



Zonnecellen, droom en werkelijkheid

Auteur(s):

Lenstra, W.J.
Hoofd van de afdeling Energie bij het Ministerie van VROM.

Verschenen in:

ESB, 85e jaargang, nr. 4250, pagina 288, 7 april 2000

Rubriek:**Trefwoord(en):**

energie

Er is optimisme over de toepassing van zonnecellen bij de energiewinning. Leiden kostprijsverlagingen tot voldoende rendabele gebruiksmogelijkheden?

Alles wat er in Nederland gebeurt rond zonnecellen heeft een haast magische uitstraling. Vrijwel iedereen is buitengewoon enthousiast over de enorme mogelijkheden die deze nieuwe energiebron lijkt te hebben. De producenten stellen ons een sterke verlaging van de kostprijzen in het vooruitzicht en wakkeren het enthousiasme hiermee nog meer aan. Greenpeace vraagt nu de aandeelhouders van Shell de gok te wagen en een miljard te investeren in een super-zonnecellenfabriek.

Maar is de toekomst van zonnecellen wel zo zonnig als wordt gedacht? Worden alle sommen wel realistisch gemaakt? Zeker als het verschil tussen de huidige werkelijkheid en wat wordt voorgespiegeld groot wordt, is het goed de feiten eens nuchter op een rij te zetten.

Wat is een zonnecel?

Een zonnecel zet licht direct om in elektriciteit. Hiervoor zijn geen bewegende delen nodig en er ontstaan geen uitlaatgassen. Zonnecellen doen het heel goed op zonlicht maar ook bij een bedekte lucht wordt nog stroom opgewekt. Een modern zonnepaneel levert onder Hollandse omstandigheden per jaar ongeveer tachtig kWh per vierkante meter. Zonnecellen worden nu nog vooral gemaakt van silicium wafers die niet goed genoeg zijn voor de chipsproductie. In de laboratoria van onder meer ECN wordt hard gewerkt aan nieuwe, goedkopere materialen voor zonnecellen.

Het nut van zonnecellen is vooral het milieuvoordeel. Het ontbreken van emissies van kooldioxyde en andere stoffen vormt de belangrijkste drijfveer om de toepassing van zonnecellen te stimuleren. Het voorkomen van uitputting van fossiele brandstoffen is al enige tijd minder relevant wegens de enorme hoeveelheid die hiervan blijkt te bestaan¹. Voor de aanpak van de kooldioxyde-emissies is een aantal andere opties beschikbaar. Zonnecellen zullen daarmee moeten concurreren.

De ruimtelijke invalshoek

Naast de hoge kostprijs is het relatief grote ruimtegebruik een probleem bij de toepassing van zonnecellen. Bij een woning is er nog een redelijke relatie tussen het eigen stroomgebruik en het beschikbare dakoppervlak. Bij een industrie of een groot kantoorcomplex zal het benodigde oppervlak aan zonnepanelen vaak groter zijn dan het beschikbare eigen dak- en geveleppervlak. Deze verhouding wordt nog ongunstiger als ook wordt gedacht aan de dekking van de totale energiebehoefte.

De energievraag van Nederland is ongeveer drieduizend petajoule (PJ) (1998), waarvan 720 PJ (afgezien van import) nodig is om elektriciteit op te wekken. Het zou prachtig zijn als deze totale energiebehoefte uiteindelijk met zonnecellen gedekt zou kunnen worden. Maar hoeveel ruimte zou dat vragen?

Een zonnepaneel geeft per vierkante meter een opbrengst van tachtig kWh per jaar. Voor de kwantitatieve dekking van de elektriciteitsvraag van ruim 83.000 gWh (1998) is dus ongeveer duizend vierkante kilometer aan zonnepanelen nodig. Hierbij wordt afgezien van problemen die ontstaan doordat de vraag en het aanbod nog niet op elkaar zijn afgestemd. Uitgaande van bijvoorbeeld 25 procent ruimte voor service-

wegen en dergelijke zou dan een oppervlak van 35 bij 35 kilometer nodig zijn.

Voor de dekking van de overige energievraag (2.250 PJ) moet zonnestroom worden omgezet in andere vormen van energie. Hier wordt gemakshalve gerekend met 3,6 megajoule (MJ) per kWh. Aldus is te berekenen dat voor dekking van de totale energievraag elfduizend vierkante kilometer nodig is. Dat is ongeveer drie keer zoveel als het huidige bebouwde oppervlak of iets minder dan de helft van het huidige agrarische ruimtegebruik.

Het is niet ondenkbaar dat het rendement van de zonnecellen in de toekomst gaat toenemen en dat daardoor het benodigde oppervlak afneemt. Shell denkt aan een opbrengst van 115 kWh per vierkante meter. Indien echter naar goedkopere materialen wordt gestreefd, kan evengoed het rendement lager worden. Daarom is in deze analyse gemakshalve afgezien van mogelijke rendementsveranderingen.

Het lijkt niet waarschijnlijk dat men in een land met een grote druk op het ruimtegebruik de genoemde oppervlakten beschikbaar zal stellen voor de energievoorziening. Meer realistisch is het om eens te bekijken hoeveel ruimte er te vinden is waarbij functies kunnen worden gecombineerd. Voor de hand ligt de combinatie van dak- of gevelbedekking met zonnepanelen. Met name in de nieuwbouw zijn praktische combinaties denkbaar. Het totale dak- en geveloppervlak in Nederland is berekend op ruim achthonderd vierkante kilometer². Het dak-oppervlak van de nieuwbouw (tot 2010) maakt hier slechts vijf procent van uit. Dus als gemikt wordt op grootschalige toepassing, moet ook worden gedacht aan de bestaande bouw.

Economische invalshoek

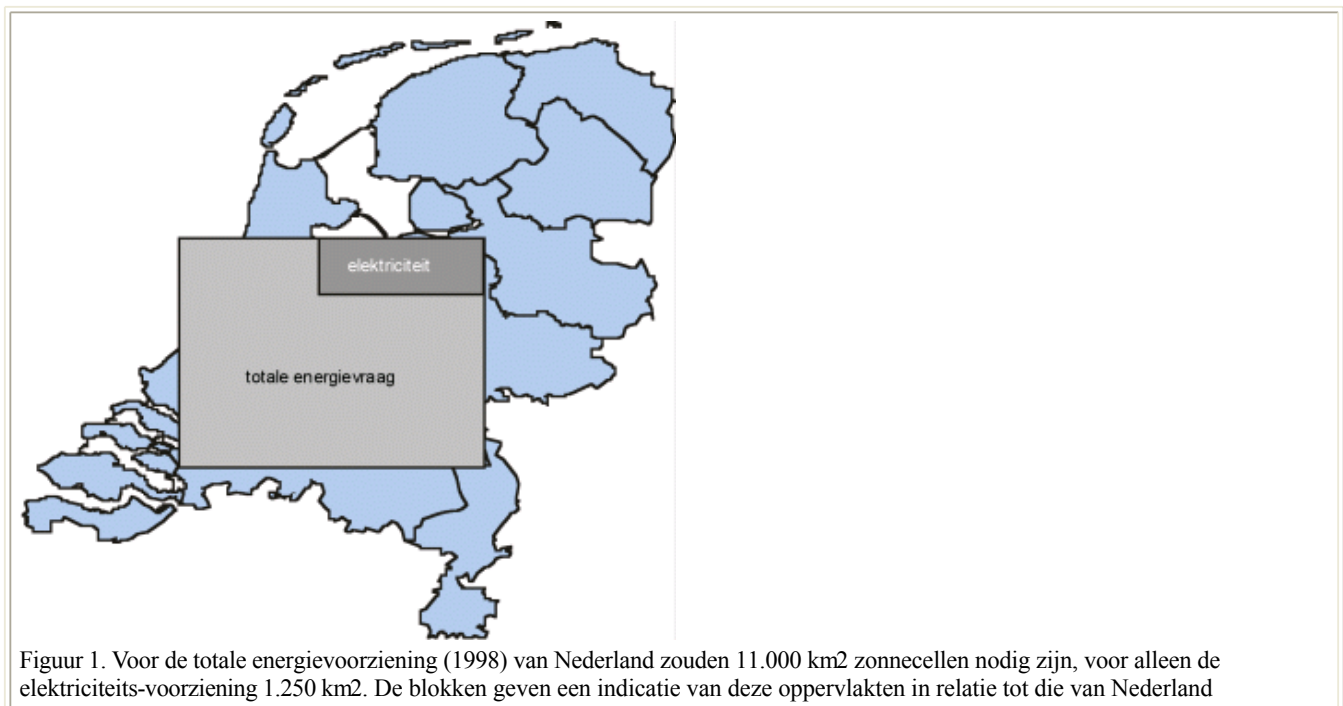
De hooggespannen verwachtingen rond zonnecellen zijn mede gebaseerd op de verwachte prijs-

dalingen bij massafabricage. Shell heeft onlangs aangegeven dat de prijs van een zonnepaneel met een opbrengst van tachtig kWh per jaar kan dalen tot f 525 als ze een fabriek kunnen bouwen die tien maal groter is dan de grootste fabriek van dit moment. Dat is inderdaad een spectaculaire prijsdaling. Nu kost een dergelijk paneel ongeveer f 1.500. Vervolgens becijfert Shell dat een kWh uit dit paneel 35 cent zal kosten. Deze berekening is gebaseerd op een bescheiden disconteringsvoet van vijf procent. Er is zeker geen rekening gehouden met financiële rendementseisen zoals Shell die aan eigen investeringen stelt. Wel is rekening gehouden met de bestaande fiscale investeringsvoordelen. KPMG komt overigens met vergelijkbare verwachte kostprijzen indien de schaal substantieel wordt vergroot³.

Maar is 35 cent per kWh goedkoop in vergelijking met andere mogelijkheden voor schone elektriciteitsproductie? Om die vraag te kunnen beantwoorden moeten we bekijken welke kosten zonnecellen nu feitelijk uitsparen bij de elektriciteitsproductie en hoe hoog de kosten van alternatieven zijn.

Een simpele benadering, die veelvuldig wordt toegepast, is te veronderstellen dat de zelf opgewekte stroom uit het zonnepaneel op het dak van de woning evenveel waard is als de prijs van geleverde stroom. De zonnecel functioneert zodoende als een soort elektriciteitsbesparing. Inclusief heffingen kost een kWh voor een huishouden nu ongeveer dertig cent. Het verschil met de kosten van de zonnestroom lijkt dan inderdaad klein. Maar zodra de zonnestroom een substantieel deel van het gebruik in de woning gaat dekken, wordt het verhaal anders. Op een nieuwbouwwoning kan twintig tot dertig vierkante meter zonnepaneel ongeveer 2.500 kWh per jaar produceren. Het gemiddelde verbruik in een woning is 3.250 kWh per jaar⁴. Een dergelijke woning vormt wegens het lage netto gebruik geen aantrekkelijke klant meer voor een energieleverancier. Uiteindelijk zal de besparing beperkt blijven tot de brandstofkosten van de centrale en een beperkt deel van de opwekkosten, bij elkaar zes tot acht cent per kWh. Daarnaast wordt er natuurlijk bespaard op milieuheffingen. In 2001 zal de regulerende energiebelasting (REB) voor de huishoudens al ruim twaalf cent per kWh bedragen. De werkelijke besparing is dus niet meer dan ongeveer twintig cent per kWh.

De kosten van alternatieven zijn lager. Voor een huishouden ligt het gebruik van groene stroom voor de hand. Op dit moment wordt dit product aangeboden voor circa dertig cent per kWh. De opwekkosten van groene stroom uit bijvoorbeeld geïmporteerde biomassa liggen rond de zestien cent per kWh. Hierbij moet worden opgemerkt dat biomassa (in het buitenland) nog veel meer ruimte vraagt dan zonnecellen. Een ander alternatief vormt een centrale op aardgas gecombineerd met verwijdering en opslag van koolstofdioxide. Deze kan voor rond de dertien cent een koolstofdioxide-loze kWh leveren⁵. Op termijn kunnen de kosten van deze concurrerende opties, net als zonnecellen, nog aanmerkelijk lager worden. (zie [figuur 1](#))



Figuur 1. Voor de totale energievoorziening (1998) van Nederland zouden 11.000 km² zonnecellen nodig zijn, voor alleen de elektriciteitsvoorziening 1.250 km². De blokken geven een indicatie van deze oppervlakten in relatie tot die van Nederland

Wat mag een zonnecel kosten?

Vanuit een economisch perspectief is het mogelijk te berekenen wat een zonnecel per vierkante meter mag kosten om concurrerend te worden met alternatieve koolstofdioxide-loze elektriciteit. In [tabel 1](#) is dit aan de hand van voorbeelden geïllustreerd. In het eerste voorbeeld is sprake van kleinschalige toepassing op een woning. Aangenomen wordt dat de hoeveelheid geproduceerde elektriciteit zodanig beperkt is dat het betrokken energiebedrijf bereid zal zijn dit als elektriciteitsbesparing te zien. De kostprijs van de geproduceerde

stroom mag dan 33 cent per kWh bedragen (energieheffing op het niveau van 2001). Bij een afschrijving van vijftien jaar en een interne rentevoet van acht procent mag een zonnepaneel dan ruim f 225 per vierkante meter kosten, inclusief montage.

Tabel 1. Maximale prijs van zonnepanelen bij rendabele toepassing in verschillende markten in guldens per vierkante meter

	Kleinschalig op daken van woning	Grootschalig op daken van woningen	Op daken van kan- toren e.d.	Biomassa- of CO2 -opslag centrale [5]
besparing (incl. REB tarief 2001) ^a	33 ^b	20 ^b	17-24 ^c	13-16
disconteringsvoet ^d	8%	8%	15%	15%
maximale kosten ^e	26	16	14-19	10-13
totale investering ^f	225	140	80-110	60-75
ondergrond ^g	0	-30	-30	PM
maximale prijs zonnepaneel	225	170	110-140	60-75

a. in ct/kWh

b. incl. 12 cent REB

c. incl. 0,74-3,85 ct REB

d. conform kostenberekingsmethode Optiedocument, als %/jaar

e. opbrengst 80 kWh/m²/jaar

f. afschrijvingstermijn 15 jaar

g. uitgespaarde dakbedekking f 30,- per m², kosten voor terreinbewerking pro memorie

Bij een grootschalige toepassing op nieuwbouwwoningen wordt het plaatje iets anders. Aangezien het zonnepaneel tevens dienst doet als dakbedekking, worden de kosten van dakpannen uitgespaard. Hiervoor is f 30 per vierkante meter gerekend ⁶. De waarde van de op deze schaal opgewekte stroom is lager, zoals eerder toegelicht. In dit geval mag het zonnepaneel f 170 per vierkante meter kosten.

Toepassing op kantoren wordt ook overwogen. Aangezien het elektriciteitsgebruik in kantoren over het algemeen veel hoger zal zijn dan met de zonnecellen op het dak kan worden opgewekt, wordt hier ook aangenomen dat de opgewekte stroom als besparing wordt gezien. De stroomtarieven en de energieheffing (REB) zijn voor de grotere gebruikers echter aanmerkelijk lager en dus de besparingen ook. Bovendien zal de gebruiker van het kantoor een hogere disconteringsvoet rekenen dan de particulier. Vandaar dat een zonnepaneel bij deze toepassing maar f 110 tot f 140 per vierkante meter mag kosten voor een positief resultaat.

Het laatste voorbeeld is de grootschalige toepassing buiten de bebouwde omgeving. Het zal hierbij gaan om bermen of landbouwareaal, omdat anders de grondkosten prohibitief worden. Ook de aanleg van een verhard oppervlak om de cellen op te bevestigen zal al snel te duur worden. Het gebruik van een folie dat gedeeltelijk met grond wordt bedekt ligt meer voor de hand. De waarde van de opgewekte stroom is nu nog lager en moet rechtstreeks worden vergeleken met de kosten van alternatieve opwekking. Zoals hiervoor werd beschreven, is zestien tot dertien cent per kWh een realistisch haalbare kostprijs voor een biomassacentrale of goede gascentrale met koolstofdioxide-afvang en -opslag. In deze situatie mag een zonnecentrale f 75 tot f 60 per vierkante meter kosten.

De lange-termijndoelstelling van het onderzoeksprogramma van ECN is het laten dalen van de prijs van zonnecellen tot één à twee gulden per Watt (piek), dat is f 100 tot f 200 per vierkante meter. Bij deze kostprijs zal grootschalige toepassing buiten het beschikbare dak- en geveleppervlak ook op lange termijn niet binnen bereik liggen.

Hoe denkt de markt erover?

Mede door acties van Greenpeace zijn zonnecellen populair bij de bevolking. Iedereen kan zien dat dit een echt ongevaarlijke energiebron is. De media besteden ook ruim en enthousiast aandacht aan het fenomeen. De bereidheid om werkelijk hoge bedragen neer te leggen voor dit soort stroom is bij een beperkte groep in de bevolking aanwezig. Ongeveer vijfduizend gezinnen hebben zich ingeschreven voor de aanschaf van gemiddeld drie gesubsidieerde zonnepanelen van één vierkante meter voor

f 1.000 in het kader van het Solaris-project. De kostprijs van de opgewekte stroom ligt hierbij rond f 1,35 per kWh.

Een realistisch perspectief

Indien de kosten van zonnecellen drastisch omlaag gaan, komt een min of meer rendabele toepassing bij woningen in zicht. Zodra het harde oppervlak wordt verlaten, ontstaan er hogere kosten en lagere opbrengsten, waardoor de investeringen bij de nu gerealiseerde opbrengsten per vierkante meter niet reëel zijn terug te verdienen. Ook in de bebouwde omgeving zal slechts een beperkt deel van het beschikbare oppervlak op daken en gevels werkelijk benut kunnen worden. In de bestaande bouw zal bij dak- en gevelrenovatie de installatie van cellen overwogen kunnen worden. In de nieuwbouw lijkt inpassing gemakkelijker.

Een redelijke schatting van de op lange termijn bereikbare implementatie ligt ergens tussen de één en tien procent van het beschikbare dak- en geveleppervlak. Dat is dus tussen acht en tachtig vierkante kilometer zonnepaneel. Met dit oppervlak is ongeveer één tot tien procent van de huidige elektriciteitsvraag van Nederland te dekken. De reductie van koolstofdioxide-emissie die daarmee wordt bereikt, is dan 0,2 tot twee procent van de landelijke broeikasgasemissie.

Een grotere bijdrage van zonnecellen is technisch zeker mogelijk. De kosten worden dan echter hoger en de opbrengsten in financiële zin lager. De concurrerende opties, zoals andere hernieuwbare bronnen en schone (koolstofdioxide-loze) toepassing van fossiele brandstoffen zijn dan aantrekkelijker. Ook ruimtelijk zijn er duidelijke beperkingen.

1 W.J. Lenstra, [Lage energieprijzen, ander klimaatbeleid](#), *ESB*, 17 september 1999, blz. 660-665.

2 G.C. Bergsma, A.A.H. Moorman, J. Verlinden en F.G.P. Corten, *Het potentieel van PV op daken en gevels in Nederland*, Centrum voor energiebesparing en schone technologie, februari 1997.

3 M. Langman en M. van der Sman, *Zonne-energie: van eeuwige belofte tot concurrerend alternatief*, Bureau voor Economische Argumentatie, KPMG, Hoofddorp, juli 1999.

4 EnergieNed, *Elektriciteit in Nederland 1998*, 1998.

5 M. Beeldman e.a., *Optiedocument voor emissiereductie van broeikasgassen*, ECN, oktober 1998.

6 *Bouwmarkt*, Elsevier, november 1999.