

SoIEI 00-02

**Konferensbevakning
1st International Conference on Solar
Electric Concentrators
och
29th IEEE Photovoltaic Specialists
Conference**

Elforsk rapport 02:35

SoIEI 00-02

**Konferensbevakning
1st International Conference on Solar
Electric Concentrators
och
29th IEEE Photovoltaic Specialists
Conference**

Elforsk rapport 02:35

SoIEI 00-02

Konferensbevakning 1st International Conference on Solar Electric Concentrators och 29th IEEE Photovoltaic Specialists Conference

Maria Brogren

Institutionen för Materialvetenskap, Uppsala universitet
och Program Energisystem



Energimyndigheten

ELFORSK



AI-företagen, energiföretag via Elforsk, Energimyndigheten,
Formas, Svenska Byggbranschens utvecklingsfond och White
Arkitekter finansierar SoIEI 00-02.

Sammanfattning

På uppdrag av Elforsk bevakade Maria Brogren från Program Energisystem och Institutionen för Materialvetenskap vid Uppsala universitet konferenserna 1st International Conference on Solar Electric Concentrators (ICSEC) den 20 maj 2002 och 29th IEEE Photovoltaic Specialists Conference (PVSC) den 21–24 maj 2002. Båda konferenserna hölls på Hyatt Regency Hotel i New Orleans, Louisiana, USA. Rapporten från konferenserna fokuserar på systemaspekter av solceller och främst på koncentrerande solcellssystem. Rapporten är författad av Maria Brogren.

ICSEC

Det var första gången en särskild konferens om koncentrerande solcellssystem (CPV) genomfördes. I ICSEC deltog ca 70 personer, varav ca hälften från USA. Dagen var mycket intressant och givande. Det var tydligt att det finns ett stort behov bland dem som arbetar med koncentrerande solcellssystem att få träffas och utbyta erfarenheter. Något datum för en eventuell nästa ICSEC är dock inte fastställt. Höjdpunkter från ICSEC var bland annat ett föredrag om de koncentrerande solenergisystemens historia och postersessionen där vitt skilda koncept för CPV presenterades. Det var system med fresnellinser eller reflektorer, som var stationära eller solföljande kring en eller två axlar, kylda eller okylda och med geometriska koncentrationsfaktorer på från 3 till 400 gånger. Dagen avslutades med en debatt om hinder och möjligheter för CPV. Behovet av standarder för koncentratorsystem poängterades.

PVSC

Den amerikanska solcellskonferensen IEEE Photovoltaic Specialists Conference genomfördes för tjugonionde gången och det var andra gången den hölls i New Orleans. I konferensen deltog över 860 personer, varav ca 90 var utställare och 778 var forskare från olika universitet eller solcells företag. 38 länder fanns representerade på konferensen och representanter för 28 av dessa länder presenterade vetenskapliga bidrag. 40 % av delegaterna var från USA, 11 % från Japan, 8 % från Tyskland och 3 % från Storbritannien. PVSC genomfördes med s k plenary sessions på morgnarna och sedan i tre parallella sessioner (oral sessions och poster sessions) med mycket stor bredd där föredrag och posters täckte in hela solcellsområdet. Utöver plenary sessions hölls 175 muntliga presentationer och 233 posterpresentationer. Postrarna presenterades först muntligt helt kort sedan följde samtal kring postrarna i utställningslokalen. Det var fler vetenskapliga bidrag om system än någonsin på en IEEE-konferens om solceller. En fördubbling av antalet bidrag om systemaspekter nämndes. Att man gått från forskning främst på komponenter till forskning på hela system ses som ett tecken på att solcellsbranschen mognat. Det tekniska programmet var indelat i följande fem områden:

1. Kristallint kisel
2. Polykristallina tunnfilmer av sammansatta material
3. Koncentratorer, celler och system för rymdtillämpningar, samt III-V-halvledare
4. Amorft och mikrokristallint kisel, nanostrukturerade material, samt andra nya solcellsmaterial
5. System, tillämpningar och tillförlitlighet

Innehållsförteckning

1	1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOLAR ELECTRIC CONCENTRATORS	1
1.1	ALLMÄNT OM KONFERENSEN	1
1.2	DRIVKRAFTER BAKOM UTVECKLINGEN AV KONCENTRERANDE SOLCELLSYSTEM	1
1.3	EXEMPEL PÅ KONCENTRERANDE SYSTEM.....	3
1.4	CELLER FÖR KONCENTRERANDE SYSTEM.....	4
1.5	FORSKNINGSPROGRAM OCH CERTIFIERING AV SYSTEM	5
1.6	MÖJLIGHETER OCH HINDER FÖR CPV	6
1.7	IEEE-STANDARD FÖR SOLFÖLJARE	7
1.8	REFERENSSPEKTRUM FÖR KONCENTRATORSYSTEM	8
1.9	IEC-STANDARD FÖR KONCENTRERANDE SYSTEM	8
1.9.1	<i>Medlemmar i IEC TC82 WG7.....</i>	<i>9</i>
2	29TH IEEE PHOTOVOLTAIC SPECIALISTS CONFERENCE.....	10
2.1	ALLMÄNT OM KONFERENSEN	10
2.2	OPTIMERING AV SYSTEM.....	10
2.3	EXEMPEL PÅ SYSTEM.....	11
2.4	BOS-KOMPONENTER	11
2.5	BYGGNADSINTEGRERADE SOLCELLER.....	12
2.6	SIMULERINGSPROGRAM	13
2.7	SPECIALTILLÄMPNINGAR	13
2.8	CELLER OCH MODULER AV AMORFT KISEL	13
2.9	KRISTALLINA KISELCELLER – MARKNAD OCH TILLVERKNINGSKOSTNADER.....	15
2.10	ANDRA MATERIAL	15
2.10.1	<i>Organiska solceller.....</i>	<i>15</i>
2.10.2	<i>CIGS och CdTe</i>	<i>15</i>
2.10.3	<i>Transparenta ledare.....</i>	<i>16</i>
2.11	SOCIO-TEKNISKA ASPEKTER AV SOLCELLER	16
2.11.1	<i>Nationella program</i>	<i>16</i>
2.11.2	<i>Ekonomisk och social hållbarhet.....</i>	<i>16</i>
3	KOMMANDE KONFERENSER	18
4	FIGURER.....	19

1 1st International Conference on Solar Electric Concentrators

1.1 Allmänt om konferensen

Dagen inleddes med en välkomsthälsning av Robert McConnell, NREL, USA. Egentligen skulle 1st International Conference on Solar Electric Concentrators (ICSEC) ha hållits i Spanien hösten 2001 med National Renewable Energy Laboratory (NREL) i Golden, Colorado, USA, som organisatör, men efter händelserna den 11 september fick de ansvariga på NREL flygförbud under resten av året och konferensen lades därför måndagen den 20 maj, i samband med 29th PVSC försommaren 2002.

Det fanns möjlighet att lämna in artiklar för publicering i någon form av proceedings som kommer att distribueras till deltagarna i konferensen.

I ICSEC deltog ca 70 delegater. Det var en mycket intressant konferens. Det kändes att det finns ett stort behov bland dem som arbetar med koncentrerande solcellssystem att få träffas och utbyta erfarenheter. Något datum för en eventuell nästa ICSEC är dock inte fastställt.

1.2 Drivkrafter bakom utvecklingen av koncentrerande solcellssystem

Richard Swanson från SunPower talade om "Perspectives on the Past, Present, and Future of Concentrating PV". Det har nu gått 27 år sedan det hölls ett möte om koncentrerande solcellssystem (CPV) i Sandia, New Mexico, USA. Mötet 1975 var upptakten till ett amerikanskt forsknings- och utvecklingsprogram, Concentrating PhotoVoltaics.

År 1975 kostade elektronikkisel \$280 per kilo. Det höga priset på kisel innebar att förutsättningarna var goda för system som koncentrerar ljuset på solcellerna med hjälp av speglar eller linser och på så vis ger mer el från samma (dyra) solcellsyta. Idag är förutsättningarna sämre för CPV. Elektronikkisel kostar \$22 per kilo och prognosen pekar på \$12 per kilo år 2010 eftersom produktionsvolymerna fortsätter att öka. Ett mål man satte upp 1975 var att komma ner till \$1/W_p för el från CPV till 1983. Detta mål har ännu inte nåtts men entusiasmen är fortfarande stor, liksom tron på CPV för storskalig elproduktion. Det som kommer att driva kostnadsreduktionen för solcellsel är enligt Swanson ökad produktion av s k solar grade kisel (SG-Si), högre verkningsgrad på celler, större produktionsvolym, bättre tillverkningsprocesser och högre grad av automatisering.

Storskalig (200MW_p–1GW_p)¹ demonstration av CPV skulle kunna reducera elproduktionskostnaden till totalt 5–6 amerikanska cent per kWh, men detta kräver stora investeringar i produktionskapacitet. För likspänningssystem kan systemkostnaden pressas till under \$1.5 per W_p till år 2010 men detta kräver en miljard amerikanska

¹ W_p betyder watt topp effekt och är den nominella effekten (märkeffekten) som en cell eller modul ger vid en solinstrålning på 1000 W per kvadratmeter och en celltemperatur på 25 grader Celsius.

dollar i investeringar. Priset på så kallade BOS-komponenter² (växelriktare, maxeffektföljare, m m) måste dock sänkas drastiskt innan växelströmsproduktion kan bli lika billig. I dagsläget kostar solcellsel ca \$2 per W_p för själva solcellsmodulen och ytterligare \$4 per W_p för installation, eventuella stativ, samt BOS-komponenter.

Robert McConnell från NREL talade om viktiga frågor rörande tillverkning och tillförlitlighet som påverkar en eventuell storskalig användning av CPV. Det finns enligt McConnell tre kriterier som energiteknologier måste uppfylla:

- Hög prestanda
- Tillförlitlighet
- Kostnadseffektivitet

Vad gäller prestanda så har CPV högre prestanda (verkningsgrad) än plana solcellsmoduler. Vidare är koncentrerande system de enda som fullt ut kan utnyttja fördelarna med de nya högprestandasolcellerna. Vad gäller tillförlitligheten så är det viktigt med standarder och tester. Detta betonades även av Vahan Garboushian från Amonix. Standarder är särskilt viktiga för en ny teknologi som CPV för att undvika att det kommer ut system med dålig prestanda på marknaden som kan förstöra CPVs rykte. I maj 2001 kom den första IEEE standarden för koncentratorsystem och en internationell standard håller på att tas fram av IEC (se avsnitt 1.9).

Vad gäller att sänka kostnaden för solcellsel så är tillverkningsprocessen viktigast enligt McConnell. Han håller dock med Swanson om att det behövs demonstrationsprogram. De faktorer som hämmar marknadens tillväxt är enligt McConnell brist på investeringsvilligt kapital, låg efterfrågan (systemen måste fylla ett behov), utformningen av miljöpolicy, t ex gröna certifikat och dylikt, små statliga investeringar och en infrastruktur som är dåligt anpassad för solcellssystem.

Antonio Luque, Instituto de Energia Solar, presenterade en teori om solcellsmarknadens exponentiella tillväxt, som han publicerat i *Progress in Photovoltaics* (9) 2001, p. 303. Enligt Luque är lärhastigheten (learning rate, LR) för solceller:

$$LR = \frac{P_2}{P_1} = 2^{-0.277} = 0.8$$

Detta innebär att kostnaden minskar till 80% då den ackumulerade produktionen fördubblas. Detta skulle innebära att solcellsel inte kommer att vara konkurrenskraftigt med dagens elproduktionsteknologier ens om 50 år, om det inte sker ett teknikgenombrott på solcellssidan, solcellsproducenterna växer (till storlek och antal) snabbare än beräknat eller elen från konventionella energikällor blir förhållandevis dyrare. Luque pratade också om priselasticitet och sade att den inte är konstant över tiden. Sammanfattningsvis trodde Luque ändå att solcellsindustrin kommer att vara stor om tio år och att han tror på en kombination av teknikgenombrott, lärinvesteringar och

² BOS står för balance of systems.

dyrare el (t ex på grund av CO₂-avgifter) för att få detta att hända. Ny teknologi kan göra solet kostnadseffektivt ännu tidigare.

El från solceller måste tävla med vindkraft som kostar mindre än \$1 per W_p. Det är dock viss skillnad på marknaden för solceller och vindkraftverk. Energibolag är inte lika intresserade av att äga anläggningar för att producera distribuerad kraft i form av t ex byggnadsintegrerade plana solcellsmoduler som av att driva vindkraftparker. Storskalig elproduktion i fält med koncentrerande solcellssystem (CPV) skulle dock kunna vara intressant för energibolagen. Koncentrerande solcellssystem kommer snart att kunna tävla med vind kostnadsmässigt och är mer lika vindkraftverk till sin natur än plana solcellssystem. McConnell talar här främst om solföljande system med ganska hög koncentrationsfaktor (≥50x). Man borde kunna få energibolagen att våga satsa på koncentrerande solcellssystem genom att poängtera hög verkningsgrad, hög tillförlitlighet och låg elproduktionskostnad.

En jämförelse som gjordes mellan CPV och vanlig plan PV-modul är att CPV med kiselceller nu har en verkningsgrad på 19% med löfte om 31% med sk multi junction-III-V-celler med solföljning kring två axlar om ett par år. Plana, stationära kiselmoduler ger nu 13% med löfte om 17%. Här finns alltså en ganska stor skillnad i potential vad gäller verkningsgrad.

1.3 Exempel på koncentrerande system

En redogörelse för olika koncentrerande solcellssystem, även de som diskuterades på IEEE-konferensen, görs i denna del av rapporten. John Lasich från Solar Systems i Australien redogjorde för hur de installerat 20 m² stora, solföljande "Dish Concentrator-PV System" som ger 3 kW_p. Systemets stora parabol har massor av små speglar. Lasich berättade att man betalar US\$0.25 per kWh för el från dieselgeneratorer i det australiensiska inlandet. På denna marknad är Dish Concentrator-system konkurrenskraftiga.

Andrew Blakers, James Cotsell, Joe Coventry, Makie Dennis och John Smeltinks, Australian National University, bidrag handlade om "Photovoltaic trough concentrating system". Detta projekt är intressant då det liknar vårt svenska projekt i det att det har ganska låg (25x) koncentration och paraboliska reflektorer (se figur 1 och 2)³. Systemet, som kallas CHAPS, är solföljande kring en axel och luftkyllt (passiv kylning). Joe Coventry var i Sverige under hösten 2001 och besökte då Vattenfall Utveckling AB i Älvkarleby samt Ångströmlaboratoriet. Samarbete med denna grupp kring framtagande av vattenkylda hybridmoduler och reflektorgeometrier torde vara fruktbart.

Kenji Araki och Masafumi Yamaguchi, Toyota Technological Institute: "Japanese R&D activities of multi-junction and concentrator solar cells". Avancerade celler för hög koncentration. Cellerna har flera delceller med olika bandgap staplade på varandra för att öka verkningsgraden. De är relativt dyra och främst avsedda för rymdtillämpningar.

³ Alla figurer finns längst bak i rapporten, i kapitel 4.

Maria Brogren Uppsala universitet presenterade "Low-concentrating, water-cooled PV-thermal hybrid systems for high-latitudes". Det svenska konceptet bygger på låg koncentration utan solföljning och vattenkylda hybridmoduler med enkristallina kiselceller (se figur 3, 4 och 5).

Gabriel Sala, I. Anton, Instituto de Energia Solar och J. Monedero, M.P. Friend, M. Cendagorta, ITER presenterade "Operational results of the EUCLIDES PV concentrator". Det spanska Euclides-kraftverket på Teneriffa är ett stort (480kW_p), solföljande system med paraboliska koncentratörer och en koncentrationsfaktor på 38x. Euclides är delfinansierat av Europakommissionen och koordinerat av spanska ITER. Det spanska institutet för solenergi (IES) och BP Solar har utvecklat systemet. Cellerna är från Solarex. Solcellsältet täcker ca en hektar och är det största i Europa. Det består av 14 stycken 84-metersarrayer (se figur 6).

Vahan Garboushian från Amonix har tio års erfarenhet av CPV. Han talade om "Continuous Installation of Concentrating PV in the Southwest". Amonix är nu inne på sin femte generation koncentratörssystem. Systemen har fresnellinser och högprestandaceller. Cellverkningsgraden är 25% och systemverkningsgraden är 18.5%. Ett av de största problemen är linjeringen av fresnellinserna så att ljuset hamnar mitt på de små solcellerna. En sk Megamodule (se figur 7) ger 5kW_p DC och tre sådana moduler placeras på samma solföljare. Amonix fabrik har en tillverkningskapacitet på 1MW_p koncentratörssystem per år. Det viktigaste är enligt Garboushian att få ut produkten på marknaden på ett bra sätt, och detta åstadkoms genom att göra installationen så enkel som möjligt. Amonix mål är att inom kort bygga en 5MW_p -fabrik.

Mark O'Neill och A. J. McDanal från ENTECH presenterade en poster om "Fresnel lens concentrators: from 20-sun silicon-cell modules to 400-sun multi-junction-cell modules". ENTECH har installerat ett 100kW_p -CPV-system i Fort Davis, Texas (se figur 8).

1.4 Celler för koncentrerande system

CPV är bäst då den direkta instrålningen dominerar över den diffusa, eftersom diffust ljus inte kan koncentreras. Det är viktigt att irradiansen fördelas jämnt över solcellsytan, speciellt vid hög koncentration.

Celler av amorft kisel lämpar sig inte för användning i koncentrerande system eftersom de degraderar i stark belysning. Däremot är de, relativt sett, bättre än kristallina kiselceller i diffust ljus.

Tillverkare av celler för koncentrerande system är bl a Amonix, Spectrolab och United Innovations. De sistnämnda producerar celler med mycket hög verkningsgrad, men detta ses också som ett högriskprojekt. Målet är att producera 25kW_p -system.

Raed Sherif, Hector Cotal, Richard King, Anastacio Paredes, Tom Meza, Greg Glenn, Dmitri Krut, Ron Diamond, Nasser Karam och Jeff Peacock från Spectrolab

presenterade ett bidrag om "High concentration multijunction PV cells and receivers". Spectrolab tillverkar och marknadsför GaAs/Ge-baserade celler med en eller flera "junctions" och hög verkningsgrad. Dessa celler är främst framtagna för rymdindustrin, men även för avancerade terrestriella system där cellerna måste vara små p g a brist på utrymme och därmed ha hög verkningsgrad, samt för högkoncentrerande terrestriella system. Spectrolabs 2.3 cm² triple junction GaAs-celler har en verkningsgrad på 27±3% och en fill factor (FF) på 0.80. Deras single junction GaAs/Ge-celler har en verkningsgrad på 19% och FF=0.86. Spectrolabs triple junction GaInP₂/GaAs/Ge-celler för hög koncentration har en verkningsgrad på över 30%⁴ vid 200–400x koncentration och kan användas i olika typer av koncentratorer.

1.5 Forskningsprogram och certifiering av system

Martha Symko-Davies från NREL talade om "Identifying Critical Pathways for High-Performance PV". NREL har (2001) startat ett program (High-Performance Photovoltaic initiative, HiPerf PV) med målsättningen att fördubbla verkningsgraden för solcellssystem så att solceller "kan signifikant bidra till den amerikanska energitillförseln och till en bättre miljö under 2000-talet". Mer konkret innebär detta att National Center for Photovoltaics (NCPV) kommer att forska på och beställa forskning om flerkristallina tunnfilmceller och celler med flera bandgap (multijunction cells) för koncentratorer. Delmål för HiPerf PV är att öka verkningsgraden för tunnfilmceller till nära 25% och för moduler till nära 20%, samt designa och tillverka koncentrerande system med flerbandgapsceller med 33% totalverkningsgrad. I slutändan vill man få de mer avancerade solcellsteknologierna med mycket hög prestanda att bli kommersiella produkter. man tror att vägen att nå dit går både via tekniksteg och flera små, gradvisa förbättringar. I HiPerf PV samarbetar NCPV med universitet och flera företag från solcellsindustrin.

Allan Lewandowski, Sun Lab, NREL talade på temat "Bringing PV into the Concentrating Solar Power Program". CSP-programmet har tidigare enbart rört termiska solelsystem (solar thermal power) där el produceras genom att ljus koncentreras av speglar på en mottagare där ånga produceras. Ångan driver sedan en stirlingmotor. Nu för man dock fram solceller med koncentratorer (CPV) som alternativ till solar thermal power. Anledningen till att man vill satsa mer på CPV är att de koncentrerande systemen med stirlingmotorer har visat sig inte vara tillförlitliga i längden. Fördelarna med CPV, enligt Lewandowski, är:

- Potential för verkningsgrader på över 40% på lång sikt
- Inga rörliga delar
- Systemen svarar snabbt på ökad instrålning p g a att man slipper trögheten som den stora termiska massan i ett solvärmsystem medför.

Liang Ji, Todd Arends, Robert Hammond och Govendasamy TamizhMani, ASU Photovoltaic Testing Laboratory: "IEEE qualification testing of concentrator PV

⁴ Detta har mätts vid AM1.5D, d v s endast direkt ljus.

modules: Test facilities and dome preliminary test results". ASU Photovoltaic Testing Laboratory är det enda stället i USA som testar och certifierar koncentratorsystem.

1.6 Möjligheter och hinder för CPV

Vahan Garboushian, Amonix talade om "Commercialization Paths" och menade att CPV har den största potentialen av alla solcellsteknologier för att sänka kostnaderna och därmed bli lönsam. Garboushian talade om fyra D:n för kommersialisering av en ny produkt: Design, Development, Demonstration och Deployment. Han lade skämtsamt till Determination i fallet solceller, därför att det från forskning till marknad är minst tre år när det gäller utveckling av nya solceller, så det gäller att ha tålamod.

Det kunden främst tänker på vid val av elproduktionssystem är:

- Elproduktionskostnad (som måste vara lägre än för plana solcellsmoduler)
- Långtidsprestanda
- Tillförlitlighet
- "Uniqueness" (om det är en spjutspetsteknologi)

Kunders bild av CPV är, enligt Garboushian:

- Det finns ingen statistik som kan visa på långtidsprestanda
- Alltför komplexa system för att vara tillförlitliga
- Dyr att driva och underhålla

För att råda bot på detta måste man visa att CPV är tillförlitligt, t ex genom att upprätta databaser. CPV-system bör göras så okomplicerade som möjligt så att de blir lätta att driva och underhålla.

Dagen avslutades med ett par föredrag och efterföljande paneldebatt om möjligheter och hinder för koncentrerande solcellssystem. Ordförande var Vahan Garboushian och Robert McConnell.

Ted Kennedy från Climate Change Team på Världsbanken talade om hur Världsbanken ser på förnybar energi och på klimatfrågan. Kennedy sade att Världsbanken väljer sina projekt främst utifrån politiska avväganden. Kennedy menade att mångfald och diversifiering i energiomvandlingen är viktigt. Det är Världsbankens klientländer (utvecklingsländerna) som kommer att drabbas hårdast av klimatförändringar.

Peter Johnston från Pinnacle West i Arizona talade om hur energibolaget ser på förnybar energi och koncentrerande solcellssystem. Staten Arizona har beslutat att 1.1% av elenergin skall komma från förnybara källor år 2007. Av detta skall 60% vara solet. Den snabba utbyggnaden innebär att man främst kommer att bygga stora, centraliserade solkraftverk. Pinnacle West har installerat vanliga plana PV-moduler med hydraulisk solföljare kring en axel som Johnston menar är en enkel lösning som fungerar bra. Systemen kostar \$6 per W_p och ger i Arizona 25% mer el än system med stationära plana moduler som placeras i bästa möjliga vinkel mot solen. El från plana moduler med

solföljning kring en axel är enligt Johnston fortfarande billigare än el från CPV, men högkoncentrerande CPV (HCPV) kan snart komma att bli billigare.

Medan lastfördelningen i nätet i Kalifornien har en topp mitt på dagen som sammanfaller med solinstrålningens maximum har lasten i nätet i Arizona en topp vid 17-tiden. Detta innebär att storskalig elproduktion i solcellssystem förutsätter någon form av energilager. I Arizona undersöker man därför vätgaslager. Om man ser till elbehovet månad för månad stämmer dock solinstrålningen mycket väl överens med behovet i Arizona. Johnston tror att solceller kanske kommer att kunna konkurrera ut kärnkraften någon gång i framtiden, men inte förrän det finns fungerande vätgaslager.

Johnston talade också om att Pinnacle West överväger att bygga ett koncentrerande solesystem som bygger på den organiska rankinecykeln (ORC) som liknar en vanlig ångcykel men arbetar vid lägre temperatur med något organiskt ämne istället för vattenånga. Detta är alltså inget CPV-system utan ett termiskt (solar thermal power) system.

Johnston verkar dock vara skeptisk till förnybar energi på det hela taget. Han säger att "Lowest cost that performs" är det man bör satsa på. I Arizona har man lagt ned ett soles/solvärmehybridkraftverk som man hade tidigare. Man har dock en stor termisk solfångaranläggning i anslutning till ett fängelse som förvärmer varmvatten för 1500 personer och sparar staten \$6000 per år, se figur 9.

Marwan Masri, California Energy Commission: "The California Perspective on Renewable Energy and Its Implications for Solar Electric Concentrators". I kalifornien har man en annan syn på soles än i Arizona. Masri menar att man bör fokusera på mervärde, vilket solceller ger, istället för enbart på kostnaderna. Det kaliforniska subventionsprogrammet ger de privatpersoner som installerar solceller ersättning med det som är minst av \$4.5 per installerad W_p eller 50% av systempriset. Detta medför att man inte tjänar på att systemet producerar många kWh per W_p och därmed är man inte så mån om att sköta sitt solcellssystem. Staten överväger därför att ändra bidragssystemet så att man får ersättning per producerad kWh (s k performance based incentive) istället för per installerad W_p .

1.7 IEEE-standard för solföljare

På måndagkvällen höll IEEE 1611 ett första möte om standard för solföljare (Solar Tracker Controllers Used for Solar Electric Systems). Det finns ännu ingen enhetlig standard som hela solföljarindustrin använder, varken för vanliga plana moduler med solföljning eller för CPV-system, utan det är upp till varje tillverkare och återförsäljare att specificera och märka sina system. Detta gör det svårt för köpare att jämföra olika system och att verifiera kvaliteten på den inköpta solföljaren. Målet med IEEE 1611s möte var att komma fram till en rekommendation för ett minimum av parametrar som måste specificeras för solföljare och metoder att mäta och utvärdera parametrar.

1.8 Referensspektrum för koncentratorsystem

På tisdagskvällen hölls en specialsession om referensförhållanden för koncentratorsystem med Martha Symko-Davies som ordförande. Anledningen till att referensförhållanden för koncentratorsystem diskuteras är att det bara är den direkta strålningen som koncentreras. Därför ger tester och certifieringsmätningar av solcellsmoduler avsedda för koncentratorer som utförs med spektrum AM1.5, där en stor andel av energin är i form av diffust ljus, en felvisande bild av hur modulen uppträder i en koncentrator. Keith Emery från NREL beskrev det nuvarande referensspektrat och presenterade ett förslag till ett nytt, direkt solspektrum, att användas för koncentrerande system. Detta diskuterades, men någon konsensus i frågan finns ännu inte.

1.9 IEC-standard för koncentrerande system

På onsdagskvällen hölls ett möte med några länders representanter i International Electrotechnical Commissions (IEC) så kallade Working Group (WG) nummer 7, vilken är en ny arbetsgrupp med syfte att ta fram en standard för tester och certifiering av koncentrerande solcellssystem. En standard behövs för certifiering av system, t ex när man vill söka finansiering från Världsbanken för installation av system. WG 7 ingår i Technical Committee (TC) 82 inom IEC som arbetar med standarder för solceller i allmänhet. IEC är den internationella organisation som fastställer standarder för elektrisk utrustning. Andra standarder fastställs av ISO. För mer information om IEC, se www.iec.ch. WG7s officiella uppdrag är att utveckla internationella standarder för fotovoltaiska koncentratorer och celler (mottagare). Standarderna skall röra säkerhet, prestanda vad gäller elproduktion, samt långtidshållbarhet. Standarderna skall gälla alla typer av koncentrerande solcellssystem.

Syftet med onsdagens möte var att gå igenom utkastet till standarddokumentet IEC62108 (An International Qualification Standard for Solar Electric Concentrators) som baserats på IEEEs standard för koncentrerande system, men istället kom det att handla om att informera eventuella nya representanter om hur arbetet i en IEC WG går till. Maria Brogren deltog i mötet för att bilda sig en uppfattning om ifall Sverige borde vara med eller inte. I WG7 finns till dags dato bara ett fåtal länder representerade och i generellt inom IEC gäller att i de olika arbetsgrupperna (WG) finns främst representanter för länder som har företag med tillverkning av respektive teknologi med. Robert McConnell från USA är ordförande i WG7. Steven Chalmers är s k technical advisor från IECs sida.

Varje land har en röst i WG7 när det gäller att komma överens om det slutliga standarddokumentet som sedan antas av IEC centralt. Varje land får ha högst två representanter i WG7, men dessa får naturligtvis ta in synpunkter från andra experter. Hittills finns Spanien, Italien, USA, UK, Tjeckien och Ryssland representerade i WG7. Det vore bra för utvecklingen av det svenska koncentratorkonceptet, med låg koncentrationfaktor och utan solföljning, om det fanns åtminstone en svensk representant i WG7, eftersom de andra ländernas koncept främst bygger på hög koncentration i kombination med solföljning. Maria Brogren kan tänka sig att representera Sverige i WG7, men med tanke på IECs elektrotekniska profil borde en

svensk representant i WG7 ha elektroteknisk bakgrund och erfarenhet av att utveckla testrutiner. En bra standard skall vara heltäckande (d v s hitta alla eventuella brister i systemen) men innehålla så få test som möjligt.

För att kunna delta i arbetet WG7 bör den svenska representanten ha tillgång till IEEEs standard för koncentrerande system som finns att beställa på IEEEs hemsida för \$6 plus medlemskap i IEEE, som kostar \$10. Denna standard tog fyra år att utforma och kommer antagligen, med vissa undantag (t ex behöver olika typer av koncentrerande system behandlas separat), att ligga till grund för IECs standard. Det är viktigt att få igenom en bra standard så snabbt som möjligt för att undvika att dåliga eller farliga koncentrerande system kommer ut på marknaden. Eventuellt kommer samma WG att ta fram en standard även för solföljare. Även här är det viktigt att hänsyn tas till alla olika solföljarkoncept (jämför den solföljande MaReCon där reflektorn rör sig och solcellsmodulen är stationär) och det är ett ytterligare argument för att Sverige borde vara representerat i WG7.

1.9.1 Medlemmar i IEC TC82 WG7

Medlemmar i IEC TC82 WG7 för IEC 62108 Concentrator photovoltaic (PV) receivers and modules – Design qualification and type approval är hittills:

Namn	Företag och adress
Bob McConnell	National Renewable Energy Lab, MS 3221, 1617 Cole Blvd., Golden, CO, USA
Liang Ji	Arizona State University/PTL, 7349 E. Unity Ave., Mesa, AZ 85212, USA
Bernard McNelis	IT Power, The Warren, Bramshill Rd, Eversly, Hampshire, England, UK
Gabriel Sala Pano	Instituto de Energia Solar, ETSI Telecom. UPM, Ciudad Univ., Madrid, Spain
John Lasich	Solar Systems Pty Ltd, 6 Luton Lane, Hawthor, Victoria 3122 Australia
Karel Vojtechovsky	WaferTech, 5 Kvetna 1525, CZ-756 61 Roznov pod Radhostem, Czech Republic
Radim Barinka	Solartec s.r.o. 1 maje 1000/83, 756 61 Roznov pod Radhostem, Czech Republic
Yasuaki Yamamoto	Engineering Dept., the Japan Electrical Manufacturers' Assoc. Tokyo, Japan

2 29th IEEE Photovoltaic Specialists Conference

2.1 Allmänt om konferensen

Den amerikanska solcellskonferensen IEEE Photovoltaic Specialists Conference genomfördes för tjugonionde gången och det var andra gången den hölls i New Orleans. John Benner från National Renewable Energy Laboratory var ordförande och Rajeeva Arya från BP Solar var ansvarig för det tekniska och vetenskapliga innehållet. I konferensen deltog över 860 personer, varav ca 90 var utställare och 778 var forskare från olika universitet eller solcells företag. 38 länder fanns representerade på konferensen och representanter för 28 av dessa länder presenterade egna vetenskapliga bidrag. Ca 40 % av delegaterna var från USA, 11 % från Japan, 8 % från Tyskland och 3 % från Storbritannien.

PVSC genomfördes med s k plenary sessions på morgnarna och sedan i tre parallella sessioner (oral sessions och poster sessions) med mycket stor bredd där föredrag och posters täckte in hela solcellsområdet. Utöver de gemensamma sessionerna med inbjudna talare hölls 175 muntliga presentationer och 233 posterpresentationer. Postrarna presenterades först muntligt med två minuter och tre OH-bilder per poster och sedan följde ca två timmars samtal kring postrarna i utställningslokalen. Det tekniska programmet var indelat i fem områden:

1. Kristallint kisel
2. Polykristallina tunnfilmer av sammansatta material
3. Koncentratorer, celler och system för rymdtillämpningar, samt III-V-halvledarmaterial
4. Amorf och mikrokristallint kisel, nanostrukturerade material, samt andra nya solcellsmaterial
5. System, tillämpningar och tillförlitlighet

Det var fler vetenskapliga bidrag om system än någonsin på en IEEE-konferens om solceller. En fördubbling av antalet bidrag om systemaspekter nämndes och vissa sessioner om system fanns det inga sittplatser kvar. Enligt organisatörerna från IEEE är det ett tecken på att solcellsbranschen mognat, att man går från forskning främst på komponenter till forskning på hela system.

Alla presenterade bidrag kommer att publiceras i IEEEs proceedings.

2.2 Optimering av system

Ransome från BP Solar anser att kWh/kW_p inte är ett bra prestandamått att använda på system. KW_p är egentligen inte alls relevant för elproduktionen. Han förordar istället kWh per m² och år eller kWh per systemlivslängd.

Sustainable Energy Research Group vid University of Southampton, UK, forskar bl a kring solcellssystem. Dr AbuBakr S Bahaj presenterade ett bidrag om hur viktigt det är

att matcha moduler som kopplas till samma växelriktare/maxeffektföljare med varandra för att på så sätt optimera hela systemet. Om man seriekopplar den bästa modulen med den sämsta får man bara så mycket ström som den sämsta ger. Det man bör göra är att seriekoppla de två bästa modulerna med varandra och ansluta dem till en växelriktare, seriekoppla modulerna som är tredje och fjärde bäst med varandra, o s v. Detta är rättfram och kan tyckas trivialt i små system, men kan göra stor skillnad om man har många moduler. Bahaj visade detta med ett exempel från ett väggintegrerat system i Southampton där de modellerat olika kombinationer av de ca trettio modulerna och fått stor (8%) skillnad i elutbyte mellan den bästa och den sämsta kombinationen. Andra faktorer, förutom s k mismatch, som verkar menligt på elutbytet är om väderstrecket inte är rakt söder, om man har dålig maxeffektföljare, om celltemperaturen blir för hög p g a dålig ventilation av cellerna (t ex om de sitter direkt på en fasad), om man får skugga eller skräp på modulerna, samt om förlusterna i kablaget är höga. Sustainable Energy Research Group visade intresse för ett eventuellt samarbete med svenska forskargrupper kring solcellssystem.

K. Yoshioka et al från Tokyo A & T Univ. presenterade en poster om snötäckets höga albedos inverkan på elutbytet från solceller på en vertikal vägg. De såg en signifikant ökning av effekten (ca 15%) som berodde på reflektion i snön.

Ortjohann och Omari från Univ. Paderborn, Tyskland, presenterade en poster om hur man kan lösa problem med flaskhalsar i elnätet med hjälp av små distribuerade solcellssystem ute i nätet. Detta lämpar sig i länder där variationen i elbehovet sammanfaller med variationen i solinstrålningen.

2.3 Exempel på system

Krauter och Ochs från Laboratorio Fotovoltaico har konstruerat ett "All-in one solar home system". Systemet är fristående i dubbel bemärkelse och består av en formpressad vattentank med ca en kvadratmeter solceller på en av sidoytorna, vilken har en lutning på ca 40 grader. I tanken finns ett vattentätt utrymme där batteriet förvaras. Vattnet fungerar både som tyngd så att modulen står stadigt och för att kyla celler och batterier. Det kan tömmas ur för att göra det möjligt att flytta modulen. Systemet är passivt och det är enbart vattnets termiska massa som håller cellerna svala. Därför måste vattenmassan vara tillräckligt stor (i detta fall 300 liter) så att den inte värms upp alltför mycket under dagen och istället värmer cellerna. Systemet har testats och fungerar bra. I ökenområden med kalla nätter kan man tänka sig att detta system skulle passa ännu bättre än i Rio de Janeiro i Brasilien där det har utvärderats.

2.4 BOS-komponenter

Tara Willey från Solar Electric Power Association talade om kostnader för stora solcellssystem. Hon påpekade att medan kostnaden för tillverkning av moduler och försäljningspriset på moduler sjunker stadigt så händer det i princip ingenting med priset på växelriktare.

S. J. Ransome från BP Solar talade om årligt elutbyte per installerad watt topp effekt. Han poängterade att BOS-komponenterna är mycket viktiga för ett systems prestanda.

BP kommer att publicera en lista på 34 faktorer som påverkar utbytet (kWh/kW_p). Listan innehåller bland annat:

- BOS-komponenters prestanda
- Förluster i BOS-komponenter
- Hur maxeffektföljningen går till
- Osäkerhet i mätningar av kWh och kW_p
- Skuggning av moduler
- Tid då systemet av någon anledning inte producerar någon el alls, t ex då det är trasigt eller underhålls

Tom Hund talade om ett hybridsystem med solceller och dieselgenerator. Systemet är fristående och har en batteribank som lager. I batteribanken förloras i medeltal 11% av den elektriska energin per dag. Batteribanken har en teknisk livslängd på 8 år och kostar \$100 per kW_p solceller i denna tillämpning.

David L. King från Sandia National Laboratories talade också om batterier. Verkningsgraden (för in- och utmatning av producerad elektrisk energi) för vanliga solcellsbatterier som används i fristående system är så låg som 75%.

Växelriktare och batterier har fortfarande dålig prestanda. Det gäller såväl verkningsgrader som livslängder. Livslängderna för BOS-komponenter är ofta så kort som 5 år. Den måste vara 20–25 år för att inte vara kostnadsdrivande i ett solcellssystem. Det är inte stor mening med att lämna 20 eller 25 års garanti på en solcellsmodul, vilket de flesta tillverkare gör idag, om batteriet eller växelriktaren måste bytas efter en bråkdel av tiden. Lång livslängd på BOS-komponenter är särskilt viktigt i fristående system på avlägsna platser, t ex i telekommunikationstillämpningar, där det är av största vikt att minimera underhållsfrekvensen. Sammanfattningsvis behövs det mer tid och resurser för forskning på system och BOS-komponenter, särskilt för att öka tillförlitligheten hos de sistnämnda.

2.5 Byggnadsintegrerade solceller

A. H. Fanney, USA, talade om hinder för och fördelar med byggnadsintegrerade solcellssystem (BIPV). Fördelarna är bl a att BIPV distribuerade i elnätet och placerade ute hos kunderna kan minska nätförlusterna och innebära att man kan undvika, alternativt skjuta upp, investeringar i utbyggnad av överföringskapaciteten. BIPV kan också vara arkitektoniskt tilltalande. Hindren är dock många. Främst att BIPV-moduler oftast är specialdesignade, vilket gör dem dyra. Därför finns det ett stort behov på marknaden av standardkomponenter för BIPV.

Isovolta AG tillverkar moduler av ICOSOLAR[®]-laminat med solceller från olika producenter. Man utvecklar bl a produkter för byggnadsintegrering. Man kan få cellerna inkapslade med olidfärgade eller genomskinligt underlag.

N. M. Persall från University of Northumbria, UK, talade om rekommendationer för hur man skall installera BIPV. Hon poängterade att det är viktigt att kunna

installera/integrera solceller även i gamla hus på ett bra sätt, t ex vid renovering. Detta för att 50% av dagens byggnader kommer att fortfarande vara i bruk år 2050. Hon nämde solcellstakpannor som ett bra exempel. Persall berättade att det i Storbritannien, liksom i Sverige, är stort tryck på bostadsmarknaden. Detta innebär att om man säljer ett hus eller en lägenhet i ett hus med BIPV så är det svårt att veta om det faktum att huset har BIPV har bidragit till att köparen var villig att betala mer för att bo just där. På grund av bostadsbristen hade huset eller lägenheten antagligen blivit såld för i princip samma pris ändå. Det finns därför inga siffror på hur mycket mer betalt man som byggherre kan ta för ett hus med BIPV, och detta är något som verkar negativt på antalet installationer eftersom inga byggherrar är beredda att riskera att inte få kostnadstäckning för merkostnaden för investeringen i ett byggnadsintegrerat solcellssystem.

2.6 Simuleringsprogram

Simuleringsprogram för att beräkna utbytet från solcellssystem som nämndes på konferensen var bland annat:

- Energy-10, som används för design av lågenergibygnader
- PHANTASM, som är en del av TRNSYS och utvecklat av University of Wisconsin
- IV-curve tracer från Sandia National Laboratory, även kallad Sandiamodellen, anses av Davis, Fanney och Dougherty från National Institute of Standards and technology USA, vara bättre än PHANTASM för att förutsäga årlig elproduktion i BIPV-system.

2.7 Specialtillämpningar

Miyakawa et al, Tokyo Univ. of A & T, Japan presenterade ett koncept med solceller för att styra optoelektronik där man har tillgång till ljus av en viss våglängd, t ex 800 nm. Man designar då en cell specifikt för den våglängden och kan få mycket hög verkningsgrad. Detta verkar vara ett bra sätt ordna strömförsörjning för kontroll och styrning av kommunikation i optiska fibrer.

Många bidrag om celler och system för rymdtillämpningar presenterades på konferensen, men det bedömdes inte vara relevant för denna rapport.

2.8 Celler och moduler av amorft kisel

Tunnfilmer och celler av mikrokristallint (μc) kisel talades det mycket om på konferensen. Man försöker hitta billigare (=tunnare) material med i princip samma egenskaper som celler av traditionella kiselskivor. Joshua Pearce från Wronskis grupp vid Pennsylvania State University talade om hur $\alpha\text{-Si:H}$ -filmer degraderar under belysning. Sedan handlade det mest om olika CVD-processer för att tillverka amorft och mikrokristallint kisel och hur olika processparametrar kan justeras för att få jämna filmer (såväl stökiometriskt som tjockleksmässigt) över stora ytor.

Kaneka Corporation, Japan, producerar standardmässigt 0.91×0.91 m stora moduler av α -Si/ μ c-Si med en verkningsgrad på 9–10%. Kanekas fabrik har en produktionskapacitet på 20MW_p per år.

Pacific Solar presenterade för första gången data om sina celler av amorft tunnfilmskisel på glas. Detta är något som branschen väntat på i flera år.

Wohlgemuth och Ransome från BP Solar presenterade ett bidrag om BP Solars moduler med tandemceller av α -Si. De såg en oscillerande verkningsgrad över året. Medan enkristallina kiselmoduler har en sinusformad oscillation i verkningsgraden som ökar med ökande instrålning och temperatur (dessa parametrar är svåra att separera) och är som lägst på vintern, så är oscillationen för α -Si den motsatta. Man hade också sett oscillationer med dubbel frekvens (maximal verkningsgrad på höst och vår) i en modul av α -Si. Författarna hade ingen bra förklaring till detta. En gissning är att man får konstiga reflexer i täckglaset. Frågan om amorft kisels eventuella positiva temperaturkoefficient togs upp, men författarna sade att temperaturkoefficienten är negativ för BPs α -Si-moduler liksom för moduler av kristallint kisel.

Långtidsprestanda för moduler av amorft kisel har undersökts utomhus. Variationer i instrålningens spektrala fördelning har funnits påverka elutbytet signifikant. Solspektrum varierar under dagen och året och eftersom amorft kisel har ett smalt aktivt våglängdsintervall, i princip mellan 300 och 780 nm, så blir spektrala effekter viktiga. Variationer i solspektrum har större inverkan på det årliga elutbytet från en α -Si-modul än variationer i temperatur, enligt R. Gottschalg, m fl från CREST, Loughborough University, UK.

S. Guha från Unisolar talade om amorft kisel (α -Si). α -Si kan inte användas i koncentrerande system eftersom det degraderar fort i starkt ljus men det är bättre än kristallint kisel (c-Si) i molniga klimat. Unisolar gör takpannor (se figur 10) och solceller på rulle. Cellerna är 2-junction α -Si-celler, men man skall snart uppgradera produktionen till 3-junction. 2-junctionmodulerna har en verkningsgrad på 8.5% i produktion och tillverkas på substrat av rostfritt stål eller plast. Guha ville inte berätta vad produktionskostnaden för dessa moduler är.

Dave L. Staebler från Terrasolar, USA (samme Steabler som i Staebler-Wronski-effekten) har utvecklat en solel-solvärmehybridmodul med semitransparenta celler av amorft kisel på glassubstrat som är placerade över en solfångarabsorbator med en ca fem cm bred luftspalt emellan. Idén är att producera både el och värme i samma modul för att få ner kringkostnaderna. Modulen som har en elverkningsgrad på 4.5% och en termisk verkningsgrad på 32% (det är dock oklart vid vilken temperatur detta gäller) skall kunna integreras i tak och fasader. Vid postern diskuterades om man skulle kunna ta bort luftspalten och lägga amorftkisel direkt på en absorberytan. Staebler sade att de skulle testa detta och att forskare från Uppsala universitet och Vattenfall Utveckling AB då skall få vara med och utvärdera modulen, eventuellt i lågkoncentrerande system.

På konferensen märktes en generell trend att forskningen har flyttat fokus från α -Si till μ c-Si. Celltillverkarna kommer antagligen att följa efter.

2.9 Kristallina kiselceller – Marknad och tillverkningskostnader

G. Willeke från Fraunhoferinstitutet i Freiburg talade om kiselceller. c-Si växer fortare än tunnfilmsceller. C-Si hade 89% av världsmarknaden 1999, nu är man uppe i 91%. Detta beror på att de stora subventionsprogrammen lett till investeringar i etablerad produktionsteknik eftersom inga tillverkare är beredda att ta risken att investera i ny teknologi nu när det gäller att producera så många moduler så fort som möjligt för att få ut dem på de tyska och japanska marknaderna.

En nackdel med att använda c-Si är att efter att man sågat till kiselskivor återstår, på grund av spill i processen, bara 45% av det ursprungliga materialet. Det går åt 16 gram kisel per W_p för att göra 320 μ m tjocka kiselskivor. Willeke har räknat med ett kiloprisk på solcellskisel (SG-Si) på €25 per kilo. Detta resulterar i en materialkostnad, bara för det rena kislet, på €0.4 per producerad W_p kiselcell, om utbytet (yield) i celltillverkningen är 77%. Om man gör cellerna tunnare minskar denna kostnad i princip proportionellt mot tjockleksreduktionen. Med en tjocklek på 150 μ m och 60% yield blir materialkostnaden €0.205 per W_p . Med en tjocklek på 50 μ m och 70% yield blir kostnaden €0.070. Då har man råd att använda bättre kisel (EG-Si) som kostar €50–60 per kilo. 12.5×12.5 cm² och 115 μ m tunna celler av tunnfilmskisel på CZ-kiselsubstrat har producerats med en verkningsgrad på 19.2%.

Amerikanska AstroPower, som grundades 1983, är enligt dem själva den världsledande oberoende tillverkaren av solceller. Man tillverkar och marknadsför solceller, -moduler och -system, såväl nätanslutna som fristående. AstroPower finns på NASDAQ under beteckningen APWR. Man har kontor i USA, Singapore, Spanien och Sydafrika och produktion i USA och Spanien. Cellerna och modulerna tillverkas av olika typer av kristallint kisel (enkristallint, flerkristallint och Silicon-FilmTM).

2.10 Andra material

2.10.1 Organiska solceller

McConnell, NREL, menade att lärlinjen för solceller (d v s hur mycket billigare en W_p blir om den ackumulerade produktionen fördubblas) inte kan fortsätta med samma lutning i evighet. Tunnfilmsmoduler har i princip samma kostnadsprofil som kiselmoduler. Detta innebär att de inte kommer att bli så mycket billigare att producera än kiselmoduler. Han nämnde organiska solceller som ett undantag. Eftersom organiska LED är billigare än oorganiska dito så finns det möjligheter för organiska solceller att bli billigare att producera än oorganiska celler. Dock har oorganiska celler fortfarande verkningsgrader på under 5%.

2.10.2 CIGS och CdTe

Det finns nu ett antal tillverkare med produktionskapacitet på flera MW_p per år av CIGS- och CdTe-moduler. En verkningsgrad på 21.1% vid 14x koncentration har

rapporterades för CIGS-celler. För CdTe rapporterades en cellverkningsgrad på 16.5% utan koncentration.

2.10.3 Transparenta ledare

Det behövs bättre transparenta ledare som framsideskontakt för solceller. Forskning pågår på zink-tenn-oxider med olika halter av de båda metallerna och olika deponeringstekniker. Nuförtiden används ofta tenn- eller zinkoxid. En fördel med zinkoxid är att det diffuserar ljuset mer än tennoxid men är lika transparent, något som är fördelaktigt då det ger en längre väglängd för ljuset i solcellen.

2.11 Socio-tekniska aspekter av solceller

2.11.1 Nationella program

Ricardo Ruther från PETROBRAS berättade om den brasilianska solcellskartboken (PV Atlas) som visar kWh per kWp och år på olika platser i Brasilien. PV Atlas har tagits fram för att underlätta dimensionering av solcellssystem. Brasilien har ingen inhemsk produktion av vare sig solceller eller BOS-komponenter, vilket man anser vara en stor nackdel. Det man helst skulle vilja se är inhemsk tillverkning av moduler och växelriktare.

Raymond A. Sutula från DoE, USA, talade om att en samordning av energipolitiken och kopplingen mellan energi och miljö är viktiga. USAs energipolitik, särskilt vad gäller forskning på förnybara energikällor, ser mycket ljusare ut nu än bara för ett år sedan. Dessutom har man insett att det går att frikoppla energianvändning från BNP-tillväxt. 600 MUSD har avsatts i budgeten för energieffektivisering och 400 MUSD för forskning kring tillförsel av förnybar energi, i vilket t ex avancerade solcellssystem ingår. DoE har dessutom gett ut en trevlig CD-ROM-skiva som heter Solar America och innehåller bilder på hundratals solcellsinstallationer i olika tillämpningar i alla amerikanska stater.

Ogawa från NEDO talade om det japanska solcellsprogrammet som syftar till kostnadsreduktioner genom massproduktion av moduler, främst kiselbaserade, och byggnadsintegrering.

Adjat Sudradjat från Indonesien talade om landets program för landsbygdselektrifiering med solceller. Endast 53% av Indonesiens invånare har tillgång till el från nätet idag. Solceller bidrar signifikant till elförsörjningen i delar av landet där elnätet inte är utbyggt. Enligt Sudradjat har dock BOS-komponenterna i de fristående systemen mycket dålig kvalitet. Det behövs standarder för så kallade solar home systems (SHS). Som exempel nämnde Sudradjat att batterier i SHS ofta bara fungerar i ett år, och utan batteri är systemet i princip oanvändbart.

2.11.2 Ekonomisk och social hållbarhet

Under onsdagens lunch talade Bernard McNelis från IT Power bl a om vikten av att återupptäcka de 2 miljarder människor som inte har tillgång till el över huvud taget. Detta antal ökar. Det gäller t ex skolor i Kina och byar i Indien. I dessa tillämpningar är

solcellssystem kostnadseffektiva redan med dagens priser. Vettiga subventioner och långsiktig planering ända fram till 2020 skulle kunna sätta fart på uthålliga marknader även utan teknikgenombrott eller kraftiga kostnadsreduktioner. Det som krävs är att politiker, ekonomer som arbetar med utvecklingsfrågor, biståndsarbetare, m fl, får upp ögonen för solel. Man bör arbeta för att få till stånd lika stora subventioner för solceller i utvecklingsländer som i de nationella programmen i Tyskland och Japan. Detta skulle gynna t ex den amerikanska solcellsindustrin, även om man inte når målet att använda solceller för storskalig elproduktion i USA.

3 Kommande konferenser

På fredagens avslutande session presenterades kommande solcellskonferenser:

- PV in Europe Conference and Exhibition – From PV Technology to Energy Solutions hålls den 7–11 oktober 2002 i Palazzo dei Congressi, Rom, Italien. Deadline för abstrakt var i april 2002.
- 3rd World Conference on PV Energy Conversion kommer att hållas i Osaka, Japan, 12–16 maj 2003. Deadline för att skicka in abstract till denna konferens är 31 oktober 2002.
- ISES konferens Solar Energy for a Sustainable Future hålls i Göteborg 14–20 juni 2003. Deadline för abstrakt är den 15 december 2002.
- PVSEC-14 hålls i Bangkok, 26–30 januari, 2004.
- Ewan Dunlop från Europakommissionen presenterade 19th EUPVSEC som kommer att hållas i Paris i juni 2004.
- Något datum för en eventuell nästa ICSEC är inte fastställt.

4 Figurer



Figur 1: 20 kW_p 25x demonstrationssystem i Rockingham, Australien.



Figur 2: Närbild av de luftkylda solcellerna i det koncentrerande systemet i Rockingham.



Figur 3: Solel-solvärmehybridmodul som består av enkristallina kiselceller laminerade på en solfångarabsorbator. Kylvatten cirkulerar på i ett kopparrör på baksidan av absorbatorn.



Figur 4: Koncentrerande, vattenkyld solel-solvärmehybridssystem för fasadintegrering. Systemet inkluderar stationära paraboliska aluminiumreflektorer med geometrisk koncentrationsfaktor 3, hybridmoduler och EPS-isolering.



Figur 5: Kort prototyp av solel-solvärmehybrid-MaReCo som utvärderas i Älvkarleby.



Figur 6: Euclides-kraftverket på Teneriffa.



Figur 8: ENTECH's 100-kilowattsystem med fresnellinser i Fort Davis, Texas.



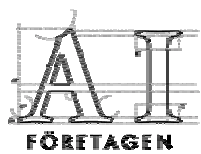
Figur 10: Nästan ”osynliga” takpannor i amorft kisel från Unisolar.



Figur 7: 18-kW_p Amonix Megamodule med fresnellinser som ägs av Nevada Power Company i Las Vegas, USA.



Figur 9: Koncentrerande solfångaranläggning som förvärmer varmvatten till ett fängelse i Arizona.



AI-företagen, energiföretag via Elforsk, Energimyndigheten,
Formas, Svenska Byggbranschens utvecklingsfond och White
Arkitekter finansierar Solel 00-02.

ELFORSK

SVENSKA ELFÖRETAGENS FORSKNINGS- OCH UTVECKLINGS - ELFORSK - AB
Elforsk AB, 101 53 Stockholm. Besöksadress: Olof Palmes Gata 31
Telefon: 08-677 2530. Telefax 08-677 2535
www.elforsk.se