



Takintegrerade solceller

Martin Henriksson

Lärdomsprov

Energi- och miljöteknik

2023

Lärdomsprov

Martin Henriksson

Takintegrerade solceller

Yrkeshögskolan Arcada: Energi- och miljöteknik 2023

Identifikationsnummer:

8755

Uppdragsgivare:

Mad-Solar Ab

Sammandrag:

Solenergiproduktionen växer nu i snabbare takt än under de senaste åren, och solpaneler på finländska hustak är idag en vanlig syn. Integrerade lösningar på solceller är även en stigande trend globalt, där nya tillverkare dykt upp på marknaden med egna lösningar. På den finska marknaden har integrerade lösningar inte tills vidare slagit igenom fast Europa står för 40 % av den globala marknaden. För en del är utseende på byggnaden viktig, och då kan ett soltak vara en lösning för dem. Ett soltak ser mer estetiskt tilltalande ut och smälter bättre in i alla miljöer. I ett soltak utgör solcellerna en del av byggnadens regntak, och det går att applicera cellerna både på nybyggnation samt vid renovering.

I detta examensarbete jämförs fyra tillverkares soltak, hur de är konstruerade samt kostnaden för dessa. För att bättre få en uppfattning om var integrerade solceller befinner sig på marknaden just nu, har dessutom en jämförelse gjorts med dessa samt traditionella påliggande solpaneler, men även en kostnadsjämförelse av byte av tak med påliggande solpaneler har gjorts. Återbetalningstiden för de olika lösningarna varierar radikalt, och det visar sig att integrerade solceller inte ännu kan konkurrera med påliggande solpaneler, då det visar sig att det är mer lönsamt att byta det befintliga taket, installera påliggande solpaneler än att investera i ett soltak.

Nyckelord:

Mad-Solar Ab, Solceller, solcellsanläggningar, soltak, integrering, BIPV

Degree Thesis

Martin Henriksson

Takintegrerade solceller

Yrkeshögskolan Arcada: Energi- och miljöteknik 2023

Identification number:

8755

Commissioned by:

Mad-Solar Ab

Abstract:

Solar energy production is now growing at a faster pace than in recent years, and solar panels on Finnish rooftops are a common sight today. Integrated solutions for solar cells are also a rising trend globally, where new manufacturers have entered the market with their own solutions. In the Finnish market, integrated solutions have not yet gained traction, although Europe accounts for 40% of the global market. For some, the appearance of the building is crucial, and in such cases, a solar roof can be a solution as it offers a more aesthetically pleasing look that blends better into various environments. In a solar roof, the solar cells are an integral part of the building's roofing, and they can be applied both in new construction and during renovations. This thesis compares solar roofs from four manufacturers, examining their construction and associated costs. To gain a better understanding of where integrated solar cells currently stand in the market, I have also compared them with traditional solar panels. Additionally, a cost comparison has been made with roof replacement and traditional solar panels. The payback period for these different solutions varies significantly, and it turns out that integrated solar cells cannot yet compete with traditional solar panels. It is more cost-effective to replace the existing roof and install solar panels than it is to invest in a solar roof.

Keywords:

Mad-Solar Ab, solar cells, solar roof, photovoltaic, BIPV

Innehåll

Sammandrag

Abstract

Innehåll

Figurer

Tabeller

Förkortningar

Förord

1	Inledning	4
	Syfte	5
	Avgränsning	5
	Metod	6
2	Solcellens historia	7
2.1	Första generationen	8
2.2	Andra generationen	8
2.3	Tredje generationen.....	9
3	Solpaneler	11
3.1	Solpanelsystem.....	11
3.2	Monteringslösningar	13
3.2.1	Byggnadsapplicerade solceller.....	13
3.2.2	Byggnadintegrerade solceller	16
3.2.3	Takintegrerade solceller	17
4	Företag som tillverkar takintegrerade solpaneler	18
4.1	Solartag	18
4.2	Solitek.....	21
4.3	Virte Solar.....	24
4.4	Tesla	26
5	Jämförelser av takintegrerade solpaneler	29
5.1	Prisjämförelse av takintegrerade solceller	30
5.2	Prisjämförelse av byte av tak samt påliggande solceller	32
5.2.1	Byte av tak	32
5.2.2	Montering av påliggande solpaneler	32
5.3	Återbetalningstid.....	33
5.3.1	Soltak	33
5.3.2	Påliggande solpanel samt byte av tak.....	33
6	Sammanfattning	34

Källor 36

Bilagor

Figurer

Figur 1. Illustration över den totala elproduktionen i Finland år 2022 (energia.fi 2023).	4
Figur 2. Illustration över olika solceller. (hemsol.se 2023).	10
Figur 3. Illustration över hur solceller fungerar (hemsol.se 2023).	11
Figur 4. Illustration över hur ett solkraftverk är uppbyggt. (foi.se 2015).	12
Figur 5. Olika varianter av monokristallina solpaneler. (estg.eu 2023).	15
Figur 6. Byggnadintegrerade semitransparenta solcellsmoduler. (fasadsystem.se 2023).	17
Figur 7. Solartags solcellsmoduler monterade utanpå befintligt filttak. (solartag.eu 2023).	20
Figur 8. Solid Solrif helsvarta moduler i monteringskede. (solitek.com 2023).	23
Figur 9. Virte Solar solcellsmoduler monterade på falsat plåttak. (virtesolar.fi 2023).	25
Figur 10. Skärningsbild av Tesla solar roof. (electrek.co 2019).	28
Figur 11. Exempelhuset med påliggande solpaneler som gjorts i programmet SolarEdge.	29

Tabeller

Tabell 1. Jämförelse mellan tillverkarnas soltak.	31
Tabell 2. Återbetalningstid för de olika soltaken.	33
Tabell 3. Jämförelse mellan påliggande solpaneler, byte av tak med påliggande solpaneler.	33

Förkortningar

kW	Kilowatt
kWp	kilowatt-peak
kWh	kilowattimme
BAPV	Building applied photovoltaics
BIPV	Building-integrated photovoltaics
PERC	Passive emitter and rear cell
CIGS	Copper indium gallium selenide
BENG	Nearly energy-neutral buildings

Förord

Detta examensarbete har varit mycket lärorikt och intressant. Förnybar energi och särskilt solcellssystem står mig nära, så det var ett ämne jag redan i ett tidigt skede bestämde mig för att skriva om.

Jag vill tacka min handledare Kim Rancken för handledning och goda råd som har varit till stor nytta under skrivprocessen.

Även min familj förtjänar ett stort tack då jag varit tvungen att spendera många kvällar och helgar med examensarbetet.

Ekenäs, 28.11.2023

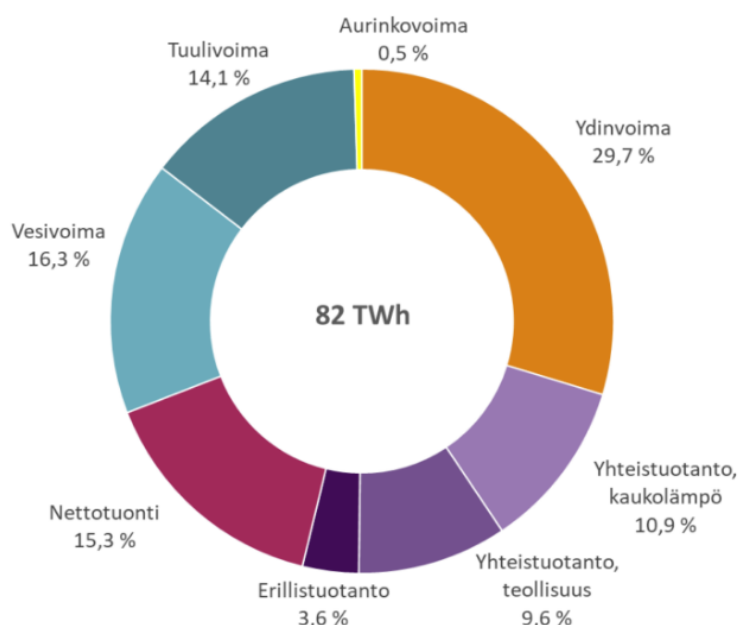
A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Martin', followed by a horizontal line extending to the right.

Martin Henriksson

1 Inledning

Intresset för solenergi ökar ständigt, och i och med energikrisen och de stigande elpriserna år 2021 – 2022 insåg många fördelen med att själv kunna producera sin elektricitet genom att låta solceller installeras på sina hustak. Geografiskt är Finland ett utmärkt ställe för att kunna producera solenergi, t.ex. i södra Finland är den årliga strålningsenergien som erhålls från solen cirka 1000 kWh/m², och vi producerar lika mycket energi som t.ex. i norra Tyskland. De faktorer som bidrar till detta är det lägre temperaturerna vilket gör att solcellerna producerar optimalt, samt det ljusa sommarhalvåret som förlänger produktionstimmarna.

Som energikälla står solenergi-produktionen tillsvdare endast för 0,5 % av den totala produktionen i Finland, men solenergi har de senaste åren ökat så gott som tiofaldt. Mellan år 2020 – 2023 har kapaciteten på den totala installerade tredubblats från 81,3 - till 236,4 MW. Årsproduktionen år 2017 var endast 44 GWh, medan den steg till 392 GWh år 2022. Finlands elproduktion och fördelningen mellan olika källor ses i figur 1. (energia.fi)



Figur 1. Illustration över den totala elproduktionen i Finland år 2022 (energia.fi 2023).

Då det kommer till design och utseende på solpaneler idag har den ingen större betydelse för de flesta personer, den ekonomiska biten spelar ofta en större roll. Det finns i princip två varianter av solpaneler som monteras på befintliga tak idag, monokristallina svart-vita och helsvarta solpaneler. Skillnaden på dessa är att panelerna är laminerade på ett svart eller vitt bakstycke. För bara några år sedan var svart-vita monokristallina den solpanelen som monterades mest, men nu då priset på helsvarta paneler sjunkit märkbart de senaste åren samtidigt som produktionseffekten ökat, är det den varianten som monteras mest på finska tak. Svart-vita monokristallina är aningen förmånligare och används huvudsakligen för storskaliga kommersiella projekt, medan det helsvarta säljs mest till privatpersoner. I vissa fall kan de helsvarta panelerna smälta in relativt bra med regntaket, så att solpanelerna inte står ut allt för mycket. För de som inte vill att solcellerna ska synas, eller på såna fastigheter som är skyddade eller historisk viktiga finns det en annan lösning. Integrerade solceller finns att få för de som vill ha ett tak där cellerna även är själva regntaket. Solpanelernas stilrena och eleganta design på taket ger arkitekter flera möjligheter att förhöja den visuella estetiken hos byggnader. I detta examensarbete behandlas integrerade soltakslösningar, och ifall det går att förverkliga i Finland.

Syfte

Syftet med detta examensarbete är att forska och jämföra fyra olika tillverkare som erbjuder lösningar på integrerade solceller. I arbetet behandlas bl.a. konstruktionen, monteringsättet samt kostnaden för de fyra tillverkarnas produkter, och hur väl det anpassar sig till det nordiska klimatet.

Avgränsning

Integrerade solceller kan monteras både på fasad samt på tak. I detta arbetet behandlas endast takintegrerade solceller eller s.k. soltak som är anslutna till det fasta elnätet.

Metod

Information om de integrerade solpanelerna har samlats in på olika sätt, både genom telefonsamtal och e-post, men även besök har gjorts till en del av företagen som tillverkar de integrerade systemen. Eftersom det är fråga om existerande produkter finns produktinformation samt datablad tillgängligt på internet till en viss del. Även kundernas och användarnas erfarenheter med produkterna har beaktats.

2 Solcellens historia

Tekniken bakom solceller kan spåras hela vägen tillbaka till mitten på 1800 – talet när den franska fysikern Edmond Becquerel upptäcker den fotovoltaiska effekten, då han bygger den första fotovoltaiska cellen redan år 1839.

Albert Einstein publicerar en forskningsrapport år 1905 där han beskriver den fotovoltaiska effekten och hur elektricitet bildas i en fotocell. För sina förklaringar om fotovoltaiska effekten får Einstein nobelpriset år 1922, vilket utgör basen för solcellsteknologins framtida utveckling.

År 1954 uppfinner tre män den första fungerande solcellen baserad på kisel. Uppfinnarna använder kisel för att fånga solenergi och omvandla ljuset till fria elektroner. Genom att tillsätta bor till kisel lyckas man öka celleffekten med 600 %.

Året 1958 markerade början på användningen av solceller i satelliter, och detta bidrog avsevärt till att förlänga livslängden på satelliter i rymden. Forskningsinsatser under de kommande årtiondena ledde till betydande framsteg och kontinuerlig förbättring av solcellteknologin.

Under 1960-talet användes solceller huvudsakligen i rymdprojekt, och detta höll priset på solceller på en hög nivå, eftersom ekonomiska initiativ för att utveckla billigare varianter var begränsade.

Efter oljekrisen på 1970 – talet förstod oljebolagen att oljan i framtiden skulle bli för dyr och man började då forska mer i solteknologi. Oljebolaget Exxon finansierade Dr. Elliot Berman arbete med att utveckla en mer förmånlig solcell, vilket var någonting han lyckades med. Medan effektiviteten minskade, var det betydligt billigare att använda kisel från flera kristaller än att använda kisel från en enda kristall. Detta resulterade att priset på solceller föll så gott som femfaldigt och solceller kunde nu användas långt ute på gas- och oljeplattformar, och började ses som en alternativ energikälla i avlägsna områden utanför elnätet.

Solcellsbranschen får även finansiellt stöd från oljeföretagen, vilket ger tekniken både den ekonomiska kapacitet och innovationskraft som driver solcellsutvecklingen framåt i nutid. (solartribune.com)

Solceller brukar delas in i tre olika generationer, första, andra och tredje generationen. Skillnaderna mellan dessa är tekniken och typen av material som används.

2.1 Första generationen

Kristallina kiselceller är de mest dominerade solcellerna på marknaden idag. Globala marknadsandelen ligger på ca 97 %. Den första kiselcellen tillverkades med en verkningsgrad på 4%, sedan dess har effektiviteten hela tiden förbättrats med en verkningsgrad på 18 % för vanliga moduler och ca. 22 % för högeffektiva moduler.

Det finns olika sätt att ytbehandla cellerna, som t.ex. applicera kontakter på dem, och även blanda kisel med andra material. Genom att kombinera kisel med andra material har nya beteckningar uppstått, som t.ex. HIT- eller PERC-celler. (energimyndigheten.se)

2.2 Andra generationen

Den näst vanligaste typen av solceller efter kiselceller är tunnfilmssolceller, men de utgör endast en liten andel av världsmarknaden, endast några procent. Skillnaden mellan kisel- och tunnfilmssolceller är materialet som används samt förmåga att fånga upp solljus. På grund av detta kan ett mycket tunnare skikt av solcellsmaterial användas. Då tunnfilmssolceller tillverkas appliceras solcellsfilmen på ett substrat, vanligen glas eller metall. Fördelen hos tunnfilmssolcellen är att de är både lättare och flexibla, så de kan användas på böjliga ytor. Tunnfilmcellerna är av halvledarmaterial bestående bl.a. av koppar, indium och selen.

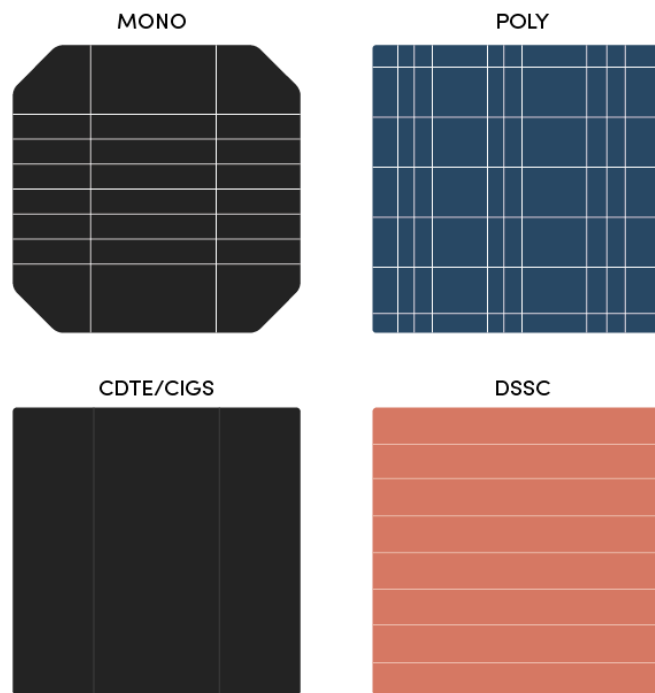
Estetik och utseende spelar även en stor roll, många anser att tunnfilmceller bättre passar in på t.ex. tak, då de kan appliceras på ytor med olika storlekar samt böjningar.

De vanligaste tunnfilmsceller är CIGS-, CIS- samt CdTe-celler, och verkningsgrader på dessa är ungefär på samma nivå, 14 – 16 %. Kommersiella CdTe moduler med 18 % verkningsgrad finns även på marknaden. Verkningsgraden på de tunnfilmsceller som används i Norden är aningen lägre, 11 – 13 % på icke-transparenta celler. Verkningsgraden på semi-transparenta CdTe-celler minskar linjärt, t.ex. verkningsgraden 6 % är för en 50 % transparent cell.

En tunnfilmsteknik som funnits på marknaden är amorfa kisel-solceller, vars främsta fördel har varit dess låga temperaturkänslighet, lägre än kisel- och CIGS-celler. Nackdelen med amorfa kisel-solceller är att utvecklingen inte framskridit i samma takt som andra tunnfilmsolceller, och verkningsgraden har stannat på 7 %. Produkten är inte mer tillgänglig som standardprodukt. (energimyndigheten.se)

2.3 Tredje generationen

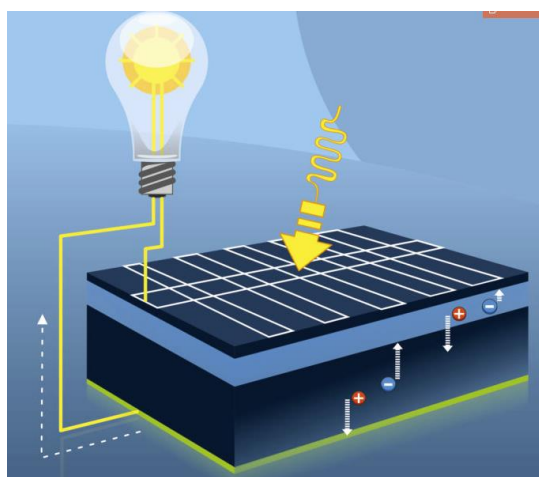
Tekniken för tredje generationens solceller är fortfarande under utveckling, målet är att minska produktionsmaterialet men öka verkningsgraden, vilket kan göra solenergi mer kostnadseffektiv och miljövänlig. De solceller som är längst utvecklade är Perovskitceller som använder perovskitmaterial med en speciell kristallstruktur. Genom att använda sig av PERC-celler (Passive Emitter Rear Cell) lägger man till ett extra reflekterande lager bakom solcellen som ökar effektiviteten genom att återvinna reflekterat ljus. Tandem-solceller är byggda med 2 – 6 lager av ljusabsorberande medel. Lagren är designade att fånga olika våglängder av ljus, och på detta sätt har tandem-solcellen den högsta verkningsgraden, ca 33 %. (energimyndigheten.se)



Figur 2. Illustration över olika solceller indelade enligt kristallstruktur. (hemsol.se 2023).

3 Solpaneler

En solpanel består av ett antal individuella solceller och kontakter som lamineras mellan framsidan som oftast är av glas och något annat material som kan variera på baksidan, men vanligtvis en polymerfolie. Egenskaperna hos cellerna bestämmer den totala maximala effekten för panelen som anges i kWp (kilowatt peak power). Som skydd mot kanstötningar samtidigt som den ger extra hållbarhet ramar de vanligtvis in i en aluminiumram. Panelerna placeras så att de exponeras mot solenergi. Då solcellen träffas av solljus uppstår spänning mellan cellens fram- och baksida, och med en ledning mellan skikten bildas det ström. Den likström som bildas genom seriekopplade solpaneler omvandlas sedan till växelström i en inverter som möjliggör att man kan använda elen i det egna hemmet. (hemsol.se 2022)



Figur 3. Illustration över hur solceller fungerar (hemsol.se 2023).

3.1 Solpanelsystem

I ett solpanelsystem är solpanelernas likströmskablar kopplade till en växelriktare, som i sin tur är kopplad till en el central. Den el vilket solpanelerna producerar går i första hand till det egna elbehovet som finns i fastigheten vid tillfället. Är produktionen högre än behovet i byggnaden går överskottselen ut till elbolagets stamnät. Då säljer producenten elen till elbolaget, vanligtvis till börspris.

Den el som systemet producerar går även att lagra i ackumulatörer, för att kunna utnyttjas då solpanelerna inte producerar ström. Då krävs en sådan växelriktare där det går att koppla in ackumulatörer, en s.k. hybridväxelriktare. (hemsol.se 2022)



Figur 4. Illustration över hur ett solkraftverk är uppbyggt. (foi.se 2015).

Det finns flera olika typer av solceller, var och en med sina egna fördelar och nackdelar.

Kiselbaserade solceller: Dessa är de vanligaste solcellerna på marknaden idag och är gjorda av kristallint kisel. De fungerar genom att solstrålning får elektronerna i kisel-skikten att röra sig och skapa en elektrisk ström. Verkningsgraden på dessa är ca 17 – 21 procent.

Tunntilmssolceller: Solcellerna är gjorda av tunna skikt av halvledande material, vanligtvis kisel eller kopparindiumgalliumdiselenid (CIGS). De är mer flexibla och lättare än kiselbaserade solceller, men är vanligtvis mindre effektiva.

Organiska solceller: Dessa solceller använder organiska material, vanligtvis polymerer eller små molekyler, för att fånga solstrålning. De är billigare att tillverka än kiselbaserade solceller, men har fortfarande en relativt låg verkningsgrad jämfört med andra typer av solceller.

Perovskitsolceller: Dessa solceller använder perovskitmaterial, en typ av mineral som har visat sig ha en hög verkningsgrad för att omvandla solenergi till elektricitet. De är fortfarande relativt nya på marknaden och deras långsiktiga hållbarhet är fortfarande okänd.

Koncentrerande solceller: Dessa solceller använder optiska linser eller speglar för att koncentrera solstrålning på en liten yta av solcellen. Detta ökar verkningsgraden men kräver vanligtvis mer avancerad teknik för att fungera.

Det är viktigt att notera att varje typ av solcell har sina egna fördelar och nackdelar beroende på applikationen och lokala förhållanden. (hitta-solceller.se)

3.2 Monteringslösningar

Solceller kategoriseras oftast som integrerade- eller byggnadsapplicerade solceller. Påliggande solceller, eller BAPV (Building Applied Photovoltaics), monteras solpanelerna utanpå själva regntaket, medan byggnadsintegrerade solceller, BIPV (Building Integrated Photovoltaic), är helt integrerade i takkonstruktionen, vilket innebär att takbeklädnaden i själva verket består av solpaneler. (hitta-solceller.se 2023)

3.2.1 Byggnadsapplicerade solceller

Byggnadsapplicerade solceller innebär installation av moduler på befintliga ytor genom att de monteras efter att byggnaden har färdigställts, exempelvis i ett energireoveringsprojekt. Detta är den metod som används för konventionella solcellslösningar. Solpaneler monteras huvudsakligen på hustak, men kan också appliceras på marken, väggar och balkonger.

Utbudet på solpaneler som idag finns att få marknaden är många, var av de vanligaste är monokristallina, både svart-vita och helsvarta solpaneler, och de kan användas både i system som arbetar parallellt med elnätet men även off grid-system som befinner sig utanför.

Storleken på en standardsolpanel går hand i hand med den effekt vilket panelen klarar av att producera som är omkring 400 Wp, och storleken ca. 1,7 – 1,8 m x 1,0 – 1,1 m, dvs 200 Wp per kvadratmeter, samt en vikt på 10 - 15 kg / m². Verkningsgraden på dessa paneler är ca. 21 %. Vissa tillverkare producerar solpaneler med effekt som överstiger 650 Wp, då är måtten på panelen 2,4 m x 1,3 m ca 36 kg. En solpanel i den storleksklassen är dock svårare att hantera, och monteras den på ett tak kan det även krävas extra stöd mellan panelen och taket för att panelen ska tåla snölaster på 150 – 400 kg /m² så det den inte böjs, eller att det uppstår sprickor eller övriga skador i panelen. Dessa paneler installeras dock mest på markställningar. (hemsol.se)

Solpaneler tillverkas i olika storlekar, tjocklekar samt former, men de vanligaste är inramade i en aluminiumram, men det finns även ramlösa glas-glas paneler med en tjocklek på ca 15 mm.

Half-cut eller halvskurna celler är den teknik vilket tillverkare av solpaneler använder sig av idag. Half-cut tekniken innebär att solcellerna halveras och fördelas i två sektioner, vilket innebär att en solcellspanel innehåller totalt 120 celler istället för de traditionella solpanelernas 60 celler. Den mindre storleken på cellerna resulterar i kortare avstånd som elektronerna måste färdas, vilket minskar effektförluster och ökar därmed panelens effektivitet. Bägge sektionerna i solpanelen har solceller som är kopplade i serie, medan de båda sektionerna kopplas parallellt. (hitta-solceller.se 2023)

Panelerna finns tillgängliga bl.a som glas-glas eller glas-folie-paneler. Traditionellt har solpaneler bestått av solceller monterade på ett folieunderlag och täckta med en glas-skiva. Denna typ av paneler har vanligtvis en produktgaranti från tillverkaren på 10 – 15 år. I glas-glas-paneler finns glas både under och över solcellerna. Detta gör panelen mer stabil och mindre känslig för snö, vind och fukt. Därför har den vanligtvis en betydligt längre produktgaranti, upp till 30 år. Effektgarantin brukar också vara bättre för glas-glas-paneler – man förväntar sig alltså att de både håller längre och presterar bättre på lång sikt. Nackdelen med glas-glas-paneler är att de är aningen dyrare än glas-folie-paneler. (hitta-solceller.se 2023)

Byggnadsapplicerade solpaneler kan i princip monteras på alla taktyper, det finns takfästen till alla material. Fördelen med falsat plåttak och tegeltak är att takfästen går att montera utan att det behöver göras genomföringar i vattentaket, vilket är någonting som bör beaktas med korrugerat plåt- samt filttak. Mellan takfästet och själva solpanelen monteras oftast en aluminiumskena som både fördelar vikten på modulerna samt låser fast panelerna i skenan med hjälp av klämmor.

Då byggnadsapplicerade solceller monteras på befintligt tak skall samtliga saker beaktas, så som t.ex. takbeläggning samt skicket på taket, solpanelsanläggningens livslängd som uppskattas vara 25 – 30 år, det innebär att taket förväntas hålla minst lika länge. Förutom skicket på taket måste det garanteras att taket verkligen håller panelernas vikt. Ett 6,5 kWp system, dvs 16 paneler väger med takfastsättningar ca 400 kg. Moderna hus har en takkonstruktion som är dimensionerade för denna tilläggs vikt, men vid äldre hus måste man överväga ifall montering av solpaneler över huvud taget är möjligt. Även snö- och vindbelastningar bör beräknas, då de ska tåla starka vindar året runt, samt tyngden från snömängden under vinterhalvåret. (ecokraft.se)



Figur 5. Olika varianter av monokristallina solpaneler. (estg.eu 2023).

3.2.2 Byggnadintegrerade solceller

Byggnadsintegrerade solceller används som ersättning för vissa konventionella byggmaterial. De kan användas på t.ex. i tak, fasader och fönster. Efterfrågan på solkraftsproduktion är hög då man vill följa de regler som givits av myndigheterna, men också för att förstärka hållbar utveckling. Olika bygg- och fastighetssektorer fokuserar på ren energi, eftersom efterfrågan på byggnader utan utsläpp ökar. Medvetenheten om de ekologiska fördelarna med byggnadsintegrerad solenergi har också resulterat i ökad efterfrågan på detta. Det bidrar till att minska koldioxidavtrycket eftersom det är en ren energikälla.

Den globala marknaden för byggnadsintegrerad solenergi uppskattades till ca 17 miljarder euro år 2022 och förväntas öka till ca. 130 miljarder euro år 2032. Europa står för 40 % av den globala marknaden. Orsaken till en ökande efterfrågan på byggnadsintegrerad solenergi är en ökning av integrationen av solenergilösningar i olika kommersiella byggnader då de ger arkitektonisk optimering och energikonservering. (precedenceresearch.com)

BIPV-installationer kan användas både i byggnader och i infrastrukturprojekt. Dessa produkter kan integreras som en del av takpannor och övriga takytor, samt i glas och andra material på stora fasader. Inom EU fördubblades antalet BIPV-installationer i Europa från 200 till 400 MW under 2021. Ändå utgör andelen BIPV i Norden, och ännu mindre i Finland fortfarande en liten andel i jämförelse med den stora potentialen för renowering av tak och nybyggnation, men även också byggnadsapplicerade solceller. En orsak är att byggaktörer upplever svårigheter när det gäller att hitta lämpliga lösningar för BIPV och att anpassa kravspecifikationer för de särskilda behoven som BIPV medför. (bebostad.se)

3.2.3 Takintegrerade solceller

Vid takintegrering har BIPV-system en dubbel funktion där den är en integrerad del av byggnadens tak, och används för att generera el från solenergi, men även som skydd mot väderpåverkan samtidigt som taket både värme- samt ljudisolerar. Flera moderna byggprojekt som drivs med solenergi använder sömlöst integrerade solpaneler efter färdigställandet, vilka ersätter konventionella byggmaterial.

Marknaden för integrerade solceller är i kraftig tillväxt. På grund av åtgärder relaterade till klimatförändringar är allt fler projektutvecklare beroende av hållbara byggmetoder, och takintegrerade solceller säljs kontinuerligt till storskaliga byggnadsprojekt. En av de främsta drivkrafterna bakom tillväxten av marknaden inom EU är den allt mer stränga lagstiftningen gällande energiprestanda i byggnader. Europeiska kommissionen har reviderat direktiv 2010/31/EU om energiprestanda i byggnader med målet att göra alla nya byggnader till så gott som nollenergibyggnader (BENG). Teknologin för förnybar energi, inklusive integreringen av solpanelsystem, erbjuder många möjligheter inom ramen för BENG-förordningarna. (estg.eu)



Figur 6. Byggnadintegrerade semitransparenta solcellsmoduler. (fasadsystem.se 2023).

4 Företag som tillverkar takintegrerade solpaneler

På marknaden idag finns det ett växande utbud på olika lösningar för att möjliggöra insänkning av solceller för att bli en del av taket. De senaste åren har priset på kristallint kisel sjunkit kraftigt, vilket förklarar att 71 % av integrerade solceller som idag finns på marknaden är av denna typ. CIGS-tunnfilmsolcellens andel är ca 20 %. (precedencere-search.com)

Soltak, lika som solpaneler utgör den del som förblir synlig i ett solenergisystem. Skillnaden mellan det två är att med ett soltak refererar till ett system som är integrerat i takmaterialet, medan solpaneler monteras ovanpå befintligt takmaterial. Eftersom ett soltak är integrerat i takmaterialet kan systemet göras visuellt mer imponerande jämfört med traditionella solcellssystem som kräver separata fästen på takmaterialet. I det här avsnittet behandlas fyra olika typer av soltaklösningar som för närvarande finns tillgängliga på den marknaden. Antalet företag som erbjuder takintegrerade solpaneler ökar stadigt, och bland dem har fyra valts ut för denna jämförelse. De företag som behandlas här är Solartag, Solitek, Virte Solar samt Tesla.

4.1 Solartag

Företaget Solartag från Ishøj i Danmark erbjuder självproducerande aktiva taklösningar med integrerade solceller. Solartag som grundades år 2019 tillverkar inte själva sina solceller utan använder sig av en tillverkare från Litauen vid namn Metsolar som specialiserat sig på byggnadsintegrerade solceller. Solartag är som företag relativt litet med under 25 anställda. Trots detta har försäljningen tiodubblats från år 2021 då omsättningen stigit från 1,2 - till 12 miljoner €. Det har gjort Solartag till den största leverantören av soltak i Danmark, men har även kommit in på den europeiska marknaden. År 2023 grundades även ett dotterbolag i USA i hopp om att konkurrera med företaget Tesla, företaget vilket Solartag själva inspirerats av.

Företaget erbjuder ett komplett takpaket både till privatpersoner och företag. Solcellerna kan installeras både på nya byggnationer samt byggnader där taket är i behov av byte eller restaurering. Då kan det gamla taket lämnas kvar och det nya monteras rakt på.

Modulerna monteras på ett sådant sätt att de överlappar varandra så soltaket påminner om ett så kallat shingel- eller skiffertak. Solartag har döpt konceptet till T-ROOF. Solartag ger 40 års produktgaranti på taket, 25 års garanti på solcellerna och livslängden på taket uppskattas vara ca. 80 år. Det som Solartag lyfter fram är att T-ROOF är ett elegant soltak där solcellerna som gott som är osynliga (solartag.eu)

T-ROOF består av två olika takmoduler som installeras direkt på takläkten: en aktiv modul med inbyggda solceller och en inaktiv, även kallad ”dummy”. Modulernas yta är av härdat glas, cellmaterialet är svart monokristallin, och består av 14 celler uppdelat i två rader. Modulsikten är: glas-inkapslingsmedel-cell-inkapslingsmedel-glas. Glasets tjocklek är 5 mm och effekten på varje modul är 71 Wp. Standardstorleken på de båda är 1160 x 435 x 5,8 mm, och vikten är 14 kg per m², dvs 2,25 moduler. Längden på modulen med solceller är alltid den samma, medan storleken på inaktiva delen kapas enligt behov med t.ex. cirkelsåg. Modulerna överlappar varandra ungefär 7,5cm.

T-ROOF är inte helt vattentätt, så det måste finnas ett fungerande undertak som säkerhet, samt att taklutningen måste överstiga 15 grader. Varje aktiv modul är utrustad med en han- och hon MC4-koppling på baksidan, och man kan seriekoppla 30 – 95 moduler till en växelriktare som omvandlar likström från plattorna till växelström för fastigheten. T-ROOF är för tillfället den enda produkten Solartag erbjuder år 2023, och företaget har inte inga planer på att introducera några nya lösningar då företaget för tillfället verkar ha en fungerande produkt.

Däremot erbjuder Solartag en smart lösning som ofta kombineras med deras soltak. Ett dansktillverkat intelligent solcells batteri från batteritillverkaren Xolta som Solartag har samarbetat med sedan 2021. Batteriet är inget vanligt batteri, utan har en inbyggd växelriktare och har en också en hel del intelligens. Batteriet som är uppkopplat till internet följer med väderprognoserna i området, samt börselspriser. Genom att hantera laddning och urladdning baserat på förändringar i elpriser och väderprognoser säkerställer batteriet att laddnings- och urladdningscyklerna optimeras för maximal effektivitet. Som exempel batteriet laddar då elpriset är lågt, produktionen är från soltaket är hög eller ifall sämre väder är på kommande. Batteriet lär sig även hur lasterna i anläggningarna

hanteras av användaren och kan anpassa sig därefter. Batteriet finns i storlekarna 5 och 10 kWh som enfas, och 80 kWh som trefas. (xolta.com)

Design: T-ROOF

Material: Skiffertak av härdat glas

Modulstorlek: 1165 x 390 mm

Moduleffekt: 71 Wp

Garanti: Solceller produktionsgaranti 25 år, Produktgaranti 40 år.



Figur 7. Solartags solcellsmoduler monterade utanpå befintligt filttak. (solartag.eu 2023).

4.2 Solitek

Solitek har både sitt kontor samt sin fabrik i Litauens huvudstad Vilnius. Företaget hör till den högteknologiska koncernen Bod Group, som redan var aktiva år 1998, då de var den enda tillverkare av CD-skivor i norra och östra Europa. År 2009 grundades Solitek och i början producerade företaget endast solceller, men efter några år utökades produktionslinjen för den slutliga produkten, solcellsmodulen, och inom 10 år hade Solitek vuxit och blivit ledande inom solteknologin i norra Europa. Under år 2021 såldes CD-företaget då beslutet gjordes att minska produktionen och i stället koncentrera sig mer på solceller. I början av år 2022 hade koncernen 228 anställda och omsättningen på koncernen var mer än 24 miljoner euro.

Det finska företaget Valoe investerade år 2019 ca. 15 miljoner euro för produktion av solcellsprodukter, då det byggdes en produktionslinje till i Vilnius fabriken. Detta gjorde att produktionskapaciteten av solpaneler ökade från 80 MW till 180 MW per år, dvs ungefär en 500 000 producerade moduler. För år 2023 uppskattar Solitek att antalet producerade moduler överstiger 650 000 st.

Företaget tillverkar mest glas-glas solpaneler, av dessa exporteras 80 procent till Norden, Tyskland, Holland samt USA. Företaget tillverkar olika integrerade lösningar till olika ändamål, som exempel AgroPV, transparanta glaspaneler som samtidigt fungerar både som solskydd och regntak med integrerade solceller för växtodlingar. Solitek designar även bullerskydd med solpaneler. Företaget tillverkar också färdiga biltak eller carport vars tak består av transparanta solpaneler.

I Soliteks utbud av solpaneler finns det en modell som är en inramad glas-folie solpanel, med namnet Standard, en inramad glas-glas bifacial med namnet Blackstar. Den mest sålda är glas-glas, bifacial solpanelen med namnet Solid. Det finns fem olika varianter i Solid serien, både inramad och ramlös, helsvart, delvis transparent, samt en med ökad transparens med namnet Solid Agro, som är menad för jordbruk. Solitek ger en effektgaranti på upp till 90 % och 30 år för Solid, dvs modulen ska bibehålla minst 90 % av

sin effekt efter 30 år. 35 % av glaset till panelerna är gjorda på återanvänt glas, och 98,8 % av solpanelens material går att återvinna.

Panelerna har även genomgått hageltest där modulen klarar av hagel med en storlek upp till 25 mm i diameter, samt test på vindlast 3600 Pa, respektive 8100 Pa för snölast.

Solid går även att appliceras i integrerade system, då är den utrustad med en gummitätning längs kanterna på baksidan. Den integrerade solcellslösningen som Solitek erbjuder heter Solid Solrif är en kombination av glas-glas solcellsmodul Solid samt Solrif fastsättningssystemet tillverkat av schweiziska företaget Ernst Schweizer AG som verkat sedan 1920 – talet. Med dessa kombinerade erbjuds en takintegrerad lösning med tre olika modulvarianter, en helsvart och två transparenta varav tjockleken endast är 17 mm. Solcellsmodulerna är av glas/glas, och cellerna är av s.k. bifacial, dvs de absorberar solljus från båda sidorna av modulen. Undertak behövs nödvändigtvis inte då tillverkaren lovar att Solrif Solid är en vattentät lösning ifall taklutningen är >12 grader, och regnsäkert tak >22 grader. Modulerna lämpar sig på tak med en lutning upp till 70 grader.

Installationen är enligt tillverkaren både snabb och enkel att utföra, monterings tiden för en modul är i snitt 6 min, och man monterar ungefär 40 m² per timme. Monteringsklämmor som är fastskruvade i takläkten håller modulerna på plats, och modulerna överlappar varandra med en gummitätning mellan aluminiumramarna. Aluminiumprofiler monteras både vid ytterkanterna av modulerna samt i övre och nedre kant, där även plåt monteras vid brytningen av modulerna och övriga takmaterialet. (solitek.eu)

År 2022 lanserade företaget aktivt nya produkter, förutom tillverkning av solceller erbjuder de sina lagrande smart-batterilösningar, även kallad hushållslagringsystem med en kapacitet på 5 – 80 kWh. Batterierna är sammankopplade med solcellerna via en hybridinverter, vilket även bär namnet Solitek. På detta sätt kan man nu erbjuda komplett solkraftverk.

Solitek utökar sin produktion genom att investera 50 miljoner euro för att bygga en ny fabrik i Benevento i södra Italien. Fabriken som ska stå klar år 2024 kommer mest vara

inriktad på jordbruksindustrin, där man kommer tillverka solceller för både växthus och soltak för växtodlingar. Förutom solcellsproduktion kommer det även finnas en batteri-produktionslinje i fabriken som kommer att sysselsätta 300 personer.

Design: Solid Solrif

Material: Skiffertak av härdat glas

Modulstorlek: 1820 x 1081 mm

Moduleffekt: 370 Wp

Garanti: Solceller produktionsgaranti 30 år, produktgaranti 30 år



Figur 8. Solid Solrif helsvarta moduler i monteringskede. (solitek.eu 2023)

4.3 Virte Solar

Virte Solar är ett inhemskt företag grundades år 2015 som ett dotterbolag till Virte-Metalli Oy från Åbo som fungerat inom takplåtsbranschen i över 50 år. År 2021 gick företagen samman, som sysselsätter ca 25 personer, varav under 5 personer arbetar för Virte Solar. Omsättningen var år 2022 6,7 miljoner euro.

Virte Aurinkokatto är en kombination av plåttak och CIGS-tunnfilmssolceller från tillverkaren Miasolé från Kalifornien som verkat sedan år 2004. Med en verkningsgrad på 16,5 %. Produkten lämpar sig i första hand för falsade plåttak, men kan även installeras på andra material, samt böjda ytor. Att eftermontera tunnfilmspaneler på ett befintligt tak är också möjligt.

Tunnfilmceller limmas med ett butyllim direkt på takplåtsytan mellan falsarna. Produkten är endast 17 mm tjock och har en skyddsfilm som tillverkas av det världskända företaget 3M. Fördelen med Virte Solars produkt är att de är flexibla och kan installeras på befintliga tak och även rundade ytor. Tunnfilmssolcellerna passar bäst på falsat plåttak eller andra släta ytor där limmet fastnar. Om installationsytan inte är slät är det ändå möjligt att genomföra installationen med hjälp av en platta, som skruvas fast i taket eller takläckerna. Vanligtvis limmas tunnfilmcellerna på takplåtarna redan i fabriken, det möjliggör att monteringsprocessen går snabbare, då det endast kräver att en elektriker kopplar ihop kablarna mellan solcellerna och invertern.

Tunnfilmssolcellerna installeras även på plåtväggar, vilket har sina fördelar under vinterhalvåret då solen ligger lägre än på sommaren, samt att panelerna inte riskerar att bli snötäckta. Solceller kan huvudsakligen tillämpas var som helst, och har även monterats på fordons tak där de t.ex. laddar fordonets underhållsbatteri.

Företaget tar själv fram fördelar med panelerna är att de inte begränsar rörligheten på tak efter att de monterats jämfört med vanliga påliggande solpaneler som kan vara installerade från bägge takkanter. Dessutom samlas inte skräp, mossa, snö eller is under

panelerna, vilket kan leda till ökad risk för korrosion av takplåt. Nackdelar däremot är att vinkeln inte går att justera då tunnfilmscellen är limmad i plåten.

En annan fördel jämfört med de andra tillverkares produkter är vikten på tunnfilmssolcellerna, som är ca 90 % mindre än vanliga solpaneler, som möjliggör att de är lätta och därför enkla att transportera och hantera. Solcellerna ska även tåla både snö- och vindlast i nordnorden. Modulerna har MC-4 kopplingar som blir undanömda under takåspåttarna där de är seriekopplade. (virtesolar.fi)

Virte Solar har för tillfället inga andra produkter än tunnfilmsolcellerna som presenterats, och man hittar heller ingen ny information varken på hemsidan som inte uppdaterats på flera år, och inte heller på deras sociala mediekonaler. För övrigt finns det relativt lite information om företaget tillgängligt.

Design: Virte Aurinkokatto

Material: CIGS-tunnfilmsolcell

Modulstorlek: 2600 x 370 mm

Moduleffekt: 110 Wp / m²

Vikt: 2,9 kg / m²

Garanti: Solceller produktionsgaranti 25 år, produktgaranti 5 år. (virtesolar.fi)



Figur 9. Virte Solar solcellsmoduler monterade på falsat plåttak. (virtesolar.fi 2023).

4.4 Tesla

Det fjärde och sista företaget med integrerade solcellslösningar som presenteras är det välkända företaget Tesla som är känt världen över med sina produkter. Tesla Motors grundades år 2003 av Martin Eberhard och Marc Tarpenning. Den som är mest känd i företaget är Elon Musk som har verkat som verkställande direktör sedan år 2008. Tesla sysselsätter över 100 000 personer och hade en omsättning på 74,6 miljarder euro år 2022.

Företaget är mest känt för sina elbilar, men är även verksamt inom andra branscher. Tesla tillverkar sina egna snabbladdningsstationer, Supercharger, och idag finns det ca 40 000 stycken världen runt. Wall Connector är namnet på den laddningstation gjord för att ladda bilen hemma. Laddningskapacitet på Wall Connector är mellan 7.4 och 22 kW, och passar även till andra elbilar än Tesla. (investeringkunskap.se)

Tesla erbjuder två olika lagrande batterisystem, varav det ena vid namn Megapack som är utformat för stora kommersiella projekt och elproducenter. Måtten på Megapack är den samma som en container, vilket underlättar transporter. Lagringskapaciteten hos batterisystemet är hela 3 MWh per enhet. Tesla har byggt ett antal energilagringssparker globalt varav den största finns i Australien, The Victorian Big Battery med 450 MWh lagringskapacitet.

För hemmabruk erbjuder Tesla även batteriet Powerwall som lagrar energi samt fungerar som en energikälla då elnätet är nere, t.ex. vid strömavbrott. Batteriet har en lagringskapacitet av 13,5 kWh och kan monteras både inom- och utomhus.
(tesla.com)

Tesla tillverkar, säljer och installerar även solcellssystem. Teslas integrerade solceller utvecklades ursprungligen av företaget SolarCity som Tesla köpte upp år 2016. Företaget tillverkar både påliggande helsvarta solpaneler och integrerade solceller, varav den integrerade modellen heter Solar Roof. Tesla har varit försiktiga med att inte dela med sig detaljer om Solar Roof och dess uppbyggnad, så tillgänglig information är bristfällig. Solar Roof är vid skrivande stund inte heller tillgängligt i Finland.

Modulen påminner en hel del Solartags produkt T-Roof. Celltypen som används är monokristallin, 14 celler i två rader. Modulerna är gjorda i temperat glas, och liknar svarta skiffertakplattor. Tesla rekommenderar att montering av Solar Roof endast utförs av deras egna certifierade montörer för att säkerställa korrekt installation och för att garantier ska gälla. Solar Roof kräver ett jämnt underlag, och kan inte monteras på ett befintligt tak. Innan modulerna monteras skall två lager av filtmaterial appliceras. Ofta används ett underlagspapp impregnerat med bitumen som har vattenavvisande egenskaper som används flitigt i den amerikanska byggbranschen. Efter det skruvas modulfästen fast i taket och modulerna trycks fast på fästena. Både de aktiva och inaktiva modulerna monteras på sådant sätt att de överlappar varandra så som på ett skiffertak. Därefter seriekopplas modulerna i lämpliga strängar, ca 7 kWp per sträng. (innovate-eco.com)

Modulerna skall enligt Tesla vara 3 gånger hållbarare än vanliga solceller, och klarar av orkanvindhastigheter upp till 74 meter per sekund, vilket är betydligt mer än krav för vindlast i Finland som är 22–26 m/s. Ingen certifiering på snölast för Solar Roof finns.

Tesla hade ett mål med 1000 Solar Roof installationer per vecka år 2020, men hittills har endast ca 3000 installationer av Solar Roof utförts, vilket betyder ca 20 installationer per vecka. År 2022 monterades ca 5 miljoner solcellssystem i USA, Solar Roof andel var endast 0.03 %. Marknaden för integrerade solceller är tuff, och Tesla ligger långt efter sin största konkurrent, GAF Energy som monterade över 1,2 miljoner soltak år 2022. (pveurope.eu)

Tesla har inte några nya lösningar gällande solceller på kommande. Företaget som annars är den starkaste inom elbilsbranschen och för övrigt kommit med smarta energilösningar, ligger för tillfället rejält efter med sitt soltak jämfört med sina konkurrenter som erbjuder liknande lösningar.

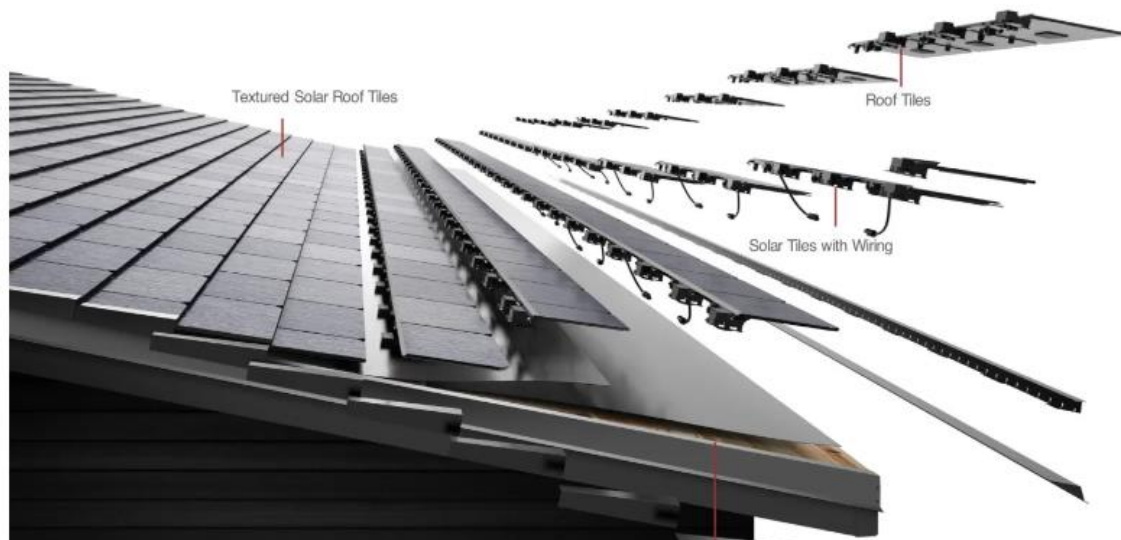
Design: Solar Roof

Material: Skiffertak av härdat glas

Modulstorlek: 1143 x 381 mm

Moduleffekt: 67 Wp

Garanti: Solceller produktionsgaranti 25 år, produktgaranti 25 år.



Figur 10. Skärningsbild av Tesla solar roof. (electrek.co 2019).

5 Jämförelser av takintegrerade solpaneler

För att bättre få en uppfattning om vad kostnaden på de olika lösningar skulle bli har beräkningar gjorts på soltak av de fyra tillverkarna av ungefär samma effekt, ca 10 kWp på ett hustak i Raseborg. Förutom att jämföra de fyra olika tillverkarens priser, har även kostnaden av ett takbyte samt installation av traditionella solpaneler beräknats. Taket för de tänkta solcellerna är av s.k. sadeltak, ytan som kunde utnyttjas är 72m², 15 x 4,8 meter, riktningen är rakt mot söder vilket är den bästa för produktion av solel. Takets lutning är 21 grader vilket inte är den optimala vinkeln för solceller, vilket är ca 40 - 45 grader. Däremot är den lägre vinkeln en fördel under sommarmånaderna då solen står som högst.

Viktiga faktorer vid installation av solpaneler samt optimering av produktionen är: Placering, vinkel, riktning, takets lämplighet, storlek på solkraftverket samt underhållet på systemet. Storleken på solcellspaketet skulle vara ca 10 kWp.



Figur 11. Exempelhuset med påliggande solpaneler som gjorts i programmet SolarEdge.

5.1 Prisjämförelse av takintegrerade solceller

Prisjämförelsen baserar sig på både prisförfrågningar som erhållits från tillverkaren, samt information som hämtats från tillverkarens officiella nätsidor.

I prisjämförelsen är endast solcells- och takmaterialet medräknat.

Montering samt tillbehör så som inverter, kablage samt andra el tillbehör tillkommer.

Viktigt att poängtera är att prisjämförelsen är endast riktgivande då det finns flera faktorer som påverkar prisen samt återbetalningstiden, såsom t.ex marknads- och sysselsättningsläget, som i sin tur fått priset på solceller att variera kraftigt det senaste åren. Då elpriset sköt i höjden år 2022 steg även efterfrågan och priset på solpaneler, och de flesta grossister var inte beredda på detta, och hade därför problem att få tag i solpaneler. Under vintern 2022 – 2023 ville man var bättre förberedd än året innan så man köpte in ett betydligt större lager än tidigare år. Samtidigt sjönk elpriset drastiskt och det samma gällde efterfrågan på solceller. Under sommaren 2023 sjönk priserna på solpaneler nästan 40 %, då grossisterna var tvungna att sälja dem med minimal vinstmarginal då deras lager var överfulla. Priserna i jämförelserna är både från år 2022 och 2023.

Tabell 1. I tabell 1 visas jämförelse mellan tillverkarnas soltak.

Tillverkare	Solartag	Solitek	Virte Solar	Tesla
Systemets anskaffningspris utan installation	*23 913 €	10 424 €	**17 050 €	***22 704 €
Systemstorlek	10 kWp	10,3 kWp	9,9 kWp	10 kWp
Pris per kW	2391 €	1042 €	1722 €	2270 €
Uppskattad årsproduktion	9800 kWh	****9860 kWh	****9740 kWh	9800 kWh

* Offert från år 2022.

** Beräkningar gjorda i planeringsprogrammet SolarEdge Designer.

*** Priset taget från nätsida då Tesla inte offentligt ger ut sina priser.

**** Priset på Virte Solars hemsida innehåller förutom solceller dessutom inverter och solkabel. Det ursprungliga priset var 19 930 €, och från summan har priset på invertern och solkabel räknats bort, 2790 € resp. 90 €, totalt 2880 €.

För att beräkna årliga produktionen för de olika systemen har programmet SolarEdge Designer använts, dock fanns endast Solitek och Virte Solars solceller tillgängliga i programmet. För Solartag samt Teslas årsproduktion har ett medeltal på 9800 kWh använts. Offerten från Solartag är från sommaren 2022 då elpriserna sköt i höjden, efterfrågan var rekordhög och tillgängligheten på komponenter låg. Priset på Virte Solar är taget från företagets hemsida, där det inte står skrivet då själva sidan senast skulle vara uppdaterad. Teslas kostnad på materialet är taget från nätsida och är bara riktgivande, och priset på Solar Roof varierar dessutom markant beroende på i vilken delstat de installeras.

5.2 Prisjämförelse av byte av tak samt påliggande solceller

För att jämföra kostnadsskillnaden på ett soltak och ett helt nytt plåttak med påliggande solceller till samma exempelhus har offerter erhållits från två lokala företag i Raseborg, ett för byte av tak och ett för installation av solpaneler.

5.2.1 Byte av tak

Raseborgs plåtslageri Ab offert 9.10.2023

Rivning av gammalt tak, installation av falsat plåttak.

Material	5800 €
Installation	6200 €
Totala kostnaden	12 000 € (inkl. moms 24 %)

5.2.2 Montering av påliggande solpaneler

MAD-Solar Ab offert 13.10.2023

Solcellspaket 9,8 kWp

Longi Solar HI-MO5 Mono 410 kWp 24st

Takfastsättning för falsat plåttak, 10 kW inverter, samt tillhörande kablage.

Material	7900 €
Installation	1500 €
Totala kostnaden	9400 € (inkl. moms 24 %)

5.3 Återbetalningstid

Återbetalningstiden har beräknats med en årsförbrukning på 15 000 kWh, ett fast inköpspris på elektriciteten 15 cent / kWh, samt ett försäljningspris på 6,20 cent / kWh för den producerade elektriciteten som blir överskott och säljs ut till elbolaget. Övrigt som kan beaktas i beräkningen är en prishöjning på den inköpta elektriciteten på 0,5 % per år, samt en minskning med 0,5 % i själva produktionen pga. effektminskning i solcellerna. Övriga kostnader, såsom fasta månadskostnader har inte beaktats i beräkningen.

5.3.1 Soltak

Tabell 2. I tabell 2 visas återbetalningstid för de olika soltaken.

Tillverkare	Solartag	Solitek	Virte Solar	Tesla
Systemets anskaffningspris utan installation	23 913 €	10 424 €	17 050 €	22 704 €
Systemstorlek	10 kWp	10,3 kWp	9,9 kWp	10 kWp
Återbetalningstid	17 år	7 år	12 år	16 år

5.3.2 Påliggande solpanel samt byte av tak

Tabell 3. I tabell 3 visas jämförelse mellan påliggande solpaneler, byte av tak med påliggande solpaneler.

	Påliggande solpaneler utan installation	Byte av tak samt påliggande solpaneler, installation medräknat
Anskaffningspris	7 900 €	19 900 €
Systemstorlek	9,8 kWp	9,8 kWp
Pris per kW	806 €	2 030 €
Återbetalningstid	5 år	17 år

6 Sammanfattning

Då man granskar resultaten från jämförelsen mellan de olika soltak förstår man att de än så länge inte fått sitt genombrott på den finska marknaden. Priserna på soltaksmaterialet måste sjunka rätt så mycket innan finska folket vågar investera i ett soltak.

Skillnaderna i kostnad på t.ex. ett soltak från Solartag där installation inte är medräknad är nästan 4000 € dyrare än ett helt takbyte med påliggande solpaneler installerade, och då skulle både taket och solpaneler vara inbetalda efter 17 år. Ekonomiskt sett befinner sig tillverkarna långt ifrån den återbetalningstiden jämfört med traditionella solpaneler. Den enda som i praktiken faktiskt kan konkurrera är Solitek Solid Solrif, som är ca 32 % dyrare än påliggande lösningen.

Försäljningspriset på den överskotts el som säljs till elbolaget är även en viktig faktor som kan påverka återbetalningstiden. Det vanligaste är att elen säljs till börspris, som ändrar varje timme. Sommaren 2022 kunde mikroproducenter tjäna över 1 € / kWh, när priset ett år senare kunde vara så gott som noll eller t.o.m. negativt. Ett 10 kWp system producerar mellan 50 – 70 kWh per dag i juni, och då går största delen av överskottse- len till försäljning.

Monteringskostnader för ett soltak kan variera beroende på lutningar, vinklar etc. För ett monterat soltak tillkommer 25 % på den totala summan. Kostnaden på ett monterat soltak är ungefär 200 – 1000 € / m², och är främst lönsamt för tillfället att investera i samband med takbyte. Ändrar byggnadens utseende pga. integrerade solceller kan det dessutom kräva ett separat bygglov, som kan öka kostnaderna ytterligare.

En av de främsta nackdelarna med integrerade solceller är de höga skillnaderna i kostnaderna i jämförelse med traditionella solpanelsystem. För vissa fastighetsägare kan de högre kostnaderna vara avskräckande och påverka beslutet att välja påliggande- jämnt emot integrerade solceller som energilösning. Forskningar visar att trenden för integrerade soltak helt klart är på väg uppåt, och globalt finns det redan flera tillverkare på marknaden. I Finland är antalet tillverkare och leverantörer fortfarande mycket

begränsat. De flesta soltak som granskats i detta arbete verkar också vara konstruerade och mer lämpade för områden med mindre snömängd än i Finland. Soltak är en ny syn på den finländska marknaden, så om deras pris kan minskas genom produktutvecklingar kan de konkurrera ännu bättre med traditionella paneler.

Det estetiska intrycket är subjektivt och varierar enligt personlig smak, och förmodligen tänker de flesta då det kommer till på införskaffning av solceller mer ur en ekonomisk synvinkel än en estetisk synvinkel. För tillfället passar soltak verkligen dem med en fungerande ekonomi som söker efter en heltäckande och en stilren lösning.

Meningen med denna undersökning var från första början att den skulle fungera som en rapport för den som söker mera information angående soltak. Under skrivprocessen samlades mängder av ny information gällande solenergi in, vilket har kommit till stor nytta. Studiebesök gjorde både till Solartags kontor utanför Köpenhamn, och till Solitek i Litauen där även en rundtur gjordes i fabriken. På plats konstaterades som exempel det att många arbetsskeden fortfarande görs för hand vid tillverkning av soltaksmoduler, därav det högre kostnaden jämfört med en automatiserad linje där solpaneler monteras.

Förhoppningsvis har detta arbete väckt intresset för integrerade solceller och de möjligheter som finns för att använda dessa på byggnader, både vid nyproduktion och vid renoivering.

Källor

Energiateollisuus, Sähköntuotanto maakunnittain 2007–2022, Tillgänglig: <https://energia.fi/tilastot/sahkontuotanto-maakunnittain-2007-2022/>

Hämtad 3.11.2023

Hur uppfanns solceller? Från stjärnorna till jorden, Tillgänglig: <https://www.oresundskraft.se/blogg/hur-uppfanns-solceller/>

Hämtad 5.11.2023

Solar Tribune, History Of Solar Energy, Tillgänglig: <https://solartribune.com/history-of-photovoltaics/>

Hämtad 5.11.2023

Hur fungerar solceller? Allt om hur solenergi & solpaneler fungerar, Tillgänglig: <https://hemsol.se/solceller/hur-fungerar-solceller/>

Hämtad 29.8.2023

Marknadsöversikt för solcellsmoduler, växelriktare, infästningsanordningar och kompletta system, Tillgänglig:

<https://www.energimyndigheten.se/globalassets/tester/marknadsoversikt-for-solcellsmoduler-vaxelriktare-infastningsanordningar-och-kompletta-system-191121-signerad.pdf>

Hämtad: 11.9.2023

Nilsson, S., Runesson, A. (2012). *Energieffektivisering av Villor, ”Finns möjligheten till Passivhusstandard för befintliga bostäder.*

ESTG, Soltak Integrerade solceller, Tillgänglig: <https://www.estg.eu/sv-se/solceller/integrerad/> Hämtad 3.11.2023

Olika typer av solceller – så väljer du rätt panel, Tillgänglig:

<https://www.hitta-solceller.se/typer-av-solceller/>

Hämtad 3.11.2023

Building Integrated Photovoltaics Market - Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends, Regional Outlook, and Forecast 2023 – 203, Tillgänglig:

<https://www.precedenceresearch.com/building-integrated-photovoltaics-market>

Hämtad 11.11.2023

Vikten av korrekta snö- och vindlastberäkningar, Tillgänglig:

<https://www.ecokraft.se/artiklar/vikten-av-korrekt-sno-och-vindlastberakningar>

Hämtad 3.11.2023

Bebo, Väg framåt för byggnadsintegrerade solceller – innovationsupphandling?
<https://www.bebostad.se/media/6059/f%C3%B6rstudie-innovationsupphandling-bipv-2023-01-31.pdf>
Hämtad 3.11.2023

Teslas historia och framtid: en djupdykning, Tillgänglig:
<https://investeringskunskap.se/teslas-historia-och-framtid-en-djupdykning/>
Hämtad 18.11.2023

Tesla Solar Roof Shingles – *What's the Current Wait Time?*, Tillgänglig:
<https://www.remodelingcosts.org/tesla-solar-roof-buying-guide/>
Hämtad 4.10.2023

Tesla Solar Roof: *A Complete Guide*, Tillgänglig:
<https://innovate-eco.com/tesla-solar-roof-a-complete-guide/>
Hämtad 10.11.2023

Tesla solar roof: installations fall short of expectations, Tillgänglig:
<https://www.pveurope.eu/solar-modules/tesla-solar-roof-installations-fall-short-expectations>
Hämtad: 19.11.2023

Inverter, Fronius Symo 10.0–3-M Light, Aurinkosähkötukku, Tillgänglig:
<https://aurinkosahkotukku.fi/tuote/pv-invertteri-fronius-symo-10-0-3-m-light/>
Hämtad: 19.11.2023

DC-kabel 1 x 6 mm², Aurinkosähkötukku, Tillgänglig:
<https://aurinkosahkotukku.fi/tuote/aurinkopaneelikaapeli-1x6-mm2-musta-2/>
Hämtad: 19.11.2023

Aurinkopaneeli tuottolaskuri, Tillgänglig:
<https://aurinkomaailma.fi/aurinkopaneeli-laskuri/>
Hämtad 9.10.2023

The cost of a Tesla Solar Roof (2023) Tillgänglig:
<https://www.marketwatch.com/guides/solar/tesla-solar-roof-cost/>
Hämtad 5.11.2023

Finsolar, Aurinkosähköön kannattavuuslaskuri, Tillgänglig:
<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1VEzwSvQAHUVtIhCYhL4-WoBajY5KUXyuC9WRRuuc2VM/edit?usp=sharing>
Hämtad 7.11.2023

Återbetalningstid för Solartag soltak, tabell 2.

Solartag

Aurinkosähköjärjestel		Aurinkosähkön		Aurinkosähkön ylijäämän			Tuotto- ja talouslaskelmat	
Järjestelmän pitoaika vuosina	Aurinkosähkön tuotanto kWh/v	Ostosähkön hankintakustannus eur/kWh	Aurinkosähkön tuotantoa vastaavan ostosähkön	Aurinkosähkön ylijäämän myyntihinta eur/kWh	Aurinkosähkön ylijäämän myyntituotot eur/v	Aurinkosähkön tuotannon arvo yhteensä	Kassavirta eu/v	Investoinnin kumulatiivinen tuotto eur/v
1	9800	0,15 €	€1 470,8	€0,05	€49,0	€1 372,7	€1 373	€1 373
2	9751	0,15 €	€1 470,7	€0,05	€49,0	€1 372,6	€1 373	€2 745
3	9702	0,15 €	€1 470,7	€0,05	€49,0	€1 372,6	€1 373	€4 118
4	9654	0,15 €	€1 470,6	€0,05	€49,0	€1 372,6	€1 373	€5 491
5	9605	0,15 €	€1 470,6	€0,05	€49,0	€1 372,5	€1 373	€6 863
6	9557	0,15 €	€1 470,6	€0,05	€49,0	€1 372,5	€1 373	€8 236
7	9510	0,15 €	€1 470,5	€0,05	€49,0	€1 372,5	€1 372	€9 608
8	9462	0,16 €	€1 470,5	€0,05	€49,0	€1 372,4	€1 372	€10 980
9	9415	0,16 €	€1 470,5	€0,05	€49,0	€1 372,4	€1 372	€12 353
10	9368	0,16 €	€1 470,4	€0,05	€49,0	€1 372,4	€1 372	€13 725
11	9321	0,16 €	€1 470,4	€0,05	€49,0	€1 372,3	€1 372	€15 098
12	9274	0,16 €	€1 470,4	€0,05	€49,0	€1 372,3	€1 372	€16 470
13	9228	0,16 €	€1 470,3	€0,05	€49,0	€1 372,3	€1 372	€17 842
14	9182	0,16 €	€1 470,3	€0,05	€49,0	€1 372,2	€1 372	€19 214
15	9136	0,16 €	€1 470,2	€0,05	€49,0	€1 372,2	€1 372	€20 587
16	9090	0,16 €	€1 470,2	€0,05	€49,0	€1 372,2	€1 372	€21 959
17	9045	0,16 €	€1 470,2	€0,05	€49,0	€1 372,1	€1 372	€23 331
18	9000	0,16 €	€1 470,1	€0,05	€49,0	€1 372,1	€1 372	€24 703
19	8955	0,16 €	€1 470,1	€0,05	€49,0	€1 372,1	€1 372	€26 075
20	8910	0,16 €	€1 470,1	€0,05	€49,0	€1 372,0	€1 372	€27 447
21	8865	0,17 €	€1 470,0	€0,06	€49,0	€1 372,0	€1 372	€28 819
22	8821	0,17 €	€1 470,0	€0,06	€49,0	€1 372,0	€1 372	€30 191
23	8777	0,17 €	€1 469,9	€0,06	€49,0	€1 371,9	€1 372	€31 563
24	8733	0,17 €	€1 469,9	€0,06	€49,0	€1 371,9	€1 372	€32 935
25	8689	0,17 €	€1 469,9	€0,06	€49,0	€1 371,9	€1 372	€34 307
26	8646	0,17 €	€1 469,8	€0,06	€49,0	€1 371,8	€1 372	€35 679
27	8603	0,17 €	€1 469,8	€0,06	€49,0	€1 371,8	€1 372	€37 050
28	8560	0,17 €	€1 469,8	€0,06	€49,0	€1 371,8	€1 372	€38 422
29	8517	0,17 €	€1 469,7	€0,06	€49,0	€1 371,7	€1 372	€39 794
30	8474	0,17 €	€1 469,7	€0,06	€49,0	€1 371,7	€1 372	€41 166
YHTEENSÄ	273647		€44 107		€1 469,5	€41 165,5		

Återbetalningstid för Solitek soltak, tabell 2.

Solitek

Aurinkosähköjärjestel				Aurinkosähkön ylijäämän		Tuotto- ja talouslaskelmat		
Järjestelmän pitoaika vuosina	Aurinkosähkön tuotanto kWh/v	Ostosähkön hankintakustannus eur/kWh	Aurinkosähkön tuotantoa vastaavan ostosähkön	Aurinkosähkön ylijäämän myyntihinta eur/kWh	Aurinkosähkön ylijäämän myyntituotot eur/v	Aurinkosähkön tuotannon arvo yhteensä	Kassavirta eu/v	Investoinnin kumulatiivinen tuotto eur/v
1	9888	0,15 €	€1 484,0	€0,05	€49,4	€1 385,0	€1 385	€1 385
2	9839	0,15 €	€1 483,9	€0,05	€49,4	€1 385,0	€1 385	€2 770
3	9789	0,15 €	€1 483,9	€0,05	€49,4	€1 384,9	€1 385	€4 155
4	9740	0,15 €	€1 483,9	€0,05	€49,4	€1 384,9	€1 385	€5 540
5	9692	0,15 €	€1 483,8	€0,05	€49,4	€1 384,9	€1 385	€6 925
6	9643	0,15 €	€1 483,8	€0,05	€49,4	€1 384,8	€1 385	€8 310
7	9595	0,15 €	€1 483,7	€0,05	€49,4	€1 384,8	€1 385	€9 694
8	9547	0,16 €	€1 483,7	€0,05	€49,4	€1 384,8	€1 385	€11 079
9	9499	0,16 €	€1 483,7	€0,05	€49,4	€1 384,7	€1 385	€12 464
10	9452	0,16 €	€1 483,6	€0,05	€49,4	€1 384,7	€1 385	€13 849
11	9405	0,16 €	€1 483,6	€0,05	€49,4	€1 384,7	€1 385	€15 233
12	9358	0,16 €	€1 483,6	€0,05	€49,4	€1 384,6	€1 385	€16 618
13	9311	0,16 €	€1 483,5	€0,05	€49,4	€1 384,6	€1 385	€18 002
14	9264	0,16 €	€1 483,5	€0,05	€49,4	€1 384,6	€1 385	€19 387
15	9218	0,16 €	€1 483,4	€0,05	€49,4	€1 384,5	€1 385	€20 771
16	9172	0,16 €	€1 483,4	€0,05	€49,4	€1 384,5	€1 384	€22 156
17	9126	0,16 €	€1 483,4	€0,05	€49,4	€1 384,5	€1 384	€23 540
18	9080	0,16 €	€1 483,3	€0,05	€49,4	€1 384,4	€1 384	€24 925
19	9035	0,16 €	€1 483,3	€0,05	€49,4	€1 384,4	€1 384	€26 309
20	8990	0,16 €	€1 483,3	€0,05	€49,4	€1 384,3	€1 384	€27 694
21	8945	0,17 €	€1 483,2	€0,06	€49,4	€1 384,3	€1 384	€29 078
22	8900	0,17 €	€1 483,2	€0,06	€49,4	€1 384,3	€1 384	€30 462
23	8856	0,17 €	€1 483,1	€0,06	€49,4	€1 384,2	€1 384	€31 846
24	8811	0,17 €	€1 483,1	€0,06	€49,4	€1 384,2	€1 384	€33 231
25	8767	0,17 €	€1 483,1	€0,06	€49,4	€1 384,2	€1 384	€34 615
26	8723	0,17 €	€1 483,0	€0,06	€49,4	€1 384,1	€1 384	€35 999
27	8680	0,17 €	€1 483,0	€0,06	€49,4	€1 384,1	€1 384	€37 383
28	8636	0,17 €	€1 483,0	€0,06	€49,4	€1 384,1	€1 384	€38 767
29	8593	0,17 €	€1 482,9	€0,06	€49,4	€1 384,0	€1 384	€40 151
30	8550	0,17 €	€1 482,9	€0,06	€49,4	€1 384,0	€1 384	€41 535
YHTEENSÄ	276104		€44 503		€1 482,7	€41 535,2		

Återbetalningstid för Virte Solar soltak, tabell 2.

Virte Solar									
Aurinkosähköjärjestel		Aurinkosähkön		Aurinkosähkön ylijäämän			Tuotto- ja talouslaskelmat		
Järjestelmän pitoaika vuosina	Aurinkosähkön tuotanto kWh/v	Ostosähkön hankintakustannus eur/kWh	Aurinkosähkön tuotantoa vastaavan ostosähkön		Aurinkosähkön ylijäämän myyntihinta eur/kWh	Aurinkosähkön ylijäämän myyntituotot eur/v	Aurinkosähkön tuotannon arvo yhteensä	Kassavirta eu/v	Investoinnin kumulatiivinen tuotto eur/v
1	9800	0,12 €	€1 186,1		€0,05	€49,0	€1 116,5	€1 116	€1 116
2	9751	0,12 €	€1 186,1		€0,05	€49,0	€1 116,5	€1 116	€2 233
3	9702	0,12 €	€1 186,0		€0,05	€49,0	€1 116,4	€1 116	€3 349
4	9654	0,12 €	€1 186,0		€0,05	€49,0	€1 116,4	€1 116	€4 466
5	9605	0,12 €	€1 186,0		€0,05	€49,0	€1 116,4	€1 116	€5 582
6	9557	0,12 €	€1 185,9		€0,05	€49,0	€1 116,3	€1 116	€6 698
7	9510	0,12 €	€1 185,9		€0,05	€49,0	€1 116,3	€1 116	€7 815
8	9462	0,13 €	€1 185,9		€0,05	€49,0	€1 116,3	€1 116	€8 931
9	9415	0,13 €	€1 185,9		€0,05	€49,0	€1 116,3	€1 116	€10 047
10	9368	0,13 €	€1 185,8		€0,05	€49,0	€1 116,2	€1 116	€11 164
11	9321	0,13 €	€1 185,8		€0,05	€49,0	€1 116,2	€1 116	€12 280
12	9274	0,13 €	€1 185,8		€0,05	€49,0	€1 116,2	€1 116	€13 396
13	9228	0,13 €	€1 185,7		€0,05	€49,0	€1 116,1	€1 116	€14 512
14	9182	0,13 €	€1 185,7		€0,05	€49,0	€1 116,1	€1 116	€15 628
15	9136	0,13 €	€1 185,7		€0,05	€49,0	€1 116,1	€1 116	€16 744
16	9090	0,13 €	€1 185,6		€0,05	€49,0	€1 116,1	€1 116	€17 860
17	9045	0,13 €	€1 185,6		€0,05	€49,0	€1 116,0	€1 116	€18 976
18	9000	0,13 €	€1 185,6		€0,05	€49,0	€1 116,0	€1 116	€20 092
19	8955	0,13 €	€1 185,6		€0,05	€49,0	€1 116,0	€1 116	€21 208
20	8910	0,13 €	€1 185,5		€0,05	€49,0	€1 116,0	€1 116	€22 324
21	8865	0,13 €	€1 185,5		€0,06	€49,0	€1 115,9	€1 116	€23 440
22	8821	0,13 €	€1 185,5		€0,06	€49,0	€1 115,9	€1 116	€24 556
23	8777	0,14 €	€1 185,4		€0,06	€49,0	€1 115,9	€1 116	€25 672
24	8733	0,14 €	€1 185,4		€0,06	€49,0	€1 115,8	€1 116	€26 788
25	8689	0,14 €	€1 185,4		€0,06	€49,0	€1 115,8	€1 116	€27 904
26	8646	0,14 €	€1 185,4		€0,06	€49,0	€1 115,8	€1 116	€29 020
27	8603	0,14 €	€1 185,3		€0,06	€49,0	€1 115,8	€1 116	€30 135
28	8560	0,14 €	€1 185,3		€0,06	€49,0	€1 115,7	€1 116	€31 251
29	8517	0,14 €	€1 185,3		€0,06	€49,0	€1 115,7	€1 116	€32 367
30	8474	0,14 €	€1 185,2		€0,06	€49,0	€1 115,7	€1 116	€33 482
YHTEENSÄ	273647		€35 570			€1 469,5	€33 482,4		

Återbetalningstid för Tesla soltak, tabell 2.

Tesla									
Aurinkosähköjärjestel		Aurinkosähkön			Aurinkosähkön ylijäämän			Tuotto- ja talouslaskelmat	
Järjestelmän pitoaika vuosina	Aurinkosähkön tuotanto kWh/v	Ostosähkön hankintakustannus eur/kWh	Aurinkosähkön tuotantoa vastaavan ostosähkön		Aurinkosähkön ylijäämän myyntihinta eur/kWh	Aurinkosähkön ylijäämän myyntituotot eur/v	Aurinkosähkön tuotannon arvo yhteensä	Kassavirta eu/v	Investoinnin kumulatiivinen tuotto eur/v
1	9800	0,15 €	€1 470,8		€0,05	€49,0	€1 372,7	€1 373	€1 373
2	9751	0,15 €	€1 470,7		€0,05	€49,0	€1 372,6	€1 373	€2 745
3	9702	0,15 €	€1 470,7		€0,05	€49,0	€1 372,6	€1 373	€4 118
4	9654	0,15 €	€1 470,6		€0,05	€49,0	€1 372,6	€1 373	€5 491
5	9605	0,15 €	€1 470,6		€0,05	€49,0	€1 372,5	€1 373	€6 863
6	9557	0,15 €	€1 470,6		€0,05	€49,0	€1 372,5	€1 373	€8 236
7	9510	0,15 €	€1 470,5		€0,05	€49,0	€1 372,5	€1 372	€9 608
8	9462	0,16 €	€1 470,5		€0,05	€49,0	€1 372,4	€1 372	€10 980
9	9415	0,16 €	€1 470,5		€0,05	€49,0	€1 372,4	€1 372	€12 353
10	9368	0,16 €	€1 470,4		€0,05	€49,0	€1 372,4	€1 372	€13 725
11	9321	0,16 €	€1 470,4		€0,05	€49,0	€1 372,3	€1 372	€15 098
12	9274	0,16 €	€1 470,4		€0,05	€49,0	€1 372,3	€1 372	€16 470
13	9228	0,16 €	€1 470,3		€0,05	€49,0	€1 372,3	€1 372	€17 842
14	9182	0,16 €	€1 470,3		€0,05	€49,0	€1 372,2	€1 372	€19 214
15	9136	0,16 €	€1 470,2		€0,05	€49,0	€1 372,2	€1 372	€20 587
16	9090	0,16 €	€1 470,2		€0,05	€49,0	€1 372,2	€1 372	€21 959
17	9045	0,16 €	€1 470,2		€0,05	€49,0	€1 372,1	€1 372	€23 331
18	9000	0,16 €	€1 470,1		€0,05	€49,0	€1 372,1	€1 372	€24 703
19	8955	0,16 €	€1 470,1		€0,05	€49,0	€1 372,1	€1 372	€26 075
20	8910	0,16 €	€1 470,1		€0,05	€49,0	€1 372,0	€1 372	€27 447
21	8865	0,17 €	€1 470,0		€0,06	€49,0	€1 372,0	€1 372	€28 819
22	8821	0,17 €	€1 470,0		€0,06	€49,0	€1 372,0	€1 372	€30 191
23	8777	0,17 €	€1 469,9		€0,06	€49,0	€1 371,9	€1 372	€31 563
24	8733	0,17 €	€1 469,9		€0,06	€49,0	€1 371,9	€1 372	€32 935
25	8689	0,17 €	€1 469,9		€0,06	€49,0	€1 371,9	€1 372	€34 307
26	8646	0,17 €	€1 469,8		€0,06	€49,0	€1 371,8	€1 372	€35 679
27	8603	0,17 €	€1 469,8		€0,06	€49,0	€1 371,8	€1 372	€37 050
28	8560	0,17 €	€1 469,8		€0,06	€49,0	€1 371,8	€1 372	€38 422
29	8517	0,17 €	€1 469,7		€0,06	€49,0	€1 371,7	€1 372	€39 794
30	8474	0,17 €	€1 469,7		€0,06	€49,0	€1 371,7	€1 372	€41 166
YHTEENSÄ	273647		€44 107			€1 469,5	€41 165,5		

Återbetalningstid för påliggande solpaneler utan montering, tabell 3.

Påliggande solpaneler									
Aurinkosähköjärjestel		Aurinkosähkön		Aurinkosähkön ylijäämän			Tuotto- ja talouslaskelmat		
Järjestelmän pitoaika vuosina	Aurinkosähkön tuotanto kWh/v	Ostosähkön hankintakustannus eur/kWh	Aurinkosähkön tuotantoa vastaavan ostosähkön		Aurinkosähkön ylijäämän myyntihinta eur/kWh	Aurinkosähkön ylijäämän myyntituotot eur/v	Aurinkosähkön tuotannon arvo yhteensä	Kassavirta eu/v	Investoinnin kumulatiivinen tuotto eur/v
1	9702	0,15 €	€1 456,0		€0,05	€48,5	€1 359,0	€1 359	€1 359
2	9653	0,15 €	€1 456,0		€0,05	€48,5	€1 358,9	€1 359	€2 718
3	9605	0,15 €	€1 456,0		€0,05	€48,5	€1 358,9	€1 359	€4 077
4	9557	0,15 €	€1 455,9		€0,05	€48,5	€1 358,9	€1 359	€5 436
5	9509	0,15 €	€1 455,9		€0,05	€48,5	€1 358,8	€1 359	€6 794
6	9462	0,15 €	€1 455,9		€0,05	€48,5	€1 358,8	€1 359	€8 153
7	9415	0,15 €	€1 455,8		€0,05	€48,5	€1 358,8	€1 359	€9 512
8	9367	0,16 €	€1 455,8		€0,05	€48,5	€1 358,7	€1 359	€10 871
9	9321	0,16 €	€1 455,8		€0,05	€48,5	€1 358,7	€1 359	€12 229
10	9274	0,16 €	€1 455,7		€0,05	€48,5	€1 358,6	€1 359	€13 588
11	9228	0,16 €	€1 455,7		€0,05	€48,5	€1 358,6	€1 359	€14 947
12	9182	0,16 €	€1 455,6		€0,05	€48,5	€1 358,6	€1 359	€16 305
13	9136	0,16 €	€1 455,6		€0,05	€48,5	€1 358,5	€1 359	€17 664
14	9090	0,16 €	€1 455,6		€0,05	€48,5	€1 358,5	€1 359	€19 022
15	9044	0,16 €	€1 455,5		€0,05	€48,5	€1 358,5	€1 358	€20 381
16	8999	0,16 €	€1 455,5		€0,05	€48,5	€1 358,4	€1 358	€21 739
17	8954	0,16 €	€1 455,5		€0,05	€48,5	€1 358,4	€1 358	€23 098
18	8910	0,16 €	€1 455,4		€0,05	€48,5	€1 358,4	€1 358	€24 456
19	8865	0,16 €	€1 455,4		€0,05	€48,5	€1 358,3	€1 358	€25 814
20	8821	0,16 €	€1 455,4		€0,05	€48,5	€1 358,3	€1 358	€27 173
21	8777	0,17 €	€1 455,3		€0,06	€48,5	€1 358,3	€1 358	€28 531
22	8733	0,17 €	€1 455,3		€0,06	€48,5	€1 358,2	€1 358	€29 889
23	8689	0,17 €	€1 455,2		€0,06	€48,5	€1 358,2	€1 358	€31 247
24	8646	0,17 €	€1 455,2		€0,06	€48,5	€1 358,2	€1 358	€32 606
25	8602	0,17 €	€1 455,2		€0,06	€48,5	€1 358,1	€1 358	€33 964
26	8559	0,17 €	€1 455,1		€0,06	€48,5	€1 358,1	€1 358	€35 322
27	8517	0,17 €	€1 455,1		€0,06	€48,5	€1 358,1	€1 358	€36 680
28	8474	0,17 €	€1 455,1		€0,06	€48,5	€1 358,0	€1 358	€38 038
29	8432	0,17 €	€1 455,0		€0,06	€48,5	€1 358,0	€1 358	€39 396
30	8389	0,17 €	€1 455,0		€0,06	€48,5	€1 358,0	€1 358	€40 754
YHTEENSÄ	270911		€43 666			€1 454,8	€40 753,8		

Återbetalningstid för byte av tak samt påliggande solpaneler monterat, tabell 3.

Takbyte och solpaneler monterade

Järjestelmän pitoaika vuosina	Aurinkosähkön tuotanto kWh/v	Aurinkosähkön		Aurinkosähkön ylijäämän			Tuotto- ja talouslaskelmat	
		Ostosähkön hankintakustannus eur/kWh	Aurinkosähkön tuotantoa vastaavan ostosähkön	Aurinkosähkön ylijäämän myyntihinta eur/kWh	Aurinkosähkön ylijäämän myyntituotot eur/v	Aurinkosähkön tuotannon arvo yhteensä	Kassavirta eu/v	Investoinnin kumulatiivinen tuotto eur/v
1	9800	0,12 €	€1 186,1	€0,05	€49,0	€1 116,5	€1 116	€1 116
2	9751	0,12 €	€1 186,1	€0,05	€49,0	€1 116,5	€1 116	€2 233
3	9702	0,12 €	€1 186,0	€0,05	€49,0	€1 116,4	€1 116	€3 349
4	9654	0,12 €	€1 186,0	€0,05	€49,0	€1 116,4	€1 116	€4 466
5	9605	0,12 €	€1 186,0	€0,05	€49,0	€1 116,4	€1 116	€5 582
6	9557	0,12 €	€1 185,9	€0,05	€49,0	€1 116,3	€1 116	€6 698
7	9510	0,12 €	€1 185,9	€0,05	€49,0	€1 116,3	€1 116	€7 815
8	9462	0,13 €	€1 185,9	€0,05	€49,0	€1 116,3	€1 116	€8 931
9	9415	0,13 €	€1 185,9	€0,05	€49,0	€1 116,3	€1 116	€10 047
10	9368	0,13 €	€1 185,8	€0,05	€49,0	€1 116,2	€1 116	€11 164
11	9321	0,13 €	€1 185,8	€0,05	€49,0	€1 116,2	€1 116	€12 280
12	9274	0,13 €	€1 185,8	€0,05	€49,0	€1 116,2	€1 116	€13 396
13	9228	0,13 €	€1 185,7	€0,05	€49,0	€1 116,1	€1 116	€14 512
14	9182	0,13 €	€1 185,7	€0,05	€49,0	€1 116,1	€1 116	€15 628
15	9136	0,13 €	€1 185,7	€0,05	€49,0	€1 116,1	€1 116	€16 744
16	9090	0,13 €	€1 185,6	€0,05	€49,0	€1 116,1	€1 116	€17 860
17	9045	0,13 €	€1 185,6	€0,05	€49,0	€1 116,0	€1 116	€18 976
18	9000	0,13 €	€1 185,6	€0,05	€49,0	€1 116,0	€1 116	€20 092
19	8955	0,13 €	€1 185,6	€0,05	€49,0	€1 116,0	€1 116	€21 208
20	8910	0,13 €	€1 185,5	€0,05	€49,0	€1 116,0	€1 116	€22 324
21	8865	0,13 €	€1 185,5	€0,06	€49,0	€1 115,9	€1 116	€23 440
22	8821	0,13 €	€1 185,5	€0,06	€49,0	€1 115,9	€1 116	€24 556
23	8777	0,14 €	€1 185,4	€0,06	€49,0	€1 115,9	€1 116	€25 672
24	8733	0,14 €	€1 185,4	€0,06	€49,0	€1 115,8	€1 116	€26 788
25	8689	0,14 €	€1 185,4	€0,06	€49,0	€1 115,8	€1 116	€27 904
26	8646	0,14 €	€1 185,4	€0,06	€49,0	€1 115,8	€1 116	€29 020
27	8603	0,14 €	€1 185,3	€0,06	€49,0	€1 115,8	€1 116	€30 135
28	8560	0,14 €	€1 185,3	€0,06	€49,0	€1 115,7	€1 116	€31 251
29	8517	0,14 €	€1 185,3	€0,06	€49,0	€1 115,7	€1 116	€32 367
30	8474	0,14 €	€1 185,2	€0,06	€49,0	€1 115,7	€1 116	€33 482
YHTEENSÄ	273647		€35 570		€1 469,5	€33 482,4		