

Transitiepad zonnestroom

De roadmap van Holland Solar

Mei 2005





Voorwoord

Wereldwijd is fotovoltaïsche zonne-energie de duurzame energiebron met het grootste potentieel. Ook in Nederland is dit potentieel zeer groot - enkele honderden PetaJoules per jaar - vergelijkbaar met het totale huidige elektriciteitsverbruik. Om dit potentieel de komende tientallen jaren te kunnen benutten zijn verdere technologieontwikkeling en marktontwikkeling noodzakelijk. Holland Solar is van mening dat zonnestroom een belangrijke plaats zal moeten innemen in de transitie naar een duurzame energiehuishouding. De visie van Holland Solar op de te nemen stappen voor het opbouwen van een dergelijke vooraanstaande positie van zonne-energie in de Nederlandse energievoorziening is weergegeven in deze roadmap.

Holland Solar is de Nederlandse brancheorganisatie voor zonne-energie en telt ca. 55 leden, van producenten tot leveranciers, van architecten tot energiebedrijven, van multinationals tot MKB, van onderzoeksinstituten tot installateurs. Om toepassing van zonne-energie in Nederland te bevorderen, voert Holland Solar een groot aantal activiteiten uit op het gebied van voorlichting en kennisoverdracht. Daarnaast vervult de vereniging een belangrijke rol als aanspreekpunt voor de verschillende marktpartijen die zich bezig (willen) houden met de toepassing van zonne-energie. Bovendien tracht Holland Solar de gesprekspartner van nationale en lokale overheden te zijn inzake regelgeving en beleid voor toepassing van zonne-energie. Holland Solar streeft naar de totstandkoming van ontwikkelings- en implementatiebeleid op de diverse overheidsniveaus. In het verleden heeft de sector steeds blijkgewezen van haar actieve rol in de uitvoering van het beleid.

Zowel de Japanse¹, de Amerikaanse², de Australische³ als de Europese⁴ industrie hebben roadmaps ontwikkeld. Deze roadmaps dienen om gezamenlijk doelen te stellen en samenwerking te bevorderen, om zodoende sterke concurrentieposities op te kunnen bouwen. Ook de Nederlandse industrie heeft als ambitie om mondiaal een sterke, concurrerende positie te verwerven en te houden op het gebied van zonne-energie. Een consistent en continu beleid van de overheid is daarvoor een eerste vereiste.

In dit document schetst Holland Solar haar visie op de toekomst van zonnestroom in Nederland: het belang van een sterke zonnestroomindustrie en de enorme kansen die dit schept voor de economie. De roadmap biedt richtlijnen voor onderzoek, industriële ontwikkeling, marktontwikkeling en overheidsondersteuning, nodig om de Nederlandse zonnestroomindustrie te laten floreren en een belangrijke bijdrage te laten leveren aan de toekomstige duurzame energievoorziening in Nederland.

Holland Solar werkgroep Strategie & Roadmap:

Energieonderzoek Centrum Nederland (voorzitter)
Akzo Nobel Chemicals
Philips Lighting
Scheuten Solar Systems
Shell Solar
Siemens Nederland
Solland Solar Energy
Stroomwerk
New-Energy-Works (secretaris)

Samenvatting

De potentie van zonnestroom voor het opwekken van duurzame energie en het opbouwen van een krachtige economische sector is enorm. Nederland heeft op dit terrein vooralsnog internationaal een uitstekende startpositie, maar moet zijn kansen nú grijpen om mee te kunnen op de groeigolf van ambitieuze landen en bedrijven. Dit document geeft een schets van de veelbelovende toekomst van zonnestroom en is een oproep aan de overheid om samen met de zonnestroomsector snel tot handelen over te gaan.

Waarom zonnestroom?

De wereld heeft een energietransitie nodig: energievoorziening geschoeid op geheel andere leest, milieuvriendelijk, en zonder toekomstige generaties op te zadelen met vrijwel onoplosbare problemen als klimaatverandering en uitputting van grondstoffen. Zo'n nieuwe energievoorziening moet gebaseerd zijn op duurzame bronnen, en zonnestroom (officieel: fotovoltaïsche zonne-energie) vormt er een vanzelfsprekend en essentieel onderdeel van. Dat is de boodschap van Holland Solar, de vereniging van bedrijven en onderzoeksinstituten op het gebied van zonnestroom in Nederland. Maar er moet nog veel gebeuren voordat we zo ver zijn!

Over de noodzaak van een energietransitie bestaat in brede kring overeenstemming. Onze huidige energievoorziening is gebaseerd op omzetting van fossiele brandstoffen en daar komt een aantal problemen uit voort. Het eerste probleem is klimaatverandering. Deze wordt grotendeels veroorzaakt door broeikasgassen die vrijkomen bij de omzetting van fossiele brandstoffen: vooral kooldioxide en in mindere mate methaan. Om de effecten van klimaatverandering binnen de perken te houden zodat de wereld leefbaar blijft, moet de uitstoot van deze broeikasgassen in 2050 gedaald zijn met 45 à 60% ten opzichte van het niveau van 1990 (aldus bijvoorbeeld een adviesorgaan van de Duitse regering). Het gebruik van fossiele brandstoffen moet daarom naar beneden. En dat afgezet tegen een juist stijgend energiegebruik!

Een tweede probleem wordt gevormd door de uitputting van vooral aardolie en aardgas. Er is bij het huidige tempo van winning op de wereld nog een voorraad voor respectievelijk veertig en zestig jaar. Maar het winningstempo gaat omhoog door de groeiende energiebehoefte van opkomende economieën, vooral van China. Door deze ontwikkelingen zullen de kosten van olie en gas gaan stijgen: er zullen moeilijker te exploiteren velden worden aangeboord. Bovendien zullen regeringen de energiegebruikers waarschijnlijk gaan verplichten om iets te doen aan het klimaatprobleem door kooldioxide onder de grond op te slaan, en heffingen gaan opleggen aan gebruikers die dat nalaten. Een derde probleem van fossiele brandstoffen is de afhankelijkheid van buitenlandse leveranciers. Veel van die leveranciers liggen in instabiele delen van de wereld. Met duurzame energiebronnen kan Europa op langere termijn volledig in zijn eigen behoefte voorzien.

Duurzame energievoorziening

Alle reden dus voor een energietransitie! En ook alle reden voor een belangrijke plaats van zonnestroom in een op nieuwe leest geschoeide energievoorziening. Wereldwijd is zonnestroom de duurzame energiebron met het grootste potentieel. Ook in Nederland is het potentieel zeer groot - ongeveer gelijk aan het hele Nederlandse elektriciteitsverbruik, zelfs bij de verwachte doorgaande groei.

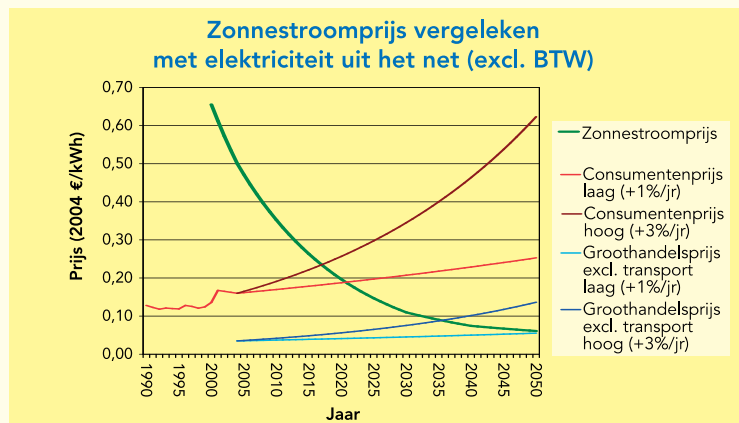


Zonnestroom heeft een aantal unieke voordelen. Het is wereldwijd de enige duurzame energiebron met een vrijwel onbeperkt potentieel. Het is bovendien wereldwijd beschikbaar, natuurlijk meer in zonnige streken dan daar buiten, maar de jaaropbrengst verschilt tussen verschillende plaatsen ter wereld niet meer dan een factor drie. Het product is elektriciteit, geschikt voor alle toepassingen. Omdat zonnestroom overal ter wereld winbaar is, is deze energiebron favoriet voor ontwikkeling van afgelegen landelijke gebieden. Er zijn geen bewegende delen en opwekking van zonnestroom is geluidloos; daarom ook juist heel geschikt voor toepassing in dichtbevolkte gebieden. Het ruimtebeslag is heel beperkt, doordat zonnestroom kan worden geïntegreerd in gebouwen en in infrastructuur zoals dijken, geluidswallen en weglichamen. En tenslotte: zonnestroom heeft een breed maatschappelijk draagvlak.

Tegenover al deze voordelen staat eigenlijk maar één nadeel: zonnestroom kan nog niet concurreren met elektriciteit uit het net. Daar moet iets aan gedaan worden en Holland Solar wil daartoe graag zijn steentje bijdragen. Maar wij kunnen dat niet alléén. Er is een samenwerking van vele partijen voor nodig, waaronder de overheid. Dit document hebben we geschreven om de samenhang tussen de inspanningen van alle partijen te schetsen. We voorzien een ontwikkeling waarbij geleidelijk, met groei van de omzet van zonne-energiesystemen, de prijs naar beneden gaat totdat zonnestroom concurrerend is geworden en desgewenst een aanzienlijk deel van de elektriciteitsvoorziening op zonnestroom kan worden gebaseerd.

Volume- en prijsontwikkeling

Waarop baseren wij het optimisme dat zonnestroom goedkoper zal worden? Dat heeft te maken met ervaring bij de ontwikkeling van andere technologieën én met de prijsontwikkeling van zonnestroom tot nu toe. Bij veel technologieën die eerst nog niet concurrerend zijn, daalt de prijs naarmate de omzetten groter worden. Terwijl de technologie zich eerst maar in kleine niches kan handhaven, daalt de prijs waardoor toepassingsgebieden groter worden en de omzet stijgt. Daardoor daalt de prijs verder etc. totdat de technologie concurrerend wordt. Deze ontwikkeling zien we ook bij zonne-energie. Vanaf 1976 daalt de prijs van zonnepanelen met 20% bij elke verdubbeling van de cumulatieve omzet. Vanaf 1987 gaat de ontwikkeling nog sneller met een prijsdaling van 23% bij elke verdubbeling van de omzet. Prijsdalingen vinden niet alleen plaats bij zonnepanelen zelf, maar ook bij andere systeemcomponenten en installatie.



Met deze gegevens in de hand kunnen we ons voor Nederland aan voorspellingen wagen over de concurrentiepositie van zonnestroom in de toekomst. Tegenover een daling van de prijs van zonnestroom staan stijgingen in de prijs van conventioneel opgewekte elektriciteit. Wanneer wij deze stijging voorzichtig inschatten met een percentage van tussen 1 en 3% per jaar, dan voorzien wij dat tussen 2015 en 2020 een break-even point wordt bereikt met het kleinverbruikertarief inclusief belastingen en later (in de periode 2035 tot 2050) ook met het groothandelstarief exclusief transportkosten. In sommige landen, zoals Japan, heeft de kleinverbruiker te maken met hoge extra tarieven op piekmomenten, en men claimt dat de prijs van zonnestroom het break-even point daarmee heeft bereikt. Natuurlijk betekent het bereiken van elk break-even point het openleggen van nieuwe markten en daarmee het genereren van nieuwe omzet met weer verdere prijsdaling als gevolg.

Economisch belang

Lang voordat zonnestroom aanzienlijk bijdraagt aan een duurzame energiehuishouding, zal deze al een belangrijke bron van economische activiteit zijn. Momenteel gaat er wereldwijd ongeveer 7 miljard US\$ om in deze sector. De productie van zonnestroomsystemen groeit sterk, de laatste jaren met 35-40%. In Nederland was de directe werkgelegenheid in de branche in 2003 achthonderd arbeidsplaatsen (volle werktijd). Wanneer, zoals verwacht, de sector wereldwijd gedurende vele jaren zal blijven groeien met dubbele cijfers, zal zij uitgroeien tot één van de belangrijkste economische sectoren. Dat laatste wordt bevestigd door recente studies van twee grote banken: Credit Lyonnais en Banque Paribas. Behalve voor de productie van milieuvriendelijke en lokaal beschikbare energie is zonnestroom van belang voor de kenniseconomie. Wetenschappelijk en technologisch onderzoek naar zonnecelsystemen is hoogwaardig en heeft raakvlakken met veel ander onderzoekswerk. Wederzijdse bevruchting vindt bijvoorbeeld plaats met fundamenteel en toegepast onderzoek naar dunne lagen (voor o.a. displays) en met nanotechnologie. Deze wisselwerking vormt een grote stimulans voor het versterken van kennisinstellingen en de kenniseconomie in het algemeen.

De rol van de overheid

Men zou verwachten dat de overheid tegenover een sector met perspectieven zoals die van ons een redelijk consistent en stimulerend beleid voert. Dat is helaas niet het geval. De steun die werd verleend is afgebroken. Toepassing van zonnestroom werd gestimuleerd door Novem-programma's en de EPR (energiepremieregeling). Novem-programma's zijn eind 2000 afgelopen en in oktober 2003 is de EPR buiten werking gesteld. Momenteel kent Nederland geen gerichte ondersteuning meer voor zonnestroom. Dit is opmerkelijk omdat juist in de afgelopen vijf jaar de belangstelling voor zonne-energie wereldwijd sterk is toegenomen en een groot aantal Europese landen inmiddels is gestart met stimuleringsprogramma's voor deze energiebron.

Het sterk wisselende overheidsbeleid in Nederland geeft aanleiding tot grote onzekerheid bij marktpartijen die actief zijn in dit veld. Alléén als gevolg van overheidsbeleid hebben zich enorme wisselingen voorgedaan in de vraag naar zonnepanelen, vooral in het vierde kwartaal van 2003 toen een enorme hausse werd gevolgd door een ware kopersstaking. Momenteel heeft de Nederlandse industrie nog een sterke kennis- en exportpositie op het gebied van zonnestroom. Wat betreft R&D kunnen Nederlandse kennisinstellingen zich meten met de beste instituten in de wereld. Volgens de IEA-statusrapportage over zonne-energie uit 2002 stond Nederland nummer 4 op het gebied van investeringen in onderzoek en ontwikkeling. Maar op het gebied van marktstimulering blijft Nederland duidelijk achter, zeker in vergelijking tot de koplopers Japan en Duitsland. Duitsland kent bijvoorbeeld een kosten-dekkende vergoeding voor zonnestroom, die wordt betaald uit een zeer geringe heffing op de elektriciteitsprijs. Ook in Spanje, Portugal en Luxemburg bestaat zo'n vergoeding. In Oostenrijk, Italië, Frankrijk en België zijn systemen van terugleververgoedingen voor zonnestroom in voorbereiding. Om de goede positie van Nederland op het gebied van zonnestroom te behouden is een vorm van marktstimulering nodig. Zonder zo'n stimulering valt een groot deel van de vraag weg waardoor de ontwikkeling van nieuwe systemen op een laag pitje komt te staan. De hele ontwikkeling wordt daardoor vertraagd en Nederland zal door andere landen worden ingehaald. Wat wij nodig hebben is een samenhangend en consequent beleid waardoor de diverse belanghebbenden worden gestimuleerd tot samenwerking. Daaruit kan ook een gezonde concurrentie op Europees en wereldniveau voortkomen.

Kernkwaliteiten

Het beleid dat wij van de overheid verwachten hangt samen met onze toekomstvisie. Wij zien een sterk toenemend gebruik van zonnestroom op basis van vier kernkwaliteiten in de Nederlandse context. Zonnestroom is ten eerste veelzijdig integreerbaar: fysiek, elektrisch, en architectonisch. Zonnestroom is verder hightech, namelijk gebaseerd op halfgeleidertechniek, en kent een sterke kostprijzdaling bij toenemende schaalgrootte. Zonnestroom wordt decentraal opgewekt en is overal toepasbaar. Tenslotte is zonnestroom duurzaam en betrouwbaar, en in combinatie met opslag altijd beschikbaar. Deze vier kwaliteiten zullen een steeds grotere rol gaan spelen in de besluitvorming van

bedrijven, woningcorporaties, huiseigenaren en overheden, en zullen van doorslaggevend belang worden wanneer de prijs geen beletsel meer zal zijn. Zonnestroom wordt bij uitstek toegepast in de gebouwde omgeving. Natuurlijke momenten voor integratie van zonnepanelen zijn de nieuwbouw van huizen en utiliteitsgebouwen en de renovatie van daken en gevels. Ook in andere marktsegmenten zullen zonnepanelen toegepast gaan worden. Uiteindelijk zal er ook een vervangingsmarkt tot stand komen - zonnepanelen hebben een levensduur van dertig jaar of meer. De eerstkomende vijftig jaar zijn er geen fysieke belemmeringen voor de groei van het aantal geïnstalleerde zonnepanelen. Eind 2004 was er reeds 500.000 m² (0,5 km²) aan panelen geïnstalleerd. Het realistisch beschikbare areaal wordt geschat op 600 km², waarvan 400 km² in woning- en utiliteitsbouw en 200 km² in de infrastructuur. Naarmate het aandeel zonnestroom in de elektriciteitsnetten groeit, kunnen daar problemen worden verwacht. Deze kunnen worden tegengegaan door ontwikkeling van systemen voor energiemangement en -opslag. Op korte termijn, als het aandeel van zonnestroom nog gering is, kunnen zonnestroomsystemen zonder bezwaar het elektriciteitsnet als buffer gebruiken. De waarde van zonnestroom wordt op deze wijze gemaximaliseerd zonder dat dit merkbare effecten heeft op de totale elektriciteitsvoorziening. Naarmate het aandeel van deze systemen in het net groter wordt, zullen deels nog te ontwikkelen geavanceerde systemen voor netbedrijf steeds belangrijker worden. Toekomstbeelden Om de mogelijkheid van doorgroei van zonnestroom te illustreren hebben wij een aantal toekomstbeelden verwoord. Samen bieden deze een logische voortgang naar een duurzame energievoorziening met zonnestroom als één van de pijlers.

Toekomstbeeld 2015: De prijs (opwekkosten) van zonnestroom bedraagt ongeveer € 0,25 per kWh en komt daarmee heel dicht in de buurt van het kleinverbruikertarief. Een groeiende groep huishoudens en organisaties kiest voor de aanschaf van een zonne-energiesysteem. Per jaar worden enkele tienduizenden daken en honderden gevels van bedrijfsgebouwen van zonnepanelen voorzien. Zonnepanelen zijn beschikbaar als standaard bouwelement. De geproduceerde zonnestroom kan nog probleemloos in het net worden gevoed.

Toekomstbeeld 2030: De prijs van zonnestroom bedraagt € 0,10 per kWh; dat is ruim lager dan de kleinverbruikertarieven voor elektriciteit. In de helft van alle nieuwbouw en renovatie worden zonnepanelen toegepast. Een steeds groter aantal consumenten en bedrijven gaat over tot integratie van zonnepanelen buiten de natuurlijke momenten (nieuwbouw en renovatie). Geavanceerde lokale energiemangementssystemen zorgen voor optimale benutting van de geproduceerde elektriciteit.

Toekomstbeeld 2050: De prijs van zonnestroom bedraagt € 0,06 per kWh. De opwekkosten van zonnestroom zijn daarmee lager dan de met fossiele brandstoffen opgewekte stroom. Dus worden zonnepanelen op grote schaal toegepast in de bestaande bouw. Daarnaast worden de panelen standaard geplaatst bij nieuwbouw en renovatie van woningen en utiliteitsgebouwen en ook ingepast in de infrastructuur. Verder worden veel zonnecentrales geïnstalleerd. Gebouwen kunnen in hoge mate voorzien in hun eigen elektriciteitsbehoefte omdat kleinschalige opslagcapaciteit technisch en economisch ver is ontwikkeld. Er bestaan intelligente communicatie- en regelsystemen om de beschikbare hoeveelheid zonnestroom, elektriciteit uit andere bronnen en opslag op elkaar af te stemmen. De beelden kunnen worden samengevat in enkele kengetallen, zie hierna.

	2005	2015	2030	2050
Opwekkosten zonnestroom (2004 €/kWh)	0,50	0,25	0,10	0,06
Cumulatief geïnstalleerd vermogen (GWp)	0,05	0,5	6	75
Mensen werkzaam in sector (voltijds-equivalent)	800 (NB:niveau 2003)	3.000	10.000	60.000

Om deze toekomst te bereiken is actie nodig op vier terreinen: technologieontwikkeling, volume- en marktontwikkeling, inpassing in de energie-infrastructuur en ruimtelijke inpassing.



(foto: Scheuten Solar Systems)

Technologieontwikkeling

De technologieontwikkeling zal voornamelijk door het zonnestroombedrijfsleven en de R&D-instellingen ter hand genomen worden. De overheid speelt een belangrijke rol als stimulator en medefinancier. Prijsreductie vindt onder meer plaats door rendementsverhoging, vermindering van materiaalgebruik, verhoging van de productiesnelheid en verbetering van de inpasbaarheid. Om de korte-, middellange- en lange-termijn doelen te bereiken moet onderzoek worden uitgevoerd aan verschillende zonneceltechnologieën: wafer-type kristallijn silicium, anorganische en organische dunne films en nieuwe hoog-rendementsconcepten. Een belangrijk deel van dit onderzoek zal plaatsvinden in Europees verband. De huidige markt wordt gedomineerd door de relatief volwassen kristallijn-silicium technologie, met een aandeel van ruim 90%. Anorganische dunne-films nemen de rest van de markt voor hun rekening, de overige technologieën bevinden zich nog in de laboratorium- of ontwikkelingsfase. Alle technologie-opties hebben potentieel voor zeer lage productiekosten, hoewel er onzekerheid bestaat over het uiteindelijk bereikbare kostenniveau en bijbehorende paneelrendement. Die onzekerheid, in combinatie met de unieke toepassingmogelijkheden per technologie door de verschillende eigenschappen (zoals mechanische flexibiliteit, mogelijkheden voor het direct aanbrengen van actieve lagen op zeer verschillende ondergronden en semi-transparante modules), zijn op zich al reden om voorlopig een portfolio aan opties te handhaven. Daar komt bij dat Nederlandse en Europese bedrijven ook een brede belangstelling aan de dag leggen en niet op één paard wedden. Behalve aan zonnecellen en -panelen wordt onderzoek gedaan aan overige systeemcomponenten en aan complete systemen. Er zijn twee hoofdsoorten systemen: netgekoppelde systemen, geschikt voor voeding van stroom in het elektriciteitsnet, en autonome systemen. Omdat systeemkosten voor maximaal 60% uit paneelkosten bestaan is dit onderzoek van groot belang voor de daling van zonnestroomkosten. Tenslotte wordt gewerkt aan de ontwikkeling van standaarden, onder meer gericht op borging van kwaliteit en levensduur van zonnestroomsystemen en op een verantwoorde bouwkundige integratie.

Volume- en marktontwikkeling

Zonnestroom kan worden geïnstalleerd bij nieuwbouw en renovatie, op andere momenten wanneer het economisch rendement voldoende positief is en uiteindelijk ook ter vervanging van oude systemen. Ook al heeft het bedrijfsleven een eigen verantwoordelijkheid in de marktontwikkeling, toch is voorlopig ook betrokkenheid van de overheid noodzakelijk. Financiële stimuleringsmaatregelen (in de vorm van een leververgoeding, fiscale tegemoetkomingen, etc.) zijn de komende tien tot vijftien jaar onontbeerlijk, tenzij de toepassing van zonnestroom door regels zou worden bevorderd of op tot op zekere hoogte verplicht zou worden gesteld. In de woningbouw verwachten wij dat zonnestroom kan inspelen op kernbehoeften van consumenten als individualisme, groen en comfort. Nu de energieprijzen fors stijgen ontstaat een aanvullend motief voor zonnestroom. Een verdere stimulans zal kunnen ontstaan uit aanscherping van Europese normen waaraan gebouwen qua energiegebruik moeten gaan voldoen. Voor koopwoningen blijken financiële stimuleringsmaatregelen effectief, deze kunnen bijvoorbeeld ook gevonden worden in opname van zonnestroomsystemen in financieringsvormen zoals hypothecaire leningen. Bij huurwoningen kan zonnestroom worden gestimuleerd via bewonersparticipatie (bezit en beheer door huurders), of via betrokkenheid van het energiebedrijf of de woningcorporatie. Bij onroerend goed wordt vaak gezocht naar gebouwen met bijzondere kenmerken. Zonnestroom kan zo'n extra kenmerk zijn. Grotere gebouwen en complexen als tentoonstellings-terreinen, glastuinbouw en geluidsschermen lenen zich voor de bouw van grotere zonnestroomsystemen. Over enkele jaren zullen ook de parkeerterreinen en daken van winkelcentra en meubelboulevards mogelijke plaatsen voor zonnestroomsystemen gaan worden. Autonome systemen vormen op

korte termijn in commercieel opzicht in principe de meest aantrekkelijke markt. Ze springen er vaak uit doordat een netaansluiting, op sommige plaatsen een grote kostenpost, wordt vermeden. Een bekend toepassingsgebied is verkeerssignalering. Veel groter nog is de potentiële markt in landelijke gebieden in de ontwikkelingslanden, omdat de kosten van netaansluiting daar zeer hoog zijn. Zonnestroom kan ook daar worden toegepast voor woningen ("solar home systems"). Daarnaast is er een grote utiliteitsmarkt: zendstations, watervoorziening, openbare verlichting, batterijlaadstations, etc. De toepassingen zijn zeer verschillend in samenstelling en grootte. Zonnestroom vormt in deze situaties vaak een uitstekende optie omdat de opwekkosten concurrerend zijn en het systeem weinig onderhoud nodig heeft. Een nadeel is de benodigde investering; de energiekosten worden in feite vooruit betaald. Een goede financiering is dan ook doorslaggevend voor het openleggen van deze markten. In deze markten is financiële stimulering (netgekoppelde systemen) of geschikte voorfinanciering (autonome systemen) de komende jaren gewenst. De overheid kan hieraan op verschillende manieren bijdragen, zoals door regel- of wetgeving, fiscale maatregelen en ondersteuning van organisaties die microkredieten verstrekken in ontwikkelingslanden.

Inpassing in de energie-infrastructuur

Zonnestroom wordt doorgaans met relatief kleine, sterk verspreide eenheden opgewekt. De inzet van zonnestroomsystemen past daarom in de trend naar toenemende decentralisering van de elektriciteitsvoorziening, met de bijbehorende uitdagingen en kansen. Bij toenemende penetratiegraad van zonnestroom of andere aanbodvolgende opwekkers zijn energiemanagement en later waarschijnlijk ook energieopslag onontbeerlijk. Vraag en aanbod moeten immers optimaal op elkaar worden afgestemd. In dit verband is het interessant te melden dat grotere aantallen kleine zonnestroomsystemen indien gewenst gezamenlijk kunnen worden bedreven als een virtuele zonnecentrale. Verder zijn zonnestroomsystemen weliswaar aanbodvolgend (dat wil zeggen: wisselend qua opbrengst), maar tegelijkertijd in belangrijke mate voorspelbaar. Door de goede correlatie tussen zonnestroomaanbod en elektriciteitspiekvraag ten behoeve van onder meer airconditioning zijn zonnestroomsystemen geschikt voor "piekschering". Tevens kunnen zonnestroomsystemen worden gebruikt om het lokale net te ondersteunen of via elektronische omvormers gericht te "tunen". Het is van belang dat energiebedrijven, netbeheerder, overheid en eigenaars van zonnestroomsystemen samenwerken om bottlenecks bij de inpassing (met name ook in de regelgeving) tijdig weg te nemen en het benutten van kansen mogelijk te maken.

Ruimtelijke inpassing

Door zonnestroomsystemen te integreren in gebouwen en infrastructuur zoals geluidsschermen en taluds kan het beslag op de openbare ruimte (grondgebruik) nihil blijven. Toch kunnen op bijzondere plaatsen ook niet-geïntegreerde zonnestroomsystemen (zonnecentrales) heel functioneel zijn. De industrie moet zorgen voor flexibel toepasbare en gestandaardiseerde producten van goede kwaliteit. De overheid kan een bijdrage leveren door verkaveling af te dwingen die de efficiënte toepassing van zonnestroom mogelijk maakt ("zonvriendelijk") en door regelgeving te ontwikkelen die het gebruik van zonnestroom stimuleert.

Tot slot

Nederland heeft een zeer sterke uitgangspositie op het gebied van zonnestroom, zowel wat betreft kennis en technologie als toepassing. Tevens is de potentie van zonnestroom voor het opwekken van duurzame energie en het creëren van werkgelegenheid enorm, óók in Nederland. De combinatie van deze factoren levert kansen van ongekend formaat, die zonnestroomsector en overheid alleen samen kunnen grijpen. De sector staat in de startblokken, de overheid wordt gevraagd om specifiek beleid gericht op een gezonde industriële ontwikkeling op de korte termijn en grootschalige implementatie van zonnestroom op de langere termijn.

De wereld kiest voor zonnestroom en Nederland ook!

Inhoudsopgave

Voorwoord	3
Samenvatting	4
Inhoudsopgave	10
1. Introductie	11
1.1 <i>Aanleiding voor het transitiepad zonnestroom in Nederland</i>	11
1.2 <i>De noodzaak voor de transitie naar een duurzame energiehuishouding</i>	14
1.3 <i>De bijdrage van zonnestroom in de energietransitie</i>	16
1.4 <i>De Nederlandse zonnestroomsector</i>	19
2. De visie op zonnestroom in Nederland	20
3. Strategie	25
3.1 <i>Technologieontwikkeling</i>	25
3.2 <i>Volume- en marktontwikkeling</i>	28
3.3 <i>Inpassing in de energie-infrastructuur</i>	39
3.4 <i>Ruimtelijke inpassing</i>	40
4. Aanbevelingen	42
Appendix - onderzoekstrategie	43
Referenties	45

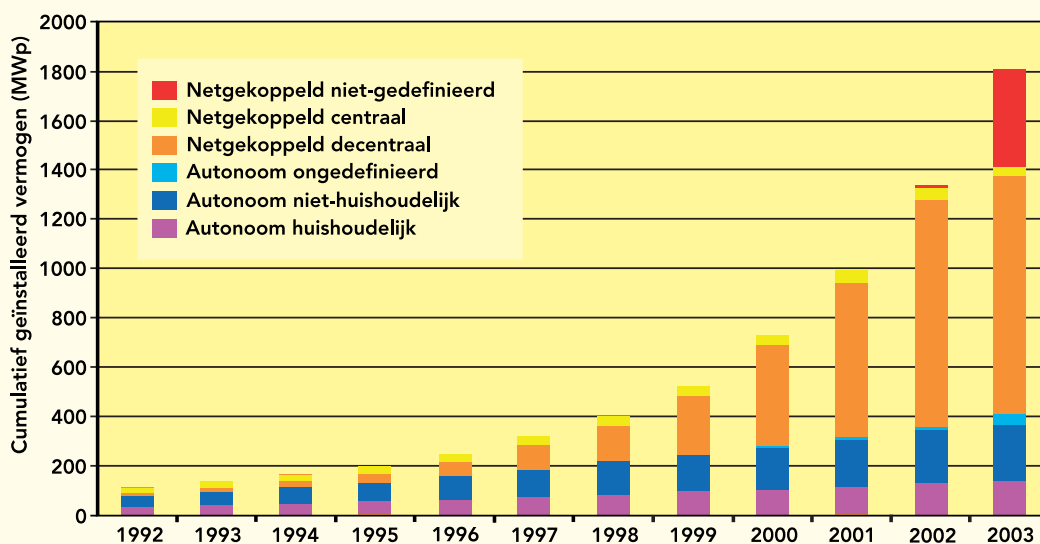


Woningen Amersfoort. (foto: Jan van Ijken)

1. Introductie

1.1 Aanleiding voor het Transitiepad Zonnestroom in Nederland

De productie van zonnestroom stijgt wereldwijd jaarlijks met gemiddeld 30-40%, zie Figuur 1. Ook Nederland heeft sinds de jaren negentig een jaarlijkse toename gekend van het geïnstalleerde vermogen. Dit werd financieel gestimuleerd middels Novem-programma's en de Energiepremieregeling (EPR). De betreffende Novem-programma's zijn eind 2000 afgelopen en op 15 oktober 2003 is de EPR buiten werking gesteld. Momenteel kent Nederland geen gerichte ondersteuning meer voor zonnestroom. Dit is opmerkelijk omdat juist in de afgelopen vijf jaar de belangstelling voor zonne-energie wereldwijd sterk is toegenomen en een groot aantal Europese landen inmiddels is gestart met stimuleringsprogramma's voor deze energiebron. Het sterk wisselende overheidsbeleid in Nederland geeft aanleiding tot grote onzekerheid bij marktpartijen die actief zijn in dit veld.



Figuur 1: Cumulatief geïnstalleerd vermogen zonnestroomsystemen in rapporterende IEA-landen¹⁴

Bij ongewijzigd beleid zal de positie van Nederland worden verzwakt; het zal afzakken van gidsland naar het zwakste jongetje in de klas. De kennis is aanwezig, doch een coherente visie op de toekomstige (duurzame) energievoorziening in Nederland en de rol van zonnestroom daarin ontbreekt. Een coherent en adequaat beleid zal bevorderen dat de diverse belanghebbenden met elkaar zullen samenwerken en elkaar zullen aanvullen. Tevens zal er een gezonde concurrentie op Europees en globaal niveau worden bevorderd. Excessen uit het recente verleden, waarbij een enorme stijging in de vraag naar zonnepanelen (vierde kwartaal 2003) werd afgewisseld met een kopersstaking door het ontbreken van overheidsmaatregelen (eerste kwartaal 2004) kunnen dan voorkomen worden. In Nederland wordt breed onderschreven dat zonne-energie op de lange termijn mondiaal de belangrijkste duurzame energiebron kan zijn en ook in ons land een hoofdrol kan spelen in de energievoorziening van de 21ste eeuw. Deze roadmap geeft inzicht in toekomstige technische ontwikkelingen van de zonnestroomtechnologie, de te verwachten doorbraken en de economische consequenties én kansen voor Nederland.

Volgens de IEA statusrapportage over zonne-energie uit 2002 (IEA-PVPS, 2002)⁷ stond Nederland nummer 4 op het gebied van investeringen in onderzoek en ontwikkeling; wat betreft de marktstimulering blijft Nederland echter significant achter, zeker in vergelijking met Japan, Duitsland en de Verenigde Staten. Zonder stimulering van implementatie wordt het Nederlandse potentieel voor zonne-energie onvoldoende geëxploiteerd. Hier liggen kansen voor het grijpen.

Het is voor de toekomstige energievoorziening van Nederland van belang om een goede kennispositie te handhaven en een marktpositie op te bouwen, zeker ook gezien de toenemende belangstelling voor zonne-energie in Europa en de toenemende stimulans van de Europese Unie. Daarvoor moeten nu samenhangende maatregelen worden genomen voor markt- en technologiestimulering voor een langere periode.

Marktstimulering werkt

In Duitsland en Japan is enkele jaren geleden een marktstimulering gestart, met als doel de onrendabele top structureel en langdurig te dekken. De kosten daarvan zijn in Duitsland gedekt door een zeer geringe verhoging van het elektriciteitsstarief. Als gevolg daarvan is in beide landen de afzet enorm gegroeid met gemiddeld jaarlijks 50% of meer. De werkgelegenheid is fors toegenomen, bijvoorbeeld in Duitsland tot 10.000 banen.

Een kostendekkende vergoeding voor zonnestroom is al beschikbaar in Duitsland, Spanje, Portugal en Luxemburg. Inmiddels zijn o.a. ook in Italië en België systemen voor terugleververgoedingen in voorbereiding.

Zoals gezegd heeft de Nederlandse industrie een sterke kennis- en exportpositie opgebouwd op het gebied van zonnestroom. Wat betreft R&D kunnen Nederlandse kennisinstellingen zich meten met de beste instituten in de wereld. De directe werkgelegenheid in de branche was 800 equivalente voltijds-arbeitsplaatsen in 2003. De branche heeft daarom nu een sterke uitgangspositie om op middellange en lange termijn een essentiële bijdrage te leveren aan de duurzame energiehuishouding. Tevens kan de branche reeds op korte en middellange termijn een bijdrage leveren aan de Nederlandse kennis-economie door grootschalige toepassing van zonne-energie in eigen land en door export: zonne-energie als krachtig vehikel voor innovatie.

Zonne-energietechnologie

Zonnestroomsystemen kunnen worden onderverdeeld in netgekoppelde systemen (enkele 100 Wp tot meer dan 10 MWp) en autonome systemen (typisch 10 Wp tot 10 kWp). Netgekoppelde systemen gebruiken het elektriciteitsnet als buffer, zodat een lokaal overschot aan opgewekte elektriciteit kan worden teruggeleverd voor gebruik elders. Omgekeerd kunnen zo ook lokale tekorten worden aangevuld. In gebieden met een uitgebreide netinfrastructuur is dit veelal de voor de hand liggende toepassingsvorm. Autonome systemen hebben meestal een accu als buffer. Dergelijke systemen zijn bij uitstek geschikt voor gebieden zonder elektriciteitsnet of voor mobiele toepassingen.

Zonnestroomsystemen bestaan uit zonnepanelen met daarin in serie geschakelde zonnecellen, en de zogenaamde Balance-Of-System (BOS). De BOS omvat (voor zover van toepassing):

- bekabeling;*
- draagconstructie;*
- omvormer (gelijk- naar wisselstroomomzetter, ook inverter genoemd);*
- accu en ladingsregelaar (voornamelijk bij autonome toepassingen);*
- andere componenten (m.b.t. veiligheid, monitoring, etc.).*

De systemen die in Nederland worden geïnstalleerd zijn hoofdzakelijk netgekoppelde systemen. Autonome systemen hebben hier een beperkt marktaandeel, o.a. industriële toepassingen (bakens, verlichting, sluisen, telecommunicatie) en recreatieve toepassingen. Ze zijn echter van groot belang voor de export (o.a. elektrificatie van het platteland in ontwikkelingslanden). Zonnestroomsystemen zijn inmiddels betrouwbaar gebleken als opwekkers van elektriciteit en als leveranciers van bepaalde diensten (verlichting, oppompen van grondwater). De toepassing van zonnestroomsystemen kan nog verder worden verbeterd door o.a. verhoging van het rendement, verlenging van de levensduur van de systemen en standaardisatie.

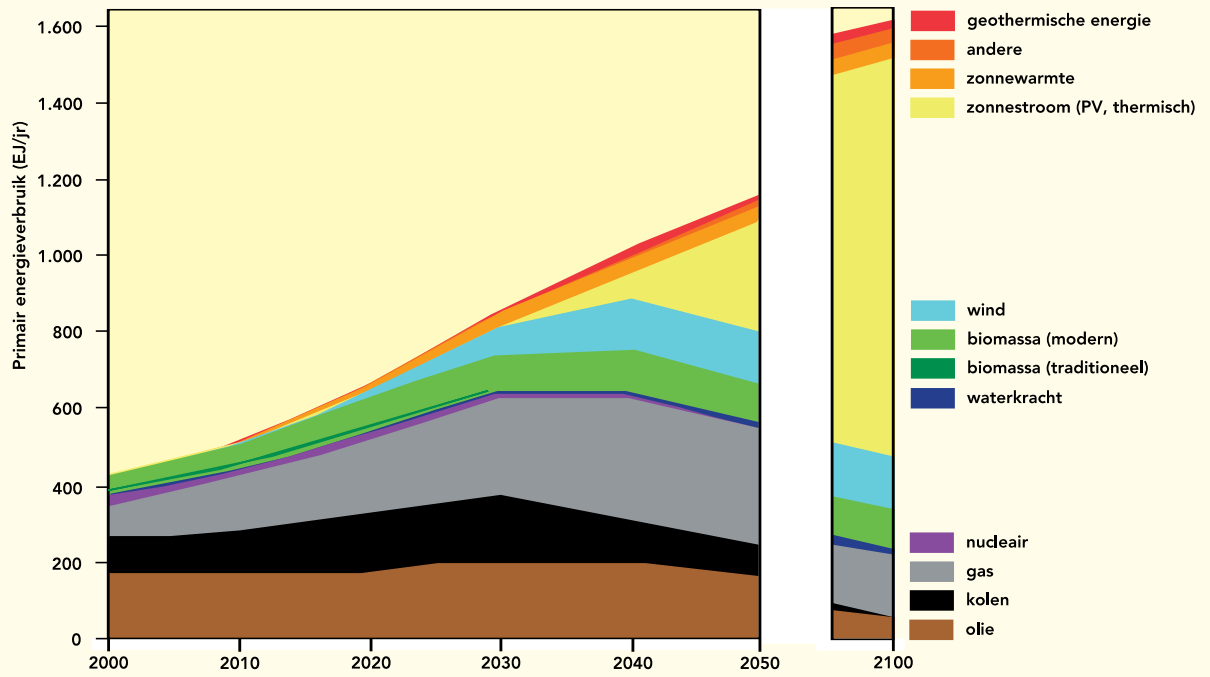
1.2 De noodzaak voor de transitie naar een duurzame energiehuishouding

De wereldenergievoorziening is momenteel voor het overgrote deel gebaseerd op omzetting van fossiele brandstoffen. Dit is een verre van duurzame situatie en dit wordt inmiddels algemeen als ongewenst beschouwd. De drie voornaamste redenen hiervoor zijn:

- De dreigende, of inmiddels reeds ingezette, klimaatverandering door de uitstoot van broeikasgassen (voornamelijk CO₂, in mindere mate CH₄) als gevolg van het gebruik van fossiele brandstoffen. De Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung - Globale Umweltveränderungen (WBGU)⁸ gaat uit van een maximaal toelaatbare temperatuurstijging van 2 °C (waarvan 0.6 °C al een feit is) en een maximale stijging per decennium van 0.2 °C. De maximaal toelaatbare CO₂ concentratie zou 450 ppm bedragen. Hiervoor is het noodzakelijk dat de emissies van broeikasgassen in 2050 gedaald zijn met 45-60% ten opzichte van het niveau van 1990. Ook wordt het milieu in toenemende mate bedreigd door uitstoot van NO_x, SO_x en fijn stof als gevolg van het gebruik van fossiele brandstoffen.
- De eindigheid van de reserves aan fossiele brandstoffen. De bewezen voorraden van aardolie, aardgas en steenkool zijn bij de huidige productiesnelheid nog toereikend voor respectievelijk 40, 60 en een kleine 200 jaar (BP, 2004)⁹. De productiesnelheid zal echter juist stijgen om in de groeiende energiebehoefte te voorzien van ontwikkelingslanden en van de zogenaamde 'emerging economies' (het gebruik van steenkool en olie is in China in 2003 al met 15% resp. 30% gestegen). De kosten van winning en gebruik van fossiele brandstoffen zullen in ieder geval stijgen: door internalisering van externe kosten, door de kosten van CO₂-berging, en door de toenemende kosten van exploratie en productie. Het einde van goedkope fossiele brandstoffen is dus inmiddels wel in zicht, terwijl de kosten van duurzame energiebronnen juist fors zullen dalen bij toenemend gebruik.
- De afhankelijkheid van Europa van energie-import. De energietransitie zal de afhankelijkheid van geïmporteerde brandstoffen uit vaak politiek instabiele regio's sterk verminderen. Met duurzame energiebronnen kan Europa op langere termijn volledig in zijn eigen behoefte voorzien¹⁰.

De ombuiging van de klimaattrend kan met duurzame energiebronnen een structureel karakter krijgen; dit kan tevens gepaard gaan met de opbouw van een nieuwe kennisintensieve economische sector. De volledige omschakeling naar een werkelijk duurzame energiehuishouding op basis van hernieuwbare bronnen zal een periode van minstens 100 jaar vergen. Zo'n omschakeling vergt een transitie. Het begrip transitie is geïntroduceerd in NMP4. Een transitie heeft door zijn grootschaligheid een enorme weerslag op alle geledingen van de samenleving. De wegen naar het einddoel, de transitiepaden, kenmerken zich vanwege de lange periode waarover ze zich uitstrekken door een zeer beperkte voorspelbaarheid. Simpele kosten-baten analyses zijn hiervoor dan ook ongeschikt (Rotmans, 2004)¹¹. Wel is het noodzakelijk op basis van onze huidige kennis duurzame-energieopties te identificeren waarvan we een belangrijke bijdrage verwachten aan deze transitie.

De onderlinge verhouding van deze opties in de duurzame energiemix is afhankelijk van het potentieel (in EJ of EJ/jaar) van deze opties, dat zeer sterk varieert per land of regio, en van de organisatie van de energiehuishouding in de toekomst. Bij vergelijking van verschillende scenario's voor de periode 2040-2100 blijkt dat een duurzame energievoorziening in Europa waarschijnlijk zal zijn gebaseerd op biomassa, zon, wind en grootschalige waterkracht (WEA, 2000¹², WBGU, 2003⁸, EREC, 2004¹³). Zonne-energie heeft van deze opties veruit het grootste potentieel en heeft daarnaast een breed maatschappelijk draagvlak.



Figuur 2: WBGU voorbeeldscenario toekomstige mondiale energievoorziening naar primaire bronnen⁶.



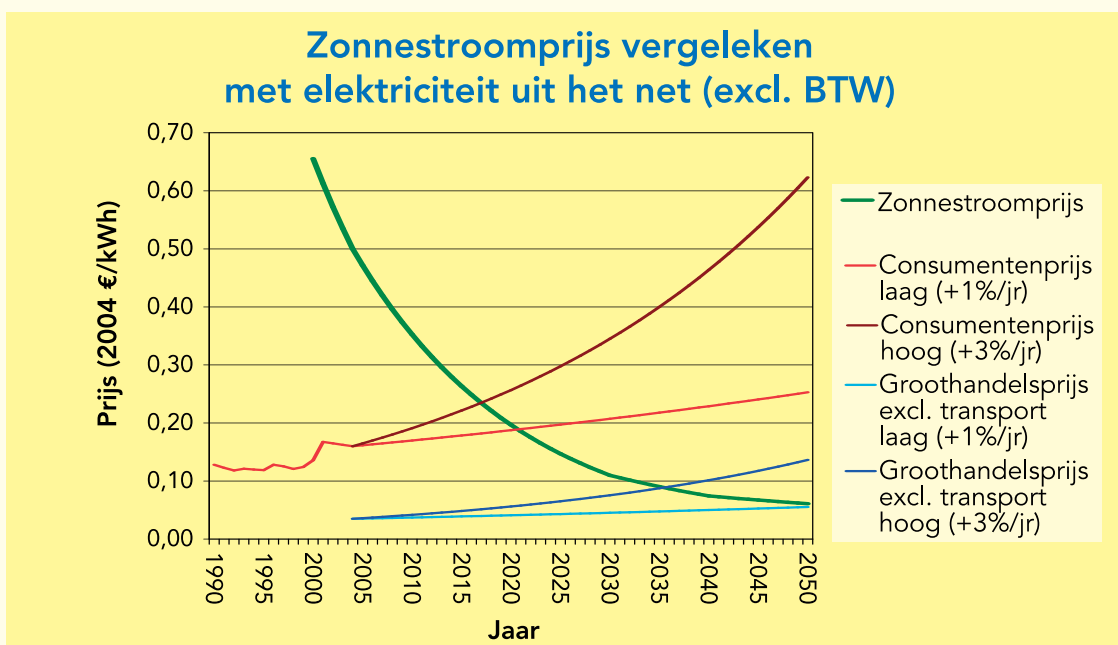
Parkeergarage Zwolle. (foto: Oskomera)

1.3 De bijdrage van zonnestroom in de energietransitie

Zonnestroom is een essentieel onderdeel in de duurzame energiehuishouding van de toekomst. Zonnestroom wordt langzamerhand een volwassen duurzame energiebron. Inmiddels is wereldwijd ruim 2.000 MWp geïnstalleerd in geïndustrialiseerde landen (IEA-PVPS, 2004)¹⁴. In ontwikkelingslanden en opkomende economieën zijn met zonnestroomsystemen meer dan een miljoen huishoudens voorzien van elektriciteit. De mondiale productiecapaciteit is reeds de grens van 1000 MWp per jaar gepasseerd. Fotovoltaïsche zonne-energie heeft verscheidene unieke eigenschappen, waardoor deze optie een zeer belangrijke rol speelt in elk beeld van een duurzame energiehuishouding:

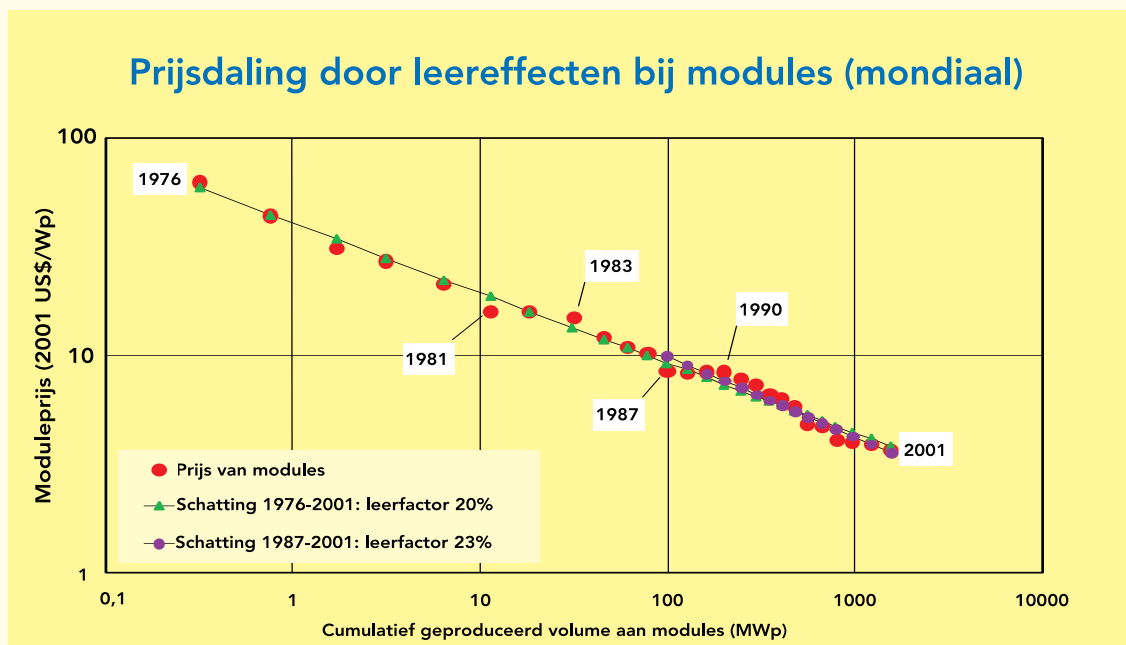
- ◆ de enige duurzame energiebron met een vrijwel ongelimiteerd potentieel;
- ◆ wereldwijd beschikbaar, ook toepasbaar op hogere breedtegraden;
- ◆ het product is elektriciteit, geschikt voor alle toepassingen;
- ◆ vanwege haar geografisch gezien algemene beschikbaarheid is het de voorkeursoptie voor rurale gebieden;
- ◆ geen bewegende delen, geen emissies en geen geluidsproductie en daarom geschikt voor toepassing in dichtbevolkte gebieden;
- ◆ middels integratie in gebouwen en infrastructurele voorzieningen is het extra ruimtebeslag van zonnestroom zeer beperkt;
- ◆ zonnestroom heeft een breed maatschappelijk draagvlak.

Op dit moment is zonnestroom nog duur in vergelijking met elektriciteit uit het net. Voor zonne-energie zullen echter in de nabije toekomst diverse "break-even points" worden bereikt, waardoor in de bijbehorende marktsegmenten een sprong zal worden gemaakt. Grofweg gaat het daarbij om zonne-energieopwekkosten die zich bewegen in de range van piektarieven en consumentenprijzen (incl. belastingen) tot brandstofkosten van grootschalige opwekking. In Japan claimt men inmiddels een eerste break-even te hebben bereikt door de hoge, tijdsafhankelijke elektriciteitstarieven en gunstige financieringscondities. In Zuid-Europa zal dit binnen enkele jaren het geval zijn. In Figuur 3 is te zien dat in de Nederlandse situatie met de voorspelde kostendaling van zonnestroom en een voorzichtig ingeschatte stijging van het kleinverbruikertarief tussen 2015 en 2020 break-even wordt bereikt. Indien de elektriciteitsprijzen sneller stijgen zal dit moment uiteraard sneller worden bereikt. Daarna zal zonnestroom in prijs verder dalen om uiteindelijk in het gebied van groothandelsprijzen te komen.



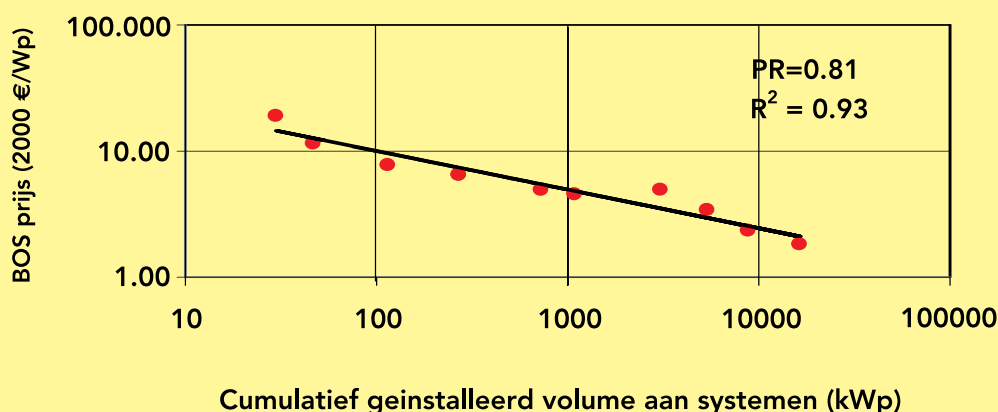
Figuur 3: Opwekkosten zonnestroom in Nederland vergeleken met elektriciteitsprijzen voor consumenten en groothandelsprijzen.

Deze verwachtingen zijn gebaseerd op extrapolatie van de prijsontwikkeling van zonnestroom in de laatste 30 jaar. Het potentieel voor prijsreductie van modules en complete systemen is enorm. Modules zijn in de afgelopen tien jaar in prijs gehalveerd en deze trend zal zich naar verwachting de komende decennia doorzetten. Het historische verband tussen prijs en cumulatief geproduceerd volume kan worden weergegeven in een zogenaamde leercurve, zie Figuur 4. De helling van deze (dubbel-logaritmische) curve geeft de zogenaamde leerfactor, dat is de gemiddelde prijsdaling bij een verdubbeling van het cumulatief geproduceerde volume. Voor zonnestroommodules was deze daling 23% voor de laatste 10 jaar, en 20% gemiddeld sinds 1976. De prijzen van overige systeemcomponenten en de prijzen van installatie hebben een soortgelijke daling te zien gegeven (zie Figuur 5), en daarmee zijn de de "turn-key" prijzen van complete systemen ook aan het dalen.



Figuur 4: Leercurve van zonnestroommodules. Deze curve laat zien dat de prijs van modules met 20-23% daalt bij elke verdubbeling van het cumulatief geproduceerde volume¹⁵.

Prijzdaling door leereffecten bij systemen excl. modules (NL)



Figuur 5: Leercurve van de zogenaamde Balance-Of-System prijzen, waarin vervat de prijzen van overige systeemcomponenten (d.w.z. exclusief modules) en installatie. Deze curve laat zien dat de prijs van BOS met 19% daalt bij elke verdubbeling van het cumulatief (wereldwijd) geproduceerde vermogen¹⁷.

De waarde van zonnestroom

De waarde van zonnestroom is niet eenduidig vast te stellen, omdat hij sterk afhankelijk is van het perspectief dat wordt gekozen. Daarmee zijn ook de potentiële markt en de groeiverwachting afhankelijk van dat perspectief. Bij autonome systemen kijkt men primair naar de waarde en de kwaliteit van de geleverde dienst, bijvoorbeeld verlichting, koeling, telecommunicatie of beveiliging. Dit zijn "high-value applications" en in veel gevallen biedt zonnestroom al geruime tijd de beste prijs/kwaliteit verhouding. In ontwikkelingslanden kan zonnestroom de eerste stap in elektrificatie van het platteland zijn; daarmee komen hoogwaardige toepassingen zoals radio, televisie en telecommunicatie binnen bereik.

Bij netgekoppelde systemen is de situatie minder eenduidig.

- In sommige landen, waaronder Duitsland, ontvangen particulieren een kostendekkende kWh-vergoeding voor aan het net geleverde elektriciteit. Daarmee wordt de waarde van (dat deel van) de opgewekte elektriciteit automatisch gelijk aan de kosten.
- Voor particulieren met een systeem op hun dak en een teruglopende meter (netto bemetering) is de economische waarde gelijk aan de vermeden kosten van inkoop van elektriciteit. De referentie is in dat geval het kleingebruikertarief inclusief belastingen.
- Wanneer dat tarief tijdsafhankelijk is en er een redelijke correlatie tussen vraag en opwekking bestaat, zoals in Japan, kan onder bepaalde omstandigheden reeds nu break-even worden bereikt. Wanneer een zonnestroomsysteem wordt gebruikt als vervanging van een bouw materiaal kunnen de netto investeringskosten bovendien lager worden.

Lang voordat zonnestroom substantieel bijdraagt aan een duurzame energiehuishouding, zal het al een belangrijke bron van economische activiteit zijn. Momenteel gaat er wereldwijd ongeveer 7 miljard US\$ om in deze sector. De productie van zonnestroomsystemen groeit sterk, de laatste jaren met 35-40%. In Europa zijn door EPIA schattingen gemaakt van de werkgelegenheid in de zonnestroomsector. Per MWp geproduceerd systeemvermogen zijn momenteel 17 mensen werkzaam in productie, 30 mensen in verkoop en installatie, en 1 in onderhoud en beheer¹⁶. Op langere termijn zal het aantal

banen per eenheid van vermogen uiteraard afnemen, maar de werkgelegenheid zal in absolute zin sterk blijven stijgen. Wanneer, zoals verwacht, de sector gedurende vele jaren zal blijven groeien met dubbele cijfers, zal zij uitgroeien tot een van de belangrijkste economische sectoren.

Behalve van belang voor de productie van echt 'groene' energie is zonnestroom een gebied waarin hoogwaardig wetenschappelijk en technologisch onderzoek met een grote uitstraling wordt verricht. De zonnestroomsector heeft tevens input vanuit de kennisinstellingen nodig om uiteindelijk te komen tot fors lagere kosten en aanzienlijk hogere rendementen. Synergie met bijvoorbeeld fundamentele en toegepaste R&D-programma's op het gebied van dunne lagen (voor o.a. displays) en nanotechnologie ligt bij wijze van spreken voor het oppakken. Deze wisselwerking vormt een grote stimulans voor het versterken van de kenniseconomie.

Het potentieel van zonnestroom in Nederland is zeer aanzienlijk. Zonnestroom is, door onder meer het ontbreken van emissies en geluid en de toepasbaarheid als bouw materiaal, bij uitstek geschikt voor toepassing in de gebouwde omgeving. Hierdoor wordt energieopwekking dicht bij de consument gebracht. Dit zal tevens leiden tot een betere bewustwording van de consument/ bewoner van zijn energiegebruik en tot een nauwere betrokkenheid bij de energietransitie. Het voor zonnestroom geschikte oppervlak in de gebouwde omgeving (daken, gevels) wordt geschat op zo'n 400 km². Daarnaast kan zonnestroom ook worden toegepast op andere oppervlakken, zoals bijvoorbeeld dijklammen en infrastructurele werken zoals geluidsschermen. Volgens een voorzichtige schatting is daar ongeveer 200 km² aan geschikt oppervlak aanwezig (zie Tabel 1).

De potentiële bijdrage van zonne-energie aan de Nederlandse energievoorziening wordt als volgt ingeschat. Uitgaande van een oppervlak van 600 km² en een piekvermogen per m² van 200-300 Wp (2 à 3 keer de huidige vermogensdichtheid) is op de lange termijn een geïnstalleerd zonnestroomvermogen van 120-180 GWp mogelijk¹⁷. Dit komt overeen met een jaarlijkse energieproductie van 350-500 PJe (100-150 TWh) in Nederland. De lage schatting is ruwweg gelijk aan het huidige elektriciteitsverbruik, de hoge schatting aan het toekomstige elektriciteitsverbruik. Anders gezegd: de potentie bedraagt 15-20% van het huidige totale energiegebruik.

1.4 Zonnestroom in Nederland

Nederland heeft in de afgelopen 25 jaar een uitstekende positie opgebouwd op het gebied van onderzoek, fabricage en toepassing van zonnestroom. Dit is mogelijk gemaakt door actieve ondersteuning vanuit een variëteit aan programma's en regelingen. De in Nederland gebouwde systemen behoren tot de laagst geprijsde en tevens in verschillende opzichten meest geavanceerde ter wereld.

De prijs van zonnestroom bedraagt in Nederland thans ongeveer € 0,50 per kWh en 1 m² systeem levert jaarlijks ongeveer 90 kWh zonnestroom aan het net. De opwekkosten van zonnestroom zijn vooralsnog hoger dan die van stroom opgewekt met fossiele brandstoffen; toch werden zonnepanelen steeds meer toegepast, in de nieuwbouw onder meer via demonstratieprojecten en in de bestaande bouw door een bijdrage uit de Energie Premie Regeling (EPR). Daarbij speelden ook andere waarden dan economische een rol. Eén daarvan is de toepassing van zonnepanelen als bouwelement; de mogelijkheden daarvan zijn tot op heden nog maar zeer ten dele benut.

Geproduceerde zonnestroom mag sinds 2004 tot een maximum van 3000 kWh per huishouden per jaar (ongeveer 80% van het gemiddelde jaarlijkse gebruik) onder condities van netto bemetering in het net worden gevoed.

Het totaal geïnstalleerde vermogen is momenteel ca 50 MWp, genoeg voor de elektriciteitsvraag van meer dan 10.000 huishoudens. De Nederlandse zonnestroomsector bood in 2003 werk aan 800 mensen.

Zie Tabel 2 voor een uitgebreider overzicht van gegevens.

2. De visie op zonnestroom in Nederland

Holland Solar heeft als visie dat zonnestroom in de toekomst - naast de andere duurzame-energieopties en in combinatie met een steeds kleiner deel fossiele brandstoffen - de belangrijkste energiebron zal worden.

De markt voor zonnestroom zal mondiaal sterk blijven groeien met een doorzettende kostprijsreductie. In 2050 kan 25% van de Nederlandse elektriciteitsvraag worden geleverd met zonnestroom. De visie is verder uitgewerkt in drie toekomstbeelden: 2015, 2030 en 2050.

Zonnestroom heeft vier kernkwaliteiten die aansluiten bij de fundamentele behoeften van alle belangrijke marktgroepen (bedrijfsleven incl. agrarische sector, consumenten, energiebedrijven, overheden). Deze vier kernkwaliteiten zijn:

- ◆ zonnestroom is veelzijdig integreerbaar: fysiek, elektrisch, en architectonisch;
- ◆ zonnestroom wordt decentraal opgewekt en is overal toepasbaar;
- ◆ zonnestroom is duurzaam en betrouwbaar (en in combinatie met opslag altijd beschikbaar);
- ◆ zonnestroom is "hightech" en kent een sterke kostprijsverlaging bij toenemende schaalgrootte.

Deze kwaliteiten zullen een steeds grotere rol gaan spelen in de besluitvorming over de (individuele) energievoorziening en zullen van doorslaggevend belang zijn wanneer de economische aspecten geen drempel meer vormen. De toepassing van zonnestroom is afhankelijk van de waardering van de kernkwaliteiten enerzijds en de Return on Investment (RoI) anderzijds.

Zonnestroom is bij uitstek geschikt voor toepassing in de gebouwde omgeving. De afzet van zonnestroomsystemen zal in de komende decennia langzaam verschuiven van natuurlijke momenten (nieuwbouw), via extra aanschafmomenten naar vervanging van panelen. Natuurlijke momenten voor integratie van zonnepanelen zijn de nieuwbouw van huizen en utiliteitsgebouwen, en renovatie van daken en gevels. Ook in andere marktsegmenten zullen dan zonnepanelen toegepast gaan worden. Uiteindelijk zal er ook een vervangingsmarkt tot stand komen - zonnepanelen hebben een levensduur van ca 30-40 jaar.

De eerstkomende 50 jaar zijn er geen fysieke belemmeringen voor de groei van het aantal km² geïnstalleerde zonnepanelen. Het realistisch beschikbare areaal wordt geschat op 600 km² zonnepanelen, verdeeld over woningbouw, utiliteitsbouw en infrastructuur/overig, zie tabel 1 (ultimo 2004 was er 450.000 m², ofwel 0,45 km² aan zonnestroompanelen geïnstalleerd).

De barrières die bij grootschalige implementatie van zonnestroom optreden kunnen worden genomen door parallele technologische ontwikkelingen (intelligente netten en energieopslag). Holland Solar heeft evenals EPIA4 de visie dat het op korte en middellange termijn wenselijk en redelijk is om zonnestroomsystemen te beschouwen als decentrale opwekeenheden die het net als buffer mogen gebruiken. De waarde van zonnestroom wordt op deze wijze gemaximaliseerd zonder dat dit merkbare effecten heeft op de totale elektriciteitsmarkt. Wanneer zonnestroomsystemen zich in economisch opzicht verder hebben ontwikkeld en/of wanneer de penetratiegraad groter wordt, kan de beschouwing van zonnestroom als decentrale opwekeenheden losgekoppeld van buffercapaciteit geleidelijk worden veranderd, zodat bijvoorbeeld de kosten van opslag of zogenaamd back-up vermogen worden meegerekend in de waarde van zonnestroom.

Toekomstbeeld 2015

De prijs van zonnestroom bedraagt ongeveer € 0,25 per kWh. De opwekkosten komen daarmee heel dicht in de buurt van het kleinverbruikertarief. Bij toepassing van netto bemetering zijn investeringen vrijwel rendabel. Een groeiende groep huishoudens en organisaties kiest voor de aanschaf van een zonne-energiesysteem. Per jaar worden enkele tienduizenden daken en honderden gevels van bedrijfsgebouwen van zonnepanelen voorzien. Zonnepanelen zijn beschikbaar als standaard bouw-element. De geproduceerde zonnestroom kan nog probleemloos in het net worden gevoed. Het totaal geïnstalleerde vermogen is 500 MWp, genoeg voor de elektriciteitsvraag van 100.000 huishoudens. De Nederlandse zonnestroomindustrie biedt werk aan 3.000 mensen en groeit sterk. Ze is hersteld van fluctuaties aan het begin van dit millennium, heeft weer een goede positie verworven en concurreert op Europees niveau.

Toekomstbeeld 2030

De prijs van zonnestroom bedraagt € 0,10 per kWh; ruim lager dan de kleinverbruikertarieven voor elektriciteit in 2030. In de helft van alle nieuwbouw en renovatie worden zonnepanelen toegepast. Een steeds groter aantal consumenten en bedrijven gaat over tot integratie van zonnepanelen buiten de natuurlijke momenten (nieuwbouw en renovatie). Geavanceerde lokale energiemanagementsystemen zorgen voor optimale benutting van de geproduceerde elektriciteit. Er is 6 GWp geïnstalleerd, genoeg voor 3% van het elektriciteitsverbruik in 2030. De Nederlandse zonnestroomsector biedt werk aan 10.000 mensen en groeit nog steeds sterk. Ze concurreert mondiaal en heeft daarmee ook een sterke positie op de thuismarkt. De helft van de Nederlandse kennis en productie wordt geëxporteerd.

Toekomstbeeld 2050

De prijs van zonnestroom bedraagt € 0,06 per kWh. De opwekkosten van zonnestroom zijn daarmee lager dan die van de met fossiele brandstoffen opgewekte stroom. Dus worden zonnepanelen op grote schaal toegepast in de bestaande bouw. Daarnaast worden de panelen standaard geplaatst bij nieuwbouw en renovatie van woningen en utiliteitsgebouwen, en ook ingepast in de infrastructuur. In 2050 is gebleken dat er flinke groei mogelijk is geweest zonder tegen fysieke beperkingen aan te lopen. Er staat in totaal 75 GWp aan zonnepanelen en daarmee wordt 25% van de Nederlandse elektriciteitsvraag gedekt. Gebouwen kunnen in grote mate voorzien in hun eigen elektriciteitsbehoefte omdat kleinschalige opslagcapaciteit technisch en economisch ver is ontwikkeld. Er bestaan intelligente communicatie- en regelsystemen om de beschikbare hoeveelheid zonnestroom, elektriciteit uit andere bronnen en opslag op elkaar af te stemmen. Het inrichten van "zonnecentrales" om op grote schaal zonnestroom op te wekken, is dan ook geen probleem en is al vele malen succesvol uitgevoerd. De Nederlandse zonnestroomsector biedt werk aan 60.000 mensen. Zij is concurrerend op de nog steeds sterk groeiende mondiale markt. Kennis en productie worden op grote schaal geëxporteerd.



Zonnestroomcentrale in Leipzig, Duitsland, 5 MWp
(foto: Shell Solar)

Tabel 1: Marktomvang en penetratie zonnestroom in Nederland t/m 2050

Marktsegment	Potentieel	Integratie op natuurlijke momenten t/m 2050	Integratie op andere momenten t/m 2050	Vervangingsmarkt t/m 2050
Woningbouw	300 km ² (10 miljoen woningen met 30 m ² geschikt dakoppervlak)	110 km ² (uiteindelijk 120.000 daken renovatie per jaar plus 80.000 nieuwbouw huizen ± 30 m ² per jaar)	60 km ²	2 - 5 km ² (sterk groeiend)
Utiliteit	100 km ² (gevel en dakoppervlak)	30 km ² (voornamelijk in nieuwbouw)	0	1-3 km ²
Infrastructuur en overig	200 km ² geschikt oppervlak	0	100 km ²	< 1km ²
Totaal (penetratie)	600 km ² (100%)	140 km ² (~25 %)	160 km ² (~25 %)	3 - 9 km ²



Zonnestroomcentrale in Waalwijk, Nederland, 0,7 MWp
(foto: Shell Solar)

Tabel 2: De ontwikkeling van zonnestroom in Nederland volgens Holland Solar

Systemen en prijsontwikkeling	Situatie 2004	Toekomstbeeld 2015	Toekomstbeeld 2030	Toekomstbeeld 2050
Prijs zonnestroom (in 2004 €/kWh)	0,50	0,25	0,10	0,06
Turn-key systeemprijs (in 2004 €/Wp)	5,00	2,50	1,00	0,60
Netto rendement zonnepanelen (dakvlak)	12%	15%	18%	25%
Jaaropbrengst systeem bij optimale oriëntatie (kWh/Wp)	0,75 van 0,7-0,8	0,80 van 0,75-0,85	0,85 van 0.7- 1.0	0,90
Typische gemiddelde jaar-opbrengst systeem (kWh/m ²)	90	120	154	200
Volume van de marktsegmenten				
Nieuwbouw en renovatie in gebouwde omgeving (daken per jaar)	< 5.000	15.000	100.000	200.000
Andere momenten in de gebouwde omgeving	Zeer weinig	Groeiend	Volwassen markt	Grote schaal
In infrastructuur	Zeer weinig	Groeiend	Volwassen markt	Grote schaal
Zonnecentrales	-	Incidenteel	In ontwikkeling	Grote schaal
Vervangingsmarkt	-	Weinig	Groeiend	In opkomst 2-5 GWp per jaar
Zonnestroom sector				
Werkgelegenheid in Nederland (equivalente voltijdsarbeidsplaatsen)	800	3.000	10.000	60.000
Concurrentiepositie	Nederland / Europees	Europees	Mondiaal	Mondiaal
Inpassing in de energie infrastructuur				
Totaal geïnstalleerd vermogen	0,05 GWp	0,50 GWp	6 GWp	75 GWp
Aandeel zonnestroom in elektriciteitsvraag	10.000 huishoudens	100.000 huishoudens	3%	25%
Regelsystemen voor inpassing zonnestroom	Onderzoek	Eerste pilots om onderzoeksresultaten te testen	Geavanceerde - locale energie-management systemen voor optimale benutting geproduceerde zonnestroom	Intelligente communicatie- en regelsystemen om verschillende energiebronnen en opslag af te stemmen
Ruimtelijke inpassing				
Zonnepaneel als bouwelement in de gebouwde omgeving	Ontwikkeling demonstratie	Marktrijp	Standaard	Standaard
Zonnepaneel als element in en aan infrastructuur	Veldtesten	Meerdere demo's/ marktintroductie	Standaard	Standaard

Holland Solar heeft een transitiepad voor ogen waarin nú activiteiten worden gestart om op korte, middellange, en lange termijn alle markten optimaal te kunnen bedienen. Daarvoor is de inzet van vier actorgroepen nodig: zonnestroombedrijfsleven, R&D instituten, overige sectoren (bouwsector, financiële sector, NGO's, energiesector) en de Nederlandse overheid.

De strategie heeft betrekking op **prijsreductie** en op **integratie** en omvat vier terreinen van actie.

- **Prijsreductie** wordt bereikt met een combinatie van technologieontwikkeling met volume- en marktontwikkeling.
- **Integratie** wordt bereikt door inpassing in de energie-infrastructuur en ruimtelijke inpassing.

Deze terreinen van actie worden hieronder eerst kort toegelicht en daarna verder uitgewerkt in de volgende paragrafen.

Tabel 3: Strategische doelen Roadmap

	2015	2030	2050
Prijsreductie	0,25 €/kWh	0,10 €/kWh	0,06 €/kWh
	15.000 daken per jaar, enkele honderden gevels, 3.000 banen	100.000 daken per jaar, overige toepassingen gebouwen op beperkte schaal, 10.000 banen	200.000 daken per jaar, overige locaties op grote schaal, 60.000 banen
Integratie	0,50 GWp geïnstalleerd vermogen	6 GWp geïnstalleerd vermogen	75 GWp geïnstalleerd vermogen
	Gelijk aan de elektriciteitsvraag van 100.000 huishoudens	3% van de totale elektriciteitsvraag	25% van de totale elektriciteitsvraag
	Zonnestroom als standaard bouwelement, eerste resultaten energiemanagementsystemen	Geavanceerde lokale energiemanagement systemen	Energieopwekking en -opslag zijn plannings-element in ruimtelijke ordening, kleinschalige en grootschalige opslag beschikbaar, gebouwde omgeving energie-neutraal

Prijsreductie

Het potentieel voor prijsdaling van zonne-energiesystemen is zeer groot, zoals wij in par.1.3 hebben geïllustreerd met een leercurve. Het is belangrijk op te merken dat de prijsdaling zoals weergegeven in deze leercurve het gevolg is van een combinatie van onderzoek en technologieontwikkeling enerzijds, en markt(groei) resp. ervaring met productie en implementatie anderzijds. Zonder technologieontwikkeling dalen de prijzen slechts langzaam, zonder marktgroei vinden resultaten van technologieontwikkeling niet hun weg naar de praktijk en wordt geen ervaring opgedaan, waardoor prijzen eveneens stagneren. De kunst is dus om de optimale verhouding tussen deze twee factoren te vinden.

Terrein van actie 1: technologieontwikkeling

De technologieontwikkeling zal voornamelijk door het zonnestroombedrijfsleven en de R&D-instellingen ter hand genomen worden. De overheid speelt een belangrijke rol als stimulator en medefinancier. Prijsreductie vindt onder meer plaats door rendementsverhoging, vermindering van materiaalgebruik, verhoging van de productiesnelheid en verbetering van de inpasbaarheid. Er wordt daarbij onderzoek uitgevoerd aan verschillende zonneceltechnologieën, aan systemen en aan normen, zie 3.1.

Terrein van actie 2: volume- en marktontwikkeling

In de visie van Holland Solar kunnen er drie markttypen worden onderscheiden: de markt voor toepassing op natuurlijke momenten bij nieuwbouw en renovatie, de markt voor toepassing op andere momenten wanneer het economisch rendement voldoende positief is en uiteindelijk ook de vervangingsmarkt. In de eerder geschetste toekomstbeelden werden drie tijdhorizons beschreven met de daarbij behorende doelen voor prijs, volume, markt en integratie.

De volume- en marktontwikkeling zal voornamelijk door het zonnestroombedrijfsleven samen met de overheid ter hand genomen worden. Financiële stimuleringsmaatregelen (in de vorm van een terugleververgoeding, fiscale tegemoetkomingen, etc.) zijn de komende tien tot vijftien jaar onontbeerlijk, tenzij de toepassing van zonnestroom via regelgeving zou worden bereikt. De bouwsector, financiële sector en energiesector kunnen bij de volume- en marktontwikkeling een belangrijke rol spelen als partner en als ontwikkelaar/aanbieder van passende producten en diensten. Volume- en marktontwikkeling vindt plaats door een pakket aan activiteiten, gericht op vier productmarktcombinaties, zie 3.2.

Integratie

Terrein van actie 3: inpassing in de energie-infrastructuur

Kern van dit terrein is het mogelijk maken en optimaliseren van de inpassing van zonnestroomssystemen in het elektriciteitsnet. Daarbij gaat het uiteraard om het voorkomen van problemen bij de geleidelijke verschuiving van de huidige situatie (centrale opwekking) naar de toekomstige situatie (veel decentrale opwekking), maar tegelijkertijd om het benutten van mogelijkheden die decentrale opwekking met zich meebrengt. Tevens gaat het om het maximaliseren van de waarde van zonnestroom, bijvoorbeeld door afstemming van vraag en aanbod, of meer algemeen: door energiemanagement, al dan niet gecombineerd met opslag. De inpassing in de energie-infrastructuur zal door de zonnestroomindustrie samen met de energiebedrijven en de overheid ter hand genomen worden. Naast technische zaken speelt regelgeving hierbij een belangrijke rol.

Terrein van actie 4: ruimtelijke inpassing

Door zonnestroomssystemen te integreren in gebouwen en infrastructurele objecten kan het beslag op de openbare ruimte (grondgebruik) nihil blijven. Niettemin houdt Holland Solar bewust de mogelijkheid open om op bijzondere plaatsen ook niet-geïntegreerde zonnestroomssystemen ("zonnestroomcentrales") toe te passen. Om verantwoorde grootschalige ruimtelijke inpassing mogelijk te maken dient een aantal activiteiten te worden ontplooid. Deze zullen door het zonnestroombedrijfsleven samen met o.m. bouwpartijen en de (lokale + nationale) overheid ter hand genomen worden.

3.1 Technologieontwikkeling

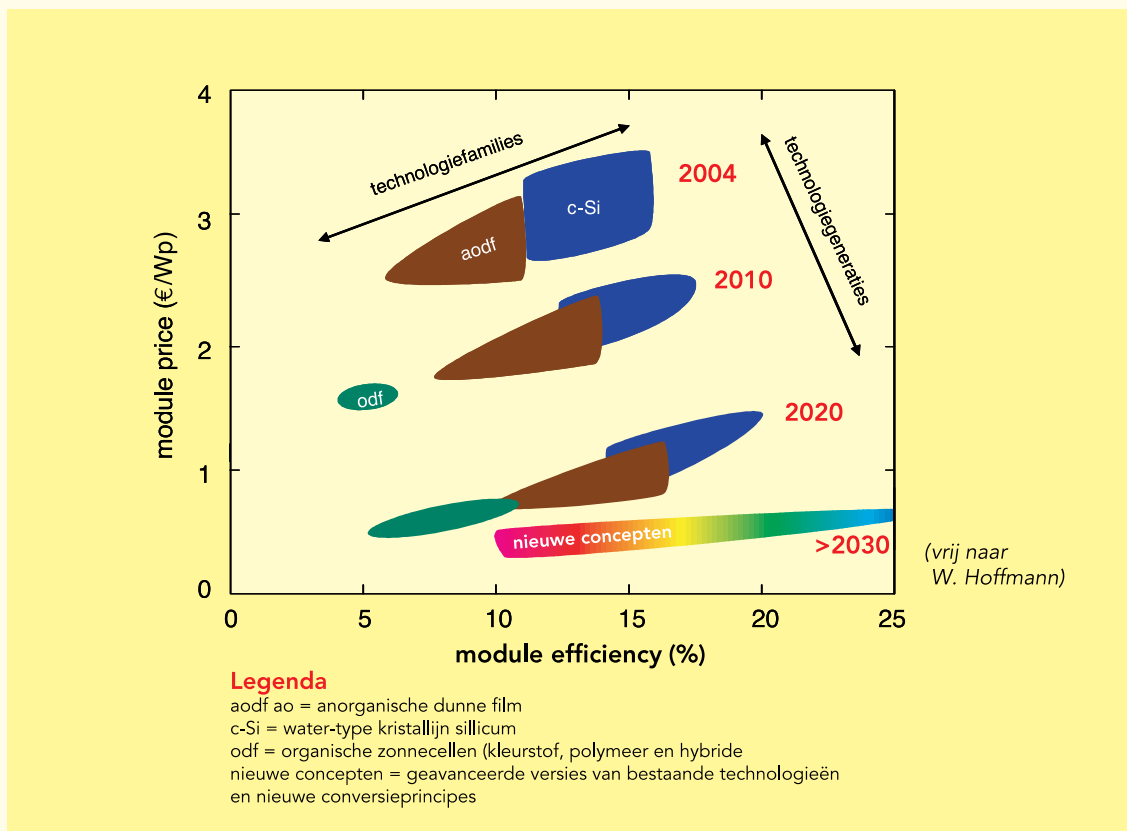
3.1.1 Inleiding

De technologieontwikkeling die nodig is om de gewenste prijsdaling te kunnen bereiken zal voornamelijk door het zonnestroombedrijfsleven en R&D-instellingen ter hand worden genomen.

De overheid speelt een belangrijke rol als stimulator en medefinancier. In de appendix staat een detaillering van het onderzoeksprogramma.

Er wordt onderzoek uitgevoerd aan verschillende zonnecel- en moduletechnologieën, aan systemen en aan standaarden. Voor ieder van de technologieën zal naar verwachting een grote markt ontstaan. De redenen voor parallel onderzoek aan verschillende cel- en moduletechnologieën zijn onder meer:

- het lange-termijn potentieel van de betreffende technologieën in termen van opwekkosten in diverse systeemconfiguraties is onvoldoende duidelijk om nadere keuzes nu te rechtvaardigen; ook bestaat onzekerheid over het haalbare modulerendement op langere termijn van elk van de systemen;
- door hun zeer verschillende basiseigenschappen hebben de technologieën elk enkele unieke toepassingsmogelijkheden (te denken valt aan mechanische flexibiliteit, mogelijkheden voor het direct aanbrengen van actieve lagen op zeer verschillende ondergronden, semi-transparante modules, etc.);
- mogelijk zijn de uiteindelijk haalbare levensduur en bijbehorende modulekosten dermate verschillend dat onderscheid tussen toepassingsgebieden zinvol is (NB: voor professioneel gebruik wordt inmiddels gesproken over een modulelevensduur van 40 jaar of meer, voor andere toepassingen is dit wellicht niet noodzakelijk);
- Nederlandse bedrijven, in lijn met buitenlandse, werken aan verschillende technologieën: kristallijn silicium, dunne-film silicium, koper-indium-diselenide en nieuwe hoog-rendementsconcepten voor de lange termijn (verkenkend onderzoek).



Figuur 6. Onderlinge positionering en ontwikkeling van moduletechnologieën.

Figuur 6 geeft schematisch de huidige inzichten op het gebied van de ontwikkeling van commercieel verkrijgbare moduletechnologieën weer. Er zijn enkele technologiefamilies: anorganische dunne films (waaronder bijvoorbeeld amorf-siliciummodules), organische zonnecellen, wafer-type kristallijn silicium en nieuwe concepten. De Figuur laat zien dat deze technologiefamilies zich parallel aan elkaar ontwikkelen, d.w.z. per Wp goedkoper worden en een hoger rendement krijgen. Niet zichtbaar in deze Figuur zijn de verbeteringen in kwaliteit zoals levensduur, esthetica, milieueigenschappen, etc. De ontwikkeling in de tijd per technologiefamilie is in feite de ontwikkeling in generaties. Met de ontwikkeling van de technologieën dienen zich geleidelijk ook steeds nieuwe toepassingsmogelijkheden aan.

3.1.2 Onderzoekdoelen

Modules

Overkoepelend doel voor het onderzoek aan cellen en modules is het bereiken van een (laagste) prijs van 1,5 €/Wp in 2015 en 0,5 €/Wp in 2030 (huidige niveau ongeveer 3 €/Wp). Na 2030 wordt een verdere daling verwacht tot ruwweg 0,2-0,4 €/Wp, mede afhankelijk van het rendement.

- **Kristallijn silicium cel- en moduletechnologie.** Doelstelling is het ontwikkelen van modules met een rendement van 18-20% en een modulelevensduur van 30-40 jaar.
- **Dunne-film cel- en moduletechnologie.** Doelstelling is het ontwikkelen van modules die op korte of middellange termijn (bij een lager rendement) concurrerend zijn met modules gebaseerd op kristallijn silicium technologie en op langere termijn uitzicht bieden op een prijs die wezenlijk lager ligt, e.e.a. bij een modulelevensduur van minstens 20 jaar. Het betreft zowel anorganische als organische zonnecellen.
- **Nieuwe concepten.** Doelstelling is het ontwikkelen van zonnecelconcepten waarmee zowel zeer hoge modulerendementen (op lange termijn >25%) als zeer lage moduleprijzen kunnen worden bereikt (typisch <0,5 €/Wp).

Systemen

Er wordt gewerkt aan de verdere ontwikkeling van twee soorten systemen:

- **Netgekoppelde zonnestroomsystemen.** Doelstelling is het realiseren van een prijs van netgekoppelde systemen van respectievelijk 2,5 €/Wp in 2015 en 1 €/Wp in 2030. De energierugverdiensdient dient te worden teruggebracht van ongeveer 4 jaar nu naar 0,5-1 jaar of minder op langere termijn.
- **Autonome zonnestroomsystemen.** Doelstelling is het realiseren van betrouwbare systemen voor zowel rurale, industriële, als consumententoepassingen.

Normen

- Doelstelling is het verwerven van een coherent stelsel van normen om de kwaliteit en de levensduur van zonnestroomsystemen te waarborgen en om tot een verantwoorde bouwkundige integratie te komen.

3.1.3 Actieplan

Tabel 4: actieplan m.b.t. technologieontwikkeling

	Actiepunten nu met oog op 2015	Actiepunten nu met oog op 2015 tot 2030	Actiepunten nu met oog op 2030 tot 2050
PV-sector	Zonnestroombedrijfsleven: productieontwikkeling, implementatie resultaten van toegepast onderzoek, investeren in productiecapaciteit. R&D instellingen: toegepast onderzoek, mede in Europese consortia.	Zonnestroombedrijfsleven: participatie in onderzoek. R&D instellingen: onderzoek aan nieuwe technologieën.	Zonnestroom-bedrijfsleven: ondersteunen belang continue ontwikkeling zonnestroomtechnologie. R&D instellingen: fundamenteel onderzoek in relatie tot fotovoltaïsche conversie
Overheid	Stimulering technologieontwikkeling.	Stimulering onderzoek.	Stimulering langetermijn- en fundamenteel onderzoek.
	Toekomstbeeld 2015 Technologie beschikbaar voor modules van 1,5 €/Wp en netgekoppelde systemen van 2,5 €/Wp	Toekomstbeeld 2030 Technologie beschikbaar voor modules van 0,5 €/Wp en netgekoppelde systemen van 1€/Wp	Toekomstbeeld 2050 Technologie beschikbaar voor modules van 0,2-0,4 €/Wp en netgekoppelde systemen van <<1€/Wp

3.2 Volume- en marktontwikkeling

3.2.1 Inleiding

De mondiale zonnestroommarkt zal in 2015 naar verwachting een omvang hebben van 25 tot 50 miljard Euro. Ook in Nederland is de markt zeer groot; daarnaast is er een nog aanzienlijk grotere exportmarkt waarop de Nederlandse zonnestroomsector actief is. De markt zal zich deels ontwikkelen op basis van de kwaliteit van zonnestroom voor de gebruiker. In de woningbouw draagt zonnestroom bij aan kernbehoeften als individualisme, milieuvriendelijkheid en comfort; in de sector utiliteitsbouw kan zonnestroom bijdragen aan de exclusiviteit van het onroerend goed. Een ander motief voor toepassing van zonnestroom is het tonen van sociale verantwoordelijkheid voor de toekomstige energievoorziening. Consumenten en organisaties kunnen een deel van deze verantwoordelijkheid op zich nemen met het integreren van zonnestroominstallaties op hun woningen en gebouwen.

De primaire toepassingsmarkten van zonnestroom in Nederland zijn:

- netgekoppeld woningbouw < 5 kWp;
- netgekoppeld gebouwgeïntegreerd > 2 kWp;
- zonnestroomcentrales;
- autonome energievoorziening.

Tabel 5: Verdeling van PV over woningbouw en commerciële gebouwen/ utiliteitsgebouwen

Jaar	Afzet in MWp per jaar	Verdeling over sectoren		Verdeling in MWp		Gemiddelde systeemgrootte in kWp		Aantal systemen per jaar	
		Huizen	Commercieel/utiliteit	Huizen	Commercieel/utiliteit	Huizen	Commercieel/utiliteit	Huizen	Commercieel/utiliteit
2005	10	80%	20%	8	2	2	10	4.000	200
2015	90	50%	50%	45	46	3,5	50	13.000	900

3.2.2 Netgekoppeld woningbouw < 5 kWp

Om dit segment aanmerkelijk te laten groeien is het noodzakelijk dat stimulering middels terugleververgoeding zal plaatsvinden. Kernbehoeften van consumenten zoals individualisme, milieuvriendelijkheid en comfort hebben in de afgelopen jaren reeds bewezen belangrijke motieven voor de aanschaf van zonnestroomsystemen te zijn. Deze praktijk en diverse onderzoeken in het verleden hebben aangetoond dat er bij juiste stimulering bereidheid is tot aanschaf van zonnestroomsystemen. Nu de energieprijzen fors stijgen en mensen zich meer en meer bewust worden van de energiekosten ontstaat er een aanvullend bewustzijn voor energiesparende maatregelen.

De markt voor netgekoppelde daksystemen op woonhuizen tot 5 kWp zal qua omvang de komende 10 jaar zeer aanmerkelijk groeien als aan bovenstaande voorwaarden wordt voldaan. In de periode 2005-2015 zullen ruim 100.000 systemen gerealiseerd worden, waarvan 95% in de woningbouw. Het jaarlijks aantal geïnstalleerde systemen in de woningbouw zal oplopen naar ongeveer 13.000 in 2015. Er is een duidelijk verschil in aanpak tussen koop- en huurwoningen. De verdeling van investeringen in zonnestroomprojecten op de markt voor netgekoppelde daksystemen op woonhuizen < 5 kWp tussen koophuizen en huurhuizen zal van de verhouding 90-10 verschuiven naar 75-25.

Met de introductie van een Europese richtlijn voor kwantificering en normering van energieprestaties van gebouwen in 2006 (Energy Performance Building Directive, EPBD) en de verwachte geleidelijk aanscherping van de normen waaraan gebouwen moeten voldoen kunnen -bij geschikte uitwerking van de prestatieberekeningen- nieuwe stimulansen ontstaan voor de toepassing van zonnestroom-systemen. Dit naar analogie van de wijze waarop zonnestroom nu al tot op zekere hoogte wordt meegeteld in de Energie Prestatie Coëfficiënt (EPC).

Zonnestroom op koopwoningen

Aanschaf van zonnestroomsystemen op koopwoningen zal voor een groot gedeelte plaatsvinden op natuurlijke momenten, namelijk bij aanschaf van een nieuwbouwhuis.

Uit onderzoek bleek al dat nieuwe koopwoningen met name in de projectmatige woningbouw en de gestapelde bouw een behoorlijk potentieel hebben. Mooie voorbeelden hiervan zijn de gerealiseerde projecten in Amersfoort en Heerhugowaard/ Alkmaar.

De groei van de markt is sterk gebaat bij duidelijkheid over en duurzaamheid van financiële stimuleringsmaatregelen, omdat dan de belangrijke financiële drijfveer aanwezig is om koopbereidheid om te zetten in daadwerkelijke koop.

Naast de nieuwbouw zal ook een behoorlijke markt ontstaan voor bestaande koophuizen. Deze markt zal enerzijds voortkomen uit renovatiebehoefte, anderzijds door het interessant worden van zonnestroom.

Marktpenetratie van zonnestroom kan nog verder versneld worden wanneer financiële dienstverleners op dit terrein actief worden. Aanschaf van een zonnestroomsysteem zal eenvoudiger en aantrekkelijker worden in combinatie met een adequate financieringsvorm (bijvoorbeeld hypothecaire lening).



Woningen met 5 kWp dakgeïntegreerde zonnestroomsysteem in Langedijk. (foto ECN)

Zonnestroom zal voor de financiële dienstverlener een middel zijn om het gemiddelde bedrag van de hypothecaire lening te verhogen. De maximaal aanvaardbare woonlast wordt in de huidige systematiek bepaald op basis van de zogenaamde woonquote (de verhouding tussen kosten ten gevolge van leningsverplichtingen en bruto inkomen). Door de aanschaf van een zonnestroomsysteem mee te nemen in de bepaling van de maximaal toelaatbare woonlasten kan de energiekostenverrekening verschuiven van de energieleverancier naar de financiële dienstverlener.

Zonnestroom op huurwoningen

Diverse woningcorporaties zien zonnestroom als interessant onderwerp. Zonnestroom heeft een plaats binnen een bredere discussie over woonlasten. Momenteel is zonnestroom nog dusdanig duur dat het leidt tot een verhoging van woonlasten. Bij hogere teruglever-vergoedingen kan zonnestroom wel degelijk een interessante optie zijn voor corporaties. Opgewekte zonnestroom kan bijvoorbeeld gebruikt worden voor liften en centrale verlichting zonder dat dit leidt tot een verhoging van woonlasten.

Woningcorporaties stellen zich veelal ten doel de woon- en leefomgeving en sociale condities te verbeteren. Door het aanmoedigen van bewonersparticipatie, energiebesparing en het toepassen van zonnestroom kan dit gerealiseerd worden.

Met name daksystemen bij flats en individuele systemen voor bestaande eengezinswoningen zijn een interessante potentiële markt in het segment van de huurwoningen van woningcorporaties.

In 2000 was de meest voorkomende exploitatievorm van zonnestroomprojecten bij woningcorporaties in handen van energiebedrijven. Zij investeren en exploiteren. Een woningcorporatie stelt het object waarop wordt geïnstalleerd ter beschikking. De geproduceerde stroom gaat rechtstreeks het net in en de bewoner heeft er dus geen rechtstreeks voordeel van.

Naast exploitatie door het energiebedrijf is eigen bezit en beheer door de huurders een optie. Verder kan de corporatie zelf een zonnestroomsysteem ontwikkelen en exploiteren. De voor marktontwikkeling vereiste terugleververgoeding zal hen hiertoe in staat stellen.

3.2.3 Netgekoppeld gebouwgeïntegreerd > 2 kWp

In onroerend goed is een continue vraag naar functionele en onderscheidende panden met een hoge kwaliteit van afwerking en een uitstekend comfort. Een zonnestroomdak, façade of luifel fungeert hierbij als duurzaam bouwproduct. Steeds meer architecten werken met zonne-energie en leren de mogelijkheden van zonlichtbenutting. Onder invloed van de ontwerpvrijheid van architecten treft men in Nederland zonnestroomsystemen aan in een grote verscheidenheid, ten behoeve van doorzicht, maar ook als zonwering, gevelbekleding, dakbedekking, luifel of gevelement. Hierbij vormt de investering in zonnestroom een waardetoevoeging aan het onroerend goed die tevens een verlaging van energiegebruik en -kosten geeft. De investering kan door financiële instellingen in de hypotheek of financiering ondergebracht worden.

Door de toegenomen inzet van apparatuur op gelijkspanning (telecom/ ICT) in de gebouwde omgeving hebben adviseurs en installateurs bekendheid met systemen voor omzetting van wisselspanning naar gelijkspanning. Door demonstratieprojecten met zonne-energie ontstaat ervaring met de omgekeerde omzetting van gelijkspanning uit zonne-energie naar wisselspanning voor netvoeding. Zonnestroomsystemen worden steeds vaker ingezet om de kwaliteit van het elektriciteitsnet achter de meter in het gebouw te reguleren en worden ook toegepast in combinatie met noodstroomvoorzieningen.



500 kWp-systeem op dak van Oceanium, Diergaarde Blijdorp. (foto Siemens)

Zonnestroom op schoolgebouwen

Door het plaatsen van zonnestroompanelen op scholen komen kinderen al op jonge leeftijd in aanraking met de elegante eenvoud van zonne-energie. Leerlingen kunnen er op verschillende manieren bij worden betrokken.

Door zonne-energie op te nemen als aantrekkelijk en modern onderdeel van de leerstof, door kinderen te betrekken bij controles van de installaties of door

eenvoudige maar aansprekende metingen te verrichten. Door plaatsing van een display op een centrale plek kunnen kinderen altijd zien hoeveel elektriciteit er opgewekt wordt.

Overigens worden op deze wijze niet alleen leerlingen bereikt, maar ook ouders en docenten.



Informatiebord zonnestroom. (bron: Siemens)

Op schoolgebouwen kunnen panelen veelal goed in het zicht worden geplaatst. Het is de verantwoordelijkheid van overheid en samenleving dat onze nieuwe generatie bewuster leert omgaan met milieu en energie. Toepassing van zonne-energie is een eenvoudige en concrete manier om aan dit proces bij te dragen. Door plaatsing van zonnepanelen op scholen worden de kennis en mogelijkheden van zonne-energie al in de eerste schoolklassen opgebouwd bij de kinderen. Momenteel gaat het veelal nog om installaties met een geringe omvang in verband met beperkte beschikbare budgetten. Daarvan is er echter al een behoorlijk aantal gerealiseerd, zoals in Amersfoort, Eindhoven, Heerhugowaard en Helmond.

Gebouweïntegreerde systemen bieden een aantal voordelen: energiedistributieverliezen worden gereduceerd door de installatie te koppelen met het verbruik, er is geen grond voor toepassing nodig en de kosten van montagesystemen zijn beperkt doordat de zonnepanelen als dak- of gevelmateriaal worden toegepast. Via de netaansluiting van het gebouw kan een eventueel overschot aan opgewekte zonnestroom aan het openbare elektriciteitsnet worden teruggeleverd.

In de komende jaren zal men zonnestroomsystemen steeds vaker zien worden toegepast in scholen, ziekenhuizen, kantoren, utiliteitsgebouwen en sportcentra. De afzonderlijke toepassingen en bijbehorende beweegredenen worden afzonderlijk belicht in de kaders.

Zonnestroom op ziekenhuizen

Zorgboulevards en medische centra worden door grote aantallen mensen bezocht. In deze faciliteiten worden hoge eisen gesteld aan bijvoorbeeld de kwaliteit van het binnenklimaat, de functionaliteit van de gebouwen en de betrouwbaarheid van de elektriciteitsvoorziening. Op en rondom de betreffende gebouwen zijn grote oppervlakken beschikbaar, zoals platte daken en parkeerterreinen. De combinatie van zichtbaarheid, hoge eisen en mogelijkheden voor plaatsing maakt deze sector bij uitstek geschikt voor de toepassing van zonnestroomsystemen. Ondanks de beperkte budgetten voor het toepassen van duurzame energie in de gezondheidszorg zijn er al verschillende ziekenhuizen voorzien van installaties met zonnepanelen. De mogelijkheden van zonnestroom in nieuwbouw en renovatie van ziekenhuizen worden steeds vaker onderzocht. Grootschalige toepassing kan gaan plaatsvinden wanneer de waardering van deze hoogwaardige energie uit zonnepanelen via een terugleververgoeding kostendekkend is. De overige, kwalitatieve voordelen van zonnestroom geven dan de doorslag bij de besluitvorming van ziekenhuisbesturen en bouwteams.

Zonnestroom en utiliteitsgebouwen

Utiliteitsgebouwen hebben veelal grote gevel- en dakoppervlakken, alsmede entrees en glasoverkappingen met een bijzondere uitstraling. Door automatiseringsapparatuur en hoge eisen aan het binnenklimaat is het elektriciteitsgebruik per vierkante meter in de afgelopen jaren flink toegenomen. Het gebouw dient voor de gebruiker als een visitekaartje van zijn bedrijf of activiteit; de uitstraling is dus belangrijk. Zonnestroom kan hier een goede rol vervullen. Steeds meer projectontwikkelaars en architecten raken overtuigd van de kracht van het product gekoppeld aan een fraaie vormgeving en van de toekomstige potentie van deze technologie. Deze overtuiging wordt enerzijds gevoed door de toename in het aantal toepassingen en de daarmee samenhangende kostprijdsdaling en anderzijds door de stijgende energieprijzen van gebruikers. De terugverdientijd op de investeringskosten voor zonnestroominstallaties speelt uiteraard een belangrijke rol; steeds vaker evalueert men deze systemen als onderdeel van het onroerend goed met een vergelijkbare levensduur, waardoor de kosten over een lange periode worden gespreid en de investering sneller rendabel wordt.

3.2.4 Zonnestroomcentrales

Behalve op en aan gebouwen kunnen zonnepanelen ook in grotere aantallen op een draagconstructie op de grond of op andere grote oppervlakken worden geplaatst. We spreken dan van zonnestroomcentrales. De argumentatie voor een dergelijke toepassingsvorm is tweeledig: op termijn vormen deze systemen een alternatief voor conventionele centrale energieopwekking en daarnaast kunnen ze worden gebruikt om het energiedistributienetwerk te versterken. Energiebedrijven in verschillende landen hebben de haalbaarheid van grote zonnecentrales onderzocht. Demonstratieprojecten zijn gerealiseerd in onder andere Duitsland, Italië, Japan, Spanje, de Verenigde Staten én Nederland.

Deze systemen blijken betrouwbaar energie aan het elektriciteitsnet te leveren en er wordt ervaring opgebouwd met de constructie, het bedrijf en de feitelijke prestaties van deze systemen.

Zonnecentrales worden toegepast op laagwaardige grond, maar kunnen daarnaast ook prima worden geplaatst op grote hallen en overkappingen op vliegvelden, dierentuinen en beursterreinen, etc. In Europa zijn al vele aansprekende voorbeelden met een oppervlakte groter dan 5.000 m² te vinden. In Nederland zijn dit onder meer het dak van het Oceanium van de Diergaarde Blijdorp en het zonnedak op het 2002 Floriade-terrein.

Zonnestroomcentrales krijgen steeds meer belangstelling van financiële instellingen, omdat zelfstandige en onafhankelijke energieproducenten met succes centrales hebben ontwikkeld. Deze zijn gefinancierd met eigen vermogen en/of door participaties van bedrijven en particulieren, alsmede met projectfinanciering van banken.

Zonnecentrales op tentoonstellingsterreinen

De voornaamste kans bij tentoonstellingscentra is benutting van de enorme oppervlakken van daken en terreinen. De gebouwen en terreinen staan uiteraard volledig ten dienste van de tentoonstelling, maar bieden tevens een interessante mogelijkheid voor toepassing van zonnestroom als duurzame, esthetisch aantrekkelijke overkapping of gevelvulling met enorme zichtbaarheid. In een geschikte uitvoeringsvorm kan zonnestroom bijdragen aan een aangenaam binnenklimaat door het afschermen van het zonlicht. Daarnaast is een voordeel de gelijktijdigheid van de opwekking en het verbruik van koelinstallaties. In Europa zijn inmiddels verschillende voorbeelden van deze toepassingsvorm te vinden.

Zonnecentrales en glastuinbouw

Het zonnedak op de Floriade-expositie is de grootste dakgeïntegreerde zonnecentrale ter wereld en is gebouwd op basis van technieken uit de kassenbouw. Dit zonnedak vormt een inspirerend voorbeeld voor de glastuinbouw; een industrie die is gericht op optimale benutting van zonlicht voor de productie.



2300 kWp-systeem op dak van Floriade-expositie.

(foto Siemens)

De combinatie van zonnecentrales met glastuinbouw vormt ook een interessante mogelijkheid om arme en droge (woestijnachtige) gebieden te ontwikkelen en te voorzien van voedsel en energie. Al in 2010 kunnen door de Nederlandse kassenbouwers vierkante kilometers zonnecentrales in de woestijn als glastuinbouwprojecten worden gerealiseerd.

Infrastructuur: geluidsschermen, parkeerplaatsen en meer

Reeds op korte termijn kunnen zonnecentrales door overheidsinstanties als provincies en gemeenten in de infrastructuur worden geplaatst. Geluidsschermen bij uitbreiding van openbaar vervoer of snelwegen kunnen binnen 10 jaar als vanzelfsprekend worden uitgerust met zonnepanelen. Momenteel beschikt Nederland al over een drietal van deze geluidsschermen.

Na 2010 zal zonnestroom ook tot de mogelijkheden gaan behoren voor parkeerterreinen en daken van winkelcentra en meubelboulevards. Eisen aan ruimtegebruik, hoge grondprijzen, alsmede uitstraling en sfeer leiden ertoe dat zonnestroom steeds vaker in de belangstelling zal komen in de vorm van toegevoegde elementen, maar ook als overkappingen en zonwering.

3.2.5 Autonome energievoorziening met zonnestroom

Op plaatsen waar niet op korte afstand een elektriciteitsnet beschikbaar is vormt energievoorziening met zonnestroom in veel gevallen reeds lange tijd een economisch aantrekkelijk, betrouwbaar en schoon alternatief. De mondiale ontwikkeling van zonnestroom in de jaren '70, '80 en de eerste helft van de jaren '90 is dan ook kwalitatief en kwantitatief door deze toepassingen gedragen. Men onderscheidt meestal "industriële" toepassingen en rurale toepassingen in ontwikkelingslanden. De markt voor deze toepassingsvormen is in huidige termen beperkt van volume, maar heeft een grote positieve lokale invloed en is daarom zeer belangrijk.

Industriële toepassingen

In de afgelopen decennia is een veelheid aan toepassingsvormen ontwikkeld en in de praktijk gebruikt. Bij velen bekend zijn de boeien en bakens op zonne-energie, maar ook bijvoorbeeld straatverlichting, spoorwegbeveiliging en telecommunicatiesystemen op zonnestroom zijn met succes toegepast. Sommige marktsegmenten zijn zo succesvol ontwikkeld dat er reeds sprake is van verzadiging (bijvoorbeeld boeien en bakens).

Rurale toepassingen

Het aantal mensen dat in de komende decennia verstoken zal blijven van een netaansluiting is enorm (ongeveer 1/3 van de wereldbevolking). Het aantal utiliteitobjecten (ziekenhuizen, scholen, watervoorziening) dat niet over een netaansluiting zal kunnen beschikken is eveneens zeer groot. Daarbij gaat het met name om de plattelandsgebieden van ontwikkelingslanden. Een belangrijke reden voor dit probleem zijn de relatief hoge investeringskosten voor uitbreiding van het net in relatie tot het geringe gebruik in kWh-termen. Op dit moment wordt de benodigde elektriciteit soms opgewekt met (bijvoorbeeld) dieselgeneratoren, maar dit is relatief duur en het kan door gebrekkige brandstoftoevoer en benodigd onderhoud onbetrouwbaar zijn. Verder is opwekking met generatoren uiteraard vervuילend. In andere gevallen wordt gewerkt met wegwerpbatterijen of accu's die op een centrale plaats worden geladen. Daarnaast zijn er veel plaatsen waar nog geen enkele vorm van elektriciteitsopwekking of -opslag beschikbaar is.

Zonnestroom is bij uitstek geschikt om in zulke situaties elektriciteit te brengen, omdat zonnestroomsystemen modulair van opbouw zijn en daarom schone "elektriciteit-op-maat" kunnen leveren tegen aanvaardbare kosten en met een hoge betrouwbaarheid. De (berekende) kWh-kosten kunnen in veel situaties de vergelijking met andere opties doorstaan als kwaliteitsborging, onderhoud en garantie goed zijn geregeld.

Een nadeel is de hoge investering in het systeem, de energiekosten worden in feite vooruit betaald. Hierdoor ontstaat een drempel voor minder draagkrachtige doelgroepen. De kansen voor zonnestroom zijn groot als er goede financieringsstructuren worden gevonden. Er zijn tal van mogelijkheden, zoals "Fee for Service", "Lease and Sale", of zelfs via een "pre-paid card" in combinatie met een mobiele telefoon.

Voor de elektriciteitsvoorziening van huizen kan worden gekozen voor "solar home systems" (SHS's, kleine systemen voor een enkel huishouden met een typisch vermogen van enkele tientallen tot enkele honderden Wp) of voor grotere systemen die een dorpsnet voeden (enkele tot tientallen kWp). Een dergelijke elektriciteitsvoorziening wordt onder meer gebruikt voor verlichting, radio en televisie en andere huishoudelijke apparatuur. Daarnaast worden voor uitsluitend verlichting ook veel zonnelantaarns gebruikt (enkele tot ongeveer 10 Wp).

Systemen voor "utiliteit" zoals zendstations, watervoorziening, openbare verlichting, ziekenhuizen, batterijlaadstations, etc. zijn zeer divers qua samenstelling en grootte.

Niet alleen de techniek en de toepassingen van industriële en rurale toepassingen zijn verschillend, ook de financiering verloopt anders. SHSs zijn vaak eigendom van de (weinig draagkrachtige)

particulier. De financiering is meestal in de vorm van een microkrediet van lokale banken of zgn. "village banks". Utiliteits- en dorpsystemen worden veelal projectmatig gerealiseerd en/of door niet-gouvernementele organisaties of overheid gefinancierd. In veel gevallen is de bron van deze financiering een buitenlandse.



Enkele mogelijkheden van rurale elektrificatie. (bron Siemens)

Dat er een duidelijke vraag is naar energie mag blijken uit een verkiezingslogan uit Ghana: "No grid, no vote". Deze slagzin laat tevens zien dat er ten aanzien van de populariteit en uitstraling van zonnestroom nog het een en ander te doen is. De overheden denken niet alleen in termen van het bevredigen van de behoefte van de bevolking, maar ze weten ook dat rurale elektrificatie de arbeidsproductiviteit verhoogt en het opleidingsniveau verbetert. Economische tegenslag in de regio's kan de continuïteit van deze ontwikkeling helaas belemmeren: de draagkracht van de bevolking stagneert of neemt af en elektrificatie kan lager op de prioriteitenlijst komen te staan.

De taak van het bedrijfsleven in de periode tot 2015 is om systemen te ontwikkelen die zijn afgestemd op de gevraagde toepassing. Bij projectmatige utiliteitstoepassingen kan dit gebeuren door wensen en eisen van de opdrachtgever mee te nemen in de ontwerpfasen. Bij kleinere systemen ligt het voor de hand om te streven naar grote flexibiliteit op basis van een beperkt aantal basiscomponenten met hoge kwaliteit en goede onderlinge compatibiliteit, al dan niet aangevuld met duidelijke richtlijnen voor de samenstelling.

Deze vooruitzichten vragen om een actieve opstelling van de Nederlandse overheid op een aantal gebieden. Ten eerste kan de overheid ondersteuning geven aan onderzoek naar nieuwe producten en verbetering van bestaande producten gericht op specifieke wensen van de regio's (innovatie). Ten tweede kan met behulp van ontwikkelings samenwerking verstedelijking worden tegengegaan. Door programma's zoals PSOM en PESP kan rurale elektrificatie worden ondersteund, waardoor plattelandsontwikkeling een goede plaats krijgt in de verschillende programma's. Ten derde kan de overheid financieringsinstansies en internationale organisaties stimuleren en ondersteunen bij het verspreken van microkredieten voor zonnestroomprojecten.

3.2.6 Actieplan

Tabel 6: Actieplan m.b.t. volume- en marktontwikkeling

Volume en marktontwikkeling	Actiepunten nu met oog op 2015	Actiepunten nu met oog op 2015 tot 2030	Actiepunten nu met oog op 2030 tot 2050
PV-sector	Marketing, productontwikkeling	Esthetische kwaliteit PV, ontwikkeling beheer- en servicesystemen.	Ontwikkeling robuuste en inherent veilige systemen voor toepassing in infrastructuur.
Overheid	Marktstimuleringsmaatregelen, zekerheid bieden aan investeerder, consistentie van beleid (10 jaar)	Zonvriendelijke verkaveling, doorgaande verlaging EPC, marktstimuleringsmaatregelen, zekerheid bieden aan investeerder, consistentie van beleid (10 jaar), slechten barrières regelgeving m.b.t. plaatsing PV.	Zonvriendelijke verkaveling, ontwikkelen van LT-visie (2050-2100) energietransitie, mede in relatie tot innovatie..
Overige sectoren	<ul style="list-style-type: none"> * Bouwsector: kennisopbouw PV in Gebouwde Omgeving; * NGO's: team-up met PV-sector; * financiële instellingen: volledig verdisconteren kosten/baten PV in financiële producten. <p>Toekomstbeeld 2015</p> <p>30.000 daken per jaar, enkele honderden gevels, 3.000 banen.</p>	<ul style="list-style-type: none"> * Bouwsector: ontwikkeling LT-visie op energiezuinige Gebouwde Omgeving; * Energiesector: product-ontwikkeling in relatie tot groene energie. <p>Toekomstbeeld 2030</p> <p>100.000 daken per jaar, overige bouw beperkte schaal, 10.000 banen.</p>	<ul style="list-style-type: none"> * Bouwsector: DE in Gebouwde Omgeving standaard onderdeel curriculum bouwopleidingen; * Financiële instellingen: team-up met PV-sector m.b.t. kosten en baten energietransitie. <p>Toekomstbeeld 2050</p> <p>200.000 daken per jaar, overige locaties op grote schaal, 60.000 banen.</p>

3.3 Inpassing in de energie-infrastructuur

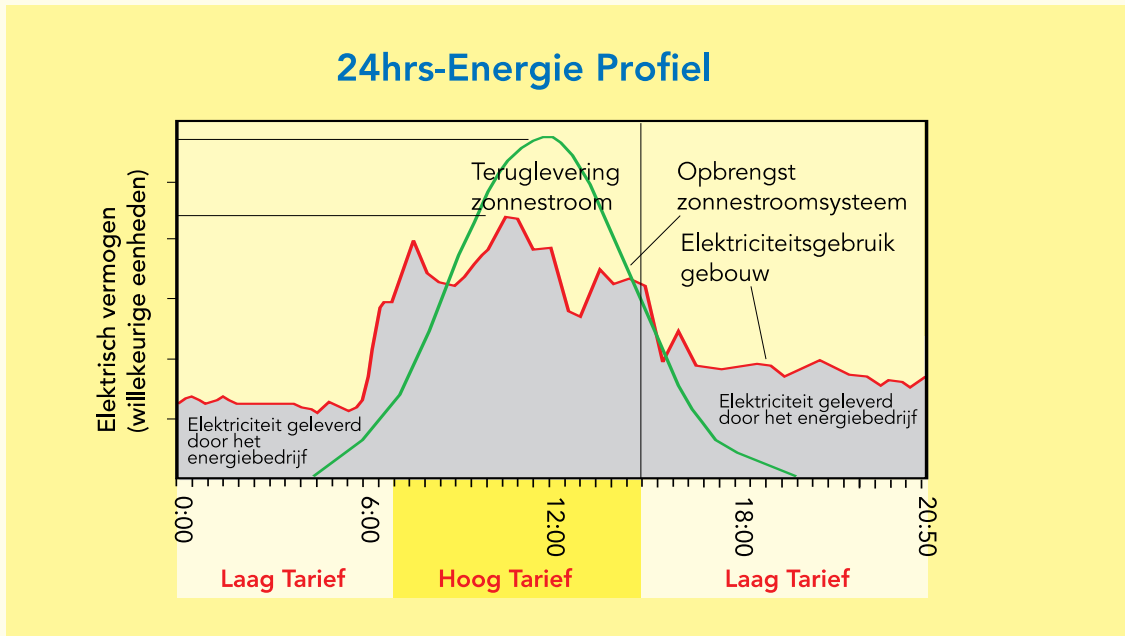
De productie van zonnestroom is afhankelijk van de hoeveelheid licht en varieert daarom over een etmaal en over de seizoenen: zonne-energie is een aanbodvolgende energiebron. De stroomproductie gemiddeld over een aantal locaties is niettemin over een termijn van ongeveer een dag vrij goed voorspelbaar. De totale productie in een bepaalde maand varieert bovendien van jaar tot jaar vrij weinig. De variaties in jaarproductie zijn nog kleiner (typisch niet meer dan (10%). Voor een optimale duurzame elektriciteitsvoorziening is uiteraard een mix met andere duurzame energiebronnen noodzakelijk. Windenergie is eveneens een aanbodvolgende bron en op korte termijn redelijk voorspelbaar. Bovendien is het windenergieaanbod tot op zekere hoogte complementair aan het aanbod van zonne-energie. Elektriciteitsopwekking op basis van biomassa kan in beginsel vraagvolgend zijn, aangezien de biomassabrandstof feitelijk als zonne-energie-opslagmedium dient. De combinatie van zonne-energie met windenergie, biomassa en eventueel andere technologieën (inclusief opslag) zal daarom uit het oogpunt van potentieel en regelbaarheid meer mogelijkheden geven dan zonne-energie (of windenergie, of biomassa) alleen.

Het huidige net is niet specifiek ontworpen op inpassing van een grote fractie decentrale opwekking en aanpassing zal daarom op termijn hoogstwaarschijnlijk noodzakelijk zijn. Een eerste karakteristiek van een net met decentrale opwekkers is dat er tweerichtingsverkeer van elektriciteit zal zijn. Onderdelen van het net, zoals meetapparatuur en beveiligingen, zijn hier nu niet voor geschikt. Tevens hebben decentrale opwekkers invloed op de stabiliteit van het net, de kwaliteit van de elektriciteit (spanning, frequentie) en de hoogte van de verliezen. Deze effecten treden op bij inpassing van ieder type decentraal opweksysteem en voor de meeste van deze effecten zijn al oplossingen voorgesteld of in onderzoek. Overigens kunnen de effecten ook voordelig zijn. De netto piekvraag kan worden gereduceerd wanneer elektriciteitsvraag en opwekaanbod samenvallen (bijvoorbeeld koelbehoefte en zonnestroom). Verder zullen verliezen in het transmissienet afnemen omdat de hoeveelheid te transporteren energie vanuit de centrales kleiner wordt. Opweksystemen met elektronische netkoppeling kunnen worden ingezet om de netkwaliteit te verbeteren of te "tunen" (bijvoorbeeld in relatie tot blindvermogen). Met name op lokaal niveau kunnen geavanceerde lokale energiemanagementsystemen een rol spelen bij de optimale afstemming en regeling van vraag en aanbod.

Bij een hoge penetratiegraad van zonnestroom zal enige vorm van opslag en/of buffering of groot-schalig toegepast energiemanagement noodzakelijk zijn. Volgens de huidige inzichten kan ongeveer 10% (of wellicht iets meer) van het totaal opgesteld elektriciteitsproductievermogen als zonnestroom-piekvermogen worden ingevoerd zonder dat er bijzondere maatregelen hoeven te worden getroffen aan de elektriciteitsinfrastructuur. In de situatie van dit moment (totaal opgesteld centraal en decentraal vermogen ongeveer 20 GW) zou dit niveau bereikt worden bij 2 GWp aan zonnestroomvermogen. Zo'n opgesteld zonnestroomvermogen komt overeen met een equivalent continu vermogen van zo'n 200 MW en een gemiddelde bijdrage aan de elektriciteitsvoorziening van ongeveer 1,5%. De hiermee samenhangende noodzaak van opslag of energiemanagement zal naar verwachting pas na 2020 ontstaan. Door de snelle groei van het opgestelde windenergievermogen zal deze discussie daar wellicht al sneller actueel worden.

In de afgelopen jaren is gebleken dat zonnestroomsystemen door toepassing van moderne omvormers een belangrijke rol kunnen spelen bij het verbeteren of behouden van netstabiliteit. Dit is van belang omdat de netinfrastructuur wereldwijd steeds sterker wordt belast, terwijl de eisen aan beschikbaarheid en betrouwbaarheid zeer hoog zijn. Aan de hand van de grote (>0,5 MWp) projecten in de gebouwde omgeving (uniek in de wereld) is in Nederland veel ervaring opgedaan en zijn Nederlandse omvormerconcepten sterk verbeterd. Met name de toepassing van moderne vermogenselektronica en regelingen heeft er toe geleid dat de Nederlandse omvormerindustrie tot de internationale top behoort. De ontwikkeling van omvormers met een maximale ontwerpflexibiliteit, zeer hoge rendementen en een optimale prijs/kwaliteit-verhouding vergde jarenlang onderzoek, waaraan zowel het betreffende bedrijfsleven als de overheid bijdragen leverden. In de toekomst zullen omvormers het hart van energiemanagementsystemen worden, waarmee verschillende energieopwekkende en -gebruikende componenten communiceren. Zulke systemen zijn onmisbaar bij de verduurzaming van de energievoorziening in de gebouwde omgeving.

Zonnepanelen bieden de mogelijkheid om functies te combineren: behalve voor de productie van schone elektriciteit kunnen ze bijvoorbeeld worden gebruikt als zonwering of als zonneschermen voor het blokkeren van de directe instraling van zonlicht. Daarmee kunnen ze tevens de vraag naar gebouwkoeling, medeverantwoordelijk voor een sterk groeiende energievraag, reduceren. Dit, in combinatie met het feit dat de opwekking van zonnestroom vrij goed samenvalt met de behoefte aan gebouwkoeling m.b.v. airconditioning (zie Figuur 7) maakt deze systemen bij uitstek geschikt voor toepassing op en aan gebouwen en voor vermindering van de behoefte aan (conventioneel opgewekte) elektriciteit van buiten.



Figuur 7. Opwekprofiel zonnestroom vergeleken met het profiel van de vraag naar elektriciteit in een gebouw (Bron: Siemens).



Combinatie van functies: opwekking zonnestroom en zonwering in het dak van een kantoorgebouw bij ECN in Petten.
(foto BEAR Architecten)

Geavanceerde elektronica voor zonnestroomsystemen

Bij grote aantallen kleine zonnestroomsystemen en bij grote zonnecentrales zijn omvormers (het interface tussen zonnestroomsysteem en elektriciteitsnet) een onderwerp van toenemende aandacht. Enerzijds bepalen ze in belangrijke mate de betrouwbaarheid van het geheel, anderzijds bieden ze de mogelijkheid om zonnestroomsystemen te gebruiken voor meer dan alleen het opwekken van schone stroom, zoals het verbeteren van netstabiliteit en -kwaliteit. Deze mogelijkheden kunnen worden benut door de eigenaar van het zonnestroomsysteem, maar ook door het energiebedrijf en de netbeheerder (gesteld dat dat verschillende partijen zijn).

Moderne omvormers gebaseerd op vermogenselektronica en met geavanceerde regelingen kunnen worden ingezet voor afstemming van lokale vraag en aanbod, voor blindstroomcompensatie en als besturingseenheid in een virtuele centrale (dat is een elektriciteitscentrale die feitelijk is opgebouwd uit vele kleine eenheden die individueel aanstuurbaar zijn).



Zonnesherm met 25 kWp CIGS-systeem.

(foto Siemens)

3.3.4 Actieplan

Tabel 7: Actieplan m.b.t. inpassing in energie infrastructuur

Inpassing in energie infrastructuur	Actiepunten nu met oog op 2015	Actiepunten nu met oog op 2015 tot 2030	Actiepunten nu met oog op 2030 tot 2050
Overheid	Barrières voor netvoeding slechten.	Stimuleren van R&D aan energieopslagsystemen.	Opstellen van een Masterplan Duurzame Energie in NL.
PV-sector	Realiseren van standaardisatie, verbeteren van kwaliteit, levensduur en betrouwbaarheid.	Definiëren van onderzoeklijnen m.b.t. energieopslag.	Afbakenen van het werkgebied van de sector m.b.t. inpassing zonnestroom (fysiek, elektrisch).
Overige sectoren	E-sector: barrières voor netinvoeding slechten.	Elektrotechnische sector: doorontwikkelen vermogenselektronica en energiemanagementsystemen.	
	Toekomstbeeld 2015 Geen grote verandering t.o.v. 2004.	Toekomstbeeld 2030 geavanceerde lokale energie management systemen..	Toekomstbeeld 2050 energieopwekking en energieopslag zijn planningselement in ruimtelijke ordening, kleinschalige en grootschalige opslag beschikbaar.

3.4 Ruimtelijke inpassing

3.4.1 Inleiding

Zonnestroomsystemen worden gekenmerkt door hun integreerbaarheid in bestaande of nieuwe gebouwen en infrastructurele objecten. Toch is het van groot belang dat een dergelijke integratie verantwoord (o.m. veilig, duurzaam en fraai) en effectief (o.m. goede energieopbrengst, zonder institutionele barrières) wordt mogelijk gemaakt. Om dit te bereiken is een aantal acties van de zonnestroomsector en de overheid nodig.

Daarnaast zouden op langere termijn op bijzondere locaties (met name oppervlakken waar geen ander gebruik mogelijk of zinvol is) zonnestroomcentrales een rol kunnen gaan spelen. Goede ruimtelijke inpassing en afweging van diverse opties voor grondgebruik zijn daarbij cruciaal.



Dubbelzijdig werkend zonnestroomsysteemgeïntegreerd in een geluidswal. (foto TNC Consulting, CH)

3.4.2 Actieplan

Tabel 8: Actieplan m.b.t. ruimtelijke inpassing

	Actiepunten		
Overheid	- Expliciet rekening houden met, en bevorderen van (toekomstige) toepassing van zonne-energie in ruimtelijke ordening (o.m. door zonvriendelijke verkaveling en energieprestatienormering/-eisen in relatie tot gebruik én lokale opwekking); ontwikkelen van een Masterplan Duurzame Energie in NL, waarin ook ruimtegebruik t.b.v. de verschillende opties wordt opgenomen.		
PV-sector	- Ontwikkelen van flexibel toepasbare, gestandaardiseerde producten voor toepassing in de gebouwde omgeving en daarbuiten; - zorgdragen voor integrale kwaliteit, levensduur en betrouwbaarheid van componenten én systemen, inclusief passende garanties en after-sales servicepakketten.		
Woning corporaties	- Investeren in zonnestroomsystemen als onderdeel van groot onderhoud en renovatie (achterstelling duurzame energie oplossen, bijvoorbeeld door de kosten van energie in de vorm van afschrijvingen of inkoop + vastrecht gelijkwaardig te behandelen als woonlasten in de huurwet).		
Financiële instellingen	- Ontwikkelen van producten gericht op investeren in, en beheren/bedrijven van zonnestroomsystemen (incl. verzekeringen en garanties).		
	Toekomstbeeld 2015 Zonnestroomcomponenten als regulier bouwelement beschikbaar en in gebruik.	Toekomstbeeld 2030 Zonnestroom-componenten een standaard onderdeel van de bouwpraktijk.	Toekomstbeeld 2050 Energieopwekking en -opslag zijn plannings-element in ruimtelijke ordening, gebouwde omgeving is energieneutraal.

4. Aanbevelingen

- 1 De Nederlandse overheid ontwikkelt een Masterplan Duurzame Energie met als onderdeel daarvan een langetermijnvisie op de betekenis van zonne-energie voor de duurzame energiehuishouding en de economie. Zonnestroom krijgt een volwaardige plaats in het energietransitiebeleid.
- 2 De zonnestroomsector (bedrijfsleven en R&D-instellingen) voert onderzoek uit en draagt zorg voor implementatie van onderzoeksresultaten in producten en productie. Daardoor garandeert de zonnestroomsector een voortgaande prijsverlaging. De overheid stimuleert onderzoek en technologieontwikkeling, het bedrijfsleven participeert daarin financieel.
- 3 De overheid biedt gedurende een periode van minstens 10 jaar een consistente en effectieve, marktstimulering. In lijn met de succesvolle aanpak in andere EU-landen pleit Holland Solar uitdrukkelijk voor het instrument van een leververgoeding voor zonnestroom. Het bedrijfsleven draagt zorg voor de beschikbaarheid van hoogwaardige producten en voor adequate kwaliteitsborging. Financiële instellingen ontwikkelen producten (incl.verzekeringen) gericht op investering in, en beheer & bedrijf van zonnestroomsystemen.
- 4 De overheid schept voorwaarden voor zonvriendelijke verkaveling en geeft zonnestroom een plaats in een geleidelijk aanscherpende energieprestatienormering voor gebouwen. De bouwsector maakt optimaal gebruik van de mogelijkheden van geïntegreerde zonnestroomsystemen. Woningcorporaties investeren in zonnestroomsystemen als onderdeel van groot onderhoud en renovatie (energie in de huurwet).
- 5 De energiebedrijven en de overheid slechten barrières voor kosteneffectieve netinvoeding van zonnestroom. Het bedrijfsleven ontwikkelt producten voor optimale inpassing van zonnestroomsystemen in de elektriciteitsinfrastructuur (onder meer ten behoeve van energie-management, opslag en netkwaliteitsverbetering).

Appendix - Onderzoekstrategie

1 Kristallijn silicium zonnecellen

Doelstelling zijn modules met een prijs van 1,5 Euro/Wp in 2015 en uiteindelijk 0,5 Euro/Wp of minder in 2030, bij een module levensduur van 30-40 jaar. Onderwerpen zijn:

- ◆ voortgezette ontwikkeling van 'solar grade' feedstock en van RGS (Ribbon Growth on Substrate) technologie voor wafers;
- ◆ voortgezette ontwikkeling van industriële productieprocessen om gemiddelde celrendementen van 18-20% op dunne hoge-kwaliteit multikristallijn silicium wafers te behalen; Met tandem cellen zijn voortbordurend op deze technologiebasis hogere rendementen te halen;
- ◆ voortgezette ontwikkeling van cel- en module technologie gericht op de verdere verlaging van de kosten op moduleniveau door betere afstemming van cel- en moduleontwerp, door nieuwe interconnectietechnologie en zo mogelijk door het gebruik van nieuwe modulematerialen;
- ◆ verlenging van de modulelevensduur naar 30-40 jaar.

2 Dunne-film zonnecellen

Doelstelling zijn modules die op korte termijn concurrerend zijn met modules gebaseerd op de kristallijn silicium technologie en op langere termijn (na 2030) met een prijs die lager (<0.5 Euro/Wp) ligt en een module levensduur van minstens 20 jaar. Onderwerpen zijn:

- ◆ Dunne-film (amorf en microkristallijn) silicium zonnecellen;
 - voortgezette ontwikkeling van celconcepten en processen voor de hoge-snelheid depositie van amorf en microkristallijn silicium voor zonnecellen met industrieel rendement >10%;
 - doorontwikkeling van processen voor het verkrijgen van TCO's.
 - voortgezette ontwikkeling van roll-to-roll technologie voor continue productieprocessen voor 'zonnecellen aan de rol';
- ◆ Koper-indium-gallium-diselenide zonnecellen;
 - doorontwikkeling van productieprocessen;
 - verdere verhoging van het industriële rendement (naar 12 tot 14%);
 - onderzoek naar toepassingsmogelijkheden alternatieve grondstoffen;
 - aandacht voor lange duur module-stabiliteit (vocht);
 - ontwikkeling van nieuwe celconcepten (micro grain) en bijbehorende productieprocessen;
- ◆ Kleurstof gesensibiliseerde zonnecellen;
 - verhoging van met name de intrinsieke zonnecelstabiliteit (inclusief doorontwikkeling naar vaste stof uitvoering);
 - verdere verhoging van het rendement (10% in 2010 op pilotschaal);
- ◆ Polymeer zonnecellen;
 - beter begrijpen van de processen voor ladingsscheiding, ladingstransport en ladingscollectie;
 - ontwikkeling van geschikte materialen en zonnecelstructuren;
 - verhoging van zonnecelstabiliteit en -rendement;
 - op termijn ontwikkelen van processen voor massafabricage.

3 Nieuwe concepten

Doelstelling is het ontwikkelen van zonnecel - en moduleconcepten met zeer hoge rendementen (modulerendement 30-40%, celrendement nog aanzienlijk hoger) waarmee op termijn (na 2030) moduleprijzen kunnen worden bereikt die wezenlijk lager zijn dan 1 Euro/Wp. Onderwerpen daarbij zijn onder meer:

- ◆ ontwikkeling van zonnecellen met foton up- en/of downconversie;
- ◆ ontwikkeling van quantum-dot zonnecellen;
- ◆ ontwikkeling van geavanceerde meerlaagszonnecellen (tandem/triple, waaronder zonnecellen gebaseerd op III-V verbindingen).

4 Systemen

Er wordt gewerkt aan de verdere ontwikkeling van twee soorten systemen: netgekoppelde en autonome systemen.

- ◆ Netgekoppelde zonnestroomsystemen. Doelstelling is het realiseren van een prijs van netgekoppelde systemen van respectievelijk 2,5 Euro/Wp in 2015 en 1 Euro/Wp in 2030. De energieretugverdiensijd van "turn-key" systemen dient te worden teruggebracht van ongeveer 4 jaar nu naar 0,5-1 jaar of minder op langere termijn (merk op dat dit grotendeels een natuurlijk gevolg is van de nagestreefde prijsreductie).
- ◆ Activiteiten daarbij zijn:
 - voortgezette ontwikkeling van inverters gericht op verdere verhoging van de betrouwbaarheid, verlenging van de levensduur (tot 20-30 jaar), verlaging van de kosten (tot minder dan 0,25 Euro/Wp) en verhoging van het rendement;
 - ontwikkeling van bouwelementen met geïntegreerde zonnestroom, geschikt voor eenvoudige elektrische en mechanische montage;
 - verbetering van technieken voor integratie in nieuwe en bestaande gebouwen;
 - doorontwikkeling van goedkope technieken voor plaatsing op of integratie in vlakke daken;
 - verdere vereenvoudiging van elektrische installatietechniek;
 - ontwikkeling van systemen die beperkte lokale opslag mogelijk maken;
 - bijdrage aan de ontwikkeling van een concept voor de installatie in woningen, rekening houdend met de toenemende mate van decentrale opwekking.
- ◆ Autonome zonnestroomsystemen. Doelstelling is het realiseren van betrouwbare systemen voor zowel rurale als industriële toepassingen.
 - Doorontwikkeling van systeemconcepten voor industriële autonome zonnestroomsystemen, waaronder hybride systemen;
 - ontwikkeling van een visie (DC/AC, systeemspanning) voor de opbouw van rurale systemen met het oog op het steeds groter worden van deze systemen;
 - verdere verbetering van systeemcomponenten, zoals de verbetering van de betrouwbaarheid en de gebruiksvriendelijkheid van regelaars.
- ◆ Consumentenproducten/autoindustrie/vraag naar mobiele energie.
 - Studies naar opslagsystemen met laag soortelijk gewicht

5 Normen

Doelstelling is het verwerven van een coherent stelsel van normen om de kwaliteit en de levensduur van zonnestroomsystemen zelf te waarborgen en om tot een verantwoorde bouwkundige integratie te komen. Onderwerpen zijn:

- ◆ ontwikkeling van nieuwe normen en daar waar nodig verbetering van bestaande normen voor zonnestroomcomponenten en -systemen;
- ◆ doorontwikkeling en uitbreiding van normen voor de integratie van zonnestroom in de gebouwde omgeving;
- ◆ uitvoering van ondersteunend onderzoek om deze normen tot stand te brengen, onder andere op het gebied van inverters, netkoppeling en bouwkundige integratie.

Referenties

- ¹ PV2030 (2004), <http://www.nedo.go.jp/english/archives/161027/pv2030roadmap.pdf>
- ² Our Solar Power Future, US PV Industry Roadmap 2030 and Beyond, SEIA (2004), <http://www.seia.org/media/pdfs/pvroadmap.pdf>
- ³ The Australian PV Industry Roadmap (2004), <http://www.efa.com.au/Library/PVRoadmap.pdf>
- ⁴ Roadmap European Photovoltaic Industry Association EPIA (2004), <http://www.epia.org/04events/docs/EPIARoadmap.PDF>
- ⁵ Solar Power Sector Outlook, CLSA (2004), <http://www.photon-magazine.com/news/ww%20ms%20Sun%20Screen%20Studie.pdf>
- ⁶ Solar Energy: Sunny Days Ahead?, Banque Sarasin (2004), <http://www.sarasin.ch/sarasin/pdf/StudieSI%5FEN%5FSolar%5FEnergy%5F2004.pdf>
- ⁷ Annual Report 2002, International Energy Agency, Photovoltaic Power Systems IEA-PVPS (2003), <http://www.oja-services.nl/iea-pvps/ar02/index.htm>.
- ⁸ Welt im Wandel: Energiewende zur Nachhaltigkeit, Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung, Globale Umweltveränderungen (Springer-Verlag, Berlin, 2003), ISBN 3-540-40160-1; zie ook www.wbgu.de/wbgu_jg2003.pdf.
- ⁹ Statistical Review of Energy 2004, BP, <http://www.bp.com/subsection.do?categoryId=95&contentId=2006480>.
- ¹⁰ A Vision for Photovoltaic Technology for 2030 and Beyond, Report of the Photovoltaic Technology Research Advisory Council (PV TRAC), <http://europa.eu.int/comm/research/energy/pdf/vision-report-final.pdf>.
- ¹¹ Transitie management: sleutel voor een duurzame samenleving, J. Rotmans (Uitg. Van Gorcum, 2003, ISBN 90 232 3994 6).
- ¹² World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability (UNDP, New York, 2000), ISBN 92-1-1261-0, zie ook: www.undp.org/seed/eap/activities/wea.
- ¹³ Renewable Energy Scenario to 2040: half of the global energy supply from renewables in 2040, European Renewable Energy Council EREC (2004), http://www.erec-renewables.org/documents/targets_2040/EREC_Scenario%202040.pdf.
- ¹⁴ Annual Report 2003, International Energy Agency, Photovoltaic Power Systems IEA-PVPS (2004), <http://www.oja-services.nl/iea-pvps/ar03/index.htm>
- ¹⁵ Learning in PV: trends and future prospects, G.J. Schaeffer and H.H.C. de Moor, <http://www.ecn.nl/docs/library/report/2004/rx04068.pdf>.

¹⁶ Solar Generation, EPIA en Greenpeace (2005),
http://www.epia.org/documents/Solar_Generation_report.pdf

¹⁷ Energietechnologieën in relatie tot technologiebeleid: factsheets, redactie M. Menkveld,
ECN-C-04-020 (2004), <http://www.vromraad.nl/Download/Menkveld.pdf>



Holland Solar

Korte Elisabethstraat 6
3511 JG Utrecht

Telefoon: (030) 232 80 08
Fax: (030) 234 11 76

hollandsolar@hollandsolar.nl
www.hollandsolar.nl

