

Tentoonstelling van Concentrated Solar Power op de energieafdeling van 's werelds grootste techniekmuseum, het Deutsches Museum.

Een eenvoudig kookstelletje kan in India en Afrika enorm schelen in houtkap, CO₂-emissie en inademing van roetdeeltjes (Deutsches Museum, München).

Materiaalkundige oplossingen voor energievraagstukken

Power Engineering

De TU Delft deed in 2006 een onderzoek onder de titel “CSP als onderdeel van de Europese energievoorziening, de realisatie van grootschalige zonnecentrales: mogelijkheden, obstakels, en advies.” CSP staat dan voor Concentrating Solar Power: een systeem dat zonlicht met spiegels geconcentreerd reflecteert op een ontvanger, waarna warmtewisselaars en stoomturbines voor elektriciteitsproductie zorgen. Indien zeewater wordt gebruikt, blijft er meteen zoet condenswater over, overigens met alle corrosievraagstukken van dien bij een dergelijke toepassing. De spiegels worden uiteraard met oppervlaktetechniek gemaakt. De Duitse Nuclear Free Future Award ging dit jaar naar een CSP-systeem dat zelfs in West-Europa en in de winter zou werken (zie voorpagina).

Ingenieursvereniging KIVINIRIA had zijn jaarcongres van 2010 het thema ‘Duurzaam omgaan met Energie’ gegeven (zie januari, “Groene Stroomversnelling”, p. 20-23, www.oppervlaktetechnieken.com/archief – red). Vakblad Oppervlaktetechnieken ging naar aanleiding van het lezingencluster “Stroom uit de Woestijn” langs bij de TU Delft, geflankeerd door de voorzitter van de Vereniging voor ZonneKrachtCentrales (zie kadertekst). CSP wordt in het Delftse rapport een ‘bewezen technologie’ genoemd, die echter mede

door concurrentie van fossiele brandstoffen niet doorbreekt. Zonlicht heeft – in tegenstelling tot olie en gas – geen prijschommelingen, want het valt gratis op de grond. Dus op welke argumenten wordt dat pleit dan beslecht, en welke kansen liggen er voor de oppervlaktetechnische industrieën? Aan het woord komt professor Verkooijen, energiedeskundige van het Process & Energy Department aan de TU Delft, die overigens destijds zelf niet betrokken was bij het onderzoek van 1996.

OT: Hoe kwam de TU Delft op het idee om zich met CSP te gaan bezighouden?

“Wij zijn niet zo zeer geïnteresseerd in de spiegels maar in de conversietechnologie. We bekijken zonlicht vanuit de optiek dat je er elektriciteit van moet maken. Nu zijn we bijvoorbeeld bezig met onderzoek naar de vraag hoe je thermische energie kunt opslaan op hoog niveau. Huidige ontwerpen zijn gebaseerd op het soort zouten, zoals natriumkaliumnitraat, daar haal je 500 tot 600 graden mee. Daar kun je de receiver mee

ZONNEKRACHTCENTRALES IN HET KORT

De Engelse term voor dit type elektriciteitscentrales is Concentrating (Thermal) Solar Power, meestal afgekort als CSP. Zoals het woord al zegt, wordt er gebruikgemaakt van het concentreren van zonlicht, dit zonlicht valt op een centrale ontvanger waar de hitte gebruikt wordt. Meestal om stoom op te wekken, en met de stoom wordt op de klassieke manier via een turbine en een dynamo elektriciteit opgewekt.

Er bestaan grofweg vier typen:

1. De lineaire trogspiegel, waarbij een langwerpige spiegel in één richting gebogen is in een parabolische vorm. In de brandlijn van de trog bevindt zich de receiver, waar olie doorloopt die tot 400 à 500 graden Celsius verwarmd kan worden. Deze warmte kan rechtstreeks gebruikt worden om stoom te maken of de warmte kan opgeslagen worden in een vat gesmolten zout. Het voordeel hiervan is dat je op elk gewenst moment, dus ook 's nachts, elektriciteit kunt maken.
2. Daarnaast bestaat de Fresnel-spiegel, bestaande uit een hele reeks vlakke spiegels die allemaal net onder een iets andere hoek staan, waardoor ze toch op één lijn focussen. Deze vorm is minder precies, maar ook minder kostbaar. Beide systemen volgen de zon in de loop van de dag.
3. De zonnetoren, die z'n ontvanger bovenin de toren heeft zitten. De toren wordt omringd door een veld van vlakke spiegels die allemaal het zonlicht naar de top van de toren sturen. Ze worden 'heliostaten' genoemd en draaien om twee assen. In theorie zou deze vorm het grootste rendement kunnen halen, omdat de temperaturen zo hoog worden (1.000°C). Ook hier

kan gebruik worden gemaakt van warmteopslag of eventueel van het splitsen van water in waterstof en zuurstof om op die manier een buffer te maken, voor tijden met minder zon, of het waterstof kan gebruikt worden als brandstof. Dit laatste is nog geen staande praktijk.

4. De zogenaamde 'suncatchers': een paraboolspiegel met in het brandpunt een Sterling-motor die rechtstreeks elektriciteit opwekt. Deze heeft als nadeel dat er geen opslagsysteem bij is. Maar het voordeel is dat de eenheden veel kleiner zijn dan bij de andere systemen. Je kunt er dus eenvoudig een klein dorpje mee van elektriciteit voorzien. Zet je er veel bij elkaar, dan heb je weer een grote centrale.

De CSP centrales zijn sinds 2007 enorm in opkomst en de prijs daalt snel. Overigens zijn de investeringskosten nog steeds erg hoog, doordat je als het ware in één keer de kosten betaalt voor vervolgens dertig jaar gratis energie. Dit is een heel andere situatie dan we gewend zijn met bijvoorbeeld gasgestookte centrales, waar de investeringskosten weliswaar een stuk lager zijn, maar waar je altijd gas moet kopen om de zaak draaiende te houden. Er zijn negentig landen in de wereld die geschikt zijn voor CSP. Slechts één procent van het woestijnoppervlak is voldoende om de gehele wereld van energie te voorzien.

Transport van elektriciteit kan tegenwoordig met HVDC-kabels (High Voltage Direct Current) met een verlies van 3% per 1000 km. Vereniging voor ZonneKrachtCentrales www.vzkc.nl

koelen (de ontvanger: het installatieonderdeel waar het geconcentreerde zonlicht op valt, bijvoorbeeld hoog op een toren gemonteerd of als buis vlak boven de spiegel – red.). Je kan lucht verhitten tot 1.300 of 1.400 graden en die energie opslaan. Dan heb je keramische materialen nodig, dat zijn trucs die in feite in hoogovens ook toegepast worden. De onderzoeksvraag is dan: hoe moet je zo'n systeem ontwerpen?"

OT: Dus dan gaat het om een wand die de druk aankan en een oppervlaktetechniek die de temperatuur aankan?

"Ja. De keramische buizen van de ontvanger moeten ongeveer 1.500 tot 1.800 graden kunnen hebben. Gasturbines, met hun Brayton cyclus, kunnen deze hoge temperatuur goed aan. Maar je hebt een aantal installaties na elkaar nodig. In stoomturbines onder hoge druk wordt de energie in de uitlaat van de gasturbine verder benut. De restwarmte van de hete lucht, zou je ook met een recuperator terug kunnen winnen. Een van de grote nadelen van duurzame bronnen is dat ze niet beschikbaar zijn gedurende een bepaald deel van de tijd. Zonne-energie is in de winter heel moeilijk. Dichter bij de evenaar gaat het een heel stuk beter. In het zuidelijk gedeelte van de Sahara zou dit gerealiseerd moeten worden."

OT: Welke oppervlaktetechnieken zijn het perspectiefrijkst voor het produceren van de spiegels, de coating in de vacuümbuis, en de krasvaste beschermlaag tegen zanderosie? Op uw lezing toonde u een satellietfoto van een wolk zand ter grootte van Spanje...

"Ik denk dat dat een probleem is. Ik weet niet welke technieken het meest geschikt zijn, maar we hebben hier wel technieken in huis om heel harde lagen te deponeren, met vacuümopdampen. Dat leent zich volgens mij niet zo goed voor grote oppervlakken, wat de kosten per vierkante meter betreft."

OT: In uw lezing sprak u van een levensduur van de spiegels van dertig jaar, maar dat zou nog gezien moeten worden. Zijn daar versnelde degradatietests voor, zoals die in de coatingtechnologie gebruikelijk zijn?

"Dat is in een aantal berekeningen meegenomen. Er is al lange tijd ervaring in Nevada, in de VS, maar dat is in een woestijn waar je enige begroeiing hebt, en niet echte zandstormen. Met versnelde slijtagetests kun je het redelijk voorspellen, veronderstel ik. De inslaghoek, de windsnelheden en zandhoeveelheden zijn bekend, daar moet je modellen voor kunnen maken, met een soort zandstraler."

OT: De Kramer Junction in de Nevada-

woestijn had problemen met waterstofvorming in de olie in de vacuümbuis, waarmee het zonlicht omgezet wordt in warmte. De waterstof splitste af door de enorme verhitting, en kroop door metaal-glasansluitingen uit de oliebus de vacuümmantel in. Is dat inmiddels onder controle?

"Daar is een bedrijf in Limburg mee bezig geweest, met die aansluiting van glas en metaal. Hoe het precies staat, weet ik niet. Maar er zijn maar weinig Nederlandse bedrijven die in de CSP werkzaam zijn tot nog toe."

De Haan: Welke technische doorbraken zijn er nodig om de kilowattuurprijs naar beneden te halen?

"De kosten per geïnstalleerde kW zijn momenteel nog behoorlijk hoog. De loadfactor (belastinggraad, dus welke percentage van de tijd er daadwerkelijk gebruik gemaakt kan worden van het systeem – red.) is laag. Om deze loadfactor te verhogen is opslag een mogelijkheid, maar je moet óók de investeringskosten naar beneden zien te krijgen. En op het vlak van de oppervlaktetechniek: de reflectiefactoren moeten hoog genoeg zijn, evenals het zelfreinigend vermogen, en waarschijnlijk moet ook de constructie nog wat voordeliger opgezet worden. Er is een Europees project om de >

> lichtconcentratie van parabolische concentrators volgens het fresnel-beginsel te benaderen, met lamellen die draaien. Dan zit je met heel veel lagere investeringskosten en het rendement is weliswaar lager, maar kan toch al gauw 75% halen.”

OT: De automotive-sector kan dan de servo's leveren, dus de motortjes voor de draaibewegingen, zoals die in buitenspiegels zitten. Zo heeft een Amerikaanse leverancier enkele concurrenten overleefd de afgelopen jaren...

“Ja daar kan ook nog een hoop ontwikkelingswerk in gedaan worden. Als je een keer zoiets ontwikkeld hebt, heb je als bedrijf een behoorlijk concurrentievoordeel. Het verbeteren van een bestaand systeem gaat vaak makkelijker en sneller dan het ontwerpen van een geheel nieuw beter systeem.”

De Haan: Er zijn wel ontwikkelingen om dit veel goedkoper te maken, bijvoorbeeld lichtgewicht construeren: spiegels zonder glas die met opdamptechnieken gemaakt worden...

“Ontgetwijfeld, maar grootschalige zaken die op en neer bewegen en bestand moeten zijn tegen hoge windsnelheden, moeten ook wel stevig gebouwd zijn. Het wááit er af en toe behóórlijk in die woestijn!”

OT: In paragraaf 2.2 stelt het onderzoek van de TU Delft, na een opmerking dat kerncentrales de CSP-optie de pas zouden kunnen afsnijden: “De vicieuze cirkel van opschaling, ervaring, investering en kostenreductie binnen bestaande technologie zou doorbroken kunnen worden wanneer de overheid een deel van de economische risico's op zich zou nemen, om via een grootschalig experiment een transitie in gang te zetten.” Hoe ziet ú dat?

“Ik geloof niet dat kerncentrales CSP de pas afsnijden: kernenergie kan bijvoorbeeld 75% van de energievoorziening dekken, wanneer zon en wind onvoldoende beschikbaar zijn en de rest kan dan met zon of wind. Dat is goed regelbaar. Er is een wisselende vraag naar elektriciteit. Daar moet altijd op gereageerd worden, en daar komt een wisselend aanbod bij. Daar wordt de dynamiek groter van.”

OT: Hoe zou een CSP-consortium kunnen aansluiten op de Lissabon-doelstellingen over de Europese kenniseconomie, zoals een aanbeveling luidt?

“Het begint natuurlijk bij kennis. In die hele keten die uiteindelijk tot valorisatie leidt (het tot economische waarde brengen van kennis, “van kennis naar kassa” – red.). En uiteindelijk betekent de Lissabon-doelstelling dat je een groter deel van je Bruto Nati-

onaal Product haalt uit een hoog kennisgehalte in de producten die je maakt. Die hele keten, daar ontbreekt in Nederland heel veel aan. Zowel aan de kant van de industrieën die we hebben, want er wordt steeds minder geïnvesteerd in kennis en ontwikkelingswerk, als aan de kant van de overheid loopt het helemaal niet.... Er is steeds een neiging

“Mijn idee is om zonnecellen te maken met twee potten verf: titaniumdioxide en receptoren, op je dak smeren en je hebt een zonnecel!”

in Nederland te denken dat we vooroplopen en gidsland zijn. Ik denk dat dat op geen enkel front meer het geval is. Het wordt tijd dat politici zich eens realiseren dat dat mede het gevolg is van het beleid van de afgelopen jaren. Er wordt 0,88% van het Bruto Nationaal Product in R&D geïnvesteerd volgens het CBS, dat is de helft van Oostenrijk. Die doen het beter dan wij!”

De Haan: zou duurzame energie in het algemeen een punt zijn waar Nederland zou kunnen aanhaken, of lopen we al te ver achter?

“Toen ik directeur bij KEMA was, verantwoordelijk voor research, hadden we een windmolenpark bij Sexbierum. We liepen toen nog voor. Daar is niks meer mee gedaan, terwijl we heel goed wisten hoe het gedrag van de molens was, hoe de interactie tussen die molens was, door schade en schande hadden we die kennis vergaard. Het zonnepanelenproject Helianthos is een goede ontwikkeling, Nuon heeft daar een goede rol in gespeeld (zie de kadertekst “Oppervlaktetechnieken voor groene stroom” in het



Prof. Dr. A. Verkooijen tijdens het jaarcongres van ingenieursvereniging KIVINIRIA, op de dia staat een zonnespiegelcomplex.

artikel “Groene stroomversnelling”, januari, p. 22, www.oppervlaktetechnieken.com/archief – red.). Onderzoek naar organische zonnecellen zou geweldig gestimuleerd kunnen worden. Mijn idee is, wat versimpeld voorgesteld, om zonnecellen te maken met twee potten verf: titaniumdioxide en receptoren, op je dak smeren en je hebt een zonnecel!

En het is een heel goedkope wijze van produceren. Het is een heel veel voorkomend materiaal. Je kan er organisch heel mooie moleculen mee in elkaar knutselen, dat soort onderzoek zou gestimuleerd moeten worden en de industrie kan dat dan oppikken. Dat moet gestimuleerd worden: de introductie en de toepassing ervan. Als je naar duurzaamheid wilt, moet je dat hebben. Er is geen industriebeleid in Nederland en zeker geen geïntegreerd kennisindustriebeleid.”

OT: Op de Studiebeurs in de Jaarbeurs Utrecht bleek enkele jaren geleden dat jongeren zeer geïnteresseerd zijn in technische en chemische opleidingen als ze daarmee aan de slag kunnen voor ecologische thema's. Zou CSP kunnen helpen meer jongeren richting technische universiteiten te krijgen?

“We hebben meer dan 500 instromers hier, we zijn aan het kijken of we een numerus fixus (inschrijfmaximum – red.) moeten instellen en zo de kwaliteit verhogen. Jongeren zijn geïnteresseerd in techniek en niet alleen ruimtevaart. Architectuur en werktuigbouw gaan fantastisch, evenals biomedische technieken. En energietechniek loopt prima!”

MEER INFORMATIE

Prof. dr. ir. Adrian H.M. Verkooijen
Professor of Power Engineering
Process & Energy Department
Leeghwaterstraat 44
2628 CA Delft
A.H.M.Verkooijen@tudelft.nl

Vereniging voor ZonneKrachtCentrales
S.deHaan@Freeler.nl
www.vzkc.nl