

Mätsystem för solpanelstödd jordvärme

Micke Rantanen

Examensarbete

Elektroteknik

2012

EXAMENSARBETE	
Arcada	
Utbildningsprogram:	Elektroteknik / Telekommunikation
Identifikationsnummer:	3756
Författare:	Micke Rantanen
Arbetets namn	Mätsystem för solpanelstödd jordvärme
Handledare:	DI Kim Rancken
Expert handledare:	Ingenjör Harri Anukka
Granskare:	Johnny Biström
Uppdragsgivare:	Arcada
<p>Sammandrag:</p> <p>Solpaneler blir allt mera populära, inte bara på sommarstugor men också i privata hem. Panelerna utvecklas i snabb takt, och de blir allt effektivare hela tiden. Men det räcker inte med bara en effektiv panel, man måste också rikta panelen rätt för att få maximala nyttan av panelen till systemet man använder. Hur panelen exakt måste riktas och installeras kan inte anges av tillverkaren, utan det är mera beroende av själva fastigheten mot vilket väderstreck man borde rikta panelerna, och med hurudan vinkel. Detta arbete gjordes för att det skulle vara lättare att hitta rätta vinkeln och väderstrecket där man borde installera solpanelerna. Enheten som planerades och byggdes är en datalogger som sparar data som solpanelen matar ut och visar det grafiskt åt slutanvändaren. Enheten består av en pyranometer som mäter solstrålningens effekt, en transducer som mäter strömmen och en volt mätare. Alla dessa matar data till en datalogger som sparar all data med ett loggningsintervall man själv kan justera. Som mjukvara användes ett program kallat HOBOWare samt Microsoft Excel som räknade ut exakta värden i ampere, volt, watt och kW/m². Alla testmätningar gjordes i laboratoriet på Arcada med en justerbar 1,2 kW solsimulator. Mätningarnas resultat motsvarar inte exakt de omständigheter man har normalt, men de ger en riktgivande bild av hur enheten och hela systemet fungerar.</p>	
Nyckelord:	Solpanel, Loggsystem, HOBOWare, Pyranometer, Transducer.
Sidantal:	38
Språk:	Svenska
Datum för godkännande:	

DEGREE THESIS	
Arcada	
Degree program	Electrical Engineering
Identification number:	3756
Author:	Micke Rantanen
Title:	Mätsystem för solpanelstödd jordvärme
Supervisor:	M.Sc. Kim Rancken
Expert supervisor	B.Sc. Harri Anukka
Examinor:	Johnny Biström
Commissioned by:	Arcada
<p>Abstract:</p> <p>Solar panels are becoming increasingly more popular, not only in summer houses but also in private homes. Solar panel development has been gaining fierce momentum, with ever-increasing efficiency. But just an efficient panel isn't enough, you also have to install and position it correctly, to get the maximum benefit out of the panel in to the system. The cardinal point and angle can't be given by the manufacturer because it's always dependent upon the actual property were the panel is being installed. The goal of this project was to make it easier to determine the right angle and the cardinal point where and how the solar panels should be installed. The unit that was designed and built is a data logger which stores data from the solar panel outputs, and displays it graphically to the end-user. The device consists of a pyranometer (which measures solar irradiance), a transducer (which measures the current), and a voltmeter. These instruments feed data into a data logger that stores all the data with an adjustable logging interval. HOBOWare was used as the software for the logger, and Microsoft Excel was used for the calculations for the exact values of amperes, volts, watts and kW/m². All the test measurements were attained in a laboratory in Arcada with an adjustable 1.2 kW solar simulator. The results do not match the exact conditions normal for a solar panel, but the experiment provides a clear picture of the unit, and the manner in which the whole system works in practice.</p>	
Keywords:	Solar panel, Logsystem, HOBOWare, Pyranometer, Transducer.
Number of pages:	38
Language:	Swedish
Date of acceptance:	

Förord

Detta examensarbete är initierat på Arcada av DI Kim Rancken. Arbetet är det andra i en serie inom forskningsprojektet Solpanelstöd jordvärme. Detta arbete har gett mig en omfattande kännedom om flera olika områden inom solpanelsystem, vilket har varit väldigt nyttigt och lärorikt.

Jag vill rikta ett tack till min handledare DI Kim Rancken och Harri Anukka som gjorde detta examensarbete möjligt.

Helsingfors xx.xx.2012

MICKE RANTANEN

Sammandrag/Abstract

Förord

Innehållsförteckning

Termer och beteckningar	<u>6</u>
Figurer och tabeller	<u>7</u>
1 Inledning.....	<u>8</u>
2 Solpanelsystem	<u>9</u>
2.1 Solpanelernas funktionsprincipen	<u>9</u>
2.2 Olika komponenter i systemet.....	<u>15</u>
3 Systemet i detta projekt	<u>18</u>
4 Testmätningar	<u>25</u>
4.1 Mätning i laboratoriemiljö	<u>25</u>
4.2 Skillnader mellan mätningarna och leverantörsdata	<u>28</u>
4.3 Tilläggs möjligheter.....	<u>28</u>
4.3 Förverkligande av solpanelprojektet.....	<u>30</u>
5 Utvecklingsperspektiv.....	<u>31</u>
6 Slutord	<u>32</u>
Källor.....	<u>34</u>

TERMER OCH BETECKNINGAR

<i>AC</i>	<i>Alternating Current, växelström, elektrisk ström vars riktning byts kontinuerligt.</i>
<i>DC</i>	<i>Direct Current, likström, elektrisk ström vars riktning inte byts.</i>
<i>Solcell</i>	<i>Även kallas fotovoltaisk cell. En solcell består av halvledarmaterial som fungerar som dioder och varje enskild cell ger upphov till en liten spänning.</i>
<i>Solenergi</i>	<i>Solenergi är den energi som kommer från solens strålning.</i>
<i>Solpanel</i>	<i>En solpanel är en samling av solceller som utgör en såkallad panel.</i>
<i>PV</i>	<i>Photovoltaic cell, solcell som producerar el.</i>
<i>Transducer</i>	<i>En transducer är en anordning som konverterar en form av energi till en annan. Kan användas som en givare.</i>

Figurer

Figur 1. Polykristallina solpanel.....	10
Figur 2. Monokristallina solpanel.....	10
Figur 3. Tunnfilmspanel monterat på ett hustak.....	10
Figur 4. Jämförelse av fotovoltaiska paneler och en spherical glass solar energy generator.....	12
Figur 5. Hur temperaturen påverkar solpanelens effekt.....	14
Figur 6. 50 W 12 V monokristallina panel.....	15
Figur 7. Laboratorie utrustning. Fotograf Micke Rantanen. Arcada 2012.....	15
Figur 8. Koppling av ackumulatorer.....	17
Figur 9. Start av HOBOWare.....	20
Figur 10. Olika filter i HOBOWare.....	22
Figur 11. Resultat i HOBOWare.....	23
Figur 12. Relation mellan strålning och effekt.....	27
Figur 13. Relation mellan ström och spänning.....	28
Figur 14. Bild av layouten för solpanelerna mot väster.....	30
Figur 15. ”Spherical glass solar energy generator”.....	31
Figur 16. Solpanelarrangemanget.....	33

1

Inledning

Solpaneler blir hela tiden mer populära, och med kontinuerlig forskning har man fått panelerna effektiva och relativt billiga. Uteffekten handlar mer sällan om solpanelens effektivitet; oftare är det fråga om hur mycket av strålningen som egentligen träffar panelen. Oftast ger tillverkaren gränsvärden för hur panelen borde installeras, i vilken vinkel och mot vilket väderstreck, men dessa gränsvärden brukar anges med 20 graders kast. Den optimala installeringsvinkeln och väderstrecket måste alltid bestämmas beroende på fastigheten där solpanelerna används, samt fastighetens omgivning.

Det bästa väderstrecket är relativt lätt att hitta, huvudsaken är att möjligast mycket solstrålning träffar panelen, utan skuggor av t.ex. träd och andra byggnader. Men att hitta den rätta vinkeln för panelen kan vara mera komplicerat. På vinkeln inverkar t.ex. om man använder solpanelen bara på sommaren eller året runt.

För att hitta rätt vinkel och plats för ett solpanelsystem har man i detta arbete byggt en enhet som mäter solstrålning och panelernas uteffekt med en justerbar tidsperiod. Enheten loggar mätvärden i en logger, varifrån man senare kan mata in alla värden i datorn via en USB-port och läsa strålningseffekten i kW/m^2 samt elektriska data som watt, volt och ampere.

Genom att mäta värden för olika vinklar och platser och jämföra dessa, kan man hitta det mest optimala stället att installera solpanelerna på. Om enheten lämnas installerad på solpanelen kan man få data från systemet i realtid och möjligtvis med lite vidareutveckling ska man kunna reglera solpanelsystemet på distans.

2

Solpanelsystem

För att få ett fungerande solpanelsystem är vissa komponenter nödvändiga. För det första behövs en eller flera solpaneler. Panelerna kan kopplas i serie/parallellt då man får högre spänning/ström. För att kunna lagra energin brukar man använda ackumulatörer, det finns inte ackumulatörer speciellt gjorda för solpanelsystem och den populäraste ackumulatortypen brukar vara blyackumulatör för dess billiga pris, men också andra typer kan lika bra användas. Också ledningar, laddningsregulator, central och olika delar för fästning behövs.

2.1 Solpanelernas funktionsprincip

Solcell

En solcell (också kallad för fotovoltaisk cell, PV) är en elektrisk anordning som omvandlar solens strålning till elektricitet. Solcellen är ett slags fotodiod som är konstruerad av två skikt kallade P-skikt och N-skikt. Skikten är byggda så att det fattas elektroner i P-skiktet medan det finns ett överskott av elektroner i N-skiktet. När en foton från solstrålningen träffar cellens P-skikt, ger den energi till elektronen som hamnar i det elektriska fältet mellan skikten och därifrån vidare till det positivt laddade N-skiktet därifrån man kan transportera energin vidare till en ackumulatör.

Dvs. fotoner från solljuset träffar solcellen. Elektroner lossnar från atomerna, vilket orsakar en elektrisk potentialskillnad. Ström börjar flöda och solcellen har omvandlat strålningsenergin till en DC-spänning.

Prototyper av solceller har byggts med en verkningsgrad på 41 procent, men hela solpaneler har en mindre verkningsgrad än enstaka solceller. /1/

Olika solpaneler

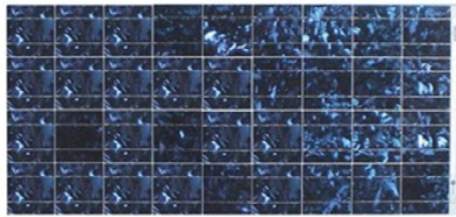
En solpanel är oftast byggd av 36 stycken seriekopplade solceller som åstadkommer en 12 volts DC spänning. Också AC-spänningar är möjliga med vissa solpaneler, men det är mera sällsynt. Solpanelerna kan kopplas både i serie och parallellt. Parallellkopplade paneler ger ut mera ström, och man brukar använda sådana på sommarstugor med 12 V

system, medan seriekopplade paneler ger ut mera spänning. Hur man kopplar panelerna har ingen inverkan på panelernas effektivitet, effektiviteten bestäms endast beroende på panelen och miljön (hur mycket solen strålar på panelen, hur högt panelens temperatur stiger och om det finns skuggor)

De mest populära solpanelerna på marknaden i dag är mono- eller polykristallina solpaneler. Uppbyggnaden brukar bestå av en aluminiumram, solceller av kisel, och själva panelytan är av något transparent material, oftast glas. Man försöker hela tiden utveckla paneler till effektivare, billigare, lättare och även elastiska.

På marknaden finns det tre huvudtyper för tillfället. Nere figurerna på alla tre huvudtyperna

- Polykristallina



Figur 1. Polykristallin solpanel. /F1/

- Monokristallina



Figur 2. Monokristallin solpanel. /F2/

- Amorfa solceller, tunnfilmspanel.



Figur 3. Tunnfilmspanel monterad på ett hustak. /F3/

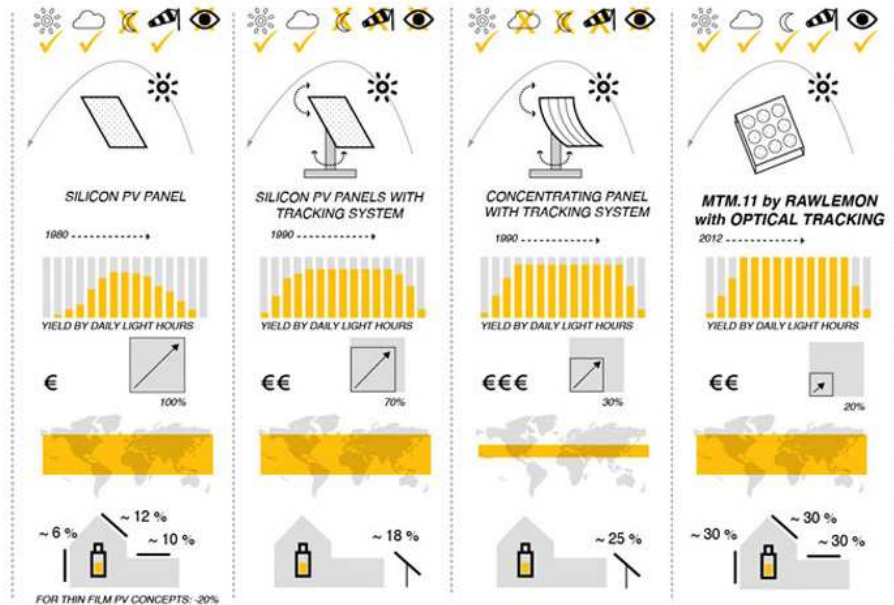
Polykristallina paneler känns lätt igen på den spräckliga blåa färgen och uppbyggnaden med block av flera kristaller. Den populäraste panelen på marknaden har en verkningsgrad runt 15 % och den har det lägsta priset på marknaden mätt i euro per watt. Polykristallina paneler kräver inte samma noggrannhet vid tillverkningen som monokristallina panelerna och är därför billigare, men lite sämre beträffande egenskaper och verkningsgrad.

Monokristallina solpaneler känner man igen på den jämna blå-svarta färgen. Största skillnaden mellan dessa två paneler är verkningsgraden vid sämre ljusförhållanden. På t.ex. molniga dagar har monokristallina paneler bättre egenskaper för att alstra energi. Båda väger ungefär lika mycket och används för samma ändamål. Båda paneltyperna kan användas i samma system om man vill optimera sin yta och få ut just den effekt man har planerat. /2/

Den tredje vanliga typen av solpaneler är tunnfilmspanelen, som är gjord av amorf kisel. Tunnfilmspanelen är böjbar och dess verkningsgrad ligger på 6-8 %. Tunnfilmspanelen har den stora fördelen att den kan tillverkas som böjbar och på så sätt följa t.ex. bilens, båtens eller husets former. Amorf celler utforskas mycket för tillfället på grund av deras låga pris och elastiska egenskaper. Forskningarna har redan kommit långt och man har fått upp till 50 % bättre resultat än med normala tunnfilmspaneler som kan köpas i butiken. Detta har man åstadkommit med en prototyp som delar solljuset i olika våglängdsområden och riktar strålningen med en viss våglängd till celler som är inställda på strålningens specifika våglängd. Tyvärr är det ännu bara laborationsprototyper, men framtiden för dessa ser intressant ut. /3/ /4/

En ny intressant teknik har utvecklats de senaste åren och heter ”spherical glass solar energy generator”. Det är i princip ett glasskal i form av en boll, fylld med vatten. När strålningen träffar bollen, förstärker den strålningen till en mindre yta och för den genom bollen till en solcell. Med hjälp av den geometriska strukturen som bollen har, har man fått 35 % effektivare resultat i förhållande till normala fotovoltaiska celler. Man har även omvandlat månsken till energi. Mera om ”spherical glass solar energy generator” kan läsas i kapitel 4. I figur 4 ser man hur effektiva olika paneler är under olika omständigheter. /5/

Figureerna anger hur effektiva polykristallina paneler, polykristallina paneler med solföljare, monokristallina paneler med solföljare och en "spherical glass solar energy generator" är och i hurdana omständigheter de fungerar mest effektivt.



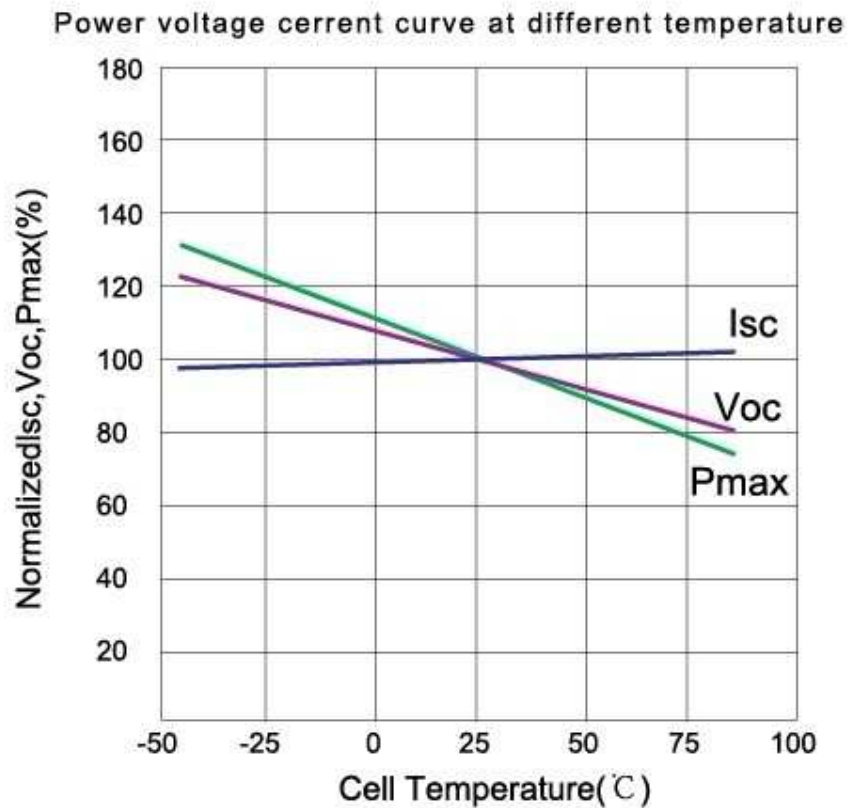
Figur 4. Jämförelse av fotovoltaiska paneler och en "spherical glass solar energy generator." /F4/

Solpanelsystem

Solenergi brukar vara något som man i Finland ofta antar som ett alternativ för sommarstugor där man vistas bara på somrarna, och består vanligen av ett 12 V ackumulatorsystem, vilket ofta är idealt eftersom stugor ofta inte är kopplade till stamnätet. Men att inte utnyttja den otroliga mängden gratis energi som solen ger oss också i det vardagliga livet, är dumt. Solstrålarnas effekt på jordytan är 170 000TW/6/, all energi kan inte utnyttjas men en betydligt större procent än för tillfället. Och den energi solen ger är gratis, utan föroreningar. Att producera el med solceller (PV) avger inga föroreningar, inga växthusgaser, och man använder inga ändliga fossila bränsleresurser. Energimässigt betalar panelens produktion sig tillbaka inom 1-4 år, beroende på panelen. /7/

Visst strålar solen mindre på Finlands yta jämfört med länder nära ekvatorn, men med hjälp av forskning har man redan utvecklat paneler med höga verkningsgrader och det börjar redan vara finansiellt nyttigt att skaffa solpanelsystem till vanliga bostadshus, i synnerhet när den globala uppvärmningen börjar vara mer och mer på tapeten så är all hjälp att utnyttja miljövänlig energi välkommen för vår planet. Och mera utforskas hela tiden med hjälp av stora företag som strävar efter att använda 100 % förnybar energi. Google, som ett exempel, har investerat 915 miljoner dollar (709,5 M €) på forskning inom förnybar energi, och använder förnybar energi för att driva över 30 % av sin verksamhet/8/. På grund av att Finland får mindre sol, är det viktigt att rikta solpanelerna rätt. Det finns solföljare som svänger panelen i samma takt som solen passerar himlen, men det brukar vara ganska dyrt. Bara genom att välja ett bra ställe och rikta panelen rätt kan man nå väldigt effektiva resultat. Paneltillverkarna brukar ge riktvärden för hur man borde rikta paneler, och brukar ligga kring 35 – 50 graders vertikal lutning. De kan inte ange specifika instruktioner därför att varje fastighet är unik. Solstrålningen varierar beroende på i vilket land man är, och var i landet man befinner sig. Betydelse har också i vilket väderstreck man installerar panelen (rakt mot söder brukar vara bäst) och om det finns skuggningar av andra hus eller träd. Det är beroende på fastigheten på vilket sätt och vilka vinklar som ger den mest optimala och effektiva lösningen. Därför byggs ett flyttbart system med vars hjälp man kan söka det rätta stället och rikta paneler i den mest ideala riktningen så att man kan få maximala nytta av systemet man använder. /9/

Höga temperaturer kan ha negativa effekter för solpaneler därför att man vill utnyttja själva solstrålningen, medan värmen bara gör panelen mindre effektiv. Paneler testas oftast i 25°C, och värdena på effektivitet och verkningsgrad anges på basis av den temperaturen. Men alltid när temperaturen når över 25°C ändras uteffekten. Här är vi i många fall t.o.m. i bättre position i Norden med svalare klimat, än i länder vid ekvatorn med hett klimat. Figur 5 visar på hur värmen påverkar panelens elektriska egenskaper.



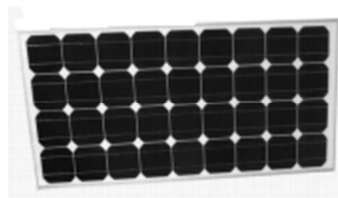
Figur 5. Hur temperaturen påverkar solpanelens effekt. /F5/

2.2

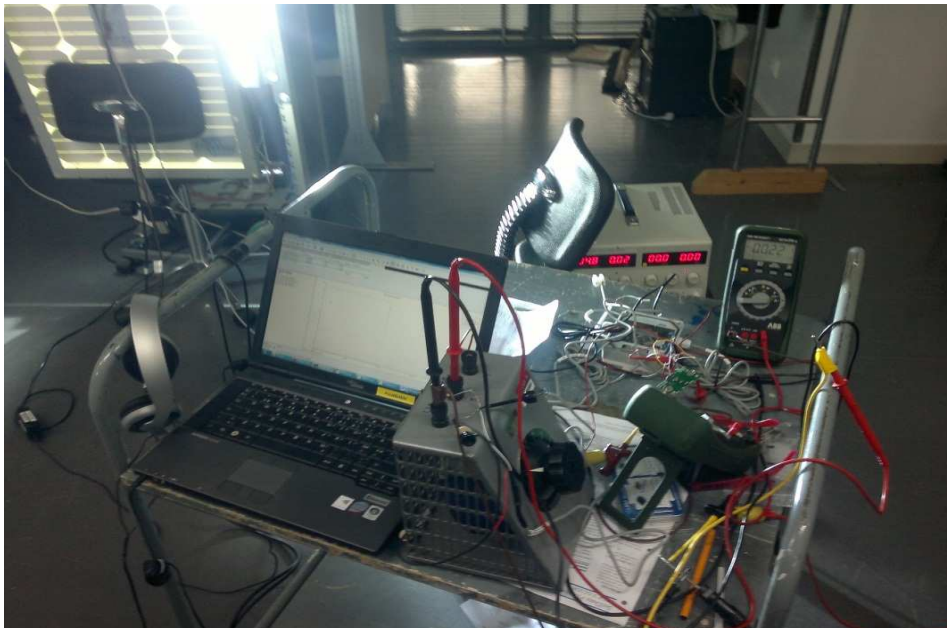
Olika komponenter i systemet

Solpanel

En solpanel är en samling av seriekopplade solceller som kan omvandla solens strålning till energi som kan lagras i ackumulatörer. Det finns olika slags solpaneler med egna för- och nackdelar. Man kan ha flera solpaneler i samma system för att göra det mera effektivt. Figur 6 visar den panel som användes i detta projekt. Figur 7 visar en helhetsbild av hela mätsystemet.



Figur 6. 50 W 12 V monokristallina panel som användes vid testmätningar./F6/



Figur 7. Laboratorieutrustning och mätning. /F7/

Laddningsregulator

Om man använder ackumulatorer behövs en kontrollerad laddning, detta sker med en laddningsregulator som begränsar laddnings hastighet och förhindrar överladdning, vilket sparar på batteriets livslängd och prestanda.

Akkumulatorer

När man använder energi från solen så måste man kunna lagra energin på ett eller annat sätt. Det gör man med ackumulatorer, eller i vardagligt språk batterier. En ackumulator är en kemisk spänningskälla som går att ur- och omladdas. Det finns många olika slags ackumulatorer, men det finns inte någon ackumulator som skulle vara byggd enbart för solpanelsystem och som skulle passa perfekt in i alla fastigheter. Därför måste man alltid, beroende på fastigheten, bestämma vilken ackumulator som vore den bästa. /10/ Det finns tre olika huvudtyper av ackumulatorer, som alla kan användas i ett solpanelsystem:

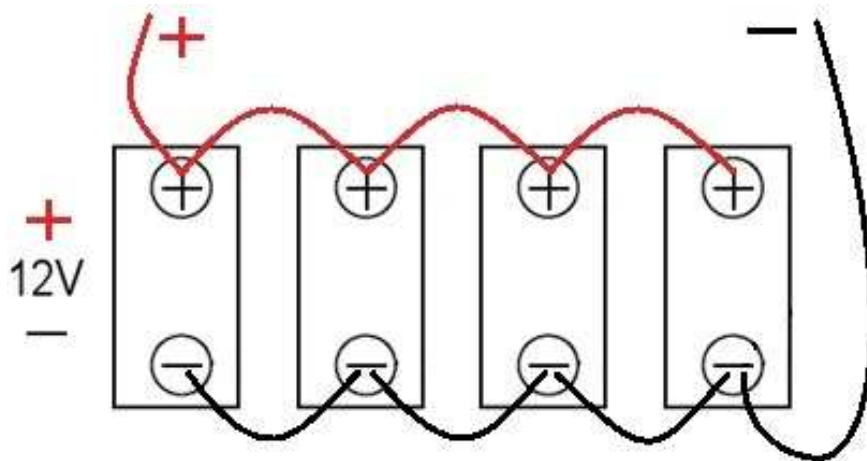
- Bly/Syra
- Gel
- AGM (Absorbent Glass Mat)

Blyackumulatören är den vanligaste ackumulatören i solpanelsystem tack vare dess billiga pris. Man måste tyvärr ändå kontinuerligt underhålla den, för den har vätska mellan blyplattorna inuti ackumulatören och det betyder också att man alltid måste placera den vertikalt på ett jämnt underlag så att den inte kan falla omkull eller läcka.

Gelackumulatören är mera tolerant för temperaturändringar, stötar och vibrationer. Eftersom ackumulatören inte har flytande syra i sig, kan man använda och montera gelackumulatören i alla positioner, även horisontellt. Det samma gäller för AGM-ackumulatören som inte heller innehåller flytande syror. En AGM-ackumulator har speciella glasullsmattor av mikrofiber mellan blyplattorna, vilket ger en ackumulator utan flytande syra. Både gel- och AGM-ackumulatorer är underhållsfria och läckagesäkra. /11/

I valet av ackumulator skall man ta vissa detaljer i beaktande. Man måste tänka på fastigheten, var och hur man kan installera ackumulatorerna och till ett hurudant system. Vanliga ackumulatorer har en nominell spänning på 6 V, 12 V eller 24 V. Ett batteri som tål djupurladdning och möjligast många laddningar är att föredra. Ackumulatören

borde också ha möjligast låg självurladdning för att få ett stabilt system och förlänga livslängden. Man bör också ha en laddningsregulator som skyddar ackumulatören mot överladdning och skyddar mot urladdning när ingen laddning förekommer från solpanelen. För att förlänga livslängden hos ackumulatorerna bör man installera dem korrekt, d.v.s. så att pluspolens ledning tas t.ex. från högra ackumulatören och vice versa för minus. Det är också bra att låta ackumulatorerna byta plats vartannat år så att de ”slits” jämnt. Figur 8 visar kopplingen.



Figur 8. Rätt sätt att koppla ackumulatorerna. /F8/

Inverter

En DC/AC inverter behövs om man vill omvandla likströmmen (DC) som solpanelen ger ut till växelström (AC). Växelström används i de flesta elapparaterna hemma, t.ex. kaffekokare, TV, telefonladdare, diskmaskin m.m. Efter att invertern har konverterat DC till AC kan alla dessa apparater användas normalt om effekten räcker till i solpanelen/ackumulatorerna.

Central

En liten centralbox kan behövas i ett solpanelsystem. Centralen kan visa hur laddade ackumulatorerna är och om solpanelen laddar för tillfället. Centralen kan förses med en ON/OFF-brytare, så att man kan stänga av systemet och vara säker på att inga apparater

blivit på om man inte själv är på plats. Fastän centralen inte ger ström vidare till apparaterna så kan man koppla solpanelen normalt direkt till ackumulatorerna som då alltid laddas. Centralen är inte nödvändig och om man vill att t.ex. kylskåpet alltid är på så kan man installera det direkt utan central.

3 Systemet i detta projekt

I systemet behövs anordningar som kan berätta hur starkt solen lyser mot panelerna, vad panelerna ger ut och ett loggsystem som kan spara mätresultaten samt skriva ut resultaten grafiskt.

3.1 Mätutrustning

Solens momentana effekt mot solpanelerna mäts med en pyranometer. Pyranometern som användes i detta arbete är av modellen Soldata 80spc, vars uppgift är att mäta den diffusa plus direkta strålningen. Pyranometern monteras i samma plan som solpanelerna, för att strålningen som träffar panelerna är av intresse. Pyranometern är färdigt kalibrerad när den skickas, dvs. kalibrationsfaktorn K är given med pyranometern. I detta fall har pyranometern ett K värde 148mV, motsvarande 1kW strålningseffekt per kvadratmeter.

Det betyder att när solens strålning S är t.ex. 1 kW/m^2 , som är ett typiskt värde på en solig eftermiddag, ger pyranometern en uteffekt på 148 mV. Och om uteffekten skulle vara 74mV, skulle strålningen då vara $0,5 \text{ kW/m}^2 = 500 \text{ W/m}^2$.

$$[S = U / K]$$

U är spänningen i millivolt och S är kW/m^2 .

Längden på pyranometers kabel har inte någon större inverkan och behöver inte tas i beaktande i mätningarna. Testmätningar har gjorts med upp till 30 meters kabel utan störningar. I projektets mätningar användes 1,9 meters kablar.

Pyranometern beställdes från Soldata Instruments som finns i Danmark. Från samma företag beställdes dataloggern och mjukvaran till loggern.

Som datalogger används HOBO U12-008, som är planerad för ute- och innebruk. Tillverkaren rekommenderar att användnings temperaturen borde vara mellan -20° och 70°C, om man vill ha data ut från loggern via USB porten så rekommenderar tillverkaren att man gör det mellan 0° och 50°C. Loggern har fyra portar till olika sensorer och ett 64-bytes minne dvs. man kan logga 43 000 12-bits händelser. Man kan logga t.ex. temperatur, spänning, lufttryck och luftens densitet. I detta projekt används loggern för att mäta solpanelernas uteffekt och solens strålning på panelerna. För att kunna koppla i olika sensorer behöver man rätt sorts kablar. Det finns fyra olika kabelalternativ som man kan använda med denna logger:

0-2.5Vdc (CABLE-2.5-STEREO)

0-5Vdc (CABLE-ADAP5)

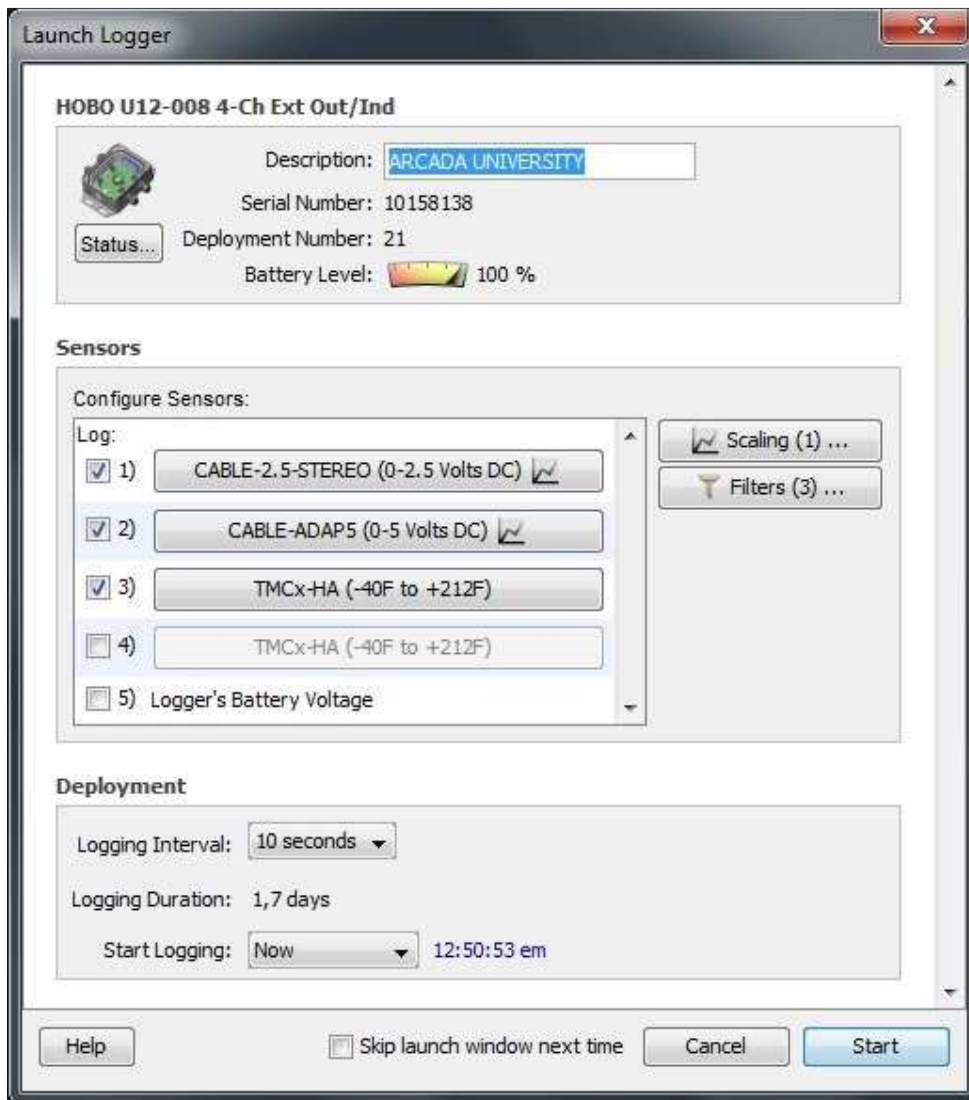
0-10Vdc (CABLE-ADAP10)

4-20 mA (CABLE-4-20MA)

I projektets mätningar används 2.5-STEREO-kabeln för pyranometern och ADAP5 och ADAP10 kablar för effektmätningarna. /12/ /13/

För att kunna få data ut ur loggern måste man ha mjukvara till datorn som kan läsa HOBO-loggern. HOBO U12-008 har en egen mjukvara, HOBOWare Pro som är ett relativt användarvänligt program. Man kan själv justera loggningsintervall och olika filter för vad man vill logga och hur det skall skalas.

Figur 9 visar fönstret i HOBOWare när man startar loggern.



Figur 9. Start av loggern. Skärmbild sådan HOBOWare ser ut då loggern startas. /F9/

Följande data visas eller kan bearbetas:

Description: Man kan skriva en beskrivning av loggningen man loggar med 40 tecken.

Denna beskrivning används som "default" filnamn.

Serialnumber: Loggerns serienummer

Deployment Number: Visar hur många gånger loggern har startats. Varje gång loggern startas, ökar numret med ett steg.

Battery Level: Visar loggerns batterinivå. Batteriet håller i ungefär ett år om loggningsintervallet är mera än 1/min. Extremt kalla eller heta temperaturer minskar batteriets livslängd.

Status: Med att klicka på Statusknappen ser man inställningarna som användes i förra loggningen, och det aktuella statuset för loggern.

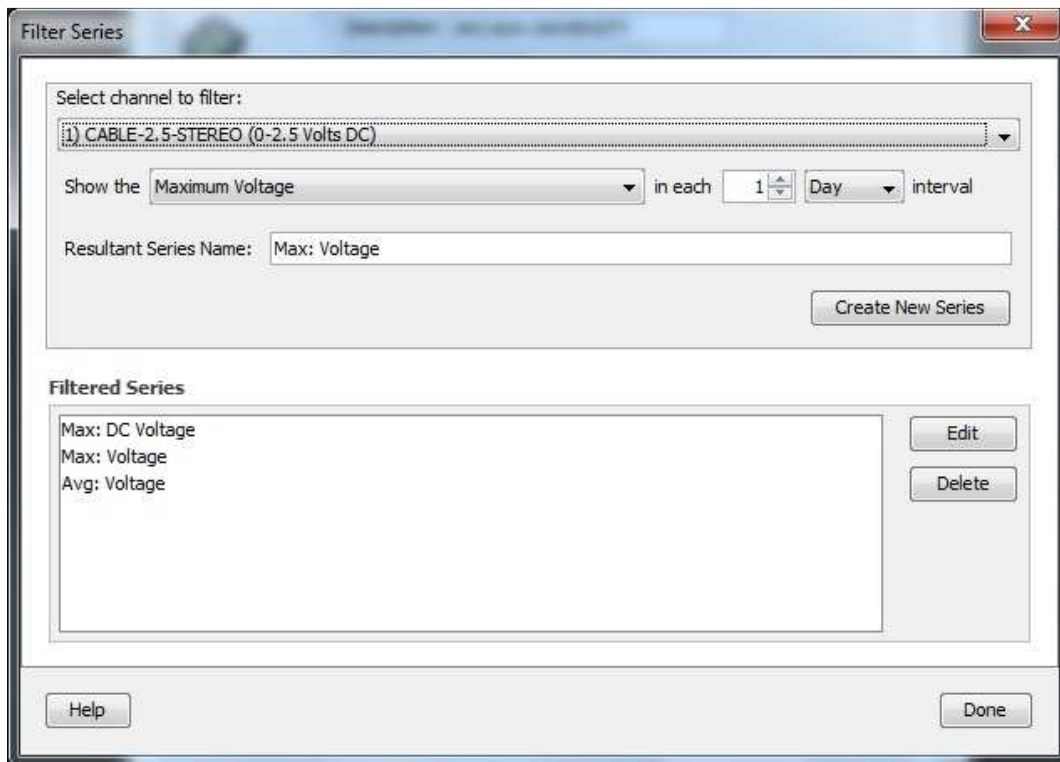
Sensors: Alla sensorer som är kopplade till loggern kan kopplas på eller av.

Scaling: Man kan skapa nya dataserier genom att kombinera uppgifter som registrerats av loggenheten. När man använder en Scaling från Launch Logger fönstret, är parameteruppsättningen sparad och tillämpas varje gång du läser loggern eller öppnar datafilen. Härledda data visas också när man kontrollerar de senaste värdena i statusfönstret

Filters: Skapa ytterligare filtrerade serier automatiskt när man plottar ut data, såsom maximi- minimi- och medelvärden. Figur 10 visar exempel på vissa filter som aktiverats.

Deployment:

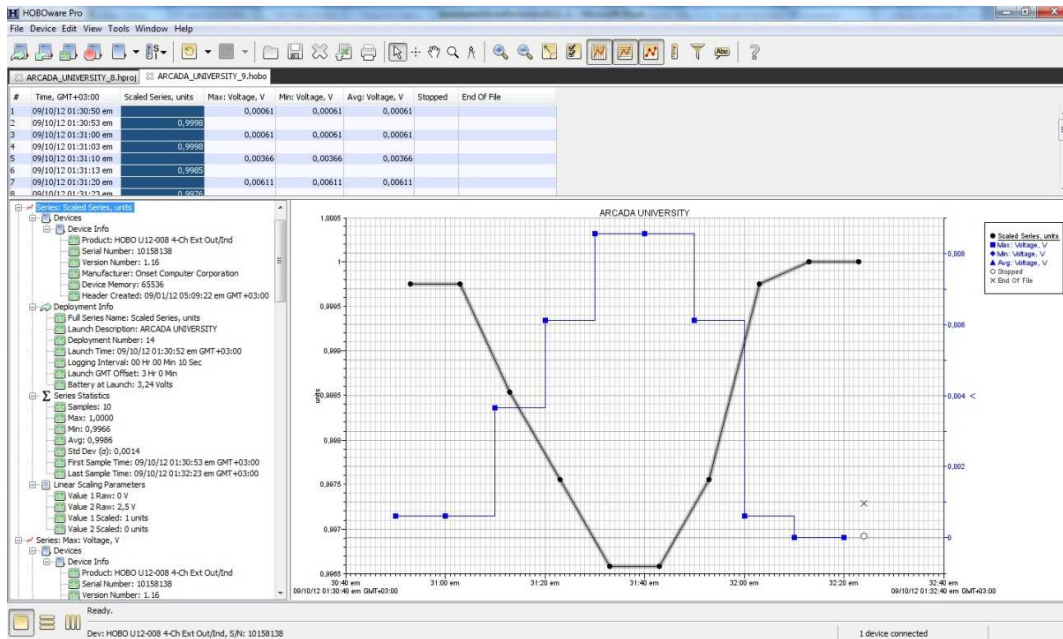
- **Logging Interval:** Välj hur ofta loggern registrerar data. Det finns förinställda intervall, eller så kan egna intervall anges. Det minsta loggningsintervallet är en sekund och maximala 18 timmar, 12 minuter och 15 sekunder. Ju kortare intervallet är, desto snabbare fylls minnet och desto mera förbrukas batteriet.
- **Logging Duration:** Anger den ungefärliga tiden det tar att fylla minnet, baserat på intervallet och valda sensorerna.
- **Start Logging:** Välj när loggern startas. Man kan välja att loggningen börjar Nu (now), vid en exakt intervall, vid tryck på en knapp (knappen är inne i loggern) eller på ett visst datum/tid.



Figur 10. Olika filter i HOBOWare./F10/

Automatiska filter som beräknar ytterligare värden kan skapas, såsom högsta, lägsta, medel- eller totalvärden för ett inställt intervall vid avläsning av loggern. Den filtrerade serien sparas som en extra serie i datafilen så att den alltid är tillgänglig när data används.

HOBOWare visar automatiskt resultaten och grafer av de mätningar man gjort (figur 11), men man kan exportera all data till excel-filer, så man kan göra graferna, skalorna och kalkylerna själv. Det kommer att göras också i det här projektet för att pyranometern ger ut bara uteffekten K, men man är intresserad också av strålningen S, som HOBOWare inte automatiskt kan räkna ut. Mera om detta behandlas senare.



Figur 11. Resultat som HOBOWare ger ut efter loggning. /F11/

Current transducer FHS 40-P, som används i det här projektet som en effektmätare, mäter solpanelens effekt och för data vidare till loggenheten som sparar skickade data för senare bruk. Med hjälp av denna transducer får man hela tiden veta hur många ampere solpanelen ger, dvs. hur mycket panelen laddar ackumulatörerna eller producerar effekt beroende på vad man använder panelen till. I serie med transducern kopplas också ett justerbart motstånd, som man kan simulera tomgång och stor belastning med. Transducern ger värdena som Volt, och manualen berättar att det typiska Current Sensitivity värdet är 36,3 mV/A. Men när man mätte sensitiviteten så visade det sig att rätta värdet är närmare 34 mV/A än 36,3 mV/A. Exakta värdet kunde tyvärr inte mätas, för mätutrustningen var inte så exakt. Den rätta sensitiviteten mättes genom att mäta nollpunkten, som är 1,474 V (när transducern är utan belastning, visar transducern 1,474 V). Medan panelen då ger exakt en volt, ger transducern ut 1,508 V. Differensen av dessa två tal är 34 mV. I projektets mätningar användes 34 mV sensitivitet./14/

För att veta hur många volt som panelen ger, användes tre resistorer. Solpanelen ger maximalt 22 V, och dataloggern kan motta (högst) 10 V med ADAP10 kabeln, som är

avsedd för 0-10 VDC. Därför måste man få ner spänningen från panelen. Först kopplades två 8 M Ω motstånd i serie, men alla mätresultat blev i mV-klassen. Det hände på grund av att ADAP10-kabeln hade en resistans på 20 k Ω , och den kopplades parallellt med motstånden, så spänningen sjönk alltför mycket för att man skulle ha fått noggranna mätningar. Saken ordnades genom att koppla två 20 k Ω :s och ett 40 k Ω :s motstånd i serie med varandra, och sedan koppla mätkabeln parallellt med 40 k Ω -motståndet. Detta fick spänningen att ungefär delas med fyra, så att med solpanelens spänning 19,719 V matas loggern med 4,535 V. Med hjälp av detta får man enkelt uträknat den riktiga spänningen med $4,535 * x = 19,719$. Detta är inte det exakta värdet som panelen ger i praktiken, för att värden ändras när panelens temperatur ändras, och med att använda optimala resistorer kan man få mera exakta värden. Optimala resistorer betyder att man får med panelens maximala 22 V exakt 10 V till loggern. Men med resistorerna som nu användes, kunde mätvärden kasta med ca 30 mV, som inte hade så stor betydelse i dessa mätningar. /15/

Efter att all data laddades till HOBOWare, exporterades resultaten till en excel-fil. I det här skedet tolkas all data som VDC. Detta måste konverteras till data som slutanvändaren kan läsa och förstå som panelens produktion dvs. volt, watt, ampere och kW/m².

4

Testmätningar

För att vara säker på att allting fungerar så som planerat måste alla komponenter testas skilt och ihop. På grund av testmätningarna kan man ännu göra ändringar i planerna före driftsättning. I slutliga testmätningarna får man också viktig data på hur komponenterna passar ihop, hur de fungerar och om något måste ändras. Det lönar sig att göra slutliga mätningar alltid i samma omgivning där användningen kommer att ske, men i detta projekt var det omöjligt, så allt testades i laboratoriemiljö.

4.1 Mätning i laboratoriemiljö

Alla mätningar som gjordes i detta projekt utfördes i laboratoriet på Arcada. Inget riktigt solsken användes och maximi strålningseffekt som uppnåddes var $0,820878378 \text{ kW/m}^2$. Strålningen kom från en Atlas 1,2 kW justerbar solsimulator. Panelen var ungefär en meter från simulatorn för att ge höga värden, som man manuellt fick lägre genom att sänka simulatorns effekt och täcka panelen. Det negativa med att ha panelen så nära simulatorn var att temperaturen på panytan var $35,6^\circ\text{C}$. Normalt mäts paneler i 25°C temperatur. Meningen med projektet var ändå inte att få maximivärden, utan att simulera att registersystemet och mätaren fungerar. I bilaga 1 ses hurdana mätvärden man uppnått. Tabellen är exporterad till en Excel-fil utgående från de data man inläst från loggern till HOBOWare.

Mjukvaran kan inställas att skapa Excel-filen alltid när man läser ut loggad data, men man kan inte få programmet att fylla en existerande Excel-fil för att kunna uppdatera resultat i realtid. För att få värdena i läsbar form för slutanvändaren, måste rätta värden räknas ut och dataformen ändras. Excel kan räkna själv allt man behöver få ut, men först måste man ändra alla punkter till kommatecken för att få Excel att förstå talen, och efter det ge ut formlerna som behövs. Formler som användes för att räkna var:

Pyranometern:

$$[(1000 * \text{värdet pyranometern ger})/148]$$

Råa data är i volt, och slutliga data vill man ha som kW, så talet multipliceras med 1000. Summan divideras med faktorn K som är given., och beskrivs i formeln $[S = U/K]$

Ström, A:

$$[(V - 1,474) * (1/0,034)]$$

V=Volt som loggern ger subtraheras med 1,474 som är nollpunkten. Den multipliceras med 1/0,034, där 0,034 är Transducerns "Current sensitivity".

Spänning, V:

$$\text{Spänning} * 4,3482$$

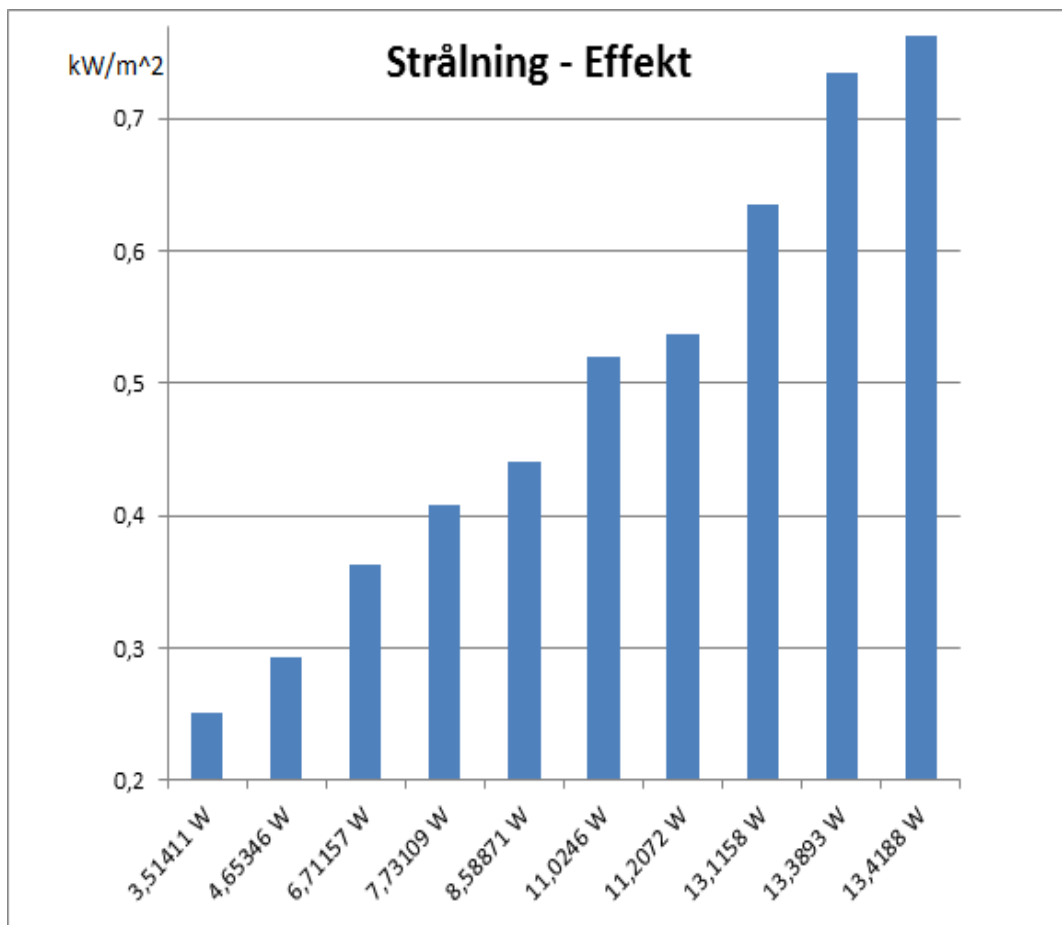
Spänningen måste multipliceras med 4,3482 för att spänningen sänktes för att ge ett lämpligt värde till loggern. Nu måste den höjas på nytt för att ge det rätta värdet.

Effekt, P:

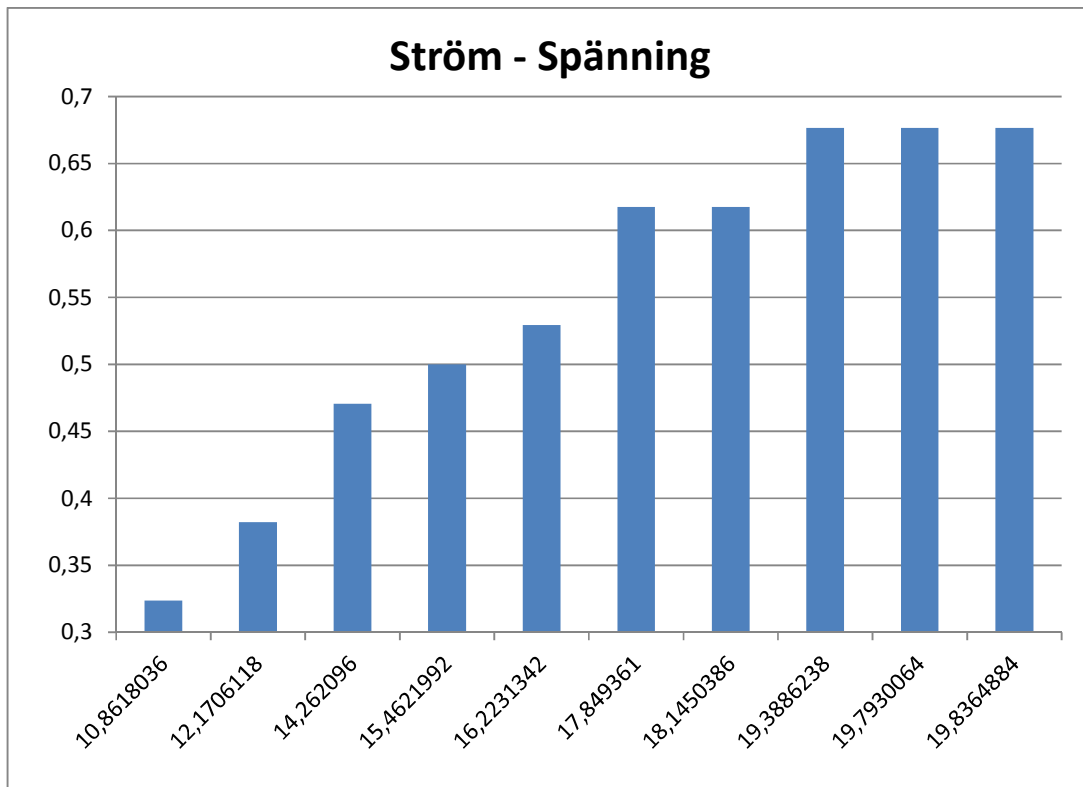
$$[P = U * I]$$

I de gjorda mätningarna anges spänning och ström. Med hjälp av dem kan effekten (W) räknas med effektlagen för likströmskretsen.

När man räknat ut de relevanta värdena med formlerna, kan man rita tabeller för slutanvändaren. Figur 12 visar relationen mellan strålning – effekt. Figur 13 visar relation mellan ström – spänning. Man kan ändra på vilka värden man vill använda och jämföra och tillsätta t.ex. klocktiden.



Figur 12. Relation mellan strålningen mot panelen och effekten som panelen ger. /F12/



Figur 13. Relation mellan ström och spänning som panelen ger. /F13/

4.2 Skillnader mellan mätningarna och leverantörsdata

Alla testmätningar gjordes vid samma temperatur och samma avstånd mellan solsimulatorens och panelen. Inga mätningar gjordes med riktig sol. Mätningarna gjordes endast för att testa registersystemet, så mätningar under realistiska omständigheter utfördes inte. Solpanelleverantören sänder med varje enhet ett testprotokoll var solpanelen testas och mäts i standard test konditioner dvs. 25 Celsius grader, 1000w/m². Testresultaten var inte exakt samma som leverantören hade fått som resultat, men omständigheterna var betydligt olika. Solpanelleverantörens testresultat som bilaga 3.

4.3 Tilläggs möjligheter

Mätutrustningen kan för tillfället logga fyra olika värden på grund av loggens fyra ingångsportar. I detta projekt användes tre portar för att mäta tre olika värden; strålning,

ström och spänning. Temperaturen hos panelen är också väldigt nyttig fakta, för om temperaturen överstiger 25°C så blir effekten mindre. Också olika effektmätare är nyttiga beroende på i hurdant system man använder solpanelen. Om man har ackumulatörer som laddas, är det bra att veta hur mycket panelen laddar ackumulatörerna och hur laddade de är. Om man värmer vatten med panelen kan man använda flera temperatursensorer och mäta vattnets temperatur så man vet när panelen är i bruk och hur effektivt systemet fungerar. I vidareutveckling av systemet kan man studera möjligheten att använda samma port för mera mätningar, t.ex. koppla flera pyranometrar i samma port. På detta sätt får man mera data från flera olika punkter och ökar mätningarnas noggrannhet.

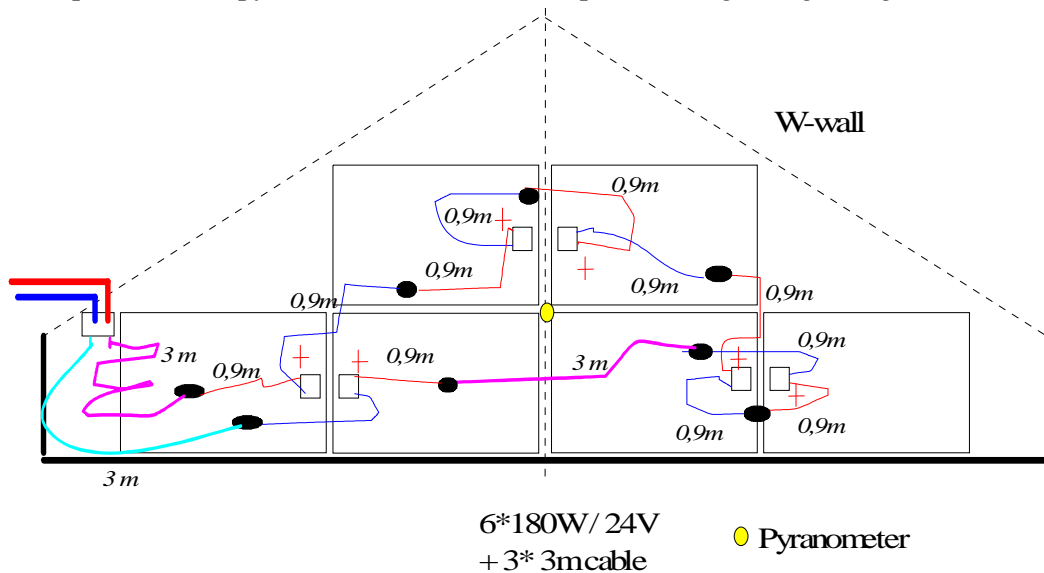
Loggern och pyranometern som används är vattentäta, men alla andra komponenter borde göras vattentäta för att ge ett behändigt loggningssystem som kan installeras i riktiga fastigheter. När man har hela loggningssystemet i ett kompakt, vattentätt skal, kan man använda det för att definiera den mest effektiva platsen, vinkeln och lutningen på solpaneler. Detta är mycket viktigt eftersom solpanelleverantörerna inte kan ange noggranna vinklar och lutningar hur man bör installera panelerna. För att nå de högsta verkningsgraderna måste man alltid beakta fastighetens egenskaper och omgivningen. Ändå kan man öka panelens verkningsgrad med många procent om man riktar panelerna rätt med rätt lutning. Med detta system kan man hitta den rätta platsen, vinkeln och lutningen inom några dagar.

Själva data som loggern ger ut till Excel är i volt, och de måste alltid ändras och räknas om för att ge rätta värden. Formlerna som använts är $[S = U/K]$ $[(V - 1,474) * (1/0,034)]$ $[P=U*I]$ och Excel-programmet gör uträkningarna snabbt och behändigt. Men all data måste först överföras manuellt vilket tar tid. Överföringen kunde även göras automatiskt, vilket betyder att om man kan ha en dator nära loggern, kan man få realtids data överfört från systemet via excel med färdiga formler t.ex. till en internet-sida, så resultat kan övervakas på distans. Med hjälp av övervakningssystemet kan ett system utvecklas där man kan reglera eller stänga av systemet via nätet om det inte behövs, och spara energi och förlänga solpanelsystemets livslängd.

4.4 Förverkligande av solpanelprojektet

Loggsystemet kommer att installeras i en fastighet med 6 stycken 180 W 24 V solpaneler som stöder ett jordvärmesystem. Loggsystemet loggar med en intervall på 1gång/dygn i ett år, och efter ett år får man bra data om hur loggsystemet fungerar, hur panelerna fungerar och fakta om användarvänligheten.

Själva systemet installeras i en fastighet där solpaneler används för att stöda ett jordvärme system. I fastigheten installeras 6stycken 180 W monokristallina solpaneler i väggen mot väster. Solpanelerna kommer att vara året om i samma vinkel och mot samma väderstreck. Loggsystemet från detta arbete kommer att installeras bakom dessa 6 solpaneler så att pyranometern är i mitten av panelearrangemanget (Figur 14).



Figur 14. Bild av layouten för solpanelerna mot väster. /F14/

En molnig höstdag i mitten av november, visade två seriekopplade paneler 38 V utan belastning. Data kommer att sparas året om, och därmed kommer också loggsystemet att testas under realistiska omständigheter. Efter testen får man mera data om användarvänlighet och resultat.

Också solpaneler utvecklas i snabbt tempo och blir populärare och effektivare. Men samtidigt som paneler utvecklas, utvecklas också andra metoder med vilka man kan ta tillvara solens energi. Andre Rawlemon har utvecklat och designat en "spherical glass solar energy generator", i princip en glasboll fylld med vatten som kan effektivt ta tillvara solens energi. Med hjälp av en boll-lins och den geometriska strukturen har man fått "bollen" 35 % effektivare än normala fotovoltaiska celler. Även månskenet kan omvandlas till energi. Anordningen är även snygg och stilig, så man har försökt tillämpa och planera nya byggnader som använder bollen till energi./16/



Figur 15. Prototyp av en "spherical glass solar energy generator" /F15/

Detta examensarbete har varit mycket givande och lärorikt att arbeta med. Innan arbetet påbörjades, började man med att läsa allmänt om solpanelsystem, och kontaktades till olika leverantörer för att samla ihop information om hur olika loggssystem har genomförts, eller kan genomföras för solpanelsystem. Ganska lite information fanns färdigt, och det verkade som om liknande studier inte har utförts. Mest information fick man från Soldata som säljer loggssystem. Efter att man hade fått en klar bild om vad som skulle mätas och ungefär hur, började man undersöka olika alternativ för komponenterna. Soldata verkade ha alla komponenter för loggern som behövdes, och de gav bra support i alla frågorna som kom upp, så loggern, pyranometern och mjukvaran beställdes från Soldata. Efter att loggern hade beställts började man undersöka med vilka komponenter och metoder man kunde kan mäta watt, volt och ampere. Loggern kopplades till datorn och sedan började man studera hur mjukvaran fungerar. Det tog ganska länge att få allt att fungera så som planerat och data ut till Excel.

Efter att komponenterna anlönt, testades att allt fungerar innan något kopplades till loggern. Laborationsingenjör Harri Anukkas hjälp var ovärderlig i det här skedet. När allt hade testats och det verkade som om loggern fungerade bra med alla komponenter började andra steget, testmätningen. Till att utföra mätningarna användes först en tunnfilmspanel för båt bruk. Tunnfilmspanelens kontakter var tyvärr sönder och mätresultaten kastade för mycket. Fastigheten som denna loggern kommer till sist och slut att testas i, har alla sina paneler beställda från Victron, så därifrån fick man låna en testpanel. Därför utfördes alla testmätningar med en 50 W 12 V monokristallin panel.

Det andra skedet av arbetet gick ut på att testa loggern med olika strålningsvärden. Tyvärr var det höst och solen var för det mesta i gömman bakom tjocka moln, så alla testmätningar gjordes i Arcadas laboratorium med en 1200 W solsimulator. Solpanelen placerades cirka 1 meter från simulatorm att få så effektiva värden som möjligt för att få klara test resultat. Alla testmätningar utfördes utan problem och data kunde analyseras och omvandlas till en användarvänlig form.

Fastigheten där projektet kommer att testas har kommit så långt att 6 stycken paneler har monterats på en vägg till väster, lika som figur 14 och 16 visar. Vid testmätningar visade voltmätaren 135 V med tomgående paneler i helmulet väder, och med lite solstrålning vinkelrätt från söder upp till 230 V. Panelerna fungerar alltså utmärkt och fastigheten kommer att vara en mycket bra omgivning för testande av loggsystemet.



Figur 16. Solpanelearrangemanget. /F16/

Detta projekt ger en bra grund för vidare utveckling. I fortsättningen kan man göra största delen av loggningen automatiskt och med hjälp av automationen reglera sitt solpanelsystem på avstånd och få realtids data från systemet.

Källor

- /1/ Smartplanet – world's most efficient solar panel [www-sida] [hämtad 14.9.2012]
<http://www.smartplanet.com/blog/intelligent-energy/breakthrough-worlds-most-efficient-solar-panel/12800>
- /2/ How solar works – Different types of solar panels [www-sida] [hämtad 14.9.2012]
<http://howsolarworks.1bog.org/different-types-of-solar-panels/>
- /3/ Solarcentury – Very high efficient solar cells [www-sida] [hämtad 14.9.2012]
<http://www.solarcentury.co.uk/wiki-content/very-high-efficient-solar-cells/>
- /4/ Skaffa solcell – olika typer av solceller [www-sida] [hämtad 14.9.2012]
<http://skaffasolcell.se/index.php/olika-typer-av-solceller/>
- /5/ Discovery – Giant marbel harvest energy from sun and moon [www-sida] [hämtad 19.10.2012]
<http://news.discovery.com/tech/rawlemon-globe-harvests-energy-sun-moon-120918.html#mkcpgn=fbsci1>
- /6/ Energiateollisuus – Aurinkoenergia [www-sida] [hämtad 14.9.2012]
<http://energia.fi/energia-ja-ymparisto/energialahteet/aurinkoenergia>
- /7/ LTGovernors – Investing in solar energy [www-sida] [hämtad 13.9.2012]
<http://energy.ltgovernors.com/investing-in-solar-electricity-whats-the-payback.html>
- /8/ Google Green – Better for the environment [www-sida] [hämtad 14.9.2012]
<http://www.google.fi/green/>
- /9/ Solelprogrammet – solcellsteknik [www-sida] [hämtad 14.9.2012]
<http://www.solelprogrammet.se/Om-solcellstekniken1/>
- /10/ Akkupojat – Akut [www-sida] [hämtad 14.9.2012]
<http://www.akkupojat.fi/index.php/site/aurinkopaneelit/akut-3>
- /11/ Morelius, John. 2011, *Verkningsgradsanalys över mobile tillämpningars ackumulatorer*, Examensarbete, Helsingfors: Arcada, Elektroteknik.

/12/ Soldata – HOBO U12-008 Datalogger [www-pdf] [hämtad 10.10.2012]

<http://www.soldata.dk/PDF-NYE/U12-008-Datalogger.pdf>

/13/ Onset – HOBO U12-008 [www-sida] [hämtad 10.10.2012]

<http://www.onsetcomp.com/data-sheet.php?n=2252>

/14/ LEM – Userguide for FHS 40-P Current Transducer [www-pdf] [hämtad 5.10.2012]

<http://www.lem.com/docs/manuals/KIT%205%20FHS%2040-P.pdf>

/15/ Anukka, Harri. 2012, *Diskussion om voltmätaren i examensarbetet* [muntl.].
Transkriberad och bifogad till detta arbete. 10.10.2012.

/16/ Rawlemon – Micro tracking module [www-sida] [hämtad 19.10.2012]

<http://www.rawlemon.com/news2012.html>

/_/ Environmental knowledge for change – Natural climate variations [www-sida]
[hämtad 13.9.2012] http://www.grida.no/publications/other/ipcc_tar/

Figurkällor

Figur 1. Polykristallina solpanel [www-sida] [hämtad 10.12.2012]

<http://www.ricsolar.com/images/p7/PY140WP%20Polycrystalline%20Silicon%20Photo%20voltaic%20Modules%2002.jpg>

Figur 2 Monokristalina solpanel [www-sida] [hämtad 10.12.2012]

<http://howsolarworks.1bog.org/files/2010/04/monocrystalline-silicon-solar-panels-3.jpg>

Figur 3. Tunnsfilms solpanel [www-sida] [hämtad 12.12.2012]

<http://howsolarworks.1bog.org/files/2010/04/solar-shingles.jpg>

Figur 4. Designboom – Spherical glass solar energy generator [www-sida] [hämtad 19.10.2012]

<http://www.designboom.com/weblog/cat/16/view/23214/spherical-glass-solar-energy-generator-by-rawlemon.html>

Figur 5. Hur temperaturen påverkar solpanelens effekt. [www-sida] [hämtad 5.11.2012]

<http://www.chnland.com/images/asdf71.jpg>

Figur 6. Auto-mate – Solar panels [www-sida] [hämtad 5.11.2012]

<http://www.auto-mate.org.uk/images/ww/solar%2080w%20solid.jpg>

Figur 7. Lab utrustning. Fotograf Micke Rantanen. Arcada 2012.

Figur 8. Koppling av ackumulatorer. Illustrerat av Micke Rantanen.

Figur 9. Vid start av loggern kan man se denna information.

Figur 10. Olika filter i HOBOWare.

Figur 11. Resultat som HOBOWare ger ut efter loggning

Figur 12. Relation mellan strålningen på panelen och effekten som panelen ger

Figur 13. Relation mellan ström och spänning som panelen ger.

Figur 14. Layouten av solpanelerna i fastigheten. Illustrerat av Kim Rancken.

Figur 15. Designboom – Spherical glass solar energy generator [www-sida] [hämtad 19.10.2012]

<http://www.designboom.com/weblog/cat/16/view/23214/spherical-glass-solar-energy-generator-by-rawlemon.html>

Bilagor

Bilaga 1.

Efter att mätningen gjorts och registrerats till HOBOWare, exporteras data till excel. Data som exporterades till excel:

Date Time, GMT+03:00	Avg: Voltage, V	Avg: DC Current, V	Avg: DC Voltage, V
09/28/12 03:15:10	0.12149	1.477	4.549
09/28/12 03:15:20	0.12088	1.479	4.535
09/28/12 03:15:30	0.12088	1.480	4.510
09/28/12 03:15:40	0.12027	1.482	4.481
09/28/12 03:15:50	0.12149	1.487	4.435
09/28/12 03:16:00	0.12088	1.497	4.293
09/28/12 03:16:10	0.12088	1.510	3.949
09/28/12 03:16:20	0.12088	1.514	2.947
09/28/12 03:16:30	0.12149	1.515	2.828
09/28/12 03:16:40	0.12088	1.515	2.808
09/28/12 03:16:50	0.12149	1.516	2.396
09/28/12 03:17:00	0.12088	1.518	1.458
09/28/12 03:17:10	0.12088	1.520	0.400
09/28/12 03:17:20	0.12149	1.520	0.085
09/28/12 03:17:30	0.09768	1.512	0.071
09/28/12 03:17:40	0.06777	1.502	0.054

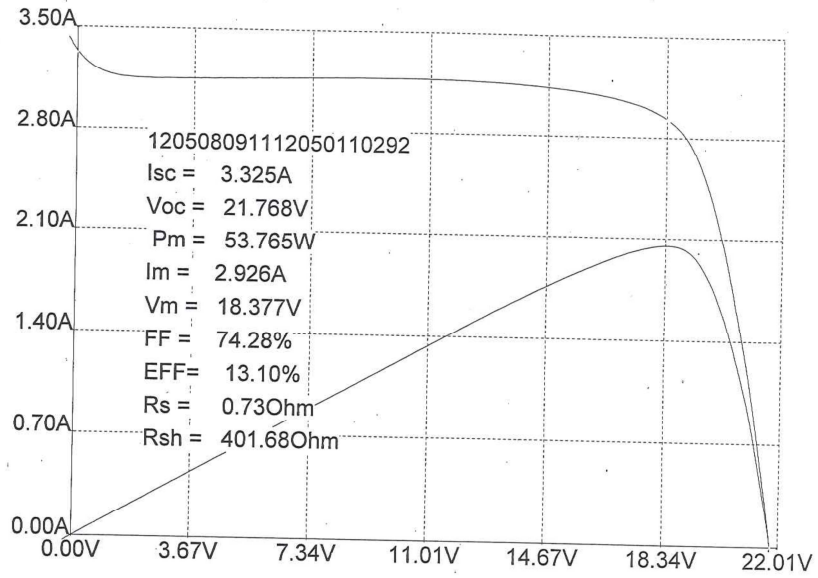
Bilaga 2.

Slutliga resultatet för slutanvändaren:

Data för slutanvändaren:	Solens Strålning(kW/m²):	Ström (A):
Date Time, GMT+03:00	Formel: (1000 * Pyranometern)/148	Formel: (ström -1,474)*(1/0,034)
09/28/12 03:15:10 em	0,820878378	0,088235294
09/28/12 03:15:20 em	0,816756757	0,147058824
09/28/12 03:15:30 em	0,816756757	0,176470588
09/28/12 03:15:40 em	0,812635135	0,235294118
09/28/12 03:15:50 em	0,820878378	0,382352941
09/28/12 03:16:00 em	0,816756757	0,676470588
09/28/12 03:16:10 em	0,816756757	1,058823529
09/28/12 03:16:20 em	0,816756757	1,176470588
09/28/12 03:16:30 em	0,820878378	1,205882353
09/28/12 03:16:40 em	0,816756757	1,205882353
09/28/12 03:16:50 em	0,820878378	1,235294118
09/28/12 03:17:00 em	0,816756757	1,294117647
09/28/12 03:17:10 em	0,816756757	1,352941176
09/28/12 03:17:20 em	0,820878378	1,352941176
09/28/12 03:17:30 em	0,66	1,117647059
09/28/12 03:17:40 em	0,457905405	0,823529412

Spänning (V):	Effekt (W):
Formel: Spänning * 4,3482	Formel: P=U*I
19,7799618	1,745290747
19,719087	2,899865735
19,610382	3,460655647
19,4842842	4,584537459
19,284267	7,373396206
18,6668226	12,62755646
17,1710418	18,18110308
12,8141454	15,07546518
12,2967096	14,82838511
12,2097456	14,72351675
10,4182872	12,86964889
6,3396756	8,204286071
1,73928	2,353143529
0,369597	0,500043
0,3087222	0,345042459
0,2348028	0,193367012

Electrical performance of solar module



STC: 1000w/m² AM 1.5 25°C

Produce Date: 2012-05-25

Test Date: 2012-05-25