

SolarPACES 2013 conferentie over geconcentreerde zonne-energie

Las Vegas 17-20 september 2013

Door Evert du Marchie van Voorthuysen.

Directeur van de stichting voor Grootschalige Exploitatie van Zonne-Energie (GEZEN)

Technisch directeur van SOLAq BV.

Inleiding

Ieder jaar wordt door de organisatie SolarPACES (www.solarpaces.org) een grote internationale conferentie georganiseerd waarin alle aspecten van Concentrating Solar Power (CSP) worden behandeld. Dit jaar vond de conferentie plaats in Las Vegas, Nevada, USA. De deelnemers komen voornamelijk uit de academische wereld en de industrie. Het niveau van de presentaties voldoet aan academische normen, de sprekers en de indieners van posters hebben een artikel geschreven dat aan een referee-oordeel is onderworpen, en pas in het tijdschrift Energy Procedia gepubliceerd na hun positieve beoordeling. De teksten komen beschikbaar in januari 2014.

Er waren 700 deelnemers uit 36 verschillende landen die samen 320 presentaties en posters hebben ingediend.

De belangrijkste conclusies van de conferentie:

1. CSP-centrales moeten altijd worden voorzien van opslagcapaciteit. Hierdoor kunnen zij een essentiële rol spelen bij het op duurzame wijze uit-middelen van de steeds grotere fluctuaties op het net door het toenemende aandeel van PV (de foto-volaïsche zonnepanelen). Deze stabilisatie van het net moet nu door gascentrales worden gedaan.
2. Solar Fuels, dat zijn brandstoffen die door middel van geconcentreerde zonnewarmte worden geproduceerd, zullen een belangrijke rol gaan spelen in een koolstof-arme wereldeconomie. Er moet nog zeer veel onderzoek en R&D hiervoor worden gedaan. Het belang hiervan wordt door de beleidsmakers volkomen onderschat, de budgetten voor dit onderzoek moeten met een factor 10 of meer omhoog.

Opvallend is de opkomst van CSP in de VS, en de ambitieuze doelstellingen van het Department of Energy op het gebied van de noodzakelijke kostendaling.

Dit rapport bevat een verslag van alle plenaire sessies en van de parallelle sessies waarin ik aanwezig was, en van de bijdragen die ik voldoende belangwekkend vond. Ik zal uiteraard belangrijke bedragen in andere sessie hebben gemist.

Voor alle zaken betreffende de SolarPACES 2013 conferentie zie <http://www.solarpaces2013.solarpaces.org/cms/welcome.html>

Dag 1, dinsdag 17 september 2013

Opening Plenary

D. Arvizu, NRE

De grootste bron van duurzame energie (DE) op de wereld is nog steeds waterkracht.
Er is in 2012 wereldwijd 244 miljard dollar geïnvesteerd in DE.
Er is een enorm technisch potentieel aan DE.
In de VS staat momenteel 9 GW aan PV en 0.7 GW aan CSP.
Er zal wat de investering in DE en CSP betreft een verschuiving naar Azië optreden.
Voor grootschalige CSP zijn er geen technische problemen, alleen de kosten moeten verder omlaag. Het grootste potentieel voor kostendaling is het goedkoper maken van het solar field (dat is het uitgestrekte veld met spiegels).
We moeten de investeerders duidelijk maken dat we het risico gaan verlagen. We moeten integreren en opschalen.
De echte waarde van CSP is de beschikbaarheid van opslagcapaciteit.
De waarde van PV daalt bij een toenemend aandeel van PV in het net, het daalt met 20% als het PV aandeel is toegenomen tot 10%. De kosten ten gevolge van het afschakelen van fossiele centrales bij zonnig weer en weinig stroomconsumptie nemen hierna sterk toe.
Voeg CSP+opslag toe, dan wordt het veel beter.
PV en wind profiteren van de toevoeging van CSP met opslag.
Partneren op mondiale schaal is nodig.
Investeer in innovatie.
De elektriciteitsopslag door het oppompen en leeg laten lopen van waterbassins is rendabel, de andere opslagtechnieken zijn dat nog niet.

De CSP-renaissance.

J. Hruby, Sandia National Laboratories

Sandia National Lab begon als kernwapen laboratorium. Nu is het een national security lab. Een belangrijk onderdeel van verbetering van de nationale veiligheid is het duurzaam maken van de energieopwekking.
Hruby werkte bij de Solar-1 zonnetoren in de jaren 80. Er werd gewerkt aan vaste deeltjes als warmtetransportmedium. 27 jaar geleden werd de financiering plotseling door DEO (Department of Energy) gestopt.
Nu is het weer hervat.
In de periode 1991-2006 is er nergens ter wereld een CSP-centrale gebouwd. Maar nu gaat het weer goed.

The reasons for a briljant STE (Solar Thermal Energy) future, the right choice for politici makers.

L. Crespo, ESTELA

Crespo geeft het perspectief gezien door de industrie. Het gaat slecht, vooral door het stopzetten van DE- investeringen in Spanje. CSP ontwikkelt zich veel te langzaam. Wereldwijd staat er 300 gigawatt aan PV opgesteld en slechts 3 GW aan CSP. CSP gaat vooral een rol spelen in de snel groeiende ontwikkelingslanden. De blokkades die de politici tegen CSP hebben moeten bestreden worden.

Een kostenniveau van 10 ct/kWh is bereikbaar in 2020 in gebieden met DNI = 2600 (DNI = Direct Normal Irradiation, de intensiteit op een vlak waar de zon loodrecht op instraalt). Nu profiteert Spanje: weinig investeringskosten en veel opbrengst van de bestaande CSP-centrales. Dit geeft een adempauze, en de mogelijkheid kapitaal te vergaren voor hernieuwde investeringen over een jaar of drie. De investeringsplannen moeten in ieder land duidelijk zijn. CSP-voorstellen voor ieder land zijn beschikbaar en verkrijgbaar bij ESTELA, de branche-organisatie van Europese CSP-bedrijven.

Overview of SolarPACES

M.J. Blanco, CSIRO

Blanco is voorzitter van SolarPACES, het implementing agreement van het IEA (International Energy Agency in Parijs) voor geconcentreerde zonne-energie, en chemie die geconcentreerde zonne-energie benut als energiebron. Landen kunnen lid worden, en daarmee de activiteiten van hun eigen CSP-bedrijven steunen. Veel Europese landen zijn lid, Nederland (nog) niet.

SolarPACES is één van de meest actieve implementing agreements, en wordt volop ondersteund door IEA. Om deel te nemen aan SolarPACES dient men contact op te nemen met Blanco.

SolarPACES heeft een strategisch plan 2012-2016 gemaakt.

Parallele Sessie: Solar Fuels

Advancing Oxide Materials for Thermochemical Production of Solar Fuels

J. Miller, Sandia National Laboratories

IJzeroxide in een zirconium nanostructuur. Snel, maar niet voldoende temperatuur-stabiel. De sintertemperatuur is te laag, <0.4 smelttemperatuur.

Toekomst: gemengde ionische geleiding en gewone elektronische geleiding.

Status of the Solar Sulfur Ammonia Thermochemical Hydrogen Production System for Splitting Water

R. Davenport, Science Applications Intl Corp (SIAC)

SA-CYCLUS.

Elektrolytisch waterstof $\text{SO}_3 + \text{water} \rightarrow \text{SO}_4$, met katalysator op de anode.

Verbranden van NH_3 met water, levert warmte \rightarrow elektriciteit voor de elektrolyse

Aan de hoge-temperatuur kant: $\text{SO}_3 \rightarrow \text{SO}_2$

De zonnwarmte wordt vergaard met vloeibaar NaCl als transportvloeistof. Er worden alleen vloeistoffen en gasen toegepast zonder extreem hoge temperaturen, met warmteopslag van de zonne-energie. Er zijn wel membranen nodig.

De totale efficiency voor de productie van de waterstof is 20%.

Kosten: 11\$ per kg waterstof, in 2020 7\$ per kg.

Parallele Sessie: Thermal Receivers

Linear Fresnel Collector Receiver: Heat Losses and Temperatures

A. Heimsath, Fraunhofer ISE

P. Nitz vervangt de oorspronkelijke spreker.

De receiver van een fresnel-veld is altijd complex, met meestal een secundaire reflector.

Modelberekeningen gedaan voor een receiver bestaande uit (van beneden naar boven) horizontaal vlak glas, de receiverbuis, de dubbel-parabolische secundaire trogspiegel, isolatie.

Ray tracing en CFD (computer fluid dynamics) berekeningen uitgevoerd.

De belangrijkste bedrage aan het verlies wordt geleverd door de wind (Convection), uitstraling is iets minder belangrijke verliesterm. De temperatuur van de secundaire spiegel is belangrijk, dus DNI en hoek zijn belangrijk.

Technical Keynote 1

Thermochemical Solar Fuel Production

C. Sattler, DLR

Waterstof heeft de grootste energiedichtheid in termen van energie per gewichtseenheid.

Productie van waterstof langs chemische weg in een zonnetoren heeft slechts 2 stappen, en is daarom superieur aan productie van elektriciteit met CSP en vervolgens elektrolyse.

Het is ook superieur aan foto-chemistry, want dan wordt maar 1 golflengte benut, terwijl warmtewinning het hele zonnenspectrum gebruikt.

Het totale rendement is 20-25% bij de warmte-chemische weg en slechts 14% bij CSP+elektrolyse

Het onderzoek gaat goed, maar het ontbreekt nog aan betrokkenheid en belangstelling van de overheden en de industrie.

De Europese Unie heeft een nieuw R&D stimuleringsprogramma, Horizon 2020, met een budget van 70 miljard euro.

Een andere toepassing van geconcentreerde zonnewarmte is de reforming van methaan, biomassa of CO₂.

Tolueen en methylcyclohexaan kunnen nuttig gebruikt worden om waterstof in op te slaan met behoud van de chemische potentiële energie. Er gaan 3 mol H₂ in 1 mol methylcyclohexaan. Auto's gaan op waterstof rijden, er is al infrastructuur hiervoor. Waterstof kan ook voor vliegtuigen worden gebruikt. Er is veel recente vooruitgang.

Er wordt nu een solar reactor van 1 MW gebouwd.

Er moeten warmteopslagsystemen komen om de chemische reacties 24 uur per dag aan de gang te houden.

Parallele Sessie: Thermal/Thermochemical Energy Storage

Development of an Active PCM Storage Concept Using an Intermediate Fluid Layer

W. Steinmann, DLR, spreker is Markus Eck

PCM = Phase Change Material, bijna altijd smelten en stollen, waarbij de grote smeltwarmte wordt benut om warmte op te slaan. De voor CSP bruikbare materialen zijn allemaal zouten die een grote warmte weerstand hebben in de vaste toestand, dit is een groot probleem. Het PCM-materiaal wordt mechanisch langs de pijpen met olie of water/stoom bewogen. Er is een warmtecontactvloeistof van gesmolten metaal tussen de pijpen en de platen PCM. Hiermee bereiken we een stabiele warmteoverdracht gedurende de hele ladings- en ontladingstijd.

Er zijn voorlopig nog alleen berekeningen gemaakt, nog geen metingen gedaan.

PCM Storage with Integrated Active Heat Pipe

A. Kribus, Tel Aviv University

Vat met vloeistof, en hierin pijpen met de water/stoom. In de damp staan verticale platen PCM in de damp van de vloeistof. Er ontstaat een heat-pipe-effect. Er is een veel geringere afname van het afgegeven vermogen als functie van de tijd gedurende de nacht. De afname is slechts 30% i.p.v. 80%. Er zijn voorlopig alleen berekeningen gemaakt, nog geen experimenten uitgevoerd.

Using Encapsulated Phase Change Salts for Baseload Concentrated Solar Power Plant

A. Mathur, Terrafore inc. Spreker: James Oxley.

Een enkele tank met lagen van pillen die 5-10 mm groot zijn, met verschillende PCM's in de capsules.

Er wordt o.a. KNO_3 gebruikt.

De bestaande capsules zijn polymeren en kunnen dus niet tegen de voor CSP relevante hoge temperaturen tot 600 C. Er zijn nieuwe capsules ontwikkeld:

Inorganische laag, lege ruimte als schil om uitzetting op te vangen, inorganische laag, KNO_3 . Er worden druktesten op de capsules uitgevoerd, want in de tank rusten dikke lagen capsules op elkaar.

Na 5000 cycli blijkt dat er wat diffusie van zout in de organische lagen is.

Dag 2, woensdag 18 september 2013

Plenary: Value of CSP

The value of storage for the energy system.

P. Denholm, National Renewable Energy Laboratories

De situatie in Californië wordt behandeld.

In de bestaande programma's waarin de elektrische netwerken worden gesimuleerd ontbreekt nog steeds de optie van warmteopslag bij CSP-centrales. Die optie moet geïntegreerd worden.

In de tussentijd moeten we met kunstgrepen de optie toevoegen aan de bestaande programma's.

Het solar advisory programma PLEXOS wordt gebruikt.

Californië zal meer moeten exporteren en importeren van en naar de buurstaten. Dat kan via het bestaande Western Interconnection Grid in de USA en Canada.

Er wordt gewerkt met CO_2 kosten van 36 \$ /ton.

CSP plants met een totaal vermogen van 762 MW en solar multiple =2 worden ingevoerd.

Solar multiple =2 betekent, dat midden op de dag de warmteproductie in het spiegelveld twee keer zo groot is als het warmteverbruik voor aandrijving van de stoomturbines. Het overschot is dan beschikbaar om opgeslagen te worden. Deze CSP-infrastructuur is dus qua productievolume gelijk aan een PV-capaciteit van 1524 MW.

De pieken in het gebruik 's ochtends en 's avonds, vallen niet goed samen met de productie door PV, maar wel met CSP+opslag.

De CSP-plants gaan steeds meer een deellast leveren, als deel van de reserve.

CSP bespaart dan vooral gas.

Bij veel PV in het net moeten fossiele centrales veel opstarten en afschakelen, bij CSP is dat veel minder het geval.

CSP helpt bij het integreren van de andere DE, zoals PV en wind, in het net.

Dit is de grootste waarde van CSP, meer dan het vergroten van de basislast in het net.

How CSP is appreciated by the International Energy Agency.

C. Philibert, IEA

Philibert geeft een mondiale beschouwing.

De investeringskosten van PV –systemen zijn veel sterker gedaald dan verwacht. Eind 2012 bedroegen ze 1.49 \$/Watt voor het hele systeem. De verwachting is dat er in 2020 210 GW aan PV is opgesteld.

De CSP-capaciteit is in de eerste 10 jaar een factor 10 kleiner dan PV. Maar de verwachtingen voor 2050 blijven overeind, nl. dat er evenveel CSP als PV zal zijn.

Uitbreiding van DE gaat vooral gebeuren door verdere groei van zonne-energie = half PV, half CSP.

De opslagcapaciteit van pumped hydro (water oppompen in stuwwerken) is beperkt. De verliezen hiervan zijn redelijk, maar de verliezen bij CSP met opslag zijn lager.

De waarde van CSP+opslag is nu in veel landen nog niet groter dan PV, maar naarmate het aandeel PV stijgt, wordt de waarde van CSP+opslag, dat er geleverd wordt op de tijden waarin de vraag het grootst is, groter.

De hoeveelheid R&D-geld voor solar fuels is nu zeer veel te laag, en moet drastisch omhoog. De beleidsmakers blijken nog steeds niet de waarde van zonnebrandstoffen voor het bereiken van een CO₂-neutrale energievoorziening in te zien.

CSP wordt zeer gewaardeerd door EIA, en IEA blijft SolarPACES volop steunen.

Renewable energy in California

D. Hochschild, California Energy Commission

CSP heeft vooral te maken met een politiek probleem, veel meer dan met een technologisch probleem.

Het aandeel DE is in 2013 20%, dat wordt 33% in 2020. Hiervan is 44% zon (meest PV)

De grootste projecten in Californië zijn ook de grootste ter wereld:

Alta wind in Kern County is een 1.55 GW windpark, de grootste van de wereld.

Het 550 MW PV veld in River Side County is het grootste PV-project ter wereld.

In San Lius Obispo staat een groot PV-veld met draaiende PV-panelen om 1 as.

Het grootste geothermie project staat in Californië.

Het grootste CSP-veld eveneens.

Het grootste zonnetorencomplex is Ivanpah, 370 MW.

Californië heeft een groot R&D programma voor o.a. CSP.

Parallele Sessie: Solar Collectors

Blue Sky Cooling for Parabolic Trough Plants

E. du Marchie van Voorthuysen, SOLAq BV

CSP-centrales moeten gekoeld worden bij een zo laag mogelijke temperatuur om een zo hoog mogelijk rendement te bereiken. Maar er is steeds minder koelwater beschikbaar. Het alternatief is luchtkoeling wat extra elektriciteit kost voor de ventilatoren, en midden overdag bij hoge luchttemperatuur hoge koeltemperaturen oplevert en dus een lager rendement. Stralingskoeling, blue sky cooling overdag en night sky cooling 's nachts, is een goede oplossing van het koelprobleem dat zich uitstekend laat combineren met drijvende trogspiegels.

SOLAq heeft op het eiland Texel een proefveld van 76 m² spiegeloppervlak geïnstalleerd dat warmte levert aan een overdekt zwembad, zie foto. Op het terrein is een ondiepe vijver aangelegd waarin de trogspiegels drijven en collectief draaien om één verticale as om de dagelijkse beweging van de zon te volgen. De voordelen van een drijvend veld van parabolische trogspiegels zijn:

- Een enorme reductie van het aantal lagers, motoren en flexibele koppelingen
- Veel lagere eisen wat betreft torsiestijfheid
- Betere benutting van het landoppervlak

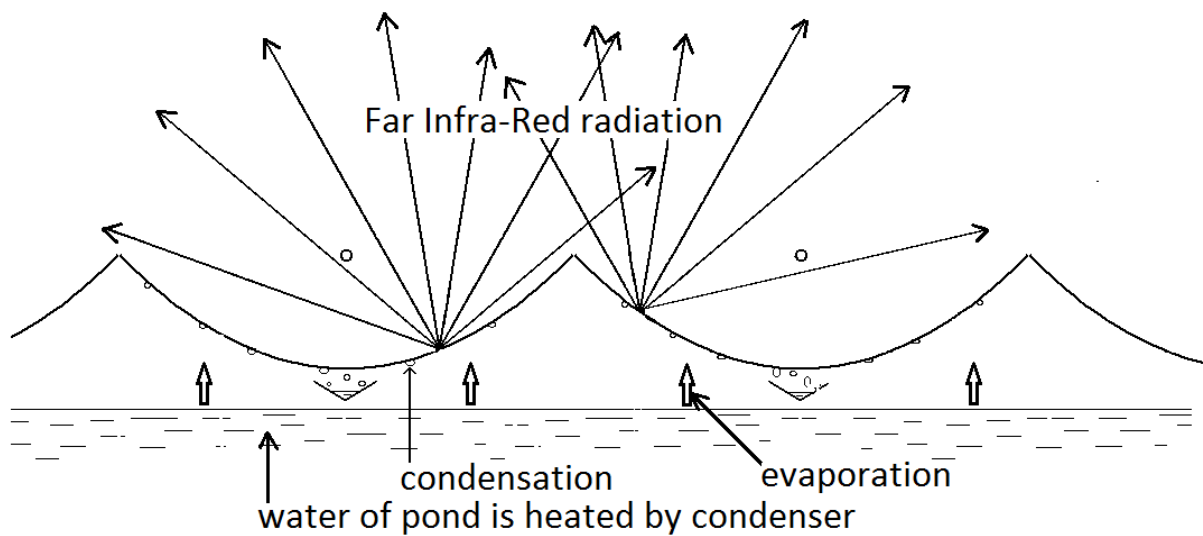
Al deze voordelen moeten resulteren in een aanzienlijk lagere prijs per m² spiegeloppervlak.

Een CSP-spiegelveld bestaande uit drijvende trogspiegels heeft als belangrijk nevenvoordeel dat de enorme warmtecapaciteit van het water benut kan worden voor de opslag van koude ten behoeve van de condensor van de centrale. De condensor wordt gekoeld met water uit de vijver, en het water wordt op zijn beurt gekoeld door uitstraling vanuit het spiegeloppervlak naar de koude, blauwe hemel overdag en de nog koudere nachtelijke hemel. Het warmtetransport vanuit het relatief warme water naar de door uitstraling koudere spiegels vindt plaats door verdamping en condensatie, net als in een heat-pipe, zie de figuur.

Er was een flinke belangstelling voor deze voor vrijwel iedereen nieuwe concepten. Men had enige moeite om te beseffen dat het water een onderdeel vormt van de installatie, en niet verbruikt wordt. Daarom kunnen drijvende trogspiegelvelden ook worden toegepast in gebieden waar water schaars en kostbaar is.



Drijvend trogspiegelveld op Texel



Afvoer van warmte uit de vijver door verdamping, condensatie en uitstraling vanuit het spiegeloppervlak van de parabolische trogspiegels.

Het artikel is positief beoordeeld door twee referees als zijnde zeer innovatief. De sheets van de presentatie en het artikel kunnen bij mij worden opgevraagd, voorthuysen@solaq.nl



Technical Keynote 2

Solar-Thermal Power Generation - A Reality Check

J. Karni, Weizmann Institute of Science

Zoek het CSP system met de potentie om het hoogste zon → elektriciteit rendement te halen, gemiddeld over het jaar. Exploitanten van centrales geven bijna altijd een te optimistisch beeld van de prestaties.

Het totaalrendement bestaat uit 3 componenten:

1. Optisch rendement = zon → receiver
2. Receiver-rendement = geconcentreerde zon → warmte in transportvloeistof
3. Powerblock-rendement = warmte → elektriciteit

En alles gemiddeld over het hele jaar, en niet alleen op de mooiste dagen in de zomer.

Het rendement van torens gaat achteruit als je ze te groot maakt, torens >100 MW zijn zinloos. Een logische consequentie van dit betoog is dat de schotels (Solar Dishes) het grootste potentieel hebben. Karni bekritiseert het idee dat schotels altijd gecombineerd moeten zijn met Stirlingmachines (heteluchtmotoren). Hij propageert microturbines in het brandpunt, of het afvoeren van de warmte met een transportgas of vloeistof.

Schotels zijn zeer geschikt om solar fuels te produceren.

Alle onderdelen moeten specifiek ontwikkeld worden voor de zonnecentrale.

Prof Israel Dostriovsky schreef in de jaren 80 een boek met deze ideeën.

Zie verder Chapter 3 in *Annual Review of Heat Transfer* vol 15 pp 37-92 (2012).

Het verhaal werd in een dwingende, provocatieve stijl gebracht, want vrijwel iedereen in de zaal is actief met de andere, meer gangbare CSP-technieken als parabolische trogspiegels, zonnetorens en fresnelvelden. Op deze SolarPACES conferentie zijn er slechts 1 of 2 bijdragen die over dishes gaan, en dit wordt krachtig door Karni bekritiseerd. Na afloop hoor ik veel scepsis over de stellingen van Karni.

Parallele Sessie: Solar Collectors

Cross Linear Solar Concentration System for CSP and CPV

Y. Tamaura, Tokyo Institute of Technology

De Noord-Zuid lopende spiegelrijen van een fresnelspiegelveld worden opgedeeld in sub-spiegels met eigen hun eigen Oost-West as. Dit geeft een hoge concentratie van 300-500 zon en een veel constantere opbrengst gedurende de dag.

Parallele Sessie: General Topics in CSP

Performance Analysis of Offshore Solar Power Plants

C. Diendorfer, Vienna Univ. of Technology

Vanuit de Technische Universiteit Wenen is een nieuw bedrijf opgericht: Heliofloat. Ontwikkeling van een platform op zee voor zonne-energie toepassingen. Er wordt vooral op de Middellandse Zee gericht.

Het bedwingen van het effect van wind en golven is de grote uitdaging. De drijflichamen bestaan uit cirkelvormige luchtkamers met flexibele membranen.

Er is een speciale, zeer licht trogspiegel ontwikkeld, bestaande uit een opgeblazen worst, aan de bovenkant doorzichtig, en spiegelend folie dat door een relatieve onderdruk in vorm wordt gehouden.

Van het vlot is een schaal 1:75 model gemaakt en getest in een testlaboratorium voor scheepsontwikkeling.

De golfhoogte als functie van datum en locatie is te vinden in een atlas:

KNMI/ERA-40 Global Wave Climatology atlas

Beweging van het platform wordt berekend aan de hand van de golven.

De conclusie is dat de beweging door de golven meestal verwaarloosd kan worden.

Parallele Sessie: Solar Collectors

A Comparison of Polymer Film and Glass Collectors for Concentrating Solar Power

C. Sansom, Cranfield University UK

Wat betreft anti-soiling oppervlakken en zanderosie bestaan er zg. ASTM standaards.

Ze hebben een zand erosie testapparaat in het lab gebouwd waarmee drie oppervlakken worden getest: 1. Een TiO₂-coating, 2. "Repel smart soiling" 3. Een plaat zonder coating.

Goede ervaring opgedaan met een hydrofiele laag, waarop resterend organische materiaal wordt ontleed met UV-straling, er ontstaat zo een gladde waterlaag.

Dit mechanisme bestaat ook voor de TiO₂ coating.

Dag 3, donderdag 19 september 2013

Plenary: Global CSP Initiatives

Financing CSP Projects in emerging markets

D. Younger, International Finance Corporation (IFC) en world bank

Het IFC levert private investering, zowel equity als zachte leningen en is in veel landen aanwezig. Het IFC heeft meer dan 30 GW aan projecten gefinancierd in de derde wereld. Start-ups worden gesteund.

Maar er wordt nooit meer dan 20% van het project door IFC gefinancierd.

Het Clean Technology Fund (CTF) geeft steun voor nieuwe technologieën en fabrikanten van onderdelen in de opkomende economieën.

In Zuid-Afrika is er nu een goed Feed-In tarief voor CSP, 34 \$cent/kWh. Het CTF heeft veel aandacht voor Zuid-Afrika. Er zijn daar 2 CSP-centrales in aanbouw, door CTF gesteund.

In MENA (Middle-East en North-Africa) is de Wereldbank actief. Maar zullen de EU-landen hun markten openstellen voor stroom uit Noord-Afrika?

Het CSP-project in Ouarzazate (Marokko) heeft nu financiering gekregen van CTF.

ACWA Power heeft met een bod van 19 \$ct/kWh de bidding gewonnen. Er zijn nog wel politieke en financieringsproblemen die opgelost moeten worden.

CHINA:

Het tarief van het Ordos project van 50 MW is 16 \$cent/kWh.

Het IFC ziet een goede toekomst in CSP.

Australian solar thermal research initiative ASTRI

M. Blanco, CSIRO Australië

CSIRO is de nationale onderzoeksorganisatie van Australië.

De CSP groep van CSIRO omvat 33 arbeidsplaatsen.

Het solar thermal research initiative ASTRI is een groot research project om zeer veel CSP in Australië te bouwen en heeft een budget van 80 miljoen AUSS\$.

Er zijn veel posities beschikbaar voor promovendi, post-docs en vaster personeel. Specifieke projecten, ook uit het buitenland, worden gesteund. (de drijvende troggen van SOLAQ maken wellicht kans).

CSP research initiatives from the EU

P. de Bonis, European Commission DG RTD

Het lopende plan is het SET-plan voor CO₂-vrije energieopwekking.

Er is veel rivaliteit en verschil van opinie tussen de PV en de CSP-organisaties.

Zie www.Solarera.eu. STAGE-STE wordt waarschijnlijk de naam van een nieuw CSP-programma met 10 Meuro

Het nieuwe framework-programma heet "Horizon 2020 voor smart en inclusive growth".

Het programma omvat 7 miljard euro, er is duurzame energie bij.

Sunshot initiative of DEO

R. Pitchumani, US Department of Energy

Het doel van Sunshot is om de kosten van zonne-energie per 2020 gelijk te krijgen aan de andere energiebronnen, zowel PV als CSP, voor het gehele systeem, inclusief de vergunningen en de procedures.

Wat betreft CSP:

In 2010 waren de stroomkosten van CSP-opwekking \$0.21 / kWh. Deze kosten moeten omlaag naar 6 cent in 2020.

Het spiegelveld moet 7 cent reductie voor zijn rekening nemen.

Nodig is dat de kosten per spiegel dalen tot 75\$/m² spiegeloppervlak (voor heliostaten, bij andere systemen moet gecorrigeerd worden voor het verschillende optische rendement)

Rendement van het powerblok moet naar 50%, met luchtkoeling.

De oplossing is om naar hoge temperaturen te gaan. Er is dan een materialen-probleem, en een chemisch probleem.

Er is al 130 miljoen dollar besteed in het programma.

In de VS is er een potentieel van 11-21 GW aan fossiele centrales die gehybridiseerd kunnen worden met toegevoegde spiegelvelden.

Het automatiseren van de spiegelproductie is nodig om het doel 75 \$/m² te bereiken.

Van Zonnebrandstof voor energieopslag en de thermochemische energieopslag moeten de kosten dalen tot 15 \$/kWh.

In de USA is 1.3 GW aan CSP in aanbouw.

Parallele Sessie: Power Cycles.

Installation and Operation of Parabolic Trough Organic Rankine Cycle Solar Thermal Power Plant in South Louisiana

J.R. Raush, University of Louisiana at Lafayette

De 7 meter brede trogspiegels bestaan uit Gassamer space frames met 3M spiegelenfolie.

De werkvloeistof in de Green Machine series 4000 turbine is R245fa.

De werkt temperatuur rond 100 C. (door beperkingen in het circuit). Het thermisch rendement is 80% tot 75%. Er wordt een koeltoren toegepast.

Techno-economic Analysis of Enhanced Dry Cooling for CSP

M. Moser, DLR

Koude opslaan.

Praatje gemaakt.

Technical Keynote 3

Development of a High Efficiency Hot Gas Turbo-expander and Low Cost Heat Exchangers for Optimized CSP Supercritical CO₂ Operation

J. Moore, Southwest Research Institute

Het kritische punt van CO₂ is 73 bar en 31 C. De werkdruk van de gesloten gasturbine is 300 K. Daardoor zijn de afmetingen veel kleiner, een turbine van 440 MW is slechts 1 meter groot. De warmtewisselaars zijn ook zeer compact.

De afvalwarmte moet benut worden,

Er bestaat een demo op 10 MW niveau (met gasbranderverwarming).

Parallele Sessie: Thermal Receivers

CRS Sales: Abengoa's Molten Salt Pilot Power Tower Plant Celebrates One Year of Uninterrupted Operation

R. Navio Gilaberte, Abengoa Solar New Technologies

De geconcentreerde intensiteit op de receiver is 1000 kW/m², dat is 1000 zon.

Transport en warmteopslag gebeurt met standaard zout met samenstelling 60% NaNO₃, 40% KNO₃

Het temperatuurbereik is 290 – 560 C.

Het opwarmen duurt 15 minuten, daarna wordt de receiver gevuld. Monitoring van de receiver met IR camera.

Er is elektrische verwarming van de buizen nodig tegen bevriezing.

Parallele Sessie: Reliability and Service Life Prediction

Correlation between Solar Mirror Degradation and Colorimetric Measurement of Protective Back Layer

O. Raccurt, CEA LITEN

Presentatie door een vervanger.

Het betreft fresnel spiegels.

Beschadiging kan optreden door zand, regen en temperatuurfluctuaties.

Dit werk betreft de meting van het effect van temperatuurfluctuaties.

De spiegels worden 6000 uur lang op 100, 150 of 200 C gehouden.

De reflectiviteit wordt gemeten als functie van de tijd.

Er is geen degradatie bij 10 C, wel bij 150 en 200 C.

Kleur van de achterkant verandert, ook bij 100C.

De kleurverandering loopt vooruit op de reflectiviteitsdegradatie, is dus een waarschuwing.

Kleurverandering treedt op door toename van de poreuziteit van de verf. Daarna begint de aantasting van het zilver door zuurstof.

Arrhenius: $E_a = 0.7 \text{ eV}$ van het zuurstofdiffusieproces door de verf.

Extrapolatie: de levensduur van de spiegels bij 80 C is 3 jaar, en bij 50 C 27 jaar.

Ik vraag hoe het afhangt van leverancier: antwoord weten we (nog) niet.

Study of the Effect of Acid Atmospheres in Solar Reflectors Durability under Accelerated Aging Conditions

A. Fernández-García, CIEMAT-Plataforma Solar de Almería

Test van veel verschillende soorten spiegels:

Glas/zilver, aluminium/coating, aluminium geanodiseerd, polymer/zilver, polymer/aluminium samples.

Behandeling met SO_2 :

Glas/zilver: aantasting via de verflaag.

Aluminium:

Met coating: geen aantasting

Geanodiseerd aluminium: wel sterke aantasting

Polymeren: de spiegel met polycarbonaat is aangetast, de 2 anderen niet.

Dag 4, vrijdag 20 september 2013

Plenary: Cost Reduction Challenges and Approaches in CSP

R. LaBorde, Grezenbach Corporation

Driving down cost through intelligent automation

De corebusiness van Grezenbach is glas, bouwmaterialen, gipsplaat, geautomatiseerde productie. Productie van dunne laag PV, troggen en heliostaten, ventilatietorens voor airco. Zijn advies is: produceer efficiënt en dus geautomatiseerd.

35 tot 49% van de kosten van CSP is het spiegelveld, dus nu is de meeste winst te halen in automatisering van de spiegelproductie en -montage.

Panel Discussion

Joseph Desmond - Senior Vice President, Marketing and Government Affairs, BrightSource Energy

Het IVANPAH project is bijna klaar, 3 torens, komende dagen komt de aansluiting op het net tot stand.

De productiestandaard is 6sigma precisie, dus slechts 0,0004% van de gevallen mag falen. Er is een productiehal op het terrein met geavanceerde montagerobots, attractief voor bezoekers. Productietempo 1 heliostaat per minuut, 500 heliostaten per dag gedurende 2 jaar, uiteindelijk 750 per dag, 6 dagen per week. Er was een competitie tussen de montage teams. Veel last van wind, maar dat was wel in de planning opgenomen. De 3 torens zijn 150 meter hoog. De toren bestaat uit secties die op de grond worden gebouwd en daarna opgehesen. De excursie van vanmiddag gaat naar IVANPAH.

Het Sunshot-doel van kostendaling tot 75\$/m² gaan we halen. We moeten niet concurreren tegen PV, maar tegen fossiel. We moeten de maatschappij duidelijk maken dat er CSP bij de PV moet, op 50- 50% basis.

Rick Huibregtse - Senior Vice President of Engineering, eSolar
eSolar is een producent van vrij kleine torens met kleine heliostaten die met handkracht in het veld worden gemonteerd. In de gevestigde industrie kan ieder jaar 7 % reductie worden gehaald in de productiekosten, en in een nieuwe industrie zoals CSP kan het 14% per jaar worden. Het Sunshot -doel kan gehaald worden.

Henry Price - Vice President of Technology, Abengoa Solar LLC
Abengoa bouwt en exploiteert zowel torens als trogcentrales (in Sevilla, de PS10 en PS 20). De directe fabrikagekosten zijn de helft van de totale kosten. Het PS50-project in Zuid-Afrika heeft heliostaten met oppervlak 140 m². De LEC van CSP zullen dalen van 12 \$cent/kWh naar 9 cent, verdere kostendaling is niet waarschijnlijk.

Martin Selig - Founder and Board Member for Market and Product Development, Novatec Solar.
Novatec heeft het Puorta Errado project in Spanje gebouwd, 30 MW fresnelspiegels, werkt sinds augustus 2012. Er wordt gewerkt met verzadigde stoom, luchtkoeling, < 310 C < 100 bar. De prestaties zijn goed. Er is een schoonmaakmachine voor de spiegels met heel weinig waterverbruik. Volgende stap: oververhitte stoom tot 550 C en 150 bar, hiervoor zal een vacuumbuisreceiver worden gebruikt.. Daarna de stap naar gesmolten zout. We zullen goedkopere stoom kunnen leveren dan de fossiel brandstoffen.

Kevin Smith – Chief Executive Officer, SolarReserve
Er is 3 GW aan projecten in de planning. Ook efficiëntieverbetering, en opslag zijn belangrijk. Rockedyne is leverancier. Torens met gesmolten zout. Combinatie van CSP met opslag en PV in een gezamenlijke centrale. Er is 1.8 GW in aanbouw.

De Crescent Dunes torencentrale wordt 110 MW met 10 uur opslagcapaciteit. De heliostaten zijn 150 m² groot. De aandrijving van de heliostaten gebeurt met PV. SolarReserve gaat in Zuid-Afrika 250 MW aan centrales bouwen, verdeeld over 3 projecten. De EPC contractor is Cobra. PV kost nu 7,5 \$cent/kWh, CSP zit nu op het 12 \$cent niveau.

Ik stel een vraag over de koeling. Antwoord: bijna alle nieuwe projecten in de VS hebben luchtkoeling. In Spanje zullen de meeste nieuwe projecten ook luchtkoeling krijgen. Ik hoor even later dat de fossiele centrales in Israël ook allemaal luchtkoeling hebben. Ik vraag waarom ze niet aan de kust staan, het antwoord is dat dit ten koste van de recreatie op de stranden gaat.

Parallele Sessie: Reliability and Service Life Prediction

Comparison and Evaluation of Accelerated Aging Tests for Reflectors

F. Sutter, DLR

Op aluminium reflectoren komen 3 soorten beschadigingen voor:

1. Gelocaliseerde corrosie
2. Micropitting
3. Ingedrongen korrels die niet te verwijderen zijn.

Gerapporteerd wordt een methode om veroudering en beschadiging te versnellen. Er wordt degradatie gezien van het aluminium.

Accelerated Lifetime Modeling on the Basis of Wind Tunnel Analysis and Sand Storm Aging

C. Holze, machtTechnik AG en ToughTrough

In zandstormen kan zand hoog worden opgeblazen.

Lage zandstromen hebben geen effect op de spiegels, die meestal vrij hoog boven de grond staan.

Sattation: het opstringen van zanddeeltjes, kan wel schade veroorzaken.

Suspentie van zanddeeltjes in de lucht kan optreden bij storm..

Sattation en suspension zijn de gevaarlijke effecten.

Bij suspensie kunnen 1mm grote deeltjes 5 meter hoog komen.

Er is een mathematisch model gemaakt van de zandbeweging bij spiegels.

Closing Plenary

Cedric Philibert

Er is een confrontatie tussen theorie en praktijk: academische wereld en de industrie, en dat maakt deze conferenties zo interessant.

Het is twijfelachtig of CSP PV nog kan inhalen wat de kosten betreft. Maar het lukt wel als de zon niet schijnt, want dan kan CSP nog steeds stroom leveren en PV niet. De warmteopslag is zeer belangrijk. De politici moeten dit veel beter gaan begrijpen. In 2014 komt er een publicatie van het IEA "integration of renewables".

R. Pitchumani, voorzitter van de conferentie

Slotwoord. De volgende SolarPACES-conferentie wordt in Peking gehouden in september 2014 in het China National Convention Center vlakbij het Olympisch terrein.

Belangwekkende posters

- A-02 **Advanced Lead Free High Protective Coatings for Solar Mirrors**
J. Effing, VALSPAR Industries GmbH
- C-05 **A High-temperature, High efficiency Solar Thermoelectric Generator Prototype**
P. Parilla, National Renewable Energy Labo
- C-17 **Organic Rankine Cycle Power Generation in Small Scale CSP Plants**
D.M. Albrigo, Turboden Srl
- C-11 **Comparison of Linear and Point Focus Collectors in Solar Power Plants**
G. Manzolini, Politecnico di Milano
- C-13 **Design and Testing of a Novel Air-cooled Condenser for Concentrated Solar Power Plants**
J. Moore, Stokes Research Institute
- C-15 **The Influence of the Steam-side Characteristics of a Modular Air-cooled Condenser on CSP Plant Performance**
A. O'Donovan, Stokes Institute
- K-06 **Establishing Bankability for High Performance, Cost Reducing SkyTrough Parabolic Trough Solar Collector**
A. Mason, SkyFuel, Inc.
- M-09 **Assessment of a Global-to-direct Empirical Model for the Long-term Characterization of Direct Normal Insolation**
M.A. Silva-Pérez, University of Seville
- O-17 **Thermochemical Energy Storage via Water-splitting by Redox Reaction of Alkali Metals**
H. Miyaoka, ISSD

