenskott, så bör solcellspaneler med glasbaksida

väljas, eftersom dessa har högre hållfasthet. Eftersom solcellspanelerna installeras vertikalt är det lämpligt att välja bifacial-solcellspaneler som kan nyttja solljuset från båda sidorna. Om kabelförläggningen mellan solcellspanelerna och växelriktaren sker i mark behövs skyddsror, skyddsmatta och varselmärkning.



Solcellspaneler som bullerplank. Sammanfattning av projektet: Solceller – integration i transportsystem. Uppsala universitet/ÅF infrastructure 2018.



Solcellspaneler som staket/bullerplank i Katrineholm. Bild: Sanna Nilsson, WSP

## Terrasstak/Carport

Solcellspaneler kan antingen monteras på ett befintligt terrass- eller carporttak eller utgöra taket. Det kan vara ett alternativ för byggnader där åverkan inte får göras på byggnadsfasaden eller taket och är ett bra sätt att utnyttja andra ytor. Typ av solcellspanel kan väljas utifrån önskat ljusgenomsläpp samt utseende och det finns typer som även nyttjar ljustrålning som når undersidan av panelen.

Taket bör ha en viss lutning för avrinning och vara konstruerat för att hantera solcellspanelernas vikt samt eventuell snö. Det kan också finnas ett behov av snö-rasskydd, vilket skulle påverka det estetiska intrycket.

Extra hänsyn till kabeldragning och kanalisation behövs för att dölja eller minska synligheten av kontaktdon och kabeldragning. Det sker i normala fall på undersida eller baksida av solcellspanelerna och kan därmed vara synligt underifrån när solcellspanelerna utgör taket. Kablar från solcellspaneler behöver också ledas till växelriktare som eventuellt är placerad en bit bort eller inuti byggnaden. Kabelförläggningen bör därför beaktas så att den kan göras på ett snyggt och tryggt sätt.



Terrasstak utgjort av semi-transparenta solcellspaneler. Plats: Simrisbanvägen, Malmö. Bildkälla: Charlotta Winkler, WSP.



Solceller som tak ovanför parkeringsplatser, Skaraborgs sjukhus. Bildkälla: Skaraborgsbygden

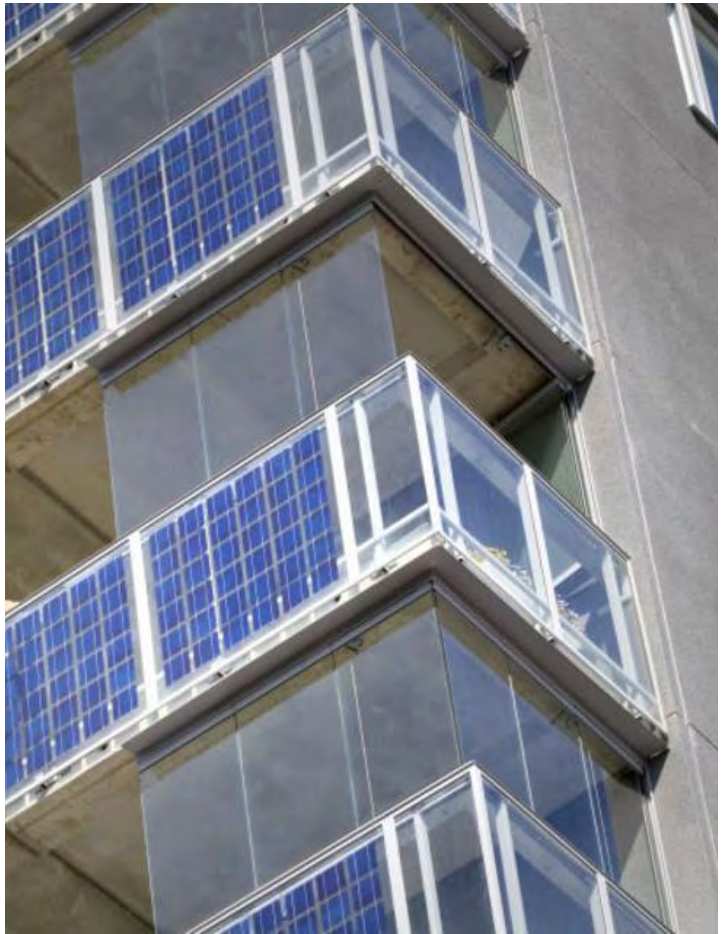


## Balkongräcken

Balkongräcken har ungefär samma möjligheter för integration av solcellspaneler som glasfasader och solcellspanelerna kan utgöra balkongräcke, men även installeras utanpå balkongräcken.

För byggnader vars fasad eller tak har bevarandekrav eller är ömtålig och därför inte lämpar sig för solcellspaneler kan balkongräcken vara en möjlighet. Det är vanligt att semiträparenta solcellspaneler används, där de svarta solcellerna syns och mellanrummen mellan dessa är av genomskinligt glas. Alternativt finns solcellspaneler med ett mer enhetligt utseende, där solcellspanelen upplevs som ett glas med en semiträparent tonad film.

Det vertikala monteringsättet gör att snölast inte är ett problem, men däremot bör balkongkonstruktionens bärlighet kontrolleras så att den klarar den tillkommande vikten. Kontaktdonen och solcellspanelens kablar finns på baksidan av solcellspanelen som vetter mot byggnaden och kan vara synliga om installationen inte görs på ett sätt som döljer dem.



Solcellspaneler installerade som balkongräcke på Fullriggaren, Gävle. Bildkälla: Gef e Dagblad.



Balkongräcken med integrerade solcellspaneler, plats okänd. Bildkälla: Light Energy Consulting AB.

## Fasad

Solcellsinstallation kan göras på fasader som en del av glasfasader, integrerat i fasadmaterialet, som utanpåliggande installation eller som solavskärmning. Solcellspaneler för fasader går att få måttanpassade, böjda och i flera olika färger för att antingen smälta in i fasaden eller få den att sticka ut. Fasader har ofta stora sammanhängande ytor, vilket kan göra dem lämpliga för solcellsinstallation av lönsamhetsskäl, åtminstone om det är möjligt att använda serietillverkade solcellspaneler. Solcellspanelerna sätts runt ytor som fönster och dörrar samt passas in med likartade passbitar. Montagesystemen gör att det förekommer synliga skarvar mellan panelerna så det går därför inte att uppnå en helt jämn fasad.

Utanpåliggande solcellspaneler installerade på fasad görs på samma sätt som utanpåliggande installation på tak, dock med skillnaden att infästningen ofta är mer komplicerad och behöver anpassas efter fasadmaterialet. Sådana installationer kan vara ett alternativ på byggnader där det finns vissa delar av fasadytorna som har mer eller mindre synlighet, som lämpar sig för stilbrott eller inte har ett behov av bevarande. Installationerna bygger ut från fasaden och blir tydliga, men går att anpassa färgmässigt för att passa bättre in med bakomliggande och omkringliggande byggnadsdelar. Svarta solcellspaneler är dock vanligast för dessa lösningar på grund av den lägsta kostnaden.

Glasfasader går till exempel att bygga runt byggnadsdelar som är känsliga för åverkan. För glasfasader finns solcellspaneler där en del av ytan består av solceller medan resten av panelen är av genomskinligt glas och det finns även solcellspaneler där hela glaset är färgat och semitransparent. Ju mer genomskinliga solcellspanelerna är, desto mindre solel producerar de. Beroende på val av paneltyp blir det mer eller mindre tydligt att fasaden utgörs av solcellspaneler.

Solcellspaneler integrerade i fasadmaterialet förekommer oftast med svarta solcellspaneler som bildar en jämn och något blank yta av paneler. På marknaden finns också färgade paneler och mattare paneler samt möjligheten till mönster där delar av ytan genererar solel. De integrerade lösningarna smälter bättre in med en byggnads utformning och har ett högre estetiskt värde jämfört med utanpåliggande solcellspaneler.

Valmöjligheterna gör att utformningen kan anpassas för att passa in i en befintlig byggnads fasad eller i ett område med kulturhistoriska värden.

Det är viktigt att säkerställa att en solcellsinstallation på fasad uppfyller Boverkets byggregler. En fasad passerar ofta flera brandcellsgränser mellan byggnadens våningsplan, vilket gör att hänsyn behöver tas till brandspridning. Solcellsinstallationen är strömförande och kan innehålla brännbara delar som gör att material riskerar att falla ner från fasaden vid brand.

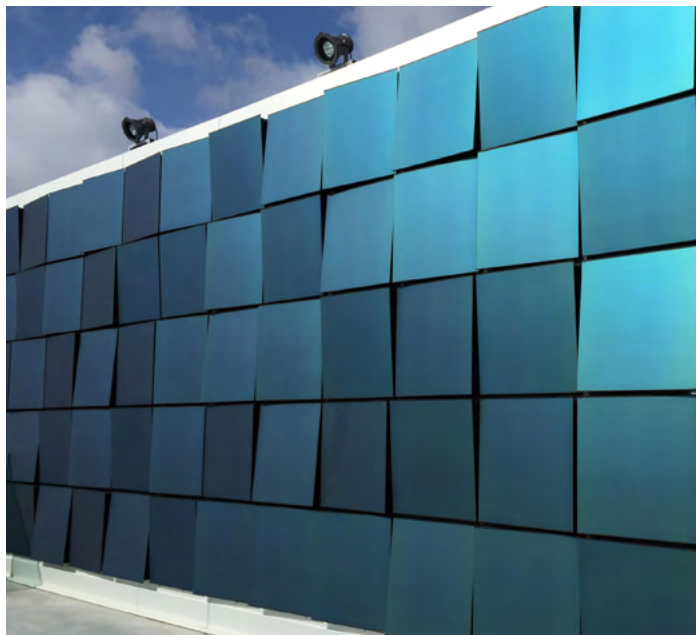




Solcellsfasad på en välvd bostadsbyggnad i Frodeparken, Uppsala.  
Bildkälla: White arkitekter.



Utanpåliggande helsvarta solcellspaneler på tegelfasad, Teknikens och Sjöfartens hus i Malmö.  
Bildkälla: Sol i Syd, Malmö Stad.



Byggnadsintegrerade solcellspaneler som utgör en skimrande fasad med olika vinklar. Copenhagen International School, Nordhavn Danmark.

Bildkälla till bilden till vänster: EPFL

Bildkälla till bilden till höger: Architonic

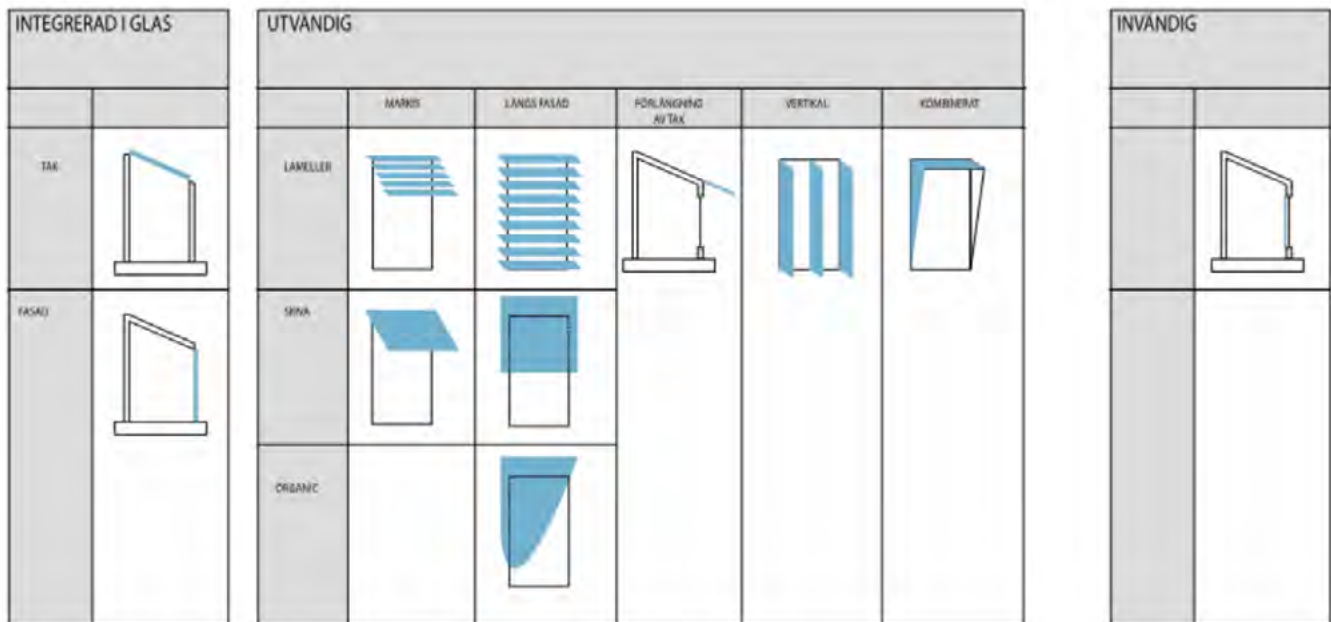
## Solavskärmning

Solavskärmning kan utföras med solcellslösningar och går att åstadkomma på flera sätt för att integreras med en byggnads design, antingen som utanpåliggande installation eller integrerad i glas. Vanligast förekommande för utanpåliggande installation är vinklade skärmtak och horisontellt eller vertikalt monterade lameller.

Vissa lösningar finns också som motordrivna och kan styras så att de vinklas eller skjuts framför fönstren olika mycket beroende på tidpunkten på dagen. Utanpåliggande installation gör tydlig inverkan på byggnadens utseende om den inte ersätter befintlig solavskärmning och en bedömning bör göras för att välja en lösning med önskad grad av synlighet som passar byggnadens utformning samt det önskade intrycket.<sup>21</sup>

Solceller går att integrera i glas på fönster, glasfasad eller tak och solcellerna utgör då ett rutmönster eller liknar en solavskärmande film på delar av eller hela glaset. Dessa lösningar är diskreta men färgton eller eventuella mönster påverkar hur fönster, lanternin eller glasfasad upplevs. Beroende på placeringen och avståndet mellan solcellerna påverkas skuggans utformning.

Det finns även persienner och fönsterluckor med inbyggda solceller. Tillgängligheten och prisbilden på sådana lösningar är dock osäker.



Typologier för solavskärmning. Bildkälla: Solceller som solavskärmning – RISE, 2018.

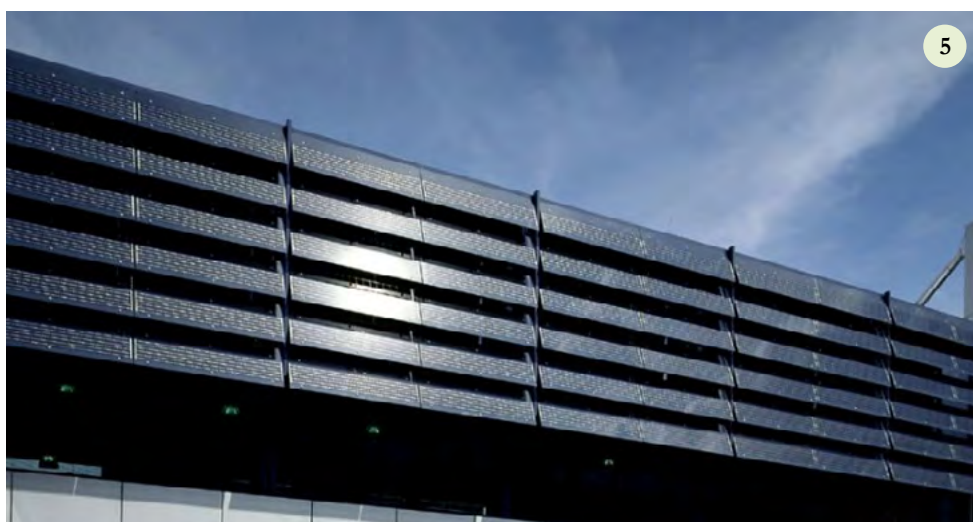




1



2



5



- 1 Solcellspaneler monterade likt vinklade skärmtak för solavskärmning.

Bildkälla: Soteris Kalogirou, Interantional Journal of Low-Carbon Technologies.

- 2 Solcellspaneler monterade likt vinklade skärmtak för solavskärmning.

Bildkälla: Soteris Kalogirou, Interantional Journal of Low-Carbon Technologies.

- 3 Solcellspaneler som solavskärmande lameller.

Bildkälla: JN Solar.

- 7 Solceller integrerade i glas på Videum House N, Växjö.

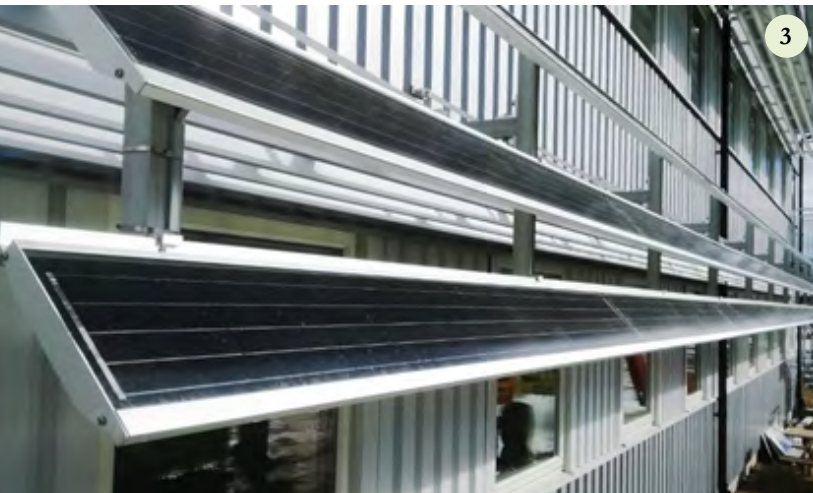
Bildkälla: Sapa.

- 8 Solavskärmning med semitransparenta solceller integrerade i glas, KTH Auditorium.

Bildkälla: Stadion Arkitekter.

- 9 Solavskärmning med semitransparenta solceller integrerade i glas, KTH Auditorium.

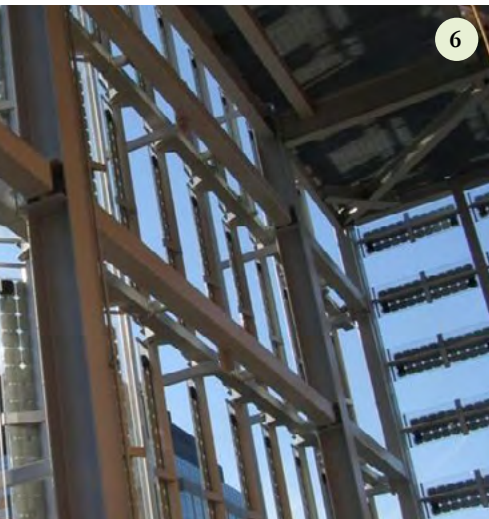
Bildkälla: Stadion Arkitekter.



3



4



6



7



9



10



11

4 Solcellspaneler ovanför fönster samt fönsterluckor med integrerade solcellspaneler som solavskärmning. Nechlin, Tyskland.  
Bildkälla: Thomas Franz, Phönix Contact. IEA-PVPS TASK 15.

5 Horisontella och vertikala lameller av solcellspaneler som solavskärmning.  
Bildkälla: Colt.

6 Horisontella och vertikala lameller av solcellspaneler som solavskärmning.  
Bildkälla: Colt.

10 Solcellspaneler som solavskärmning på Alvesta Kommunhus.  
Bildkälla: Charlotta Winkler, WSP.

11 Semi-transparenta solcellspaneler som solavskärmning på lanternin och glasfasad. Plats: WSPs kontor i Örebro.  
Bildkälla: WSPs kontor i Örebro.

## Markanläggning

När taket på en byggnad inte har goda förutsättningar för installation av solcellspaneler är det ett alternativ att installera dem på marken om det finns ytor att tillgå. Hänsyn behöver tas till kommande planer som kan påverkas av att det installeras solcellspaneler som har 30 års livslängd. För att installera solceller på ytan behöver den vara fri från hög växtlighet, relativt plan och ha god dränering. Saknas detta krävs förberedande markarbete som kraftigt kan öka investeringskostnaden för en mindre solcellsanläggning. Utöver eventuell avverkning och tilljämning av mark är det möjligt att helt återställa marken om solcellsanläggningen tas bort.

För en solcellsanläggning på mark behövs ett bärverk där solcellspanelerna kan monteras. Det vanligaste är att påla ner montagesystemet i marken, men det går även att använda betongfundament eller markskruv. På samma sätt som för en takanläggning installeras sedan ett profilsystem där solcellspanelerna installeras.

Markförlagda solcellsanläggningar kan kräva bygglov beroende på dess storlek och utformning, och om den kan tolkas vara en byggnad. Det krävs alltid bygglov för eventuella transformationstationer och teknikhus för anläggningen. Det finns flera lagar och riktlinjer i miljöbalken som påverkar förutsättningarna för markanläggningar. Beroende på marktyp och den regionala tolkningen av miljöbalken ser förutsättningarna och processen för solcellspaneler olika ut i landet. Stora anläggningar behöver anmälas till Länsstyrelsen.<sup>22 23</sup>

Möjligheten att kombinera jordbruksmark och solcellsanläggningar är ett relativt nytt område, kallat agrivoltaics. I Sverige bedrivs forskning med testanläggning utanför Västerås av Mälardalens Universitet.



Till vänster: Solföljaren Smartflower på ETC Solpark i Katrineholm. Bild: ETC  
I mitten: Solcellsblomma sed framifrån. Plats: ETC, Katrineholm. Bildkälla: WSP  
Till höger: Släpvagn med solcellspaneler monterade. Bildkälla: Solcellsproffsens facebookside.

## Portabla solcellslösningar

På marknaden finns det portabla solcellsanläggningar som är en bra lösning när en solcellsanläggning behövs en kortare period eller ska kunna vara mobil. Det kan vara ett alternativ för solcellsinstallation omkring byggnader där det inte är möjligt att ha en installation på eller direkt intill byggnaden. Exempel är solcellsblommor, tillfälliga ställningar och släpvagnar, där de två sistnämnda är lösningar som i dagsläget inte finns kommersiellt tillgängliga i Sverige och inte heller är estetiskt tilltalande.

Det finns en produkt som efterliknar en blomma där ett antal solcellspaneler utgör blombladen och likt en blomma följer bladen solen. Med hjälp av en gps vecklas blombladen ut vid soluppgång för att därefter följa solbanan under dagen och fällas ihop igen vid solnedgång. Produkten kan anslutas till elnätet eller kan vara fristående, med komplettering av batteri.

Investeringskostnad för en solcellsblomma är cirka tio gånger mer än en konventionell anläggning. Trots att solföljningen innebär en ökad solelproduktion med omkring 40 procent är funktionen inte tillräckligt effektiv för att vara konkurrenskraftig med en konventionell solcellsinstallation ur ett ekonomiskt perspektiv. Investering i denna typ av produkt får i stället motiveras av marknadsföringsvärde i stället för ekonomiska anledningar.



Rörelsemönster som styrs av solens position via en inbyggd GPS. Bildkälla: SolarScandinavia.



Storskalig markbaserad solcellsanläggning utanför Varberg

Bildkälla: <https://www.solcellskollen.se/blogg/vi-pa-solsidan> (2022-04-24) <https://solkompaniet.se/referens/solsidan-far-och-fornybart-vid-e6an/> (2022-04-24)



Agrovoltpark vid Kärbo prästgård.

Bildkälla: Sverigeunikt projekt som kombinerar solceller och odling ökar skörden – Mälardalens universitet (mdu.se) (2021-11-24)



Mindre markbaserad solcellsanläggning på villatomt.

Bildkälla: <https://www.byggahus.se/forutsattningar-och-regler-for-solceller#n10326-sida-7> (2022-04-22)



Vallskörd på agrovoltaic-anläggningen på Kärbo prästgård.

Bildkälla: <https://sverigesradio.se/artikel/konf-ikt-i-skane-mellan-solceller-och-aker> (2022-04-25)



Växthus med semi-transparenta solcellspaneler integrerade i tak och fasad. Plats: ETC, Katrineholm Katrineholm. Bildkälla: WSP.



## Andra byggnader

På grund av till exempel varsamhetskrav eller brist på större sammanhängande takytor fria från hinder, kan det vara fördelaktigt att installera solcellspanelerna på en modernare tillbyggnad eller en intelligande byggnad såsom förråd, lada, växthus etcetera. Solcellsanläggningen kan anslutas till den byggnad där behovet av el finns, men avståndet bör inte vara stort eftersom det krävs kabeldragning med eventuellt synlig kabelförläggning.

Installation förutsätter att byggnaden och ytorna klarar av den tillkommande vikten, annars kan förstärkning av konstruktionen vara nödvändig, något som är kostnadsdrivande. Det är värt att beakta att det kan uppstå bländning om solcellspanelerna installeras på omkringliggande byggnader som är lågt belägna så att solcellspanelerna kan betraktas från en högre byggnad.

Växthus lämpar sig väl för semitransparenta solcellspaneler eftersom dessa kan utgöra växthusets klimatskal av glas och ha en solavskärmande effekt. Däremot är det fortfarande svårt att integrera solcellspaneler på äldre växthus utan att utseendet tydligt påverkas.

Vid Fläckebo kyrka har solcellsanläggningen installerats på en intelligande ladugård vid Fläckebo prästgård i stället för på kyrkbyggnaden. Installation på kyrkbyggnaden fick avslag av länsstyrelsen och kammarrätten på grund av det är en skyddad byggnad med kulturhistoriska värden, enligt kulturmiljö-lagen.<sup>24</sup>



Växthus vid Gripsholm slott. Bildkälla: Raphael Stecksén/Kungligaslotten.se



Växthus vid Ulriksdal slott. Bildkälla: Slottsträdgården Ulriksdal AB



Utanpåliggande solcellspaneler på ladugårdstak, Fläckebo prästgård. Bildkälla: Svenska kyrkan.



Växthus med semi-transparenta solcellspaneler integrerade i tak och fasad. Plats: ETC, Katrineholm Katrineholm. Bildkälla: WSP.

# Referenser

Plan- och bygglag (2010:900) 9 kap. 2§ första stycket 3c

Regeringens proposition 2017-18-197

<https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/lov--byggande/anmalningsplikt/bygglovbefriade-atgarder/sol/2022-04-20>

- 1 Marknadsöversikt för solcellspaneler, växelriktare, infästningsanordningar och kompletta system – Kovacs. P, 2019.
- 2 <https://pv-manufacturing.org/wafer-sizes/> 2022-04-21
- 3 <https://solcellskollen.se/blogg/hur-utvecklas-solpaneler-2022-verkningsgrader-fortsatter-oka-men-inledningsvis-av-en-priser> 2022-04-21
- 4 CIS och CIGS består av koppar, indium, selen och även gallium hos de flesta tillverkarna. CdTe består av kadmium och tellur. Marknadsöversikt för solcellsmoduler, växelriktare, infästningsanordningar och kompletta system – Kovacs. P, 2019.
- 5 <https://pv-manufacturing.org/silicon-production/cz-monocrystalline-silicon-production/> 2022-04-21
- 6 <https://pv-manufacturing.org/silicon-production/multicrystalline-silicon-production/> 2022-04-21
- 7 Miljontak – Takrenovering med solceller, E2B2 rapport 2017:28.
- 8 Marknadsöversikt för solcellsmoduler, växelriktare, infästningsanordningar och kompletta system – Kovacs. P, 2019.
- 9 <https://www.nrel.gov/pv/cell-efciency.html> 2022-04-21
- 10 <https://www.pvxchange.com/Price-Index> 2022-04-22
- 11 Solceller på svarta, vita och gröna tak, Energiforsk 2017
- 12 Marknadsöversikt för solcellsmoduler, växelriktare, infästningsanordningar och kompletta system – Kovacs. P, 2019.
- 13 Beräkningar baserade på en densitet för glas om 2 500 kg/m<sup>2</sup> samt glasdimensioner för solcellspanelen TSM-DD06M.05(II från Trina Solar samt SOLID Bifacial B.60 355W från SoliTek.
- 14 Marknadsöversikt för solcellsmoduler, växelriktare, infästningsanordningar och kompletta system – Kovacs. P, 2019.
- 15 Marknadsöversikt för solcellsmoduler, växelriktare, infästningsanordningar och kompletta system – Kovacs. P, 2019.
- 16 National Survey Report of PV Power Applications in Sweden 2020, J. Lindahl m.fl 2021
- 17 WSPs erfarenheter; Solkompaniet; S:T Eriks; Soltech Energy; PLW Energihus; Midsummer; Michiel Van Noord, RISE.
- 18 Marknadsöversikt för solcellsmoduler, växelriktare, infästningsanordningar och kompletta system – Kovacs. P, 2019.
- 19 GSE in-roof; Marknadsöversikt för solcellsmoduler, växelriktare, infästningsanordningar och kompletta system – Kovacs. P, 2019.
- 20 Solceller som solavskärmning – RISE, 2018. Solceller som solavskärmning. Forskning, utveckling och demonstration ([chalmers.se](http://chalmers.se) 2022-04-24)
- 21 <https://www.lansstyrelsen.se/download/18.15ddfd0e16ed55d34798ae8/1635408311673/Informationsblad%20om%20solceller%20p%C3%A5%20marken%20i%20Sk%C3%A5ne.pdf> 2022-04-24
- 22 <https://www.energimyndigheten.se/fornybart/solelportalen/lar-dig-mer-om-solceller/solcellsparker/> 2022-04-24
- 23 Solceller i skyddade kyrkomiljöer – Niklas Hansen, 2017. <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1077967/FULLTEXT01.pdf> 2022-04-25





**Postadress:** Region Örebro län, Box 1613, 701 16 Örebro **E-post:** [regionen@regionorebrolan.se](mailto:regionen@regionorebrolan.se)  
**Besöksadress:** Eklundavägen 2, Örebro **Tel:** 019-602 10 00  
[www.regionorebrolan.se](http://www.regionorebrolan.se)