

Solcellssystem som energikälla för nya småhus



**LUNDS
UNIVERSITET**

Lunds Tekniska Högskola

**LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Institution för Byggnade och Arkitektur / Energi och ByggnadsDesign**

Examensarbete:
Ahmed Hadzimuratovic
Nevzudin Mukic

© Copyright Ahmed Hadzimuratovic, Nevzudin Mukic

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Lunds universitet
Box 882
251 08 Helsingborg

LTH School of Engineering
Lund University
Box 882
SE-251 08 Helsingborg
Sweden

Tryckt i Sverige
Media-Tryck
Biblioteksdirektionen
Lunds universitet
Lund 2011

Sammanfattning

I det här examensarbetet behandlas solcellssystem som energikälla i nya småhus. Först förklaras olika termer för lågenergihus och sedan tas olika tekniker som minskar energibehovet upp samt på vilket sätt det går att återvinna värmeenergi. Därefter diskuteras hur solenergin kan utnyttjas, vilka solcellstekniker som finns och på vilket sätt det går att använda solceller i byggnader samt eventuell miljöpåverkan. Sist utförs en dimensionering av solcellssystemet för referensobjektet både som nätanslutet och fristående system samt en ekonomisk utvärdering genomförs.

Det är viktigt att objektet som ska förses med en solcellsanläggning använder så lite energi som möjligt för att kunna producera den mängd el som åtgår fastighets- och hushållsel eftersom solcellstekniken innebär höga investeringar. Andra faktorer som påverkar anläggningens storlek är objektets placering i förhållande till söderriktningen, den tillgängliga ytan på taket samt lutningsvinkeln på solcellsmodulerna. Även den estetiska aspekten bör beaktas.

Solcellsmoduler brukar oftast placeras på taket men andra ställen så som balkonger, fasader och liknande kan utnyttjas. För att åstadkomma ett lågt energibehov är olika koncept av lågenergihus lämpliga med olika metoder för värmeåtervinning från luften och spillvattnet.

Det går inte att försörja ett enfamiljshus i Sverige med elenergi avseende hela husets elbehov som produceras lokalt i en solcellsanläggning om huset är eluppvärmt. Däremot går det om huset är uppvärmt på ett annat sätt dvs. om el från solcellsanläggningen endast används för fastighets- och hushållsel.

För att investeringen i ett solcellssystem ska vara ekonomiskt försvarbar dvs. återbetalad inom 25 år måste ett statligt stöd som är 60 % av investeringskostnaden vara inkluderat i kalkylen förutsatt att el köps och säljs för samma pris vilket inte är fallet i verkligheten.

Nyckelord: Småhus, Lågenergihus, Passivhus, Plusenergihus, Solenergi, Solcell, Solcellssystem, Statligt stöd, Investering

Abstract

This bachelor's thesis concerns the solar energy systems in new small houses. First various terms of low energy buildings are explained followed by technologies that reduce energy demands are explained and the ways it is possible to recover heat energy. Thereafter a discussion in how solar energy can be exploited is raised, which solar technologies are available and how it is possible to use solar cells in buildings and their eventual environmental impact. Finally we also size the photovoltaic system for the reference object both as a grid and standalone system, and an economic evaluation is followed out.

It is important that the object to be fitted with a solar PV system uses as little energy as possible in order to produce the amount of electricity consumed by real estate and household since the solar technology involves high investments. Other factors affecting the size of the plant are the object's location relative to the south direction, the space available on the roof and the angle of inclination of PV modules. Even the aesthetic impact should be considered.

PV modules are usually placed on the roof but other places such as balconies, facades and the similar can be used. To achieve a low energy demand different concepts of low-energy buildings are appropriate with the various methods of energy recovery from air and wastewater.

It is not possible to supply a family house in Sweden with electricity for the whole house's electricity needs, which are produced locally in a solar PV system if the house is electrically heated. However, it works if the building is heated with a different way i.e. if the electricity from the solar plant is used only for real estate and household electricity.

If the investment in a PV system should be economically viable, a state aid of 60% of the investment cost should be included in the calculation, assuming that the electricity is bought and sold for the same price which is not the case.

Keywords: Small house, Low-energy house, Passive house, Plus energy house, Solar energy, Solar cell, Solar System, State Aid, Investment

Förord

Examensarbetet är det sista momentet i vår högskoleingenjörutbildning Byggt teknik med Arkitektur vid Lunds Tekniska Högskola, Campus Helsingborg.

Handledningen har varit institutionsförlagd på Energi och Byggnadsdesign - Lunds Tekniska Högskola. Vår handledare har varit Åke Blomsterberg som vi tackar för den hjälp och goda råd vi fått.

Vi vill även passa på att tacka vår examinator Bengt Hellström och Elisabeth Kjellsson på Energi och Byggnadsdesign vid LTH, Mats Andersson på Energibanken AB och Annika Hansson på WSP för deras engagemang.

Uppdelning

Uppdelningen av vem som gjort vad är svår att göra på grund av att det mesta av arbetet är gjort tillsammans. En fördelning av vem som påbörjat de olika kapitlen i rapporten följer nedan.

Ahmed Hadzimuratovic: 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 3.1, 3.1.1, 3.1.2, 3.1.3, 3.1.4, 3.1.5, 5.4, 5.4.1, 5.4.2, 5.4.3, 6.1

Nevzudin Mukic: 4.1, 4.2, 5.1, 5.1.1, 5.1.2, 5.1.3, 5.1.4, 5.2, 5.3, 5.5, 5.6, 5.7

Gemensamt: 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 7.1, 7.1.1, 7.1.2, 7.1.3, 7.2, 7.2.1, 8.1, 8.2, 9, Förord, Sammanfattning, Abstract

Innehållsförteckning

1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte/Problemformulering.....	2
1.3 Mål.....	2
1.4 Avgränsningar.....	2
1.5 Metod.....	2
1.6 Disposition	3
2 Lågenergihus och värmeåtervinning	5
2.1 Definition av Lågenergihus.....	5
2.2 Definition av Passivhus.....	7
2.3 Energikrav för ett Passivhus	8
2.4 Vad är ett Plusenergihus?.....	10
3 Värmeåtervinning av ventilationsluft	11
3.1 Ventilationsvärmeåtervinning	11
3.1.1 Plattvärmväxlare.....	11
3.1.2 Motströmsvärmväxlare	12
3.1.3 Roterande värmväxlare	13
3.1.4 Batterivärmväxlare	13
3.1.5 Jämförelse av ventilationsvärmväxlare	14
4 Värmeåtervinning från spillvatten	17
4.1 Duschvärmväxlare	17
4.2 Avloppsvärmväxlare.....	18
5 Solenergi	19
5.1 Solceller.....	20
5.1.1 Kiselsolceller	20
5.1.2 Tunnfilmssolceller.....	21
5.1.3 Grätzelceller	22
5.1.4 Solceller med reflektorer och vattenkyllning	22
5.2 Solcellssystem	23
5.3 Dagens tekniska potential	25
5.4 Placering av solceller	25
5.4.1 Solceller på taket.....	26
5.4.2 Takintegrerade solceller	27
5.4.3 Fasadintegrerade solceller	28
5.5 Solcellernas konkurrenskraft i Sverige	30
5.6 Solcellssystem på den svenska marknaden	31
5.7 Miljö	34

6 Studie av referensobjektet	35
6.1 Villa Thermo	35
7 Dimensionering av solcellsystemet.....	39
7.1 Preliminär dimensionering	40
7.1.1 Nätanslutet solcellssystem som täcker fastighets- och hushållsel.....	42
7.1.2 Fristående solcellssystem som täcker fastighets- och hushållsel.....	42
7.1.3 Nätanslutet solcellssystem som täcker hela objektets elbehov	42
7.2 Slutgiltig dimensionering.....	43
7.2.1 Nätanslutet solcellssystem som täcker fastighets – och hushållsel.....	46
8 Ekonomisk utvärdering	47
8.1 Fall 1 – Återbetalningstid utan det statliga stödet.....	48
8.2 Fall 2 – Återbetalningstid med det statliga stödet.....	50
9 Resultat och diskussion	51
10 Källförteckning	53
11 Bilagor	59

1 Inledning

Energieffektiva byggnader byggs i allt större utsträckning både när det gäller nybyggnation, renovering och ombyggnad av gamla byggnader. Det har utvecklats olika effektiva byggtekniker som sänker byggnaders energibehov. Men byggnader behöver fortfarande tillförsel av energi utifrån. I det här examensarbetet har vi tittat närmare på hur även energitillförseln kan effektiviseras så att byggnader kan bli mer eller helt oberoende av köpt energi genom att utnyttja solenergi. Solfångare möjliggör omvandling av solenergin till värmeenergi som används för varmvattenberedning medan solceller omvandlar solenergi till elektrisk energi. Alltså att den elektriska energin som krävs produceras på plats och vid behov lagras lokalt för att användas senare.

1.1 Bakgrund

De globala klimatförändringarna har uppmärksammats under senare tid och debatten kring vad som kan göras åt dem har resulterat i ett flertal klimatkonferenser. Förväntningen är att efterfrågan på energi kommer att tredubblas till år 2050 (Miljömålen, 2008). Detta medför att vi tvunget måste sänka vår energianvändning på alla fronter. En av fronterna är bebyggelsen som idag står för 40 % av Sveriges energianvändning varav uppvärmning står för 60 % av denna mängd. Tillvägagångssättet för att sänka bebyggelsens energianvändning är att bygga och renovera byggnader och hus så att de möter energikraven för att kallas lågenergihus. Det finns flera olika koncept bland lågenergihusen, bland annat passivhus- och plusenergihusetekniken. Passivhusetekniken medför att byggnaden blir välisolerad och tät. Detta i sin tur medför en stor sänkning av uppvärmningsbehovet genom att den producerade värmen inomhus hålls kvar och inte transmitteras ut genom klimatskalet lika fort. Även om passivhus är mycket mer energieffektiva än övrig bebyggelse så behöver de ändå tillförsel av elektrisk energi. Plusenergihusetekniken är en vidareutveckling av passivhusetekniken men skillnaden är att ett plusenergihus producerar mer energi än vad det använder. Denna energi produceras genom användning av solfångare för uppvärmning av tappvarmvatten samt solceller för produktion av el. Alltså är plusenergihus ett steg närmare målet att sänka bebyggelsens energianvändning.

Examensarbetet är utfört som en avslutande del i vår utbildning där vi har undersökt hur mycket en byggnad kan göras självförsörjande energimässigt genom användning av dessa byggnadstekniker och solceller.

1.2 Syfte/Problemformulering

Syftet med examensarbetet är att undersöka hur mycket en byggnad kan göras självförsörjande energimässigt genom användning av energieffektiva byggnadstekniker, solceller och solfångare. I Sverige finns det ett antal lågenergihus men problemet är att i de flesta fall används endast passivhustekniken. Även om dessa passivhus är energisnåla så behöver de tillförsel av energi som fortfarande produceras externt och oftast medför mer koldioxidutsläpp än lokalt producerad energi. Ofta kompletteras passivhus med ett värmesystem baserat på biobränslen som t.ex. pelletskamin som ska hjälpa till att värma huset under årets kallaste dagar. Går det att försörja ett enfamiljshus med fastighets- och hushållsel som genereras med hjälp av solceller? Är det ekonomiskt försvarbart?

1.3 Mål

Utvecklingen går mot en energieffektivare bygg- och fastighetsbransch där samtliga aktörer profilerar sitt miljöarbete. Marknaden finns för solenergi och energibesparande produkter och denna marknad kommer troligtvis att växa även i framtiden. Vårt mål är att efter läsningen av rapporten ska läsaren få en uppfattning av hur mycket el som kan produceras lokalt och om det räcker för att huset ska bli självförsörjande och inte någon gång under året behöva köpa el avseende hushållsel och fastighetsel.

1.4 Avgränsningar

För att göra denna rapport hanterbar har vi avgränsat oss till nybyggnation av enfamiljshus. Vi har utgått från ett referensobjekt som vi baserar rapporten på. Vi har inte studerat vindkraft och solfångare utan koncentrerat oss på solcellsenergi. Vi har använt oss av information och uppgifter som vi har fått från respektive tillverkare av solcellsprodukter och tillhörande utrustning.

1.5 Metod

Examensarbetet inleds med faktasökning med hjälp av internet och litteraturläsning för att få en djupare kunskap inom området. Vi har utfört en marknadsundersökning över vilka produkter som finns till förfogande. Därefter samlade vi information kring de olika produkterna. Vidare utvärderades de olika produkterna för att välja den med högst verkningsgrad samt den som är lämpligast för ändamålet. Med hjälp av uppgifterna vi fått från tillverkaren har vi beräknat hur mycket energi som kan genereras och om det räcker för att försörja ett enfamiljshus. Beräkningarna är utförda i programmet "PVsyst 5.1". Därefter gjordes en bedömning av om det är ekonomiskt försvarbart, samt efter hur lång tid investeringarna kommer att täckas upp av elproduktionen.

1.6 Disposition

Rapportens disposition är uppdelad i flera kapitel. Det första kapitlet introducerar läsaren kring rapportens handling. Bakgrunden beskriver dagsläget samt tillvägagångssättet för att minska byggsektorns energianvändning. Syftet och problemformuleringen beskriver vad grundproblemet är och varför åtgärderna krävs. I rapportens andra teoretiska kapitel beskrivs vad ett passivhus är, vad plusenergihus är och skillnaderna mellan dem. Även olika metoder för värmeåtervinning tas upp i kapitel tre och fyra och hur dessa går att praktiskt tillämpa. I rapportens femte kapitel beskrivs vad solceller är och vilka typer av produkter som finns. Även produktion av elektrisk energi med hjälp av solcellstekniken behandlas samt lagring av energiöverskott i en batterianläggning. Det sjätte kapitlet består av en studie av referensobjektets energibehov, framförallt elektrisk energi. Beräkningarna presenteras i det sjunde kapitlet som visar hur mycket energi som kan produceras. Därefter dras en slutsats i det åttonde kapitlet om den tillverkade elenergin räcker för att täcka behovet. Det åttonde kapitlet består även av en ekonomisk utvärdering av solcellsanläggningen. Slutligen presenteras referenser och bilagor.

2 Lågenergihus och värmeåtervinning

2.1 Definition av Lågenergihus

En riktig definition på lågenergihus saknas förutom att ett lågenergihus är en samling av koncept på byggnader som använder mindre energi än BBR:s nybyggnationskrav säger, se tabell 2.1.

Klimatzon	Eluppvärmd byggnad kWh/m ²	Icke eluppvärmd byggnad kWh/m ²
I	95	150
II	75	130
III	55	110

Tabell 2.1 Maximalt tillförd energi för ett normhus. Hänsyn tas till om byggnaden är eluppvärmd eller inte.

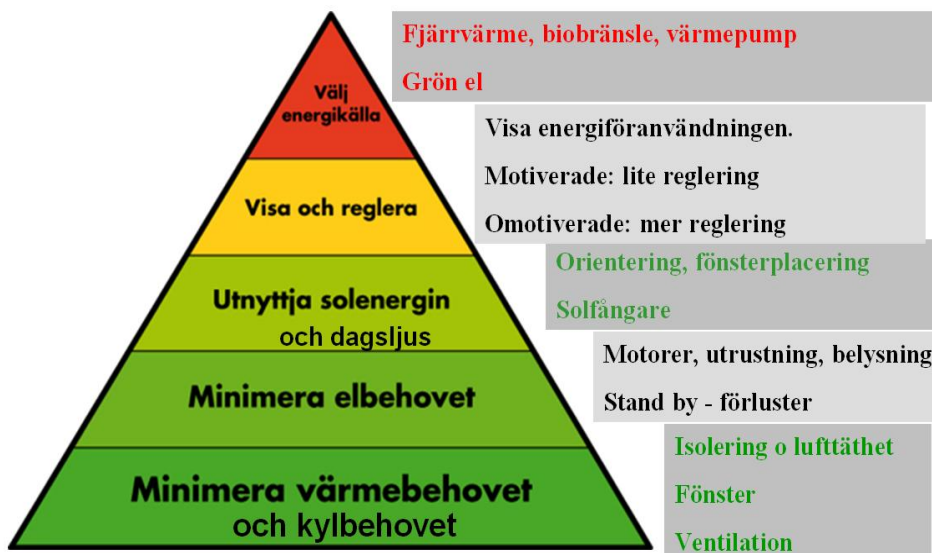
Nybyggnationskravet säger att energianvändningen högst får vara 110 kWh/m² och år i södra Sverige (BBR, 2008). Dock gäller detta energikravet endast för de bostäder vars uppvärmning inte sker via elvärme, som t.ex. via en värmepump. Det innebär att ett eluppvärmt lågenergihus i södra Sverige högst får förbruka 55 kWh/m² och år, då avses energin för värme, varmvatten, ventilation och fastighetsenergi (el för pumpar, fläktar mm).

Det finns ett flertal koncept, bland annat passivhus, nollenergihus, plusenergihus osv. En kravspecifikation för passivhus är framtagen av FEBY¹, och medför en halvering av energianvändningen för ett passivhus jämfört med de hus som är byggda enligt boverkets nybyggnationskrav. Det som urskiljer lågenergihusen från normhusen enligt BBR:s regler är att de har:

- En större mängd värmeisolering i väggar, grund och tak dvs. lägre U-värden.
- Bättre fönster med ett lägre U-värde.
- De är tätare för att minska luftläckaget.
- Effektivare värmeåtervinning via ventilationsluften än normhusen.
- Användning av energisnålare elutrustning.
- Utnyttjande av solenergin.
- Hårdare regler för energianvändningen.
- Miljövänliga energikällor.

¹ FEBY – Forum för Energieffektiva Byggnader

För att uppnå ett lågenergihus måste byggnaden betraktas som ett system. Ett lämpligt arbetssätt är att arbeta enligt Kyotopyramiden, där det börjas från botten och fortsätts uppåt. Först gäller det att hålla nere värme- och kylbehovet, varefter elbehovet minimeras. Därefter gäller det att utnyttja solenergi och dagsljus. Nästa steg är att visa och reglera, för att slutligen välja energikälla. Förfarandet är i praktiken ofta iterativt, se figur 2.1.



Figur 2.1 Kyotopyramid för projektering av lågenergihus, där det börjas från botten och fortsätts uppåt. Pyramiden är kompletterad jämfört med förlagan (Dokka, 2006).

Det vanligaste lågenergihuset i Sverige är Passivhus. I dagsläget finns det cirka 3000 lägenheter i nybyggda småhus och flerbostadshus byggda enligt passivhuskonceptet (Passivhuscentrum, 2010). I antalet ingår även 300 ombyggda lägenheter till passivhus.

2.2 Definition av Passivhus

Passivhus är ett koncept bland lågenergihus som är betydligt energisnålare än vad BBR:s nybyggnationskrav säger. Ett hus får endast kallas passivhus om det uppfyller grundläggande krav samt att det antingen är:

- Projekterad för Passivhus enligt FEBY
- Verifierat passivhus enligt FEBY

Att det är verifierat passivhus enligt FEBY innebär att det finns tillräckligt underlag som styrker att byggnaden i drift uppfyller kraven samt att underlaget är tillgängligt vid förfrågan. Detta beror på att passivhus är ett skyddat varumärke och byggkoncept som kräver en kvalitetssäkring av innebörden och skydd mot falsk marknadsföring.

Ett passivhus saknar ofta ett traditionellt aktivt värmesystem i form av radiatorer, utan värms huvudsakligen upp passivt genom att ta tillvara på den värmeenergi som alstras inomhus. Denna värmeenergi kommer från personer, elektriska apparater samt solinstrålning (FEBY, 2009). Ett kompletterande värmesystem används. Ofta är det ett eftervärmningsbatteri i tilluftskanalen eller en pelletskamin för att värma huset under årets kallaste dagar. En välisolerad och tät konstruktion minskar värmetransporten och luftläckaget ut genom väggar, grund och tak vilket medför att värmeenergin hålls kvar i huset under en längre period. För att minska mängden värmeenergi som ventileras ut återvinns en stor del av den i en ventilationsvärmeväxlare som oftast har en verkningsgrad på 40-85% beroende på vilken typ värmeväxlare det är (Warfvinge & Dahlblom 1).

2.3 Energikrav för ett Passivhus

Ett passivhus effektkrav och råd för mängden köpt energi är olika beroende var i landet huset befinner sig, se figur 2.2.



Figur 2.2 Sverige är uppdelat i tre klimatzoner (Rockwool, 2009). Det finns föreskrivna krav och råd för ett passivhus.

Effektkrav

Effektkraven avser uppvärmning samt köpt energi, se tabell 2.2.

Klimatzon	Effektkrav – Pmax W/m ²	Effektkrav - för bostäder mindre än 200 m ² W/m ²
I	12	14
II	11	13
III	10	12

Tabell 2.2 Effektkrav för passivhus inom respektive klimatzon. För bostäder vars yta är mindre än 200 m² adderas ytterligare 2 W/m². Effektkraven avser endast värme (FEBY, 2009).

Köpt energi

Med köpt energi menas levererad energi till byggnaden och hänsyn tas inte till egenproducerad energi från t.ex. solceller, solfångare eller vindgeneratorer. Den maximalt tillförda viktade energin beräknas med hjälp av nedanstående formel (FEBY, 2009).

$$E_{viktad} = \sum(e_{el} \cdot E_{el} + e_{fv} \cdot E_{fv} + e_{bp} \cdot E_{bp} + e_{s,v} \cdot E_{s,v})$$

$$E_{viktad} \leq E_{Råd}$$

De ingående faktorerna är:

ΣE_{el} = Levererad elenergi

e_{el} = 2 (energiformsfaktor för el)

ΣE_{fv} = Levererad fjärrvärme

e_{fv} = 1 (energiformsfaktor för fjärrvärme)

ΣE_{bp} = Levererad energi i form av värmevärdet i ett biobränsle

e_{bp} = 1 (energiformsfaktor för biobränsle)

$\Sigma E_{s,v}$ = Levererad sol och vindenergi

$e_{s,v}$ = 0 (energiformsfaktor för sol och vindenergi)

$E_{Råd}$ = 60 kWh/m² (Klimatzon I)

$E_{Råd}$ = 64 kWh/m² (Klimatzon II)

$E_{Råd}$ = 68 kWh/m² (Klimatzon III)

Krav på köpt energi enligt Boverkets Byggregler ska alltid uppfyllas.

Alternativt gäller råd om köpt oviktad energi, se tabell 2.3.

Klimatzon	Icke eluppvärmd byggnad kWh/m ²	Eluppvärmd byggnad kWh/m ²
I	58	34
II	54	32
III	50	30

Tabell 2.3 Maximalt tillförd årsenergi för passivhus inom respektive klimatzon. Hänsyn tas till om byggnaden är eluppvärmd eller inte. Maximal tillförd energi avser total köpt/levererad energi för hela byggnaden, alltså fastighetsel, varmvatten och värme (FEBY, 2009). Fastighetselen har antagits vara 10 kWh/m².

Råd

Det finns ett antal råd i FEBY:s kravspecifikation för passivhus. Värt att nämna är att de endast är råd och behöver inte följas till punkt och pricka. Det är dock fördelaktigt om alla råd följs för att de syftar till att få ner energianvändningen. Exempel på ett av dessa råd är:

- Att ventilationssystemet bör ha ett SFP-värde på högst 1,5 kW/(m³/s).
- Fastighetselen² bör vara mindre än 5 kWh/(m²/år) för uppvärmda ytor.

2.4 Vad är ett Plusenergihus?

Ett plusenergihus är ett relativt nytt lågenergihuskoncept i Sverige som går ut på att huset ska producera mer energi än vad det använder. I Tyskland är plusenergihus vanligare än i Sverige, det finns ett 80-tal plusenergihus (Fastighetsförvaltaren, 2010). I Sverige finns endast två plusenergihus, ett beläget i Åkarp och ett i Ronneby. Ett plusenergihus kan vara ett passivhus i grund och botten men det som urskiljer plusenergihuset från passivhuset är att i ett passivhus sänks värmeenergibehovet, men i ett plusenergihus sänks förutom energibehovet behovet av att köpa energi för varmvattenberedning samt el då huset producerar det. Ett plusenergihus producerar en mängd förnyelsebar energi som mer än tillfredställer husets energibehov. Denna energi är lokalt tillgänglig och fri från föroreningar. Det som möjliggör plusenergihus att producera mer energi än vad de använder är att de är utrustade med solfångare för varmvattenberedning samt solceller för elproduktion. Plusenergihus är en vidareutveckling av passivhus där det tas ett steg vidare från att ha sänkt energibehovet till att vara energiproducent. I ett plusenergihus försöks ofta att ytterligare sänka energibehovet genom att endast använda sig av energisnåla hushållsapparater samt att värmeväxling sker förutom i ventilationsluften även i avloppsvattnet. Om byggnaden har tillräckligt stor yta med solfångare och solceller är det möjligt för huset att producera mer energi än vad det använder under året. Därmed klassas huset som ett plusenergihus.

² Fastighetsel är den el som används till att driva byggnadens centrala funktioner, t.ex. ventilation, pumpar, hissar etc.

3 Värmeåtervinning av ventilationsluft

De värmeåtervinnande tekniker som finns och används idag är ventilationsvärmeåtervinning, avloppsvärmeåtervinning och värmepumpar.

3.1 Ventilationsvärmeåtervinning

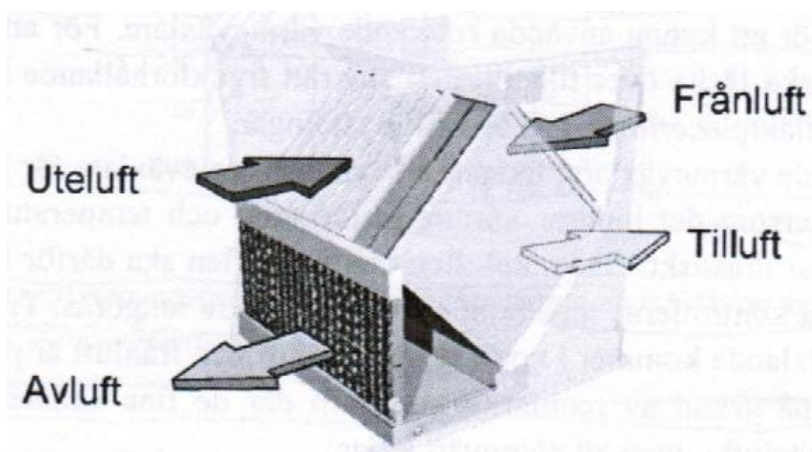
För att hela tiden hålla ett behagligt inomhusklimat måste luften hålla önskad temperatur på 20 °C (Socialstyrelsen, 2005) samt att luftkvaliteten ska vara god. En luftkvalitetsindikator är koldioxidhalten (CO₂) i luften vars gräns bör vara högst 1000 ppm. Definitionen på god luftkvalité är då koldioxidhalten (CO₂) i luften högst är 1000 ppm. För att kunna uppnå god luftkvalité måste byggnaden vara utrustad med någon typ av ventilationssystem. Inneluften är varm och ventileras ut och då uppstår en onödig energiförlust från ventilationssystemet. Med värmeåtervinning i ventilationssystemet sänks behovet av eftervärmning av tilluften (Warfvinge & Dahlblom 2). Detta kan åstadkommas i ett FTX-system. Ett FTX-system är när värmen från frånluften (F) överförs till den friska tilluften (T) via en värmeväxlare (X). Denna typ av ventilationssystem brukar även kallas för balanserat ventilationssystem eller kontrollerat ventilationssystem.

Det finns fyra olika typer av värmeväxlare på marknaden: plattvärmeväxlare, motströmsvärmeväxlare, batterivärmeväxlare och roterande värmeväxlare. Värmeåtervinning kan även ske med en frånluftsvärmepump.

3.1.1 Plattvärmeväxlare

En plattvärmeväxlare består av många tunna metallplåtar som ligger intill varandra. Mellan dessa plåtar skapas tunna luftspalter och det är genom dessa spalter luften leds. Genom varannan spalt leds varm respektive kall luft (Warfvinge & Dahlblom 3). Detta innebär att värmen från den varma luften överförs till den kalla. Varm inneluft kallas frånluft och när den passerat värmeväxlaren och kylts ner kallas den avluft. När uteluften kommer in till värmeväxlaren och värms upp blir den tilluft. Fördelen med plattvärmeväxlaren är att den inte kräver någon eldriven motor för att fungera. Plattvärmeväxlaren har en uppmätt verkningsgrad på 50-60% (Warfvinge & Dahlblom 3). En nackdel plattvärmeväxlaren har är att det finns risk för kondens. Detta beror på att frånluften har en relativ fuktighet på 50 % och temperaturen 22 °C vilket innebär att frånluften har ett högt fuktinnehåll. När frånluften passerar plattvärmeväxlaren kyls den ner och kondensation kan ske om daggpunkten nås. Vid utetemperaturen -6 °C bildas is i plattvärmeväxlaren eftersom det kondenserade vattnet frusit (Warfvinge & Dahlblom 3).

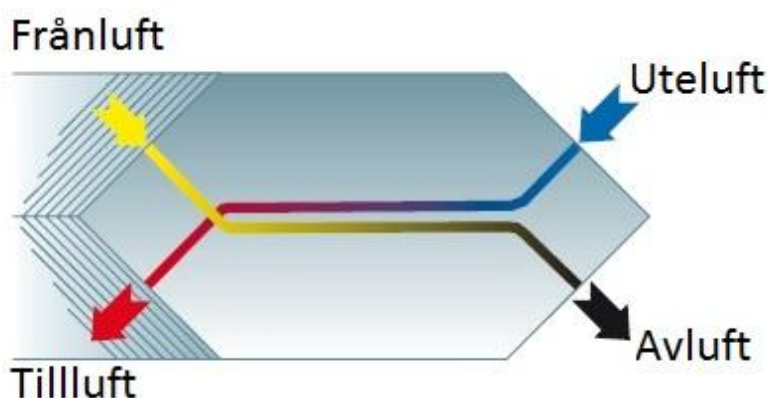
Plattvärmeväxlare kallas även korsvärmeväxlare på grund av att luftströmmarna av kall och varm luft leds i kors, se figur 3.1.



Figur 3.1 Plattvärmväxlare. Källa: (Fläkt Woods).

3.1.2 Motströmsvärmväxlare

En variant av plattvärmväxlare är motströmsvärmväxlare/motströms plattvärmväxlare, se figur 3.2. Den fungerar på så sätt att de två luftströmmarna passerar parallellt motströms mot varandra i luftspalterna istället för vinkelrätt i separata kanaler som i en vanlig plattvärmväxlare. Detta medför att kontaktytan mellan luftströmmarna blir mycket större och även verkningsgraden. Den uppmätta verkningsgraden för en motströmsvärmväxlare ligger mellan 76-78% (Energimyndigheten 1). Verkningsgraden är beroende av fabrikatet samt utetemperaturen.

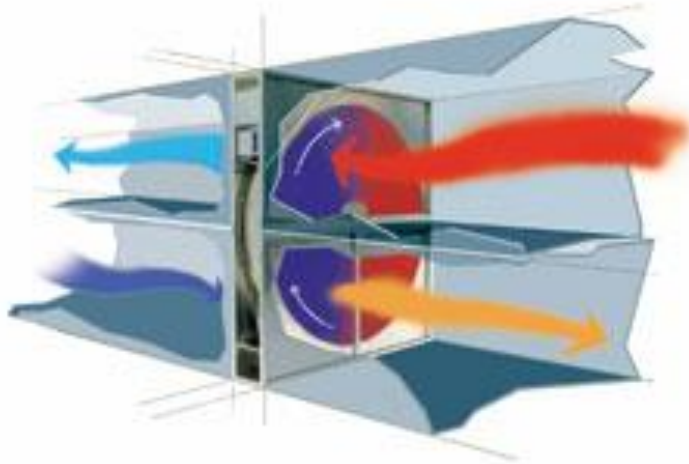


Figur 3.2 Illustration av en Motströmsvärmväxlare (Fresh, 2011).

Dessvärre är motströmsvärmväxlaren känslig för kondens, särskilt kalla vinterdagar då den fuktiga frånluften kyls ner så pass mycket. För att undvika att kondenserat vatten fryser i värmväxlaren ska det finnas ett tråg med avlopp i frånluftsdel av värmväxlaren (Warfvinge & Dahlblom 4). Vintertid ska det även användas ett förvärmningsbatteri vars uppgift är att värma uteluften tillräckligt så att risken för frysning i värmväxlaren elimineras. Nackdelen är att förvärmningsbatteriet drar el. Ytterligare en nackdel är att det finns risk för att uteluften blandas med frånluften. Det hade inneburit att föroreningar som ventilerats ut kommer tillbaka in i bostaden.

3.1.3 Roterande värmeväxlare

En roterande värmeväxlarens uppbyggnad består av ett roterande hjul som har många små kanaler genom vilka luften strömmar, se figur 3.3. Hjulet roteras med hjälp av en elektrisk motor.

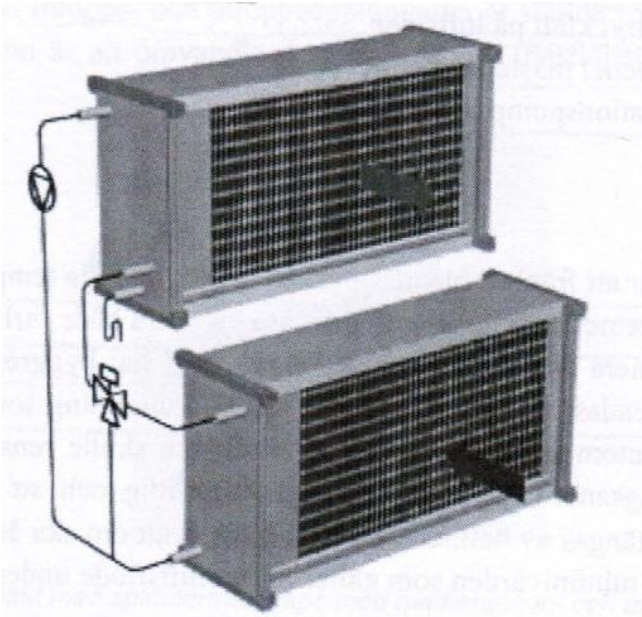


Figur 3.3 Illustration av en roterande värmeväxlare (Enventus Energy Recovery, 2010).

Den roterande värmeväxlaren är mindre känslig för frysning men om frysning sker så avfrostas den genom att dra ner varvtalet (Warfvinge & Dahlblom 5). Den uppmätta verkningsgraden för en roterande värmeväxlare är 80 – 85 % (Warfvinge & Dahlblom 6) vilket innebär att den är väldigt energieffektiv.

3.1.4 Batterivärmeväxlare

En batterivärmeväxlare består av två luftbatterier som är anslutna med en vätskekrets, se figur 3.4. Luftbatteriet består av många tunna metallplåtar som ligger intill varandra genom vilka luften strömmar emellan. Lamellerna är fästa på ett kopparrör genom vilket vatten cirkulerar. Genom att cirkulera vatten mellan luftbatterierna överförs värme. Detta åstadkoms med en cirkulationspump. De två luftbatterierna är placerade i tilluftskanalen respektive frånluftskanalen. Denna typ av värmeväxlare har en relativt låg verkningsgrad, kring 50 % (Warfvinge, Dahlblom 7).



Figur 3.4 Batterivärmeväxlare (System-Air, 2010).

En fördel med batterivärmeväxlare är att frånluften och tilluften aldrig kan blandas som innebär att varken fukt, lukt eller partiklar kan återföras från frånluften till tilluften. Detta gör den lämplig att användas i lokaler där höga koncentrationer av förorenad luft förekommer.

Det cirkulerande vattnet är blandat med frostskyddsmedel vilket innebär att dess fryspunkt sänks. Vattnet kan inte frysa vid låga temperaturer och förstöra värmeväxlaren. Nackdelen med batterivärmeväxlare är att de kräver en cirkulationspump, som i sin tur drivs med el.

3.1.5 Jämförelse av ventilationsvärmeväxlare

För att analysera och jämföra olika sorters värmeväxlare så ska hänsyn tas till deras:

- Verkningsgrad.
- Specifik fläkteffekt (SFP)
- Inköpspris samt återbetalningstid
- Årlig energianvändning (kWh/år)

Det är svårt att säga vad en värmeväxlare har för verkningsgrad baserat på typen av värmeväxlare då olika fabrikat och modeller har skiljande verkningsgrad. En värmeväxlare påverkas i största grad av utetemperaturen. Därför har "Testlab" på Energimyndigheten genomfört ett test av åtta värmeväxlare som finns tillgängliga på den svenska marknaden, se tabell 3.1. Testet i fråga baseras på ett normalstort 130 m² hus och mätningarna är gjorda vid luftflödet 45 liter/sekund.

Tillverkare	Modell	Typ	Verkningsgrad 2 °C	Verkningsgrad -15 °C	SFP W/l,s	Pris Sek	Elförbrukning kWh/år
Enervent AB	Pingvin EVO ED	Roterande	80%	79%	1,47	32 500	610
Flexit	SL4 RER EC	Roterande	80%	78%	2,03	24 200	816
Fläkt Woods AB	RDKR	Roterande	82%	80%	2,05	24 195	823
Luftmiljö AB	REGO 0200 VE-N-AC-C4	Roterande	73%	69%	3,06	17 060	1 165
REC Indovent AB	RT 250S-EC	Motströms	76%	78%	1,12	28 750	456
Systemair AB	VR400 DC	Roterande	80%	77%	1,7	24 373	681
Swegon AB	ILTO R80 EC	Roterande	77%	75%	1,65	20 000	661
Östberg AB	HERU 90T EC2	Roterande	83%	81%	1,75	21 125	712

Tabell 3.1 Sammanställning av Energimyndighetens test av de vanligaste och tillgängliga ventilationsvärmewäxlarna på den svenska marknaden. Batterivärmewäxlare är inte med i testet då den är ovanlig i bostadshus.

Det går att utläsa från tabell 3.1 att verkningsgraden varierar nämnvärt för roterande värmewäxlare. Tabellen visar även att en värmewäxlars verkningsgrad sjunker ju lägre utetemperaturen blir oberoende vilken typ av värmewäxlare det är.

Vid utetemperaturen -2 °C varierar verkningsgraden för en roterande värmewäxlare i intervallet 73-83%. Vid utetemperaturen -15 °C varierar den i intervallet 69-81%. Verkningsgraden skiljer alltså 12 % åt, trots att det är samma värmeöverföringsmetod i de respektive värmewäxlarna.

Anmärkningsvärt är att en motströmsvärmewäxlars verkningsgrad ökar vid sjunkande temperatur.

SFP-värdet varierar också avsevärt, i intervallet 1,12 -3,06 W/l, s.

Detta innebär att vissa av värmewäxlarna inte är lämpliga att installera i passivhus då FEBY rekommenderar användning av värmewäxlare vars SFP-värde högst är 1,5 (FEBY, 2009). De lämpliga värmewäxlarna för passivhus är de från ”Enervent” och ”REC Indovent”. Uppseendeväckande varierar den årliga energianvändningen mycket. Den energisnålaste värmewäxlaren är den från ”REC-Indovent” och använder endast 456 kWh/år. Den värmewäxlare som är störst elanvändare är den från ”Luftmiljö” och använder hela 1165 kWh/år. Energianvändningen är alltså mer än den dubbla jämfört med värmewäxlaren från ”REC-Indovent”.

4 Värmeåtervinning från spillvatten

Vid varje användning av varmvatten krävs en mängd energi att värma upp vattnet och därefter spolas det varma vattnet ned i det kommunala avloppssystemet. Denna värmeenergi kan återvinnas genom att använda sig av en spillvattenvärmeväxlare. Det finns två typer av spillvattenvärmeväxlare på marknaden, avloppsvärmeväxlare och duschvärmeväxlare. En förutsättning för att en värmeväxlare ska fungera är att det sker ett konstant flöde.

4.1 Duschvärmeväxlare

Duschvärmeväxlaren är en värmeväxlare vars uppgift är att hantera avloppsvatten från duschkabin och badkar, se figur 4.1. Vid duschning ställer de flesta in temperaturen 37-40 °C, och temperaturen reduceras med 3 °C när varmvattnet runnit av kroppen. Detta innebär att 90 % av den tillförda energin för att bereda varmvattnet blir outnyttjad (Ekologiska Byggvaruhuset 1). En stor mängd värmeenergi går till spillo och duschvärmeväxlare kan reducera energiförlusterna. Verkningsgraden är 35-55 % beroende på typ (SparaVarmVatten, 2011).



Figur 4.1 Illustration av en duschvärmeväxlare (Ekologiska Byggvaruhuset, 2011).

En duschvärmeväxlare fungerar på så sätt att kallvattnet leds in i duschvärmeväxlaren innan det når blandaren. Dessutom leds det varma spillvattnet från duschen in i duschvärmeväxlaren och genom den finns kopparrör genom vilka spill- och kallvattnet cirkulerar. Kallvattnet värms upp med 5-8 °C. När vattnet når blandaren har det en temperatur på 20-23 °C beroende på värmeväxlarens verkningsgrad. Samtidigt reduceras spillvattnets temperatur med 12-15 °C (Ekologiska Byggvaruhuset 1).

Värt att nämna är att värmeväxlaren endast fungerar vid duschning, den fungerar alltså inte vid varmbad i badkaret.

4.2 Avloppsvärmeväxlare

Avloppsvärmeväxlaren är en värmeväxlare som hanterar värmewäxling från hela hushållet dvs. både gråvatten och svartvatten, se figur 4.2. Den kan även kopplas in så att den endast hanterar ett slags vatten. Den är mycket större än duschvärmeväxlaren, den är 137 cm lång. Detta innebär att den måste byggas in i väggen och ska vara inkopplad i avloppsstammen. Den är lämplig att användas i villor och flerbostadshus.



Figur 4.2 Avloppsvärmeväxlare (Ekologiska Byggvaruhuset, 2011).

Avloppsvärmeväxlaren består av ett stort kopparrör som är inlindat med ett mindre kopparrör. Genom det stora röret strömmar avloppsvattnet. Genom det mindre inlindade röret strömmar kallvattnet. Den teoretiska verkningsgraden på avloppsvärmeväxlaren är 55 %. Verkningsgraden med värmeförlusterna i avloppssystemet inräknade blir 30-35 % (Ekologiska Byggvaruhuset 2). Nämnvärt är att värmeväxlaren endast fungerar då ett konstant flöde av vatten finns t.ex. vid duschning. Då sker en värmewäxling mellan spillvattnet och färskvattnet.

5 Solenergi

I samband med befolkningsökningen och moderniseringen sinar jordens resurser i form av fossila bränslen. Det är omöjligt att återskapa dem på nytt i den takten som krävs för att kunna försörjas. Det gäller inte alla energikällor, solen är undantaget. Den kommer alltid att finnas och kan ge mycket mer förnyelsebar energi än det behövs. Det gäller bara att utnyttja den. Dessutom blir det en stor vinst för miljön. Energiproducering från solen påverkar miljön betydligt mindre i jämförelse med resurser som måste förbrännas. Ett sätt att utnyttja solenergi i hushållet är att använda solceller för elproduktion.

Utmaningen är att bli helt självförsörjande. Just nu kan det vara dyrt och komplicerat men solcellsystem är i ständig utveckling där priserna går ner samtidigt som tekniken blir bättre och bättre.

Förutom att solenergin finns i överskott är den inte miljöpåfrestande.

Med att använda sig av solenergi är inte viktigt på bara global nivå. Även enskilda individer kan dra nytta av det på lokalnivå i t.ex. småhus. Det går enklare att hålla koll på hur mycket energi som används när den produceras lokalt. Då går det att se var el används i onödan och se till att hitta en lösning för att minska den.

Dessutom blir påverkan av marknadsförhållandena mindre. El som produceras lokalt på t.ex. ett tak kostar alltid lika mycket.

Den första solcellstekniska upptäckten skedde redan år 1839 då Edmond Becquerel skapade så kallad bequereleffekt medan han studerade solspektrumet. Studierna handlade om omvandling av solinstrålning till elektricitet (Andrén, 2001). Men i brist på kunskap ignorerades Becquerels upptäckt under en lång period och först under 1950-talet började användningen av solceller för elförsörjning av satelliter. I och med att halvledarindustrin började utvecklas blev solcellerna billigare. Lite senare under 60- och 70-talet började solcellerna användas även på jorden för det mesta i avlägsna områden utan elnät och där elförsörjningen krävdes som t.ex. i telekommunikationsmaster, fyrar, för att pumpa vatten osv. Energikrisen i början av 70-talet orsakade större satsningar för att få fram effektivare och billigare solceller. I Sverige började de första solcellsystemen användas i slutet av 70-talet för elförsörjning i fyrar och nödtelefoner i fjällen. Senare introducerades de även till fritidshusen.

Numera drivs alla fyrar i Sverige av solceller och det finns ca 20 000 fritidshus som använder solceller för elförsörjning (Energimyndigheten 2).

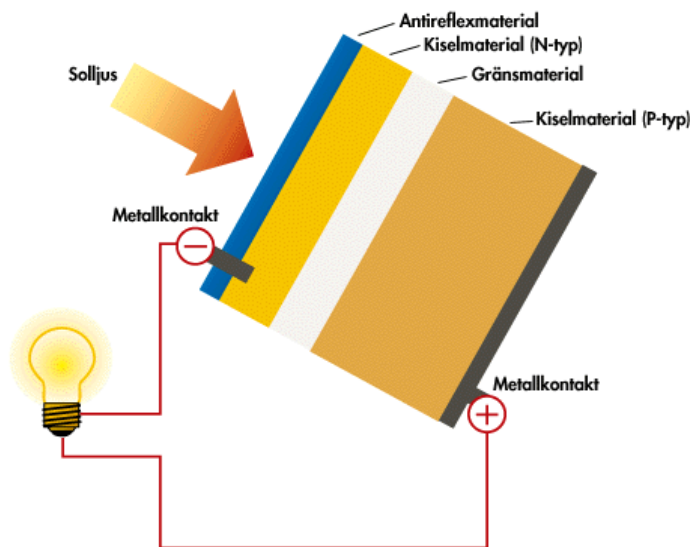
5.1 Solceller

Solen strålar ut solenergi som upptas av en solcell. Solcellen omvandlar den inkommande solenergin till elektrisk energi (Areskoug, 1999).

Det är alltså ett system som endast använder sig av solenergin där inga utsläpp förekommer, dock kan tillverkningen av solceller bidra till utsläpp.

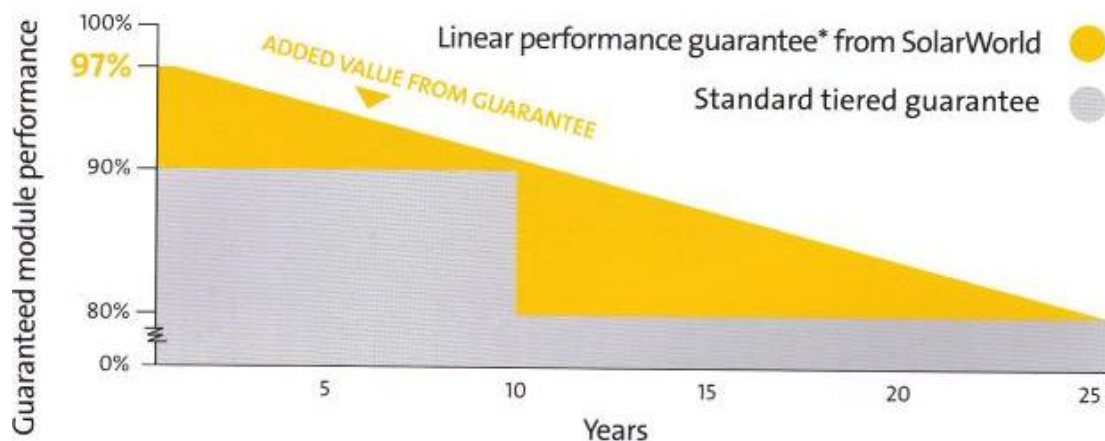
5.1.1 Kiselsolceller

De solceller som är vanligast förekommande idag är kiselsolceller som produceras av kisel som är ett halvledarmaterial. Kiselskivorna som används är ungefär 10*10 cm stora. Tjockleken är bara några tiondelar av en millimeter. På cellens framsida dvs. den sidan som exponeras för solinstrålning finns tunna metallkontakter medan baksidan är helt täckt av ett metallskikt. Det här systemet möjliggör skapandet av en elektrisk spänning mellan fram- och baksidan när solljuset träffar solcellen. Mellan fram- och baksidans metallkontakter kopplas en ledning och på så sätt uppstår en ström av elektroner. Elektriska apparater kopplas i ledningen. En enkel illustration visas nedan i figur 5.1.



Figur 5.1 Illustration av en solcell (Svensk Energi, 2006).

Från en solcell kan det fås ungefär en halv volts spänning. Därför förekommer solcellerna oftast i en solcellsmodul som består av 36 solceller som är seriekopplade. Framsidan av modulen är gjord av härdat glas som oftast är försett med en aluminiumram runt glasskivans kant. Dess funktion är att skydda solcellerna mot yttre påverkan. En sådan solcellsmodul har oftast en livslängdsgaranti på 25 år (Solectpower, 2011). Branschens standard är att en garanti på 90 % av fulleffekten de första 10 åren ges. Därefter garanteras 80 % av fulleffekten i ytterligare 15 år. Vissa tillverkare ger garanti på bättre och mer linjär effekt som t.ex. ”SolarWorld”, se figur 5.2.



Figur 5.2 Diagram av effektgarantin på solcellsmoduler (Solectpower, 2011).

Mer solinstrålning innebär helt enkelt att mer el kan genereras. I Svenska förhållande gäller att en anläggning på 1kW som är placerad rakt mot söder med 30-50 graders lutning producerar ca 850 kWh per år och tar upp en yta av drygt 8 m² (Energimyndigheten 3).

5.1.2 Tunnfilmssolceller

De kallas ofta för andra generationens solceller. En av de anläggningarna där dessa solceller utvecklas är Ångströmlaboratoriet i Uppsala. Om tunnfilmssolceller jämförs med kiselceller är dessa mycket billigare att tillverka. Materialåtgången vid tillverkningen är mindre eftersom skikt av halvledarmaterialet är ungefär 1 mikrometer tjockt. Under en process som kallas förångning läggs ett skikt av tunnfilmen på en glasskiva. En annan fördel med tunnfilmssolceller är att modulens storlek bestäms av glasskivan som väljs. På så sätt kan modulen bli mindre i jämförelse med kiselcellmodulen. Tunnfilmssolcellsmodul är oftast 0,5*1 m stor. Målet är att tillverka en kadmiumfri CIGS-solcell med 20 procents verkningsgrad (Energimyndigheten 4). De solcellerna som utvecklas vid Ångströmlaboratoriet kallas för CIGS-solceller. Namnet är förkortning av den kemiska föreningen Cu(In, Ga)Se₂. Materialet som absorberar ljus består av koppar, indium, gallium och diselenid.

5.1.3 Grätzelceller

De är fotoelektrokemiska solceller som består av ett poröst halvledarmaterial. Halvledarmaterialet är indränkt i ett ljusabsorberande färgämne, en motelektrod och en elektrolyt. Grätzelceller är polymera solceller och räknas som tredje generationens solceller. Fördelen med grätzelceller är att produkten är billigare per watt än konventionella kisel-solceller. Framtidsplanerna är att kunna producera grätzelceller på en plastfilm i en maskin som liknar en pappersmaskin i miniformat. På så sätt skulle det gå att producera grätzelcellerna hos små företag och på grund av den låga kostnaden minska den ekonomiska risken.

Nackdelen med grätzelcellerna är deras dåliga hållbarhet och den låga verkningsgraden som är ca 7 % vilken blir ännu lägre om de utsätts för stark solvärme.

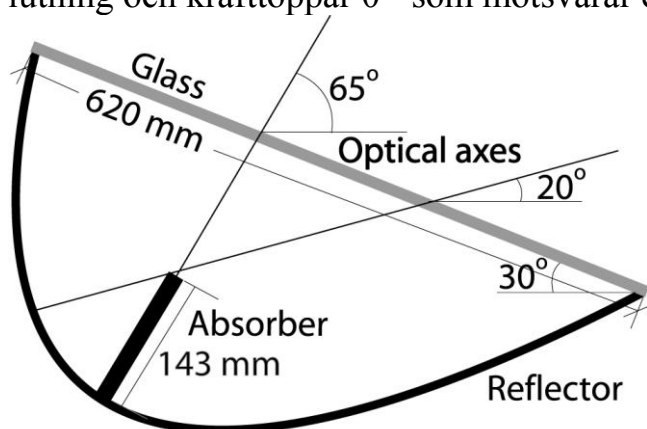
5.1.4 Solceller med reflektorer och vattenkylning

För denna lösning är det mer fokus på systemlösningar och kringutrustning än på själva solcellen eftersom solcellstekniken är dyr och elproduktionen är relativt liten. Exempelvis används reflektorer och speglar för att öka solinstrålningen på solcellen. På så sätt effektiviseras produktionen av el från solceller.

Reflektorernas funktion är att fokusera solljuset på solcellen. Då reflektorer används krävs det en mindre yta solceller för att producera samma mängd el.

En typ av reflektorer som används är ”MaReCo” (Maximum Reflector Collector) som är en böjd aluminiumplåt (Energimyndigheten 5).

MaReCo är ett fast system som möjliggör en hög infallande vinkel, se figur 5.3. Detta leder till att elen kan produceras effektivare. Glasfronten har 30° lutning och krafttoppar 0° som motsvarar en solhöjd på 60° (Phil et al, 2006).



Figur 5.3 Principskiss av MaReCo (Vattenfall, 2011).

MaReCo är utvecklad på företaget Vattenfall Utveckling AB, och består av ett asymmetriskt reflektortråg och ett speciellt utformad hybrid-absorbator. Målet för utveckling av MaReCo-hybrid har varit att installationskostnaden inte överstiger 2000 kronor per m² glasyta, och att byggandet ska ge ett årligt energiutbyte på 50 kWh el och 200 kWh värme per m² glasyta.

MaReCo är formad på det viset att absorbatorn löper längst det asymmetriska reflektortråget. Reflektorn är gjord av två paraboliska delar som förbinds med en halvcirkelformad sektor (Vattenfall 1).

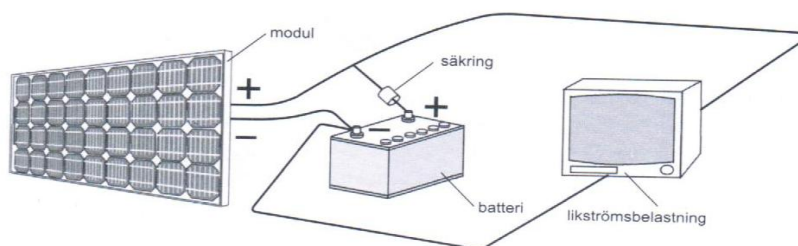
För mycket solljus på solcellen innebär att dess temperatur stiger. För hög temperatur över halvledarmaterialet kan medföra att den elektriska spänningen över solcellen minskar vilket försämrar den elektriska effekten. Även den positiva effekten av reflektorn försvinner. För att förhindra detta ska solcellerna kylas med hjälp av t.ex. kylflänsar eller ett köldmedium t.ex. vatten som cirkulerar i ett slutet system bakom solcellen. På så sätt går det att samtidigt värma upp tappvatten, se figur 5.4. MaReCo-hybrid är ett system för att höja utnyttjandegraden av solenergin för både elproduktion och varmvattenberedning.



Figur 5.4 Illustration av en solcellsmodul utrustad med reflektor (Arontis, 2011).

5.2 Solcellssystem

Ett enkelt solcellssystem för elförsörjning kan bestå av en solcellsmodul och ett batteri, se figur 5.5. En solcellsmodul med 36 solceller passar bra för att ladda upp en 12-volts batteri.

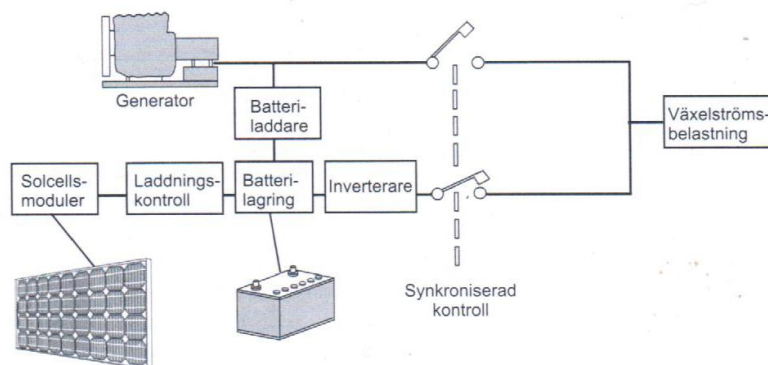


Figur 5.5 Illustration av ett enkelt solcellssystem (Green, 2000).

Det är viktigt att utrusta batteriet med ett kortslutningsskydd som oftast är en säkring. Vidare är det viktigt att solcellssystemet är utrustat med en laddningsregulator. Under långa soliga sommardagar skyddar den batteriet mot överladdning och urladdning vilket kan skada batteriet och förkorta dess livslängd. Dessa system är vanliga i områden där det inte finns tillgång till något elnät. Sådana system kallas för fristående solcellssystem.

Solceller producerar likström medan de flesta elektriska apparater drivs med växelström. Därför krävs det en växelriktare som omvandlar likströmmen till växelström. Växelriktaren monteras mellan batteriet och den elektriska apparaten.

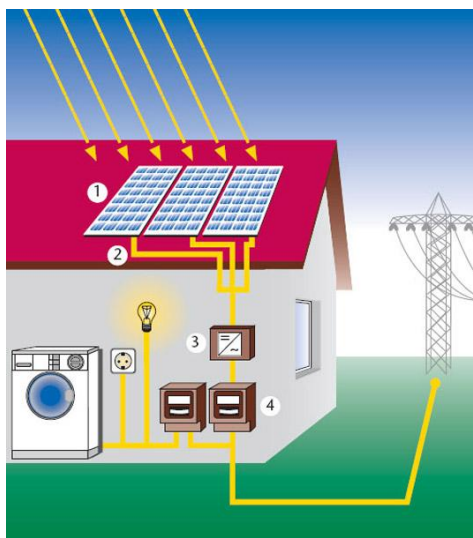
Solceller används ofta i såkallade hybridsystem, se figur 5.6. I ett hybridsystem används förutom solceller och batterier en generator av ett annat slag. Oftast är den dieseldriven men den kan vara något annat som t.ex. en vattenturbin eller ett vindkraftverk. Den andra generatorm används där det inte finns stora batteribankar eller för att ladda upp batterierna när solen inte skiner.



Figur 5.6 Illustration av ett hybridsystem (Green, 2000).

Obs: på bilden betecknas växelriktare som inventerare.

Nätanslutna solcellssystem är också enkla då ingen batterianläggning behövs, se figur 5.7. Det som krävs i ett nätanslutet solcellssystem är en solcellsmodul och en växelriktare för att likströmmen som solcellerna genererar ska omvandlas till växelström innan den skickas ut på elnätet.



Figur 5.7 Illustration av ett nätanslutet solcellssystem (Elmco, 2011).

Det vanligast förekommande sättet att montera solceller i småhus är på taket eller att integrera dem i byggnadsdelar. Dessa solceller är oftast nätanslutna.

Det är inte bara så att solceller används för elproduktion i en liten skala. Allt vanligare blir det med stora solcellsanläggningar för kraftproduktion.

5.3 Dagens tekniska potential

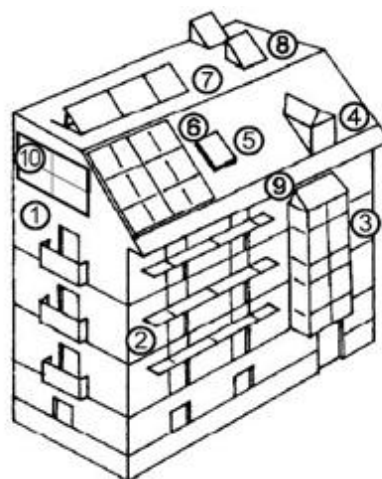
Som redan nämnt är kisel-solceller dominerande på marknaden.

Solcellsmoduler tillverkade av kristallina kisel-solceller har en verkningsgrad på ungefär 15 %. Ett solcellssystem med moduler och växelriktare kostar ca 50 000 kr per kilowatt, vilket ger en kostnad för solcellsel i Sverige på ca 5 kr per kWh (Energimyndigheten 5). Pågående forskning riktar sig mot att framställa solceller som ska bli billigare och effektivare. De traditionella kisel-solcellerna utvecklas medan forskning pågår för att skapa nya typer av solceller som t.ex. tunnfilmssolceller.

5.4 Placering av solceller

Solceller placeras oftast på taket men det går även att använda solcellerna som fasadmateriäl (fasadintegrerade) eller utanpå fasaden. Fasadintegrerade solceller utgör en del av klimatskalet. Det finns flera olika ställen på en byggnad där solceller kan placeras, se figur 5.8.

1. Balkonger
2. Solavskärmning
3. Inglasade balkonger/burspråk
4. Takkupa
5. Takfönster
6. Lutande tak
7. Platta tak
8. Lanterner
9. Taksprång/takfot
10. Fasad



Figur 5.8 Exempel på placering av solceller (LIP-kansliet, 1999).

Det ideala hade varit att klä in en hel byggnad i solceller. Solceller är väldigt dyra och är därför sällan ekonomiskt försvarbara. Vart solceller placeras beror på omständigheterna. Om målet är att t.ex. generera mycket el och en liten takyta finns tillgänglig så kan en lösning vara att placera solcellerna utanpå fasaden. Det går även att använda solceller som solavskärmning. Det bästa är att göra en bedömning från fall till fall.

5.4.1 Solceller på taket

Att placera solceller på byggnaders tak är det vanligaste användningsområdet. Detta görs på både flacka och vanliga sadeltak/pulpettak. Taket på industribyggnader är oftast flackt och ytan utnyttjas när solcellerna placeras där, dock måste dem vinklas 30-50 grader mot söder för att kunna fånga så mycket solstrålning som möjligt (Energimyndigheten 6), se bild 5.1.



Bild 5.1 Solceller på taket på Ikeas varuhus i Älmhult (Energibanken, 2001).

5.4.2 Takintegrerade solceller

På vanliga sadeltak och pulpettak placeras solcellerna på taket. På befintliga hus som utrustats med solcellsmoduler brukar solcellerna fästas ovanpå befintlig takbeläggning. Det går även att använda sig av takintegrerade solceller. Då används solcellspanelerna som takbeläggning och ersätter de klassiska takbeläggningarna som t.ex. papp, takpannor och plåt. Solcellspanelerna fästs i bärläkten, precis som de övriga takbeläggningar, se bild 5.2.



Bild 5.2 Takintegrerade solceller på Borgvalla Äldreboende. Fästs i bärläkten (ExoTech, 2011).

Om takintegrerade solcellsmoduler väljs som takbeläggning i ett hus som ska byggas så minskar investeringskostnaden för solcellsanläggningen lika mycket som takpannorna kostar, se tabell 5.1.

Takbeläggning	Pris kr / m ²
Betongpannor	100
Tegelpannor	200
Solcellsmoduler	2000-9000

Tabell 5.1 Jämförelse av pris på de vanligaste takbeläggningarna (Solcell, 2011).

Skillnaden blir inte särskild stor på grund av att tegelpannor kostar en bråkdel av vad solcellsmoduler kostar. Dock kan detta bidra till att avskrivningstiden för investeringen minskar något.

På välvda tak är möjligheten stor att utnyttja takets yta för att placera solceller, samtidigt som solljus släpps in, se bild 5.3. Vi ser detta som en stor möjlighet när nya byggnader byggs som t.ex. tågstationer, flygplatser och idrottsarenor.



Bild 5.3 – Houtens brandstation. Ett exempel på ett välvt tak med solceller, (NCC, 2006).

5.4.3 Fasadintegrerade solceller

Fasadintegrerade solceller är när själva solcellsmodulerna används som fasadbeklädnad, se bild 5.4. Detta är ett genialt sätt att byta ut de klassiska fasadbeklädnaderna och ersätta dem med solceller som har en relativt lång livslängd på 25år (Solectpower, 2011). Fasadintegrerade solceller brukar integreras i fasadpartier, balkongfronter och fönsterpartier belägna längst upp på byggnaden.

För att detta ska fungera så bra som möjligt måste ett av husets hörn vändas mot söder. Fördelen är att en större instrålningsyta fås där solcellerna kan placeras. Nackdelen är att huset kan tyckas vara fult för att fasaden inte är sammanhängande. Ett exempel på en byggnad där ett av husets hörn är vänt mot söder är ”Ekovikki i Helsingfors”, se bild 5.4.



Bild 5.4 – Ekkovikki i Helsingfors (Napsystems, 2003).

På byggnaden ”Ekkovikki” är balkongerna vända mot söder och solcellerna placerade som balkongfronter.

Solcellerna kan även placeras i ett fönsterparti, se bild 5.5. Solcellerna är då lämpligen placerade i den översta delen av fönstret samt att ett mellanrum mellan solcellerna bör finnas för att kunna släppa in solljus. Då placeras solcellsmodulerna utanför glasrutan.



Bild 5.5 – Exempel på solceller i fönsterparti. NCC Holmen (Solcell, 2011).

5.5 Solcellernas konkurrenskraft i Sverige

Det finns två orsaker till varför Sverige inte är ledande i utvecklingen av solceller. Det är de låga elpriserna och mindre solinstrålning jämfört med länderna i syd. Faktum är att vi har få soltimmar under vinterperioden men under sommaren har vi långa dagar. Sett över året tar Sverige emot nästan lika mycket energi från solen som Tyskland och Nederländerna (Energimyndigheten 7), se diagram 5.1.

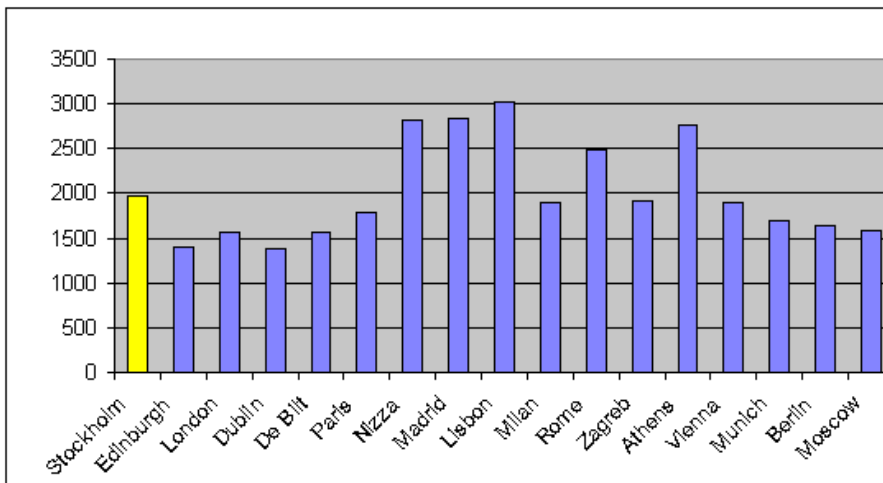


Diagram 5.1 Jämförelse av antalet soltimmar i några Europeiska städer (Svemet, 2011).

Om t.ex. Stockholm jämförs med några andra städer i Europa syns det att värdet för Stockholm ligger nära genomsnittet med sina nästan 2000 soltimmar/år. Det är fler soltimmar än i Paris, Berlin och Milano.

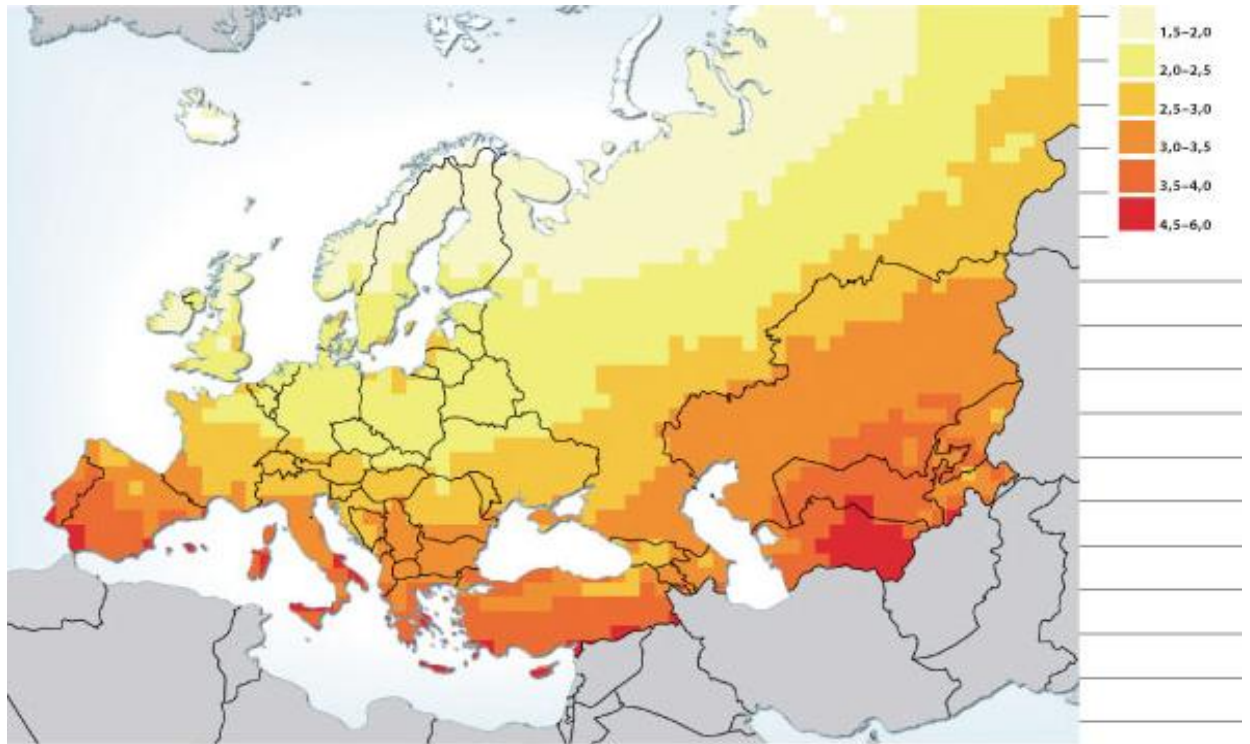
Men det är inte endast antalet soltimmar som är avgörande för utnyttjandet av solenergin. För att förstå hur mycket av solenergin kan utnyttjas är viktigt att förstå begreppet solinstrålningen och hur den mäts.

Solinstrålningen är solenergin som når en viss yta under en viss tid och det vanligaste måttet är kWh/m² och år. Den kan vara direkt eller diffus instrålning. När solen är i zenit är infallsvinkeln som störst dvs. 90°. När det finns partiklar och moln i atmosfären övergår direkt solinstrålning till diffus. Men det går att utnyttja solenergi även när det är molnigt.

I Sverige är 45-65 % av solinstrålningen diffus. Solinstrålningen är beroende av den geografiska bredden och lokalklimatet (S-Solar, 2011).

Observera att kartan som visas nedan visar den dagliga solinstrålningen på årsbasis. Mätningarna gjordes under perioden 1983-1993. En jämförelse av antalet soltimmar per år i Stockholm och Milano är gjord där det visade sig att Stockholm har fler soltimmar.

Men om vi nu ska jämföra solinstrålningen mellan Sverige och Italien ser vi att Italien har ungefär dubbelt så mycket solinstrålning som Sverige. Alltså breddgrader och klimatet visar sig vara av en stor betydelse för utnyttjandet av solenergin, se figur 5.9.



Figur 5.9. Illustration av en jämförelse av den årliga solinstrålningen i Europa (S-Solar 2011). Angivna värden i figuren är i enheten kW/m² och dygn.

5.6 Solcellsystem på den svenska marknaden

Idag finns det på marknaden olika typer av solcellssystem. De vanligaste typerna är moduler med monokristallina celler, polykristallina celler och tunnfilmsteknik med amorft kisel (Energimyndigheten 8).

Monokristallina solceller är tillverkade av en kristallin kisel som är mycket rent och jämnt. De här solcellerna utnyttjar solljuset effektivare än andra solceller särskilt vid dåligt ljusförhållande.

Till skillnad från monokristallina har polykristallina eller multikristallina solceller, som dem också kallas, ojämn kristallstruktur. Även tillvägagångssätten vid tillverkningen är olika. När monokristallina solceller tillverkas tas kiset ur smältan i runda block och sågas i tunna plattor.

Polykristallina solceller gjuts i stora block som senare delas i pelare och till slut i tunna plattor.

Hos de amorfa solcellerna delas inte kiset utan appliceras i ett gasformigt tillstånd på ett bärande material. Deras kristallstruktur går inte att urskilja. Kiselskiktet är mycket tunnare än hos de två ovannämnda typerna.

Fördelen med den här solcellstypen är att de tillverkas flexibla dvs. kan följa olika former och därmed bli lättare integrerade (Conrad, 2011).

På marknaden är polykristallina solceller den vanligast förekommande typen på grund av sitt pris som är lägst räknat i kronor per watt, (SkaffaSolcell, 2011).

För att se skillnader och likheter mellan olika solcellssystem kan t.ex. resultatet av ett test som Energimyndighetens "Testlab" genomfört under perioden 2009-2010 användas. I testet ingick system med följande solcellsmoduler: "CT Solar" från tillverkaren Solarit AB, "GPV" från Switchpower, "NAPS" från NAPS Sweden AB, "PV Enterprise" från Gridcon Solcellsteknik AB, "Schueco" från Schueco, "Sharp" från Glacell AB, "Sharp" från ExoTech AB och "Suntech" från Viessman.

Ovannämnda solcellssystem har toppeffekt i intervallet 720 - 1260 W medan deras systemverkningsgrad varierar i intervallet 73 - 83 %.

Observera skillnaden mellan solcellernas verkningsgrad som är ca 15 % (Energimyndigheten 8) och systemverkningsgrad. Systemverkningsgraden är solcellssystemets verkningsgrad, dvs. andelen solenergi som blivit el med samtliga förluster borträknade. Om solcellsmodulerna har 15 % verkningsgrad och solcellsystemet 80 % systemverkningsgrad så innebär det att andelen solenergi som omvandlats till el blir 12 %, alltså solcellsmodulernas verkningsgrad multiplicerat med systemverkningsgraden.

Beräknad elproduktion för de testade solcellssystemen är mellan 658 - 1180 kWh/år. Testet visade att bara när solcellerna är helt snötäckta genererar de ingen el men utbytet under perioden november 2009-januari 2010 var obefintlig.

Det som inte kan avläsas från testet och som är intressant är att solpanelen Schueco blev av med snön snabbast och därmed kunde vara i drift längre än de övriga solpanelerna under snöiga perioder.

När solcellerna är heta minskar verkningsgraden. Därför är det viktigt att de är rätt installerade så att luften fritt kan passera under dem eller att de kyls på ett annat sätt. Tunnfilmssolcellernas verkningsgrad påverkas minst av hettan vilket kan avläsas från testresultatet.

I testet, se bilaga 8 står det hur mycket el var och ett av solcellssystemen producerar under en solig dag i mars, juni, september och november.

Observera att det redovisade resultatet är genomsnittet av alla soliga dagar för respektive månad i testperioden år 2009 - 2010.

Både i början och i slutet av testperioden har toppeffekten mätts upp och den blev densamma för alla solcellssystem förutom för "Glacell AB" som tappade 5 % av toppeffekten under teståret. Detta ska dock räknas som normalt

eftersom systemet bygger på tunnfilmsteknik som tappar i toppeffekten med tiden och under systemets livslängd förväntas minskningen bli ungefär 10 % (Energimyndigheten 8). El som alla de testade solcellssystemen producerar är av bra kvalitet. Alla ligger under 30 % av strömdistortion (THD) som räknas som godtagbar kvalitet för el från små solcellsanläggningar. Strömdistortion (TDH) är ett mått på elkvalité (Energimyndigheten 8).

Om hänsyn ska tas till den ekonomiska delen då återbetalar sig, enligt Energimyndigheten, ingen av dessa solcellssystem utan statligt stöd för solceller. Om statligt stöd är med i kalkylen återbetalar sig var och ett av dessa solcellssystem under förutsättning att de har en livslängd på 25 år. Men detta är inget problem eftersom tillverkarna ger 25 års livslängdsgaranti med 80 % av begynnelseffekten. I tabellen finns det också uppgifter om den ekonomiska kalkylen både med och utan solcellsstöd samt hur många solcellsmoduler ingår i respektive system.

5.7 Miljö

Solcellstekniken medför stora miljövinster. Solljuset är det enda ”bränslet” som används vid elproduktionen och inga utsläpp förekommer. På grund av metallanvändningen påverkas miljön vid tillverkningen av solceller men de har en lång livslängd och metallerna som användes en gång kan återvinnas, dock är det lite mer komplicerat om solcellerna innehåller kadmium.

Miljöpåverkan uppstår framförallt vid tillverkning av solcellerna, speciellt vid kisel tillverkning, följt av tillverkningen av kringutrustningen (Vattenfall 2). Som vi redan nämnt är den förväntade livslängden för solceller minst 25 år. Tendensen är att energi- och materialåtgången minskar ständigt vid solcellstillverkningen.

Eftersom det inte finns några rörliga delar produceras el helt ljudlöst. Solcellsanläggningarna i drift är inte på något vis negativa för miljön. Det enda tänkbara konsekvensen är den estetiska. Detta beror helt enkelt på hur och var solcellerna är placerade.

De kan till och med vara en fördel ur estetiskt synvinkel, se bild 5.6.



Bild 5.6 Sörbyverket, en solcells- och biobränsleanläggning i Ronneby kommun (Nevzudin Mukic, 2011).

Här framstår det tydligt hur mycket landskapet påverkas av en biobränsleanläggning och av en solcellsanläggning. Solcellsanläggningen är fri från utsläpp i drift.

6 Studie av referensobjektet

6.1 Villa Thermo

Villa Thermo är ett 183 m² stort enplans passivhus beläget i Åhus, Kristianstad kommun. Det byggdes år 2009 av MVB SYD AB åt räkning för Thermofloc Scandinavia AB.

Vi var ute efter ett representativt lågenergihus i Sydsverige och Villa Thermo kändes given då den uppfyller kraven. Kraven ifråga är att referensobjektet ska vara ett lågenergihus, vara färdigställt och ha ett lågt energibehov.

Referensobjektet Villa Thermo är ett passivhus, med en beräknad energianvändning 26 kWh/m² och år avseende värme och varmvattenberedning samt 10 kWh/m² och år avseende fastighetsel vilket totalt blir 36 kWh/m² och år. Detta är mer än rådet på 30 kWh/m² för eluppvärmda byggnader men däremot är huset förberett för uppvärmning m.h.a. propangas. Detta är i dagsläget inte i drift p.g.a.

distributionssvårigheterna. Om referensobjektet någon gång i framtiden värms upp via propangas så innebär det att rådet för icke eluppvärmda byggnader är aktuellt. Det innebär en energianvändning på högst 50 kWh/m² och år hade klarats med god marginal.

Dessutom är referensobjektet färdigställt och i bruk sedan år 2009. Det är bebott av en familj på fyra personer. Referensobjektet är tillverkat av miljövänliga material, främst återvunnet tidningspapper. Objektet är utrustat med solfångare som reducerar energibehovet för varmvattenberedning och värmeåtervinning sker m.h.a. en motströmsvärmeväxlare.

Thermofloc Scandinavia AB är ett Kristianstad-baserat företag som tillverkar, marknadsför och säljer miljövänliga isoleringsprodukter i Sverige. Grundidén var att bygga ett passivhus och använda sig av Thermoflocs egna miljövänliga produkter, bland annat det egna isoleringsmaterialet och ångbromsen ”pro-clima”, en duk som är diffusionsöppen men lufttät.

Resultatet blev ett extremt tätt hus. Luftläckaget uppmättes till 0,09 l/s och m². Passivhuskravet säger att luftläckaget högst får vara 0,3 l/s och m² vid tryckskillnaden 50 Pa (FEBY, 2009) alltså är Villa Thermo otroligt tätt. Därför anser vi att Villa Thermo är ett representativt passivhus att användas som referensobjekt.

Jämförelsevis byggdes det tre andra passivhus i Kristianstads kommun samtidigt och det näst tätaste huset uppmättes ha ett luftläckage på 0,18 l/s och m². Istället för att använda den konventionella mineralullen som isoleringsmaterial i träregelväggarna så användes ”Thermofloc Cellulosaisolering”. Cellulosaisoleringen är en sorts sprutisolering som påminner om lösull men skillnaden är att den är baserad på tidningsrester som återvunnits. Eftersom tidningsresterna är organiskt material är de känsliga för mögelpåväxt. För att förhindra mögelpåväxten tillsätts borsalt i produkten.

Tillverkningsprocessen går till på så sätt att tidningsresterna sönderdelas mekaniskt, därefter tillsätts brandskyddsmedel och mögelskyddsmedel borsalt och borsyra (Thermofloc 1). Värmeledningsförmågan för cellulosaisoleringen är $\lambda=0,039 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ (Thermofloc 2). Vanlig mineralulls värmeledningsförmåga varierar mellan $\lambda=0,030\text{-}0,045 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ beroende på produkt (Isover, 2011).

Villa Thermo är utrustad med 5 m² solfångare som används till varmvattenberedning och när solvärmningen inte räcker till går en elpatron in. Villa Thermo värms upp förutom passivt från människor och elektriska apparater av ett vattenburet eftervärmningsbatteri som används som värmetillskott att värma tilluften och varmvattnet till önskad temperatur då värmning med solfångare inte räcker till. Uppvärmningen sker via ett FTX-system med motströmsvärmväxlare. Värmväxlaren beräknas ha 85 % verkningsgrad och tillskottsvärmen sker via ett vattenburet elbatteri. Därmed är huset ett eluppvärmt passivhus i klimatzon tre. Den maximala energianvändningen vid inomhustemperaturen 20 °C avseende uppvärmning och varmvattenberedning är 30 kWh/m² och år, se tabell 2.3. Detta är ett råd enligt kravspecifikationen för passivhus, för eluppvärmda byggnader.

I tabell 6.1 visas Villa Thermos beräknade elbehov.

Villa Thermos beräknade elbehov, yta 183 m ²	kWh/år
Uppvärmning	3268
Varmvattenberedning	1408
Totalt	4676

Tabell 6.1 Den beräknade energianvändningen för Villa Thermo exklusive fastighets- och hushållsel (Hansson, 2011). Den beräknade energianvändning för Villa Thermo är 26 kWh/m² och år. Antagandet enligt FEBY är att det åtgår 10 kWh/m² och år avseende fastighetsel.

Villa Thermo använder 16 kWh/BOA fastighetsel och har ytan 183 m². BOA är bruksarean för bostadsrum. Detta innebär att ca 2900 kWh per år används i fastighetsel (Hansson, 2011). Fastighetsel är den mängd el som används till att driva byggnadens alla funktioner t.ex. driva fläktar, pumpar och viss belysning (Energirådgivningen, 2011). Därefter tillkommer hushållsel.

Mängden hushållsel inklusive fastighetsel som en normalstor familj i villa använder under ett år varierar mellan 3000 och 7000 kWh/år beroende på antalet elektriska apparater som används i huset (Kalmar Energi, 2011). Hushållsel är den mängd el som används under ett år åt annat än att driva byggnadens funktioner. Slutsatsen är att medelvärdet är 5000 kWh/år för ett normhus, och eftersom våra elektriska apparater ständigt blir energisnålare så kommer denna mängd troligtvis att minska i framtiden.

Eftersom Villa Thermo är ett passivhus med energiklassade elektriska apparater enligt FEBY:s kravspecifikation är denna mängd el mindre. Villa Thermo använder 11 kWh/BOA i hushållsel (Hansson, 2011). Detta innebär att ca 2000 kWh per år används i hushållsel.

Villa Thermos varmvattenberedning sker med en elpatron då solfångarnas kapacitet inte räcker till. Den beräknade energianvändningen för varmvattenberedningen är 1408 kWh/år. Energitillskottet åt uppvärmningen av villan är beräknat till 3268 kWh/år (Hansson, 2011).

I tabell 6.2 visas Villa Thermos uppmätta elbehov.

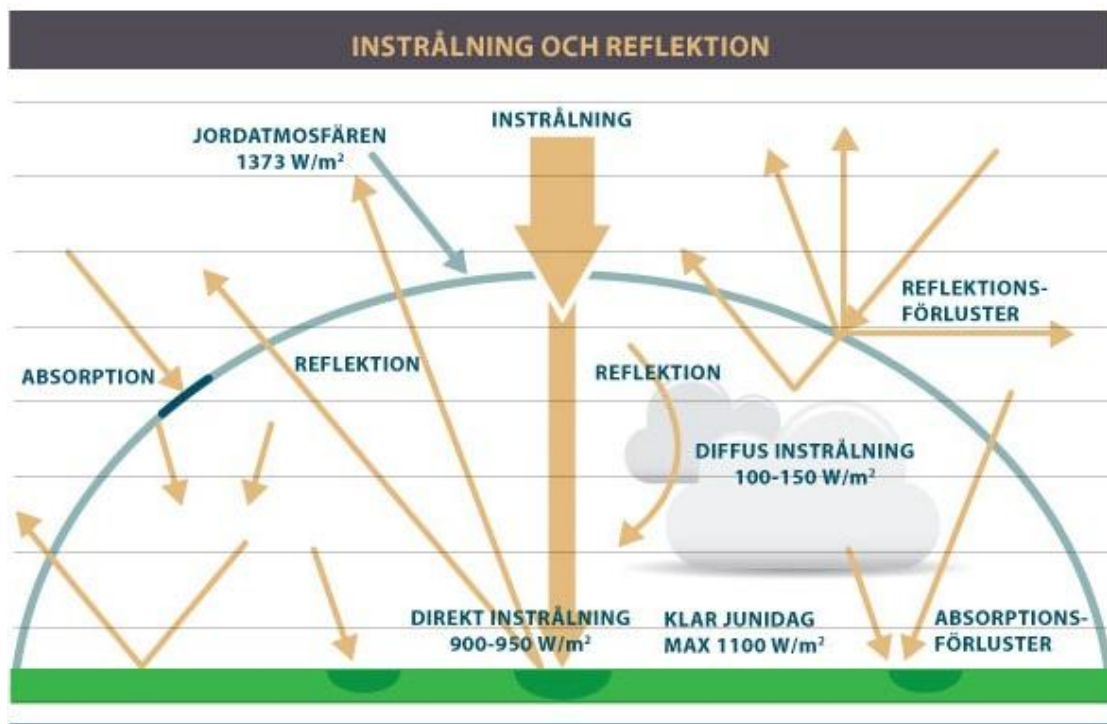
Villa Thermos uppmätta elbehov	kWh/år
Fastighetsel	2900
Hushållsel	2000
Uppvärmning och varmvattenberedning	8400
Totalt	13300

Tabell 6.2 Sammanställning av Villa Thermos uppmätta elbehov under ett år.

Villa Thermos totala elbehov blir alltså 13300 kWh/år avseende fastighetsel, hushållsel samt uppvärmning och varmvattenberedning. Elbehovet avseende fastighetsel och hushållsel är ca 4900 kWh/år.

7 Dimensionering av solcellsystemet

Den strålning som träffar jorden kallas globalinstrålning och är ett mått på den mängd energi som träffar en yta under en viss tid. Globalinstrålningen är 1373 W/m^2 innan den når atmosfären (S-Solar 2). En del av denna mängd reflekteras bort från atmosfären, resterande del absorberas. Den globala solinstrålningen består av direkt solinstrålning och diffus solinstrålning. Direkt solinstrålning är när inget finns i vägen t.ex. moln som reflekterar solstrålarna. Diffus solstrålning är spridd solstrålning som reflekterats från himmel och moln, se figur 7.1. En helt molnig dag utan solsken är all solstrålning diffus (Corkish m.fl., 2007).

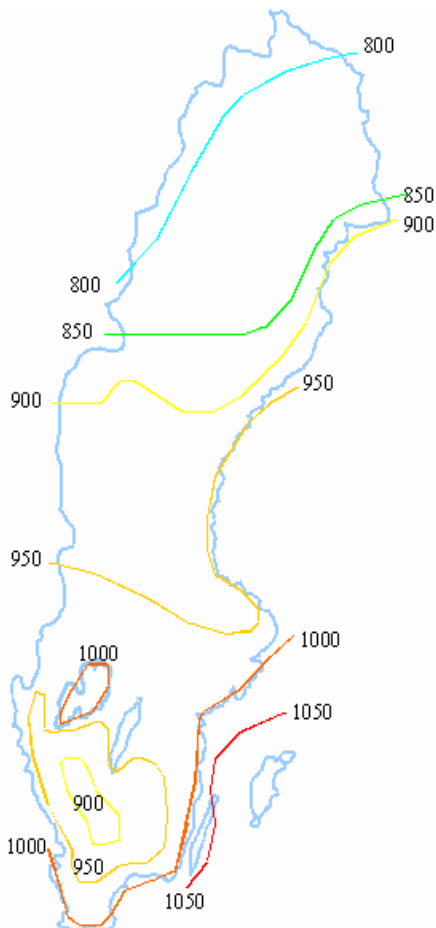


Solinstrålningen består av direkt och diffus instrålning. Utanför jordens atmosfär är den instrålade effekten 1373 W/m^2 . På jordytan påverkas instrålningen av vinkeln mellan solen och jordytan och faktorer som absorberar och reflekterar instrålningen.

Figur 7.1 Global instrålning och reflektion (S-Solar, 2010). Figuren visar varför solinstrålningen delas upp i direkt och diffus.

7.1 Preliminär dimensionering

I nedanstående dimensioneringen kommer vi att behandla två fall där genererad el lagras för att senare kunna bruka den. Det första fallet är att generera elen och skicka ut den på nätet. På så sätt ”lagras” den tills den behövs och köps tillbaka. Då köps samma mängd el tillbaka. Det andra fallet är att generera elen och lagra den i en batteribank och använda den när behovet finns.



Figur 7.2 – Solinstrålning över Sverige (SolEl-Programmet, 2011).

I Skåne kan den årliga solinstrålningen mot en yta i zenit uppskattas till $W_0 \approx 1000 \text{ kWh/m}^2$ med hjälp av figur 7.2. En yta i zenit innebär att den är vinkelrät mot solen. Den årliga produktionen för en solcellsmodul kan beräknas med nedanstående formel:

$$W_{\text{år}} = W_0 \cdot A \cdot \eta \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4, \text{ (Sidén 2007)}$$

De ingående faktorerna är:

$W_{\text{år}}$ = Den årliga önskade produktionen för solcellsystemet. Villa Thermos totala elbehov är 4941 kWh/år avseende hushållsel och fastighetsel. Det totala elbehovet inklusive uppvärmning och varmvattenberedning är 13300 kWh/år.

W_0 = Årlig solinstrålning, 1000 kWh/m².

A = Den sammanlagda arean solcellsmoduler.

η = Verkningsgrad för solcellsmodulerna, 14 % för kiselceller.

K_1 = Lutningsfaktor, som beror på vinkeln till det vågräta planet. Solcellerna lutar 45°, därmed blir faktorn $K_1=1$, se bilaga 1.

K_2 = Orienteringsfaktor, azimuthen (vinkeln från syd). Det optimala är att azimuthen är 0°, dvs. att solcellsmodulerna är vända direkt mot söder. Solcellerna placeras på taket som är vänt 60° från söder, alltså mot sydväst. Det innebär att värdet på faktorn $K_2 = 0,88$, se bilaga 1.

K_3 = Batterifaktor, som används endast då solcellsystemet är ett fristående system och är ett mått på energiförlusterna i batteriet. Värdet på faktorn beror på vilken batterityp som används. Lämpliga batterier att använda är batterier för solcellssystem som klarar djupurladdningar som brukar vara blybatterier. Värdet på faktorn $K_3=0,7$. Om det inte är ett fristående solcellssystem är faktorn 1, se bilaga 1.

K_4 = Växelriktarfaktor, som används endast då solcellssystemet är ett nätanslutet system och är ett mått på omvandlingsförlusterna i växelriktaren. Värdet på faktorn beror på om standard eller högeffektiv typ växelriktare används. En högeffektiv är lämplig att användas och därmed blir värdet på faktorn $K_4=0,9$. Om det inte är ett nätanslutet solcellssystem är faktorn 1, se bilaga 1.

Solcellsanläggningens storlek beror på om det är fristående eller nätanslutet. Detta innebär att två separata beräkningar måste utföras.

7.1.1 Nätanslutet solcellssystem som täcker fastighets- och hushållsel

Nedanstående beräkning är baserad på att det årliga behovet av fastighetsel och hushållsel täcks av solcellsanläggningen.

$$A = \frac{4941}{1000 \cdot 0,14 \cdot 1 \cdot 0,88 \cdot 0,9 \cdot 1} = 44,6 \text{ m}^2$$

Beräkningen visar att det krävs 44,6 m² för att generera de önskade 4941 kWh/år. Denna yta känns rimlig att ha på ett tak och att i så fall integrera solcellsmodulerna på den ena sidan av taket så som bild 5.2 visar.

7.1.2 Fristående solcellssystem som täcker fastighets- och hushållsel

Nedanstående beräkning är baserad på att det årliga behovet av fastighetsel och hushållsel täcks av ett fristående solcellssystem.

$$A = \frac{4941}{1000 \cdot 0,14 \cdot 1 \cdot 0,88 \cdot 0,7 \cdot 1} = 57,3 \text{ m}^2$$

Beräkningen visar att det krävs 57,3 m² för att generera de önskade 4941 kWh/år. Detta är en större yta solcellsmoduler som krävs än i ett nätanslutet system. Detta beror på förlusterna i batteribanken. Denna lösning känns onödig då det krävs en nätanslutning för att täcka uppvärmningsbehovet samtidigt som det måste investeras i en dyr batteribank.

7.1.3 Nätanslutet solcellssystem som täcker hela objektets elbehov

$$A = \frac{13300}{1000 \cdot 0,14 \cdot 1 \cdot 0,88 \cdot 0,9 \cdot 1} = 102,2 \text{ m}^2$$

Beräkningen visar att i detta fall krävs 102,2 m² solcellsmoduler för att kunna generera de önskade 13300 kWh/år i ett nätanslutet system. Denna yta solcellsmoduler är för stor samtidigt som den inte får plats på taket då ytan är begränsad till 70 m².

7.2 Slutgiltig dimensionering

För att få en noggrannare beräkning krävs att hänsyn tas till komponenterna i solcellsystemet samt lokal klimatdata. Energimyndigheten har gjort ett verkligt test av åtta nätanslutna solcellssystem, med moduler från olika tillverkare, se bilaga 9. Testresultatet visar bland annat hur den årliga produktionen varierar stort bland solcellsystemen trots att ytan solcellsmoduler är relativt lika. Detta beror på att solcellsystemen inte använder moduler med lika stor toppeffekt.

I den slutgiltiga dimensioneringen används solcellsmoduler från tillverkaren Ecosupplies före detta Gällivare Photovoltaics (GPA) på grund av deras höga systemverkningsgrad (83 %) i Energimyndighetens test, se bilaga 8.

I beräkningarna används koordinaterna för orten Lund istället för Åhus. Detta beror på att solinstrålningsdata för Åhus inte är tillgänglig i klimatprogrammet "Meteonorm 6.1" eftersom vi använt oss av en 10-dagars testversion. Lund är den närmast tillgängliga orten och solinstrålningsdata finns för åren 1988-2003. Därför använder vi Lund i alla beräkningar, se tabell 7.1, 7.2.

Koordinaterna för Lund är:

Latitud: 55.72 °N

Longitud: 13.22 °E

Global solinstrålning

År 1988-2003	Global solinstrålning (direkt + diffus) kWh/m ²
Januari	13
Februari	27
Mars	65
April	113
Maj	163
Juni	161
Juli	162
Augusti	131
September	80
Oktober	42
November	18
December	10
Totalt	982

Tabell 7.1 Global solinstrålning i Lund baserat på mätningar för åren 1988-2003 (Meteonorm), se bilaga 2.

Diffus solinstrålning

År 1988-2003	Diffus Solinstrålning kWh/m ²
Januari	9
Februari	18
Mars	40
April	62
Maj	82
Juni	94
Juli	88
Augusti	68
September	46
Oktober	25
November	11
December	7
Totalt	549

Tabell 7.2 Diffus solinstrålning i Lund baserat på mätningar för åren 1988-2003 (Meteonorm), se bilaga 2.

Solcellsmodulerna i beräkningen är Ecosupplies ES170, före detta GPV 170 som ingick i Energimyndighetens test. De har en topp effekt på 170 Wp. Toppeffekt är den uppmätta effekten vid solinstrålningen 1000 W/m² och vid celltemperaturen 25 °C samt solhöjden 42° över horisonten (Energibanken, 2011). Solcellerna är av monokristallin typ och dimensionerna på solcellsmodulerna är 1,61 x 0,81 m.

Som handberäkningarna i kapitel 7.1 visade krävs det ca 45 m² för att kunna generera de 4941 kWh/år som krävs för att täcka behovet av hushålls- och fastighetsel. Handberäkningarna ger oss endast ett ungefärligt värde utan att hänsyn till solcellsanläggningens placering i landet tas och inte heller de olika komponenterna samt samtliga förluster i solcellssystemet som t.ex. förluster i kablage, växelriktare samt eventuell batteribank. Eftersom Villa Thermo är ett eluppvärmt hus är inte elen som krävs för uppvärmning inkluderad då den varken är hushållsel eller fastighetsel. Räknas uppvärmningen med är det totala elbehovet 13300 kWh/år, och handberäkningarna visar att det krävs ca 102 m² solceller i ett nätanslutet system för att kunna generera denna mängd el. Villa Thermos totala takyta mot söder med azimuthen 60 grader (sydväst) är ca 70 m². Alltså är detta en begränsning i vår dimensionering som utesluter ett nätanslutet system som kan generera 13300 kWh/år. Detta i sin tur innebär att Villa Thermo inte kan bli ett plusenergihus så länge den är eluppvärmd.

I den slutgiltiga beräkningen tas inte hänsyn till om referensobjektet är eluppvärmt eftersom att täcka elvärmen med el från solceller inte är rimligt då det krävs allt för stor yta solcellsmoduler. Samtidigt är behovet av el störst då solinstrålningen är som lägst, se tabeller 7.1, 7.2. Ett fristående solcellsystem är inte rimligt då en nätuppkoppling krävs för att täcka referensobjektets värmebehov. Behovet av hushållsel kommer att minska i framtiden allt eftersom hushållsapparater blir energisnålare.

Den givna lösningen i detta fall är att sälja det överskott av el som genereras till elbolaget och sedan köpa tillbaka den mängd el som behövs. Detta görs enklast genom att använda en nettomätare som är en elmätare som mäter både el som skickats ut på nätet samt köpt el (Ultra Energi, 2011). Denna lösning är inte möjlig i dagens läge eftersom nettomätare inte är tillåtna.

Det finns en möjlighet att ha två elabonnemang och två separata elmätare, den ena som mäter köpt el och den andra som mäter såld el. Dock är denna variant dyrare.

Hade referensobjektet varit ett icke eluppvärmt hus med en värmekälla som t.ex. fjärrvärme eller pellets då hade det fristående solcellssystemet varit tillräckligt och nätuppkopplingen hade slopats helt. Dessvärre är det inte så. Beräkningen förutsätter ett nätanslutet solcellssystem som genererar minst 4941 kWh/år.

Dimensioneringen är utförd i beräkningsprogrammet PVsyst 5.1.

PVsyst är ett beräkningsprogram för dimensionering av solcellssystem som kan räkna både med tim- och månadsvärden, beroende på om en ”preliminary design” eller en ”project design” ska utföras. I vårt fall har vi använt ”project design” och då räknar programmet med timvärden.

Programmet använder Perez-modellen för solinstrålning baserad på timvärden. Perez-modellen är en modell som beskriver diffus solinstrålning. Därmed tar programmet hänsyn till global solinstrålning samt diffus solinstrålning. Även hänsyn tas till temperaturen som också beskrivs i timvärden.

Programmet tar även hänsyn till de olika förlusterna i systemet:

- förluster från infallsvinkeln, som avviker från 42 grader
- temperaturförluster
- förluster i kablage
- förluster i växelriktare
- förluster i solcellsmodulerna p.g.a. kvalitetsbrister alltså avvikelser från tillverkarens tekniska specifikationer

Till en början anges geografisk placering dvs. koordinater för att få tillgång till klimatdata. Saknas önskad ort i databasen så finns det möjlighet att själv ange klimatdatan i programmet. Därefter anges albedo. Nästa steg är att definiera solcellsmodulernas lutning och azimut.

Sedan väljs de olika komponenterna i en stor databas. Saknas önskad komponent i solcellssystemet så finns möjligheten att manuellt utöka databasen m.h.a. uppgifter som fås från t.ex. tillverkaren. Det sista steget är att utföra en simulering i programmet och resultatet är en beräkningsbilaga.

7.2.1 Nätanslutet solcellssystem som täcker fastighets – och hushållsel

I detta fall krävs att solcellssystemet genererar minst 4941 kWh/år för att täcka fastighets- och hushållselen. På detta sätt blir Villa Thermo delvis oberoende av köpt el, dock inte helt.

1. Geometri

Det första steget var att definiera azimuthen samt vinkeln från horisonten på solcellsmodulerna, se bilaga 3. Vinkeln är 45 grader samt azimuthen är 60 grader. Här kan vi dessutom se att vi förlorar 11,7 % av solinstrålningen endast på grund av att solcellsmodulerna inte står vinkelrätt mot söder.

2. Instrålningsdata och albedo

Instrålningsdatan är tagen från Meteonorms databas och inmatad i PVSyst, se bilaga 2 och 4. Albedovärdet som är ett mått på markreflektion sätts till standardmässiga 0,2 se bilaga 5.

3. Skuggning

Utgångspunkten är att ingen skuggning från omgivningen finns på taket till Villa Thermo eftersom det är svårt att uppskatta den.

4. Komponenter

Det fjärde steget är att välja komponenterna till solcellssystemet. Solcellssystemet ska bestå av solcellsmodulen Ecosupplies ES 170Wp samt växelriktaren StecaGrid 9000 3ph, se bilaga 6. Därefter körs en simulering i programmet.

5. Simuleringsresultat

Slutresultatet av simuleringen är en beräkningsbilaga, se bilaga 7. Resultatet av dimensioneringen är att det krävs 39 stycken solcellsmoduler med en sammanlagd area på 50,9 m² för att generera 5 215 kWh/år. Detta är lite mer än de önskade 4 941 kWh/år och beror på att antalet solcellsmoduler måste vara ett heltal. Detta ger oss en systemverkningsgrad på 76,9 % vilket inte är långt ifrån Energimyndighetens test av samma solcellsmodul, se bilaga 8. Även till samtliga förluster tar beräkningsprogrammet hänsyn till, se bilaga 7.

8 Ekonomisk utvärdering

Den ekonomiska utvärderingen syftar till att undersöka om investeringen i solcellsystemet är ekonomiskt försvarbar samt efter hur lång tid investeringen återbetalats. Den ekonomiska utvärderingen är grundad på två fall med statligt stöd inkluderat och exkluderat. Underhållskostnader ingår inte i kostnadsberäkningen. Solcellsanläggningens livslängd har antagits vara 25 år. Det statliga stödet är 60 % av investeringen, dock högst 2 miljoner kr per solcellssystem samt 75 000 kr per installerad kilowatt elektrisk toppeffekt (kWp) (Energimyndigheten 9). En tumregel är att kostnaderna i Sverige för ett solcellssystem ligger i intervallet 40 000 – 150 000 kr per installerad kW (SolEl-Programmet, 2011). I tabell 8.1 visas kostnader för solcellsystemet.

5 215 kWh - Nätanslutet			
	Pris kr/st	Antal	Pris kr
Solcellsmodul Ecosupplies ES170	5 725	39	223 288
Växelriktare StecaGrid 9000 ph3	48 615	1	48 615
Monteringskrokar 4st/modul	129	156	20 124
Elmätare - Nettomätare	2 500	1	2 500
Övrigt 8 %	8 %	1	32 478
Installationskostnad 10 %	10 %	1	40 598
Summa utan statligt stöd			367 603
Summa med 60 % statligt stöd			147 041

Tabell 8.1 Kostnader för solcellsystemet. Solcellsmodulerna antas stå för 55 % av samtliga kostnader (Andrén, 2001). Under posten övrigt ingår kostnader som kablage och kontakter.

I nedanstående ekonomiska beräkningar används två metoder. Den första är annuitetsmetoden/årskostnadsmetoden som är den del av avskrivningen och räntekostnaden som uppstår per år, förutsatt att beloppet är detsamma varje år (Sidén, 2007).

$$a = \frac{\frac{r}{100} \cdot q^n}{q^n - 1} \quad q = 1 + \frac{r}{100} \quad K_{\dot{a}} = a \cdot K_i$$

De ingående faktorerna är:

a = annuiteten

r = räntesatsen som antas 5 %

n = avskrivningstiden som är 25 år

$K_{\dot{a}}$ = årskostnaden

K_i = investeringskostnaden

Den andra metoden är Pay-off-metoden/återbetalningsmetoden . Pay-off metoden bortser från kalkylräntor och sätter fokus på hur snabbt investeringen blir återbetald utifrån de årliga inbetalningsöverskotten. Återbetalningstiden fås genom att grundinvesteringen sätts i relation med det årliga inbetalningsöverskottet. (Sidén, 2007).

$$T_{PO} = \frac{K_i}{K_{\dot{a}}}$$

T_{PO} = pay-off-tiden/återbetalningstiden

K_i = investeringskostnaden

$K_{\dot{a}}$ = årsintäkten

8.1 Fall 1 – Återbetalningstid utan det statliga stödet

Annuitetsmetoden:

K_i = investeringskostnaden 367 603 kr

n = 25 år

r = 5 %

$$q = 1 + \frac{5}{100} = 1,05$$

$$a = \frac{\frac{5}{100} \cdot 1,05^{25}}{1,05^{25} - 1} = 0,071$$

$$K_{\dot{a}} = 0,071 \cdot 367\,603 = 26082 \text{ kr}$$

Investeras 367 603 kr i solcellsanläggningen med en 5 % ränta på lånet så innebär det en årskostnad på 26 082 kr.

Det går även att beräkna den specifika kostnaden som avser genererad kWh.

$$Sk = \frac{\text{Total kostnad}}{\text{Årsproduktion}} = \frac{26082}{5215} = 5 \text{ kr/kWh}$$

I detta fall är kostnaden för att generera en kWh sol 5 kr. Denna kostnad avser endast investeringen. Jämförelsevis kostar en kWh el hos elbolaget E-ON 1,185 kr om ett fast pris under en ettårs period avtalas (E-ON 1). Detta elpris avser el från vattenkraftverk.

Pay-off-metoden:

Solcellsystemen som testades av Energimyndigheten återbetalar sig inom garantitiden på 25 år under förutsättningen att ett statligt stöd på 60 % av investeringen fås. Testet förutsätter även att solcellssystemet är underdimensionerat i förhållande till elbehovet så att all genererad el används innan den skickats ut på elnätet.

Men i verkligheten händer det att ett elöverskott produceras som säljs för halva inköpspriset. Sedan köps elen tillbaka för inköpspriset.

I praktiken innebär detta att elen säljs för cirka 64 öre/kWh och sedan köps tillbaka för 118,5 öre/kWh som visas i tabell 8.2.

	kr/kWh
Elcertifikat	0,2
Elförsäljning	0,4
Nätersättning	0,04
Summa	0,64

Tabell 8.2 Summan av ersättningen som fås av elbolaget E-ON. Värt att nämna är att angivna priser är cirkapriser då de avgörs av olika faktorer som marknadsförhållanden, vart objektet befinner sig i landet samt av summan som avtalas med elbolaget (E-ON 2).

$$K_i = 367\,603 \text{ kr}$$

$$K_a = 5215 \cdot 0,64 = 3338 \text{ kr}$$

Observera att årsintäkten baseras på försäljningspriset som är 0,64 kr/kWh, se tabell 8.2.

$$T_{PO} = \frac{367603}{3338} = 110 \text{ år}$$

Det tar alltså 110 år för investeringen att återbetala sig utan statligt stöd beroende på det låga försäljningspriset. Hade försäljnings- och inköpspriset varit desamma hade återbetalningstiden förkortats till 59 år. Även då hade vi inte kunnat räkna hem investeringen.

8.2 Fall 2 – Återbetalningstid med det statliga stödet

Annuitetsmetoden:

$K_i =$ investeringskostnaden 147 041 kr

$n = 25$ år

$r = 5\%$

$$q = 1 + \frac{5}{100} = 1,05$$

$$a = \frac{\frac{5}{100} \cdot 1,05^{25}}{1,05^{25} - 1} = 0,071$$

$$K_{\dot{a}} = 0,071 \cdot 147041 = 10433 \text{ kr}$$

Investeras det 147 041 kr i solcellsanläggningen och 5 % ränta på lånet betalas så innebär det en årskostnad på 10 433 kr.

Det går även att beräkna den specifika kostnaden som avser genererad kWh.

$$Sk = \frac{\text{Total kostnad}}{\text{Årsproduktion}} = \frac{10433}{5215} = 2 \text{ kr/kWh}$$

I detta fall är kostnaden för att generera en kWh sol 2 kr. Denna kostnad avser endast investeringen.

Pay-off-metoden:

$K_i = 147\,041$ kr

$$K_{\dot{a}} = 5215 \cdot 0,64 = 3338 \text{ kr}$$

$$T_{PO} = \frac{147041}{3338} = 44 \text{ år.}$$

Det tar alltså 44 år för investeringen att återbetala sig med statligt stöd inkluderat beroende på det låga försäljningspriset. Eftersom avskrivningstiden är 25 år är investeringen omöjlig att räkna hem. Hade försäljnings- och inköpspriset varit desamma hade återbetalningstiden förkortats till 24 år och investeringen hade återbetalat sig inom avskrivningstiden.

9 Resultat och diskussion

Med hjälp av kyotopyramiden för projektering av lågenergihus går det att minska energibehovet, se figur 2.2. Ett lågenergihus energibehov som åtgår uppvärmning är betydligt mindre än för övrig bebyggelse. En del av denna energi återvinns med värmeväxlare.

Sammanfattningsvis är de värmeåtervinnande produkterna tillsammans de energieffektiva byggnadsteknikerna ett sätt att minska ett hushålls driftenergi. För att minska användningen av fastighets- och hushållsel måste den enskilde individen se över och minska sin energianvändning. Sänkningen av energibehovet kan ske genom användning av energiklassade hushållsapparater samt om ännu viktigare är att vara sparsam. Exempelvis ska inte elektriska apparater vara på när de inte används. På så sätt minskas standby-förlusterna. Behovet av energi ska bli så litet som möjligt för att i ett plusenergihus möjliggöra en större produktion av energi än den mängd som används. Detta kan åstadkommas med hjälp av t.ex. solceller. Givetvis måste detta vara en rimlig yta solceller och att de får plats på byggnadens tak. När energianvändningen sänkts väl och huset utrustats med solceller så är det enklare att generera tillräcklig mängd el och bli självförsörjande energimässigt under hela årets lopp.

Men för att göra hushållet oberoende av köpt el måste en värmekälla som inte är eldriven väljas. Därefter kan ett solcellssystem tas i åtanke för självförsörjning av fastighets- och hushållsel. Solen är en ständig energikälla och det gäller att utnyttja den för att t.ex. producera grön el. Inom solcellsområdet finns det en rad olika typer solcellstekniker, alla med en förhållandevis låg verkningsgrad.

I vårt fall är referensobjektet eluppvärmt passivhus och det uppmätta elbehovet är 13 300 kWh/år. För att kunna producera 13 300 kWh/år krävs en solcellsytta på 102 m². Referensobjektets totala takyta mot sydväst är ca 70 m² vilket innebär att det inte går att göra referensobjektet självförsörjande på det totala elbehovet. Detta beror på dagens solcellsteknik som består av solceller med låg verkningsgrad. Det går däremot att göra referensobjektet självförsörjande på fastighets- och hushållsel.

För att detta ska vara möjligt krävs en solcellsanläggning som kan generera minst 4 941 kWh/år. Enligt beräkningen krävs 39 stycken solcellsmoduler av fabrikatet Ecosupplies ES170 med en total yta av 50,9 m² för att generera 5 215 kWh/år.

Det krävs en investering på 147 041 kr med det statliga stödet inkluderat. Återbetalningstiden för investering är 44 år. Den långa återbetalningstiden beror på att el köps för 1,185 kr/kWh och den producerade elen säljs för 0,64 kr/kWh. Om elen hade köpts och sålts för samma pris (1,185 kr/kWh) hade återbetalningstiden minskat till 24 år och varit inom avskrivningstiden på 25 år. Dessvärre skiljer inköps- och försäljningspriset av elen vilket gör att det inte går att räkna hem investeringen. Den 24-åriga återbetalningstiden hade också uppnåtts om en nettomätare använts, dvs. nettodebiterat. Nettodebitering hade inneburit att elbolaget endast fått basera sina fakturor på skillnaden i mängden el som producerats och köpts.

Med hjälp av pay-off-metoden beräknas återbetalningstiden av investeringen och om en rimlig återbetalningstid på 12 år önskas då måste det i praktiken fås en dubbelt så stor årsintäkt av investeringen i solcellsmodulerna. Det är inte möjligt i dagsläget, för att det hade inneburit att en dubbelt så effektiv solcellsanläggning som genererar 10 430 kWh/år hade krävs till samma investeringskostnad. Det går säkert att reducera elanvändningen för fastighet och hushåll.

Vi anser att solcellstekniken är ett bra steg mot samhällets oberoende av el från fossila bränslen för om alla hus är utrustade med solcellsanläggningar så minskar behovet av el från kolkraftverk, kärnkraftverk etc. I det fallet kan varje hushåll producera el som delas med sig på nätet och köps tillbaka när den behövs. Även om inte elen köps och säljs för samma pris så är förhoppningarna att dagens solcellsteknik ersätts med en som är både effektivare och billigare. I dagsläget bedrivs flera försök att tillverka solceller med högre verkningsgrad än dagens. Tillverkaren Sharp har gått ut och publicerat att företaget lyckats få en kombination av material och skapat en solcell med 35,8 % verkningsgrad (Abrahamsson, 2009).

Eftersom elpriset har gått upp med ungefär 100 % sedan år 1996 så är det svårt att uppskatta elpriset om 20 eller 25 år. Prisökningen beror främst på att skattenivån tredubblats sedan 1996 (Svensk Energi, 2010).

Det kan mycket väl vara så att skatterna ökar även i framtiden för den el som producerats när fossila bränslen förbränts och i kärnkraftverk. Om så är fallet är förhoppningen att skatterna inte ökar för grön el. I framtiden när vi har en effektivare solcellsteknik kanske vi kan börja tjäna pengar på att producera grön el som vi delar med oss på nätet? Det återstår att se.

10 Källförteckning

Abrahamsson, (2009). Ökad verkningsgrad i serietillverkad solcell.

Tillgänglig: (2011-05-03)

http://www.nyteknik.se/nyheter/energi_miljo/solenergi/article663129.ece

Andrén, (2001). Solenergi – Praktiska tillämpningar i bebyggelse

Stockholm: AB Svensk Byggtjänst

Teknik: s.106

Fördelning av kostnader i ett solcellsystem: s.108

Areskoug, (1999). Miljöfysik – Energi och klimat.

Lund: Studentlitteratur

Angående solenergi: s.119

BBR 2008. Boverkets Byggregler 2008. Karlskrona: Boverket.

Angående energianvändning vid nybyggnation: Kapitel 9:2, s. 21

Conrad. Solenergi. Tillgänglig: (2011-03-03)

<http://www.conrad.se/web/idebanken/62-solenergi>

Corkish *m.fl.* (2007). Applied Photovoltaic's

London: Earthscan Publications.

Angående diffus solinstrålning: s. 8,9

Dokka, T.H., Hemstad, K., 2006. Energieffektive boliger for framtiden – en håndbok for planlegging av passivhus og lavenergiboliger. IEA SHC Task 28/ECBCS Annex 38 Sustainable Solar Housing.

Ekologiska Byggvaruhuset 1. Duschvärmväxlare. Tillgänglig: (2011-02-20)

<http://www.ekologiskabyggvaruhuset.se/Page.aspx?PageID=273>

Ekologiska Byggvaruhuset 2. Avloppsvärmväxlare.

Tillgänglig: (2011-02-20)

<http://www.ekologiskabyggvaruhuset.se/Page.aspx?PageID=273>

E-ON 1. Teckna elavtal. Tillgänglig: (2011-05-02)

<http://www.eon.se/templates/Eon2Contract.aspx?id=48640&epslanguage=SV>

E-ON 2. Möjligheter hos E-ON för egenproducerad el.

Tillgänglig: (2011-05-02)

http://www.eon.se/upload/eon-se-2-0/dokument/privatkund/kundservice/Anslut_elproduktion/Mojligheter_hos_E_ON_for_egenproducerad_el_installator.pdf

Energibanken. Vad är en solcell? Tillgänglig: (2011-04-16)

<http://www.energibanken.se/solcellen.htm>

Energimyndigheten 1. FTX-aggregat hus med 190 m² boyta.

Tillgänglig: (2011-03-02)

<http://www.energimyndigheten.se/sv/Hushall/Testerresultat/Testresultat/FTX-aggregat-hus-med-190-m-boyta/>

Energimyndigheten 2. Tillämpningar. Tillgänglig: (2011-02-02)

<http://www.energimyndigheten.se/sv/Statistik/Energikallor/Sol--/Fakta-om-solceller/Tillampningar/>

Energimyndigheten 3. Fakta om solceller. Tillgänglig: (2011-03-25)

<http://www.energimyndigheten.se/Statistik/Energikallor/Sol--/Fakta-om-solceller/>

Energimyndigheten 4. CIGS-tunnsolceller. Tillgänglig: (2011-02-10)

<http://www.energimyndigheten.se/sv/forskning/kraftforskning/solel/CIGS-tunnsolceller/>

Energimyndigheten 5. Utvecklingspotential. Tillgänglig: (2011-03-25)

<http://www.energimyndigheten.se/sv/Statistik/Energikallor/Sol--/Fakta-om-solceller/Utvecklingspotential/>

Energimyndigheten 6. Producera egen el från solen. Tillgänglig: (2011-02-08)

<http://www.energimyndigheten.se/sv/Hushall/Producera-din-egen-el/Producera-el-fran-solen/>

Energimyndigheten 7. Konkurrensaspekter. Tillgänglig: (2011-02-14)

<http://www.energimyndigheten.se/sv/Energifakta/Energikallor/Sol--/Fakta-om-solceller/Konkurrensaspekter/>

Energimyndigheten 8. Solcellsystem. Tillgänglig: (2011-02-20)

<http://www.energimyndigheten.se/sv/Hushall/Testerresultat/Testresultat/Solcellsystem-/?tab=2>

Energimyndigheten 9. Statligt stöd för solceller. Tillgänglig: (2011-04-26)
<http://www.energimyndigheten.se/sv/hushall/aktuella-bidrag-och-stod-du-kan-soka/Stod-till-solceller/>

Energirådgivningen. Energi i bostadsrättsföreningen.
Tillgänglig: (2011-03-18)
http://www.energiradgivningen.se/index.php?option=com_content&task=view&id=42&Itemid=32

Fastighetsförvaltaren. Ronnebys allra första plusenergihus är klart.
Tillgänglig (2011-01-30)
<http://webnews.textalk.com/fastighetsforvaltaren-1/ronnebys-allra-forsta-plusenergihus-ar-klart>

FEBY version 2009. Kravspecifikation för passivhus.
Tillgänglig: (2010-02-15).
http://www.energieffektivbyggnader.se/download/18.712fb31f12497ed09a58000142/Kravspecifikation_Passivhus_version_2009_oktober.pdf

Hansson, A. (2011). Resultatrapport - Uppföljning av fyra passivhus i Åhus.
Angående energiåtgång till uppvärmning och varmvattenberedning: s.14
Angående fastighetsel och hushållsel: s.29

Isover. Vad är mineralull? Tillgänglig: (2011-03-18)
<http://www.isover.se/produkter/vad+%C3%A4r+mineralull-c7->

Kalmar Energi. Energiguiden. Tillgänglig: (2011-03-18)
http://www.kalmarenergi.se/templates/Page_5716.aspx

METEONORM 6.1. Databas för global solinstrålning. Beräkningar utförda i programmet (2011-04-19).

Miljömålen, (2009). Nu är det bråttom! – Miljömålsrådet
Angående efterfrågan på energi, kapitel 2.1.5 , s.26.

Passivhuscentrum. Antal passivhus i Sverige. Tillgänglig (2010-02-20)
<http://www.passivhuscentrum.se/marknaden.html>

Pihl, E, & Thapper, C. (2006). "Evaluation of the concentrating PVT systems MaReCo and Solar". Examensarbete. Energi och Byggnadsdesign, LTH

Sidén, (2007). Solenergiteknik. Kompletterande teori, formler och övningsexempel. Tillgänglig: (2010-04-10)
http://www.hh.se/download/18.70cf2e49129168da0158000107257/%C3%B6vningsexempel-07_solenergi.pdf

Solcell. Prisjämförelse av olika takbeläggningar. Tillgänglig: (2011-03-02)
<http://www.solcell.nu/html/index.html>

Solectpower. Jämförelse av effektgaranti för solcellsmoduler. Tillgänglig: (2011-02-05)
<http://www.solectpower.se/index-filer/Page385.htm>

SolEl-Programmet. För privatpersoner. Tillgänglig: (2011-05-03)
<http://www.solprogrammet.se/Om-solcellstekniken/For-privatpersoner/>

S-Solar 1. Solinstrålning. Tillgänglig (2011-03-18)
<http://www.ssolar.com/Solenergi2010/EnergifaktaDEL1brSolenFramtidensbasenergi/Solinstr%C3%A5lning/tabid/608/Default.aspx>

S-Solar 2. Solenergi 2010. Tillgänglig: (2011-04-13)
<http://www.ssolar.com/LinkClick.aspx?fileticket=1YhIX1d8hX0%3D&tabid=599>

Skaffa solcell 2011. Olika typer av solceller. Tillgänglig: (2011-03-13)
http://skaffasolcell.se/index.php/olika-typer-av-solceller/#monokristallina_solceller

Socialstyrelsen. Temperatur inomhus. Tillgänglig (2010-02-20)
http://www.socialstyrelsen.se/Lists/Artikelkatalog/Attachments/9865/2005-101-6_20051016.pdf

SparaVarmVatten. Duschvärmväxlare. Tillgänglig: (2011-03-14)
http://www.sparavarmvatten.se/index.php?option=com_content&view=article&id=35

Thermofloc 1. Certifikat. Tillgänglig (2011-03-18)
http://www.thermofloc.se/dokument/certifikat/ce_svensk.pdf

Thermofloc 2. Cellulosa isolering. Tillgänglig: (2011-03-18).
<http://www.thermofloc.se/produkter.asp>

Vattenfall 1. Flexibla solfångare ger lika mycket energi till lägre kostnad.
Tillgänglig: (2011-03-28).

http://www.vattenfall.se/sv/nyheter_65655.htm?newsid=77948A12E55E4C6A927097D8D65BFE11&WT.ac=search_success

Vattenfall 2. Miljöpåverkan från solceller. Tillgängligt (2011-02-17)

<http://www.vattenfall.se/sv/solceller.htm>

Warfvinge & Dahlblom (2010). Projektering av installationer i byggnader.
Lund: Studentlitteratur.

Warfvinge & Dahlblom 1: Angående värmeväxlare, kapitel 2.1, s.2:50

Warfvinge & Dahlblom 2: Angående värmeåtervinning, kapitel 2.4.1 s.2:50

Warfvinge & Dahlblom 3: Angående plattvärmeväxlare, kapitel 2.1 s.2:54

Warfvinge & Dahlblom 4: Angående kondensation, kapitel 2.1 s.2:54

Warfvinge & Dahlblom 5: Angående roterande värmeväxlares avfrostning,
kapitel 2.4.8 s.2:50

Warfvinge & Dahlblom 6: Angående roterande värmeväxlares verkningsgrad,
kapitel 2.4.8 s.2:50

Warfvinge & Dahlblom 7: Angående batterivärmeväxlares verkningsgrad,
kapitel 2.4.8 s.2:55

Ultra Energi. Nettomätare vid nätuppkoppling av solpanel via inverter.

Tillgänglig: (2011-04-25)

<http://www.ultraenergi.se/nettomatare.htm>

11 Bilagor

Bilaga 1 – Överslagsberäkning för solceller

Produktion

I Sverige är energin i den årliga solinstrålningen, $W_0 = 1000 \text{ kWh/m}^2$. Den årliga produktionen för en solcellsmodul kan beräknas med formeln:

$$W_{\text{år}} = W_0 \cdot A \cdot \eta \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4$$

A = Solcellernas area η = Solcellernas verkningsgrad
 K_1 = Lutningsvinkelfaktor K_2 = Orienteringsvinkelfaktor
 K_3 = Batterifaktor K_4 = Växelriktarfaktor

Verkningsgrader för solcellspaneler, η	
Solcellstyp	Verkningsgrad,
Monokristallinsk kisel, högeffektiv	0,14
Monokristallinsk kisel, standard	0,12
Polykristallinsk kisel	0,12
Amorf kisel, högeffektiv	0,08
Amorf kisel, standard	0,03

Lutningsvinkelfaktor, K_1									
Vinkel till vågräta planet	0°	15°	25°	35°	45°	55°	65°	75°	90°
Faktor, K_1	0,79	0,90	0,96	0,99	1	0,98	0,94	0,87	0,74

Orienteringsvinkelfaktor, K_2											
Vinkel från syd	0°	20°	40°	60°	80°	90°	100°	120°	140°	160°	180°
Faktor, K_2	1	0,99	0,95	0,88	0,79	0,75	0,70	0,60	0,50	0,43	0,40

Batterifaktor, K_3	
Batterityp	Faktor, K_3
Bly/syra	0,70
Nickel/kadmium	0,65
Nickel/järn	0,60
Nickel/metallhydrid	0,90

Batterifaktorn medtas endast vid batteriansluten anläggning. Används en del av energin direkt kan faktorn ökas i proportion till andelen.
Exempel: Bly/syra-batteri 60 %. Direkt 40 %. $K_3 = (60/100) \cdot 0,70 + (40/100) \cdot 1 = 0,82$

Växelriktarfaktor, K_4	
Växelriktare, typ	Faktor, K_4
Högeffektiv	0,90
Standard	0,80

Växelriktarfaktorn medtas endast vid nätansluten anläggning eller där man kommer att ha viss andel AC-last. Har man viss del växelriktning kan faktorn ökas i proportion till andelen.
Exempel: AC-last 33%. Högeffektiv växelriktare. $K_4 = (33/100) \cdot 0,90 + (77/100) \cdot 1 = 0,97$

Källa: (Sidén, 2007)

Bilaga 2 – Simuleringsbilaga i Meteonorm

METEONORM Version 6.1.0.22

Name of site = Lund

Latitude [°] = 55,717, Longitude [°] = 13,217, Altitude [m] = 73, Climatic zone = III, 3

Radiation model = Default (hour); Temperature model = Default (hour)

Tilt radiation model = Perez

Temperature: New period = 1996-2005

Radiation: New period = 1988-2003

SD: Only 4 station(s) for interpolation

RD: Only 4 station(s) for interpolation

Measured parameters (WMO nr: 26270) = Gh, DD

Month	H_Gh	H_Dh	H_Bn	Ta
	[kWh/m2]	[kWh/m2]	[kWh/m2]	[C]
Jan	13	9	23	0,4
Feb	27	18	31	0,8
Mar	65	40	61	2,2
Apr	113	62	102	6,6
May	163	82	145	11,1
Jun	161	94	117	14,4
Jul	162	88	130	16,7
Aug	131	68	115	17,2
Sep	80	46	75	13,3
Oct	42	25	51	8,8
Nov	18	11	34	4,7
Dec	10	7	19	1,4
Year	982	549	904	8,1

Legend:

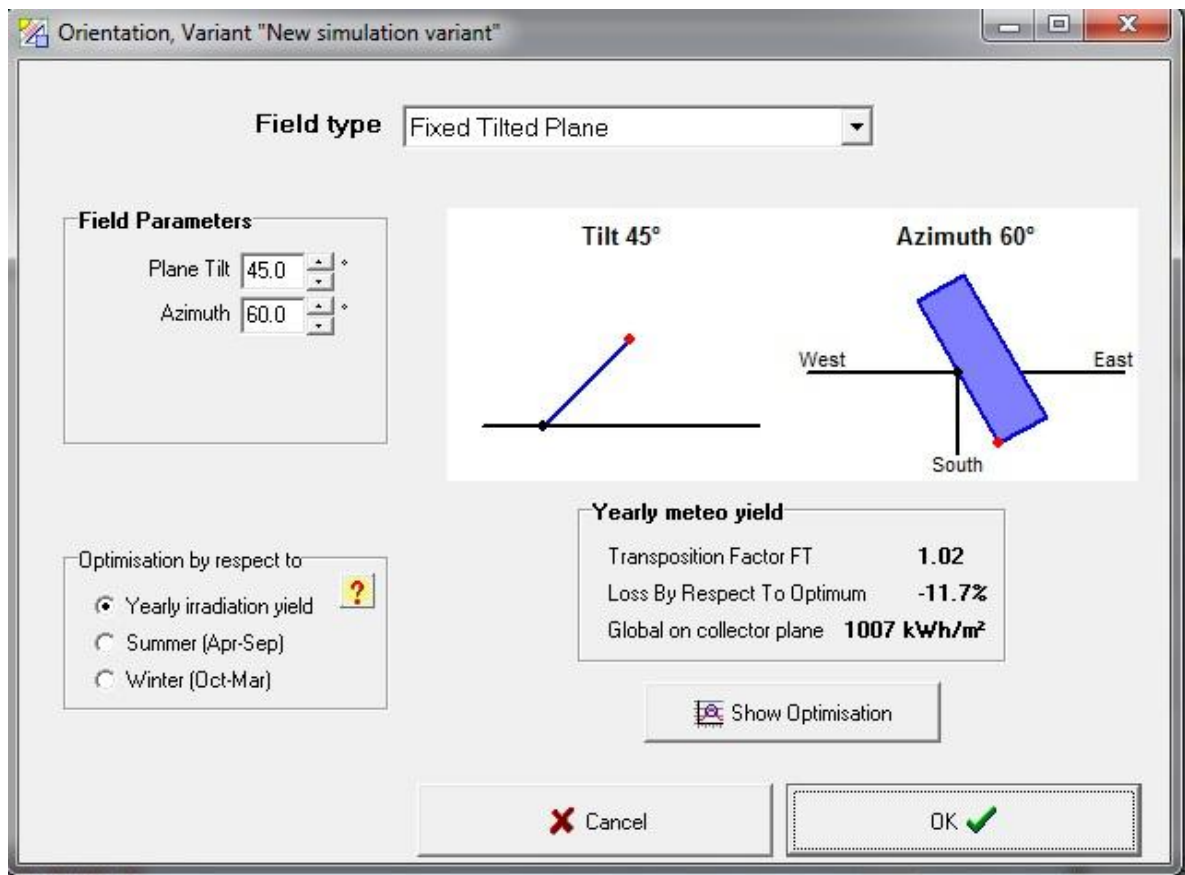
H_Gh: Irradiation of global radiation horizontal

H_Dh: Irradiation of diffuse radiation horizontal

H_Bn: Irradiation of beam

Ta: Air temperature

Bilaga 3 – Lutning och azimut



Bilaga 4 – Geometrisk data

Geographical site parameters
_ □ ×

Geographical Coordinates
Monthly meteo

Location

Site name

Country Region

Latitude (+ = North, - = South hemisph.)

Longitude (+ = East, - = West of Greenwich)

Altitude M above sea level

Time zone Corresponding to an average difference

Legal Time - Solar Time = 0h 7m ?

Project location

You may re-define here the site name (your project's location), and eventually the geographical coordinates.

For defining new monthly meteo values, please define a new site in the database using "Tools"/"Geographic Location", or import them with "Tools"/"Import meteo data".

Sun paths

Print

✗ Cancel
✓ OK

Geographical site parameters
_ □ ×

Geographical Coordinates
Monthly meteo

Site LUND (Sweden)

Data source

	Global Irrad.	Diffuse	Temper.	Wind Vel.
	kWh/m ² .mth	kWh/m ² .mth	°C	m/s
January	13.0	9.0	0.4	5.70
February	27.0	18.0	0.8	5.70
March	65.0	40.0	2.2	5.70
April	113.0	62.0	6.6	6.20
May	163.0	82.0	11.1	4.60
June	161.0	94.0	14.4	4.60
July	162.0	88.0	16.7	4.10
August	131.0	68.0	17.2	4.60
September	80.0	46.0	13.3	4.60
October	42.0	25.0	8.8	4.60
November	18.0	11.0	4.7	5.10
December	10.0	7.0	1.4	5.70
Year	985.0	550.0	8.1	5.1

Required Data

Horizontal global irradiation

Average Ext. Temperature

Extra data

Horizontal diffuse irradiation

Wind velocity

Irradiation units

kWh/m².day

kWh/m².mth

MJ/m².day

MJ/m².mth

W/m²

Clearness Index Kt

✗ Cancel
✓ OK

Bilaga 5 – Albedo

Project's parameter: Albedo for the project's situation

Albedo values ?

Monthly values

Jan.	0.20	July	0.20
Feb.	0.20	Aug.	0.20
Mar.	0.20	Sep.	0.20
Apr.	0.20	Oct.	0.20
May	0.20	Nov.	0.20
June	0.20	Dec.	0.20

Set a common value

Common value

(Default: albedo = 0.2)

Usual values for albedo

Urban situation	0.14 - 0.22
Grass	0.15 - 0.25
Fresh Grass	0.26
Fresh snow	0.82
Wet snow	0.55 - 0.75
Dry asphalt	0.09 - 0.15
Wet asphalt	0.18
Concrete	0.25 - 0.35
Red tiles	0.33
Aluminium	0.85
New galvanised steel	0.35
Very dirty galvanised steel	0.08

Site-dependent Design parameters

Reference temperatures for array design by respect to the inverter input voltages

Lower temperature for VmaxAbs limit	<input type="text" value="-10"/>	°C	<input checked="" type="checkbox"/> Default
Winter operating temperature for VmppMax design	<input type="text" value="20"/>	°C	<input checked="" type="checkbox"/>
Usual operating temperature under 1000 W/m	<input type="text" value="50"/>	°C	<input checked="" type="checkbox"/>
Summer operating temperature for VmppMin design	<input type="text" value="60"/>	°C	<input checked="" type="checkbox"/>

Bilaga 6 – Teknisk specifikation, Ecosupplies ES170

Definition of a PV module

Basic data | Model parameters | Sizes and Technology | Commercial | Graphs

Model: GPV/ES 170 Manufacturer: GPV - ECOSUPPLIES

File name: GPV170PW.PAN Data source: Manufacturer

Nom. Power (at STC): 170.0 Wp Tol: 3.0 % Technology: Si-mono

Manufacturer specifications or other Measurements

Reference conditions: GRef 1000 W/m² TRef 25 °C

Short-circuit current: Isc 5.20 A Open circuit Voc 44.20 V

Max Power Point: Imp 4.79 A Vmpp 35.50 V

Temperature coefficient: mulsc 1.9 mA/°C or mulsc 0.04 %/°C **Nb cells 72 in series**

Internal model result tool

Operating conditions: GOper 1000 W/m² TOper 25 °C

Max Power Point: Pmpp 170.0 W Temper. coeff. -0.43 %/°C

Current Imp 4.79 A Voltage Vmpp 35.5 V

Short-circuit current Isc 5.20 A Open circuit Voc 44.2 V

Efficiency / Cells area 15.11 % / Module area 13.04 %

Model summary

Main parameter

R shunt 450 ohm

R serie 0.44 ohm

Gamma 1.30

IoRef 53 nA

muVoc -145 mV/°C

Copy to table Print Cancel OK

Definition of a PV module

Basic data | Model parameters | Sizes and Technology | Commercial | Graphs

Description: **GPV - ECOSUPPLIES, GPV/ES 170**

Module

Length 1610 mm

Width 810 mm

Thickness 34.0 mm

Weight 14.00 kg

Module area 1.304 m²

Tile module

Cells

In series 72

In parallel 1

Cell area 156.3 cm²

Total nb. cells 72

Cells area 1.125 m²

Reverse characteristics

Single cell reverse characteristics (dark)

Quadratic factor BRev 3.2 mA/V²

Nb. of by-pass diodes 1 /module

Diode direct voltage -0.7 V

NB. These reverse parameters are only used in the framework of the array behaviour special tools (partial shadings on modules, mismatches).
Their value is not essential and can be taken as similar modules in the database.

Maximum system voltage

Insulation Voltage 0 V


Absorption coefficient for temperature

Absorptivity coeff (alpha) 0.90

Copy to table Print Cancel OK

Teknisk specifikation av solcellsmodulen Ecosupplies ES170 före detta GPV 170 som finns med i Energimyndighetens test (Ecosupplies 2011).

Bilaga 7 – Simuleringsrapport från PVsyst

		PVSYST V5.11	21/04/11	Page 1/3
Grid-Connected System: Simulation parameters				
Project :	Villa Thermo			
Geographical Site	LUND	Country	Sweden	
Situation	Latitude	55.7°N	Longitude	13.2°E
Time defined as	Legal Time	Time zone UT+1	Altitude	73 m
	Albedo	0.20		
Meteo data :	LUND, Synthetic Hourly data			
Simulation variant :	Villa Thermo			
	Simulation date	21/04/11 17h49		
Simulation parameters				
Collector Plane Orientation	Tilt	45°	Azimuth	60°
Horizon	Free Horizon			
Near Shadings	No Shadings			
PV Array Characteristics				
PV module	Si-mono	Model	GPV/ES 170	
		Manufacturer	GPV - ECOSUPPLIES	
Number of PV modules	In series	13 modules	In parallel	3 strings
Total number of PV modules	Nb. modules	39	Unit Nom. Power	170 Wp
Array global power	Nominal (STC)	6.6 kWp	At operating cond.	5.9 kWp (50°C)
Array operating characteristics (50°C)	U mpp	414 V	I mpp	14 A
Total area	Module area	50.9 m²	Cell area	43.9 m ²
Inverter		Model	StecaGrid 9000 3ph	
		Manufacturer	Steca	
Characteristics	Operating Voltage	350-750 V	Unit Nom. Power	9.0 kW AC
PV Array loss factors				
Thermal Loss factor	Uc (const)	20.0 W/m ² K	Uv (wind)	0.0 W/m ² K / m/s
=> Nominal Oper. Coll. Temp. (G=800 W/m ² , Tamb=20°C, Wind velocity = 1m/s.) NOCT 56 °C				
Wiring Ohmic Loss	Global array res.	481 mOhm	Loss Fraction	1.5 % at STC
Module Quality Loss			Loss Fraction	1.5 %
Module Mismatch Losses			Loss Fraction	2.0 % at MPP
Incidence effect, ASHRAE parametrization	IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)	bo Parameter	0.05
User's needs :	Unlimited load (grid)			

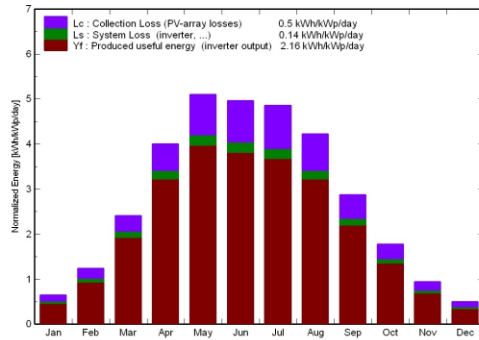
Grid-Connected System: Main results

Project : Villa Thermo
Simulation variant : Villa Thermo

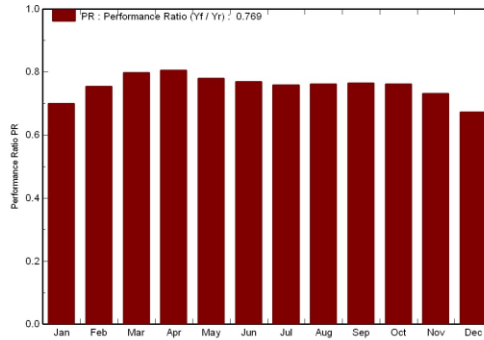
Main system parameters	System type	Grid-Connected		
PV Field Orientation	tilt	45°	azimuth	60°
PV modules	Model	GPV/ES 170	Pnom	170 Wp
PV Array	Nb. of modules	39	Pnom total	6.6 kWp
Inverter	Model	StecaGrid 9000 3ph	Pnom	9.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)			

Main simulation results
System Production **Produced Energy 5215 kWh/year** Specific prod. 787 kWh/kWp/year
Performance Ratio PR 76.9 %

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 6.6 kWp



Performance Ratio PR



Villa Thermo Balances and main results

	GlobHor	T Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	EffArrR	EffSysR
	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	%	%
January	13.0	0.40	20.1	19.2	104.4	93.4	10.20	9.13
February	27.0	0.80	34.6	33.3	188.4	172.9	10.71	9.83
March	65.0	2.20	74.7	71.9	422.7	394.8	11.13	10.40
April	113.0	6.60	120.2	116.6	679.2	641.2	11.11	10.49
May	163.0	11.10	158.1	153.0	863.7	816.5	10.74	10.16
June	161.0	14.40	148.7	143.5	803.7	757.6	10.62	10.02
July	162.0	16.70	150.4	145.4	801.9	756.0	10.48	9.88
August	131.0	17.20	131.0	126.9	701.3	661.1	10.53	9.92
September	80.0	13.30	86.1	83.2	466.5	436.7	10.65	9.97
October	42.0	8.80	55.0	53.0	298.8	277.5	10.69	9.92
November	18.0	4.70	28.4	27.1	150.8	137.7	10.45	9.54
December	10.0	1.40	15.7	14.9	79.0	69.9	9.91	8.77
Year	985.0	8.18	1022.8	988.0	5560.2	5215.3	10.69	10.03

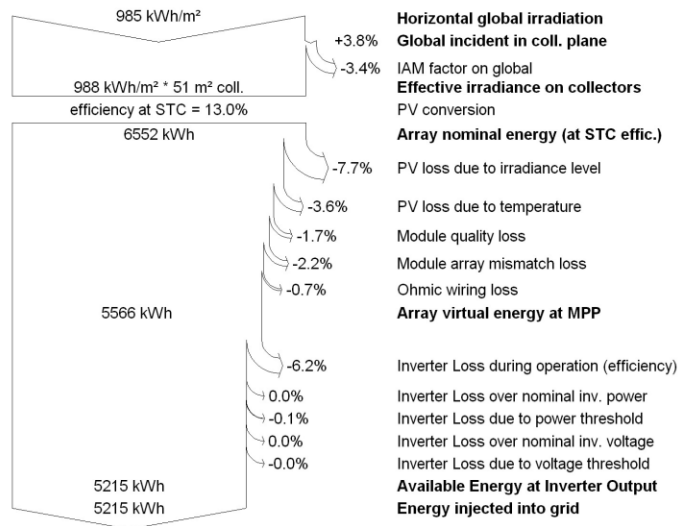
Legends: GlobHor Horizontal global irradiation EArray Effective energy at the output of the array
T Amb Ambient Temperature E_Grid Energy injected into grid
GlobInc Global incident in coll. plane EffArrR Effic. Eout array / rough area
GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings EffSysR Effic. Eout system / rough area

Grid-Connected System: Loss diagram

Project : Villa Thermo
Simulation variant : Villa Thermo

Main system parameters	System type	Grid-Connected		
PV Field Orientation	tilt	45°	azimuth	60°
PV modules	Model	GPV/ES 170	Pnom	170 Wp
PV Array	Nb. of modules	39	Pnom total	6.6 kWp
Inverter	Model	StecaGrid 9000 3ph	Pnom	9.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)			

Loss diagram over the whole year



Bilaga 8 – Energimyndighetens test av några solcellssystem

<u>Tillverkare/leverantör</u>	<u>Solarit AB</u>	<u>Switchpower</u>	<u>NAPS Sweden AB</u>
<u>Solcellsmodul</u>	CT Solar	GPV	NAPS
<u>Växelriktare</u>	Steca Stecagrid	Steca Stecagrid	SMA Sunny Boy
<u>Pris (med moms)</u>	82 000 kr	61 000 kr	71 000 kr
<u>Solcellstyp</u>	Mono	Mono	Poly
<u>Beräknat årsutbyte</u>	995 kWh/år	979 kWh/år	1 138 kWh/år
<u>Systemverkningsgrad</u>	0,82	0,83	0,82
<u>Ekonomisk kalkyl med solcellsstöd</u>	+ 6 000 kr	+ 13 000 kr	+ 15 000 kr
<u>Ekonomisk kalkyl utan solcellsstöd</u>	- 38 300 kr	- 20 000 kr	- 23 300 kr
<u>Elproduktion under en dag</u>			
mars	3,2 KWh på en dag	2,4 KWh på en dag	4,1 KWh på en dag
juni	6,4 KWh på en dag	6,3 KWh på en dag	7,3 KWh på en dag
september	5,9 KWh på en dag	5,5 KWh på en dag	6,7 KWh på en dag
november	1,1 KWh på en dag	1,1 KWh på en dag	1,3 KWh på en dag
<u>Effekt per modul</u>	75 Watt peak	170 Watt peak	200 Watt peak
<u>Effekt för hela systemet</u>	1 050 Watt peak	1 020 Watt peak	1 200 Watt peak
<u>Antal moduler</u>	14 stycken moduler	6 stycken moduler	6 stycken moduler
<u>Yttermått (höjd x bredd)</u>	1,21 m x 0,55 m	1,61 m x 0,81 m	0,99 m x 1,48 m
<u>Bruttovta</u>	9,2 m ²	7,8 m ²	8,7 m ²
<u>Effektgaranti</u>	80 % efter 25 år	80 % efter 25 år	80 % efter 25 år
<u>Garantier för system/växelriktare</u>	3 år/3 år	5 år/5 år	5 år/5 år
<u>Bruksanvisning</u>	Saknar bruksanvisning och monteringsinstruktioner på svenska.	Har bruksanvisning och monteringsinstruktioner på svenska.	Har bruksanvisning på svenska, men saknar monteringsinstruktioner.
<u>Övrigt</u>	-	-	Display som visar producerad el.
<u>Webbadress</u>	www.solpanel.se	www.switchpower.se	www.napssystem.se

<u>Tillverkare/leverantör</u>	<u>Gridcon Solcellsteknik AB</u>	<u>Schueco</u>	<u>Glacell AB</u>
<u>Solcellsmodul</u>	PV Enterprise	Schueco	Sharp
<u>Växelriktare</u>	SMA Sunny Boy	SMA Sunny Boy	Dorfmueller Solaranlagen
<u>Pris (med moms)</u>	60 000 kr	78 000 kr	55 000 kr
<u>Solcellstyp</u>	Mono	Mono	Tunntilm
<u>Beräknat årsutbyte</u>	861 kWh/år	897 kWh/år	658 kWh/år
<u>Systemverkningsgrad</u>	0,73	0,75	0,79
<u>Ekonomisk kalkyl med solcellsstöd</u>	+ 9 000 kr	+ 3 900 kr	+ 3 700 kr
<u>Ekonomisk kalkyl utan solcellsstöd</u>	- 23 300 kr	- 38 200 kr	- 26 000 kr
<u>Elproduktion under en dag</u>			
mars	3,4 kWh på en dag	5,2 kWh på en dag	2,4 kWh på en dag
juni	5,6 kWh på en dag	5,8 kWh på en dag	4,2 kWh på en dag
september	5,2 kWh på en dag	5,3 kWh på en dag	3,8 kWh på en dag
november	0,8 kWh på en dag	1,0 kWh på en dag	0,6 kWh på en dag
<u>Effekt per modul</u>	170 Watt peak	345 Watt peak	90 Watt peak
<u>Effekt för hela systemet</u>	1 020 Watt peak	1 035 Watt peak	720 Watt peak
<u>Antal moduler</u>	6 stycken moduler	3 stycken moduler	8 stycken moduler
<u>Yttermått (höjd x bredd)</u>	1,62 m x 0,84 m	2,15 m x 1,25 m	1,13 m x 0,94 m
<u>Bruttoyta</u>	8,2 m ²	8,1 m ²	8,5 m ²
<u>Effektgaranti</u>	80 % efter 25 år	80 % efter 25 år	80 % efter 25 år
<u>Garantier för system/växelriktare</u>	5 år/5 år	10 år/5 år	5 år/5 år
<u>Bruksanvisning</u>	Har bruksanvisning på svenska, men saknar monteringsinstruktioner.	Saknar bruksanvisning och monteringsinstruktioner på svenska.	Saknar bruksanvisning och monteringsinstruktioner på svenska.
<u>Övrigt</u>	Display som visar producerad el.	Display som visar producerad el.	-
<u>Webbadress</u>	www.gridcon.se	www.schueco.se	www.glacell.se

<u>Tillverkare/leverantör</u>	<u>ExoTech AB</u>	<u>Viessmann</u>
<u>Solcellsmodul</u>	Sharp	Suntech
<u>Växelriktare</u>	Danfoss UniLynx	SMA Sunny Boy
<u>Pris (med moms)</u>	57 000 kr	63 000 kr
<u>Solcellstyp</u>	Mono	Mono
<u>Beräknat årsutbyte</u>	1 180 kWh/år	983 kWh/år
<u>Systemverkningsgrad</u>	0,81	0,81
<u>Ekonomisk kalkyl med solcellsstöd</u>	+ 21 600 kr	+ 12 400 kr
<u>Ekonomisk kalkyl utan solcellsstöd</u>	- 9 200 kr	- 21 600 kr
<u>Elproduktion under en dag</u>		
mars	4,0 KWh på en dag	3,5 KWh på en dag
juni	7,7 KWh på en dag	6,3 KWh på en dag
september	7,2 KWh på en dag	5,8 KWh på en dag
november	1,4 KWh på en dag	1,1 KWh på en dag
<u>Effekt per modul</u>	180 Watt peak	175 Watt peak
<u>Effekt för hela systemet</u>	1 260 Watt peak	1 050 Watt peak
<u>Antal moduler</u>	7 stycken moduler	6 stycken moduler
<u>Yttermått (höjd x bredd)</u>	0,99 m x 1,32 m	0,81 m x 1,58 m
<u>Bruttoyta</u>	9,1 m ²	7,7 m ²
<u>Effektgaranti</u>	80 % efter 25 år	80 % efter 25 år
<u>Garantier för system/växelriktare</u>	5 år/5 år	5 år/5 år
<u>Bruksanvisning</u>	Saknar bruksanvisning och monteringsinstruktioner på svenska.	Saknar bruksanvisning och monteringsinstruktioner på svenska.
<u>Övrigt</u>	Display som visar producerad el.	Display som visar producerad el.
<u>Webbadress</u>	www.exotech.se	www.viessmann.se