

# Meer over netgekoppelde systemen

## Bouwkundige integratie

### Inleiding

Door een goede bouwkundige integratie kunnen de kosten van zonnestroomsystemen worden verlaagd, en de opbrengst worden verhoogd door het voorkomen van beschaduwing. De optimalisatie van de integratietechniek moet gezocht worden in het compenseren van kosten voor de PV installatie door uitgespaarde conventionele dakbedekkings- of gevelbekledingmaterialen, het vermijden van ondersteuningsconstructies en door het beperken van installatiekosten. Naast de functie van elektriciteitopwekker krijgt het zonnepaneel een functie als bouwelement. Op die manier vervangt het paneel gangbare gevelbekleding of dakbedekking. Zo wordt een deel van de kosten van het PV systeem terug gewonnen.

### Hellende daken

Voor integratie van PV in daken zijn er verschillende mogelijkheden, die variëren van PV in dakpannen tot prefab dakdozen waarop de zonnepanelen reeds aangebracht. In het algemeen kan als vuistregel worden gehanteerd dat de installatiekosten (voornamelijk voor de elektrische installatie) afnemen met de grootte van het PV bouwelement. Daar komt bij dat productiekosten lager zijn naarmate de productie meer standaard is. In Nederland worden de meeste besparingen verwacht van systemen met standaard zonnepanelen, die liefst in zo groot mogelijke eenheden op het dak geplaatst worden. Ten behoeve van de horizontale afdichting kan gebruik worden gemaakt van hetzij Z-(of H-) profielen, hetzij klemprofielen. Beide varianten treffen we aan onder de gangbare PV-profielen, waarbij de Z-of H-profielen vaak voorzien worden van een verstevigingsrib aan de onderzijde. In het Nederlandse BOAL systeem wordt gebruik gemaakt van een H-profiel met verstevigings-rib (die tevens als lekgootje dienst doet).



Tenslotte zijn er ontwikkelingen gaande om PV te installeren op prefab dakdozen. Het doel van prefab-elementen is om installatie van PV systemen op de bouwplaats zoveel mogelijk te beperken. Dat spaart kosten en vermindert de invloed op het verloop van het gangbare bouwproces.

### Vlakke daken

Op vlakke daken kan een universeel systeem geplaatst worden, slechts zeer weinig beïnvloed door de dakconstructie (met uitzondering van het draagvermogen van het gebouw). PV-panelen kunnen onder een optimale hellingshoek en oriëntatie geplaatst worden.



Op bestaande hellende daken zal dit vaak niet mogelijk zijn. Verder staan installaties op vlakke daken uit het zicht, waardoor bouwvergunningen gemakkelijker afgegeven zullen worden dan voor installaties op schuine daken.

Grootschalige PV-installaties op vlakke daken van kantoren of utiliteitsgebouwen bieden voordelen ten opzichte van de relatief kleine installaties op daken van particulieren ten aanzien van eigendom en beheer en hun dakoppervlakken die in het algemeen relatief groot zijn. Door schaafeffecten kunnen bij gebruik van grote dakoppervlakken de installatie- en onderhoudskosten relatief laag worden gehouden.

Tegenover deze voordelen staat een drietal beperkingen. In de eerste plaats vereist het plaatsen van PV op vlakke daken een aparte draagconstructie. Dit zou kunnen leiden tot een kostprijsverhoging. In de tweede plaats dient het dak van het gebouw voldoende extra draagvermogen te bezitten voor het gewicht van de installatie, eventuele ballast en de windbelasting. Een ander belangrijk nadeel is de geringe uitstraling van het PV systeem.

### Gevels

Integratie van PV in gevels leidt ontegenzeggelijk tot een instralingsverlies ten opzichte van optimale stand. Dit voor lief nemend, zijn de architectonische vrijheden vele malen groter dan bij dakintegratie, doordat de PV laminaten analoog aan standaard gevelbeplating kunnen worden toegepast. Bovendien kunnen de PV panelen als zonwering worden toegepast. Extra aandachtspunt is altijd de elektrische bekabelingen de water- en luchtdichte afvoer daarvan door het gevelsysteem.

In vliesgevels, grote glasoverkapte ruimten (GGR's) en zonweringen kan integratie van zonnepanelen langs vrij eenvoudige weg gerealiseerd worden. Algemeen verkrijgbare frameloze zonnepanelen kunnen in principe analoog aan gevelplaten en glasplaten verwerkt worden, zij het dat een aantal details zoals kabeldoorvoeren specifieke aandacht vereisen.

Bij de integratie van zonnepanelen bekleedt de gebouwschil een meervoudige functie. Behalve dat hij beschutting biedt tegen weersinvloeden, wekt de esthetisch aantrekkelijke gebouwschil energie op, kan hij als zonwering dienen en heeft hij door zijn uitstraling ('high-tech' en 'milieubewust') een grote onderscheidingswaarde.

### Vliesgevels

Voor vliesgevels kunnen twee standaard constructies worden onderscheiden voor kantoor- en utiliteitsbouw: de onechte en de echte vliesgevels. In het algemeen zijn koude vliesgevels onecht; warme vliesgevels kunnen zowel echt als onecht zijn.

De onechte vliesgevel is bevestigd op een binnenspouwblad, meestal van beton of metselwerk. Het is een massieve gevel met gevelbeplating. De beplating kan worden opgebouwd uit zonnepanelen. Tussen de gevelbekleding en massieve muur is bij systemen met een onderconstructie een geventileerde spouw aanwezig. Deze constructie resulteert in de koude gevel.

Er bestaan ook onechte vliesgevels waarbij men sandwichpanelen voor het binnenspouwblad hangt. De spouw wordt niet geventileerd en er is sprake van een 'warme spouw' tussen het paneel en het binnenspouwblad.

De echte vliesgevel wordt alleen bevestigd aan de vloeren en eventueel kolommen. Het is een compleet afgewerkte, geïsoleerde gevelconstructie met doorzicht en niet-doorzicht elementen. Voor beide gevelonderdelen kan PV worden gebruikt. De echte vliesgevel of montagegevel wordt meestal volledig geprefabriceerd geleverd en gemonteerd.

## Zonweringen

Indien zonnepanelen geïntegreerd worden in zonweringen vormen zij een buitenzonwering. De bevestigingstechnieken voor zonweringen met PV zijn in feite dezelfde als de stalen constructies voor conventionele buitenzonweringen zoals een overstek. De constructie moet de winddruk kunnen weerstaan maar hoeft niet waterdicht te zijn en kan dus redelijk snel en goedkoop worden gebouwd.

Belangrijke knelpunten zijn de kabeldoorvoeren naar binnen toe. De kabels zullen door de gevel heen naar binnen moeten worden geleid, zonder een koudebrug te veroorzaken. De aansluitdoos en bekabeling moeten bestand zijn tegen de weersinvloeden.

## Grote glas overkapt ruimten (GGR)

Omdat de GGR's tegenwoordig veel aandacht krijgen komen er meer profielen op de markt. Tevens worden er hogere eisen aan de profielen gesteld. GGR's kunnen zowel met kassenbouwprofielen als met speciaal ontwikkelde serreprofielen worden ontworpen. De duurdere serreprofielen worden veelal ontwikkeld door dezelfde fabrikanten als gevelsystemen en zijn vaak vergelijkbaar met gevelprofielsystemen. De kassenbouwprofielen kunnen vervaardigd zijn van hout, maar zijn vooral van aluminium en staal. Beglazing met enkel of dubbel glas of kunststof kanaalplaten is mogelijk.

In het algemeen wordt de kap van een GGR zo transparant mogelijk gehouden vanuit architectonisch oogpunt en daglichttoetreding. In de zomer kan echter oververhitting optreden, hetgeen met zonwering of koeling verholpen dient te worden.

Bij het integreren van PV in een GGR kan in principe gebruik worden gemaakt van twee soorten zonnepanelen: de standaard en de lichtdoorlatende zonnepaneel. De standaard zonnepanelen hebben geen enkele lichttransmissie en om toch tot een voldoende sterke daglichttoetreding te komen zal om en om met gewone glasplaten moeten worden gewerkt. Een voordeel van lichtdoorlatende zonnepanelen is dat ze een gelijkmatiger lichtverdeling geven.

Bij het wegwerken van de bekabeling en aansluitdozen spelen esthetische eisen een belangrijke rol. Dit houdt in dat de aansluitdozen zo klein mogelijk dienen te zijn en de kabels in de constructie onder de panelen weggewerkt dient te worden, of juist als element gebruikt in het architectonisch ontwerp.

## Voorkomen van opbrengstverlies

Een van de belangrijkste factoren die leiden tot opbrengstverlies is beschaduwing van zonnepanelen. Dat komt omdat de schakeling van zonnecellen in een zonnepaneel zodanig is dat beschaduwing van een enkele cel leidt tot slecht functioneren van alle cellen in dat zonnepaneel, en beschaduwing van een zonnepaneel in een string leidt tot slechte prestaties van de hele string. Zelfs gedeeltelijke beschaduwing van het PV systeem moet te allen tijde voorkomen worden.

Dakkapellen en schoorstenen in het PV vlak leiden in alle gevallen tot beschaduwing. Schoorstenen worden vaak later aangebouwd. Het lijkt verstandig om bij het ontwerp van woningen al rekening te houden met de plaats van een eventuele open haard, zodat de bijbehorende schoorsteen zonder meerkosten achter het PV systeem langs kan worden geleid.



Een ander belangrijk punt waarmee rekening gehouden dient te worden bij het ontwerp van gebouwen met dakgeïntegreerde PV systemen zijn de dakdoorvoeren. Deze mogen in geen geval geplaatst worden in, naast of onder het PV systeem in verband met beschaduwing.

## **Architectonische aspecten**

### **Zonnepanelen als nieuw bouw materiaal**

De toepassing van PV in de woningbouw betekent dat naast de bekende dakbedekkingmaterialen zoals pannen, bitumen, kunststof, metaal, etc. er een nieuw element bijkomt: het zonnepaneel. Daarnaast is het gebruik van actieve zonne-energie met behulp van zonnecollectoren voor warmwatervoorziening/ruimteverwarming momenteel vrijwel standaard in de woningbouw. Om problemen te voorkomen, dienen de zonnepanelen altijd boven de waterdichtende dakbedekking geplaatst te worden. Zonnepanelen zijn moeilijk waterdicht te krijgen, daarom is het beter de functies van waterdichting en stroomopwekking te verdelen over twee materialen.

### **Zonne- /glaspanelen**

Voor architecten die nog geen ervaring hebben met PV lijkt het eenvoudigst om de zonnepanelen te vergelijken met glazen panelen. Een beperking van PV ten opzichte van glas is de grootte van het paneel. Bij het ontwerp van zonnepanelen moet rekening gehouden worden met of het formaat van zonnecellen of van een haalbare spanning door het zonnepaneel.

De maximale grootte van de panelen wordt bepaald door elektrische aspecten zoals voltage en stroom, maar heeft ook te maken met hanteerbaarheid (Arbobesluit), onderhoud en vervanging. Afwijkende afmetingen zijn wel verkrijgbaar, maar zijn relatief veel duurder. De rechthoekige PV panelen kunnen zowel 'landscape' als 'portrait' worden toegepast.

### **Afwijkende vlakken**

Of gekozen wordt voor een horizontale, verspringende of verticale ritmiek hangt af van het ontwerp in een specifieke stedenbouwkundige situatie. Toepassing van afgeschuinde of afwijkende panelen verdient niet de voorkeur. Soms is dit echter niet te voorkomen. De goedkoopste en wellicht ook fraaiste oplossing is dan het gebruiken van zogenaamde 'dummy' PV panelen. Deze wekken geen elektriciteit op, maar zien er wel hetzelfde uit als gewone PV panelen.

### **Blauw**

In Nederland worden tot nu het meest de donkerblauwe polykristallijn silicium zonnecellen toegepast in de zonnepanelen. Andere kleuren zijn ook mogelijk, maar sterk van blauw afwijkende kleuren vertonen een sterk rendementsverlies. Bovendien moeten ze apart worden gemaakt, waardoor ze voornamelijk duurder zijn. De meeste mogelijkheden bieden nog donkere tinten in grijs en blauw.

Bij grootschalige woningbouwprojecten kan het blauw aan de zuidzijden zeer dominant worden, zeker indien ook PV gevelbekleding wordt toegepast. Dit vereist daarom een specifieke ontwerpbenadering.

Hierbij mag ook de reflectie op de naaste woonomgeving niet worden vergeten; deze kan in sommige gevallen hinderlijk zijn.

### **Goede ventilatie belangrijk**

Tot nu toe worden voor de bevestiging van PV modules op daken relatief goedkope

profielen toegepast, die oorspronkelijk afkomstig zijn uit de kassenbouw. Deze zijn nu ook gecertificeerd, wat bij koopwoningen van belang is voor de GIW garantie.

De profilering en afdekking van PV panelen is meestal een combinatie van aluminium en staal voor de profielen en kunststof voor de afdekstrips en aansluitdetaillering. Hier is een beperkte variatie in kleuren mogelijk. De profielen worden gemonteerd op verdikte panlatten en tengels bij daken en bij gevelbekledingen op stijl- en regelwerk van hout of aluminium. De ruimte onder de panelen is nodig voor kabelaan sluitingen en ventilatie.

De ventilatieproblematiek is een belangrijk aspect van het ontwerp van een PV integratie. Zonnepanelen kunnen erg warm worden. Daarom is een goede ventilatie essentieel. Hierbij kunnen dakoverstekken behulpzaam zijn. In het SCW project in Nieuwland is de onderzijde van het dakoverstek uitgevoerd in geperforeerde staalplaat, zodat warme lucht zonder problemen kan worden afgevoerd.

Bijkomende voordelen van dakoverstekken zijn:

- beschutting van de gevel;
- beëindiging van de gevel;
- ruimte voor bekabeling naar de omvormerruimtes.

### Wanneer toe te passen?

Het is van groot belang om in een vroeg stadium te weten of PV in een project gaat worden toegepast. In stedenbouwkundig opzicht speelt de oriëntatie naar de zon een grote rol bij het gebruik van zowel passieve zonne-energie (veel glas op zuidgevels, weinig openingen aan de noordkant) als actieve zonne-energie (PV en zonnecollectoren). Ook geprojecteerde hogere bebouwing ten zuiden van de projectlocatie kan sterk reducerend werken op de energieopbrengst.

Bij ongunstige (noord-zuid) verkavelingen kunnen alleen bijzondere oplossingen (bijvoorbeeld sheddaken) soelaas bieden. Meedenken in de stedenbouwkundige opzet ligt daarom voor de hand. Dit is echter in veel gevallen niet mogelijk. Daarom moet dan per locatie bekeken worden of de toepassing van PV zinvol is of niet.

### Zonnepanelen en andere bouwmaterialen

Bij integratie van PV in gebouwen moet ook aandacht worden besteed aan het combineren van PV met andere bouwonderdelen.

Voorbeelden hiervan zijn:

- **Combinatie met gewoon glas.** Is er sprake van te openen gedeelten (ramen en deuren) dan hangen de mogelijkheden meestal af van de gekozen profilering. Dubbelglas-toepassingen hebben wel consequenties voor de hoogte en breedte van het profiel.
- **Dakdoorvoeren in PV elementen.** De vuistregel is: probeer dit te allen tijde te voorkomen in verband met schaduwwerking, onderbreking in de bekabeling, etc. Omdat geveldoorvoeren onderhevig zijn aan strenge regelgeving (bijv. de minimale afstand tussen rookgasafvoer en een raam of ventilatieopening) is dit een belangrijk uitgangspunt bij het ontwerpen met PV op daken.
- **Combinatie met zonnecollectoren.** Hierbij zijn drie zaken van belang:
  1. collectoren zijn hoger van afmetingen ( $\pm 110$  mm) dan het PV systeem ( $\pm 70$  mm). Bovendien hoeven collectoren niet aan de onderzijde te worden geventileerd. Dit heeft consequenties voor de onderliggende constructie, zeker indien de wens bestaat om de collectoren en de zonnepanelen in één vlak aan te brengen. Accepteert men het hoogteverschil, dan ligt het voor de hand de collectoren boven de PV panelen te plaatsen vanwege de afvoer van hemelwater.
  2. De afmetingen van collectoren wijken af van de maatvoering van PV panelen. Dit vereist een zorgvuldige inpassing in het ontwerp. Collectoren

zijn tegenwoordig in diverse afmetingen te verkrijgen in zowel rechthoekige als vierkante vormen. Afwijkende vormen kunnen geleverd worden, maar zijn beduidend duurder. Bij collectoren moet ook rekening gehouden worden met aftappunten aan de onderzijde en niet al te lange aansluitleidingen naar het boilervat.

3. De aansluitdetails vragen bijzondere aandacht. Door de aansluitprofielen voor PV reeds in de fabriek aan de collectoren te bevestigen wordt de hoogste technische en visuele kwaliteit verkregen.

Omvormers voor het omzetten van gelijkstroom in wisselstroom

### Omvormerconcepten

Omvormers of omvormers worden in een netgekoppeld PV systeem gebruikt om de door de zonnepanelen geleverde gelijkstroom om te zetten in wisselstroom bij een spanning van 230 V. Op die manier kan de opgewekte elektriciteit ofwel direct worden gebruikt door AC apparatuur, ofwel (in het geval van overproductie) aan het elektriciteitsnet worden geleverd. Het omzettingsrendement (de verhouding tussen AC uitgangsvermogen en DC ingangsvermogen, uitgedrukt in procenten) ligt bij de huidige generatie omvormers rond de 91%. Grote omvormers (met een hoog ingangsvermogen) hebben een iets hoger rendement dan kleine omvormers (met een laag ingangsvermogen).

Bovendien zijn PV omvormers uitgerust met een mechanisme dat er voor zorgt dat de PV modules het maximaal haalbare vermogen leveren: de Maximum Power Point Tracker. Dit is een spanningsregelaar die de werkspanning van het PV array aanpast aan het instalingsniveau. Op die manier levert het PV array bij elke instraling het hoogst haalbare vermogen. De keuze voor een bepaald omvormerconcept en de omvormergrootte is van invloed op de prijs van een PV systeem en de uiteindelijke opbrengst.

### Centrale omvormer

Het concept waarin gebruik wordt gemaakt van één omvormer voor groot aantal PV arrays wordt een centraal omvormersysteem genoemd. Een centrale omvormer neemt minder ruimte in beslag dan een groot aantal decentrale omvormers en is over het algemeen goedkoper. Daar komt bij dat het omzettingsrendement wat hoger zal zijn. Bovendien is het beheer van een centraal opgestelde omvormereenvoudiger.

Het nadeel is dat de MPP Tracker niet optimaal kan werken wanneer de aangesloten PV arrays niet allemaal dezelfde oriëntatie hebben, of wanneer de panelen niet allemaal gelijkmatig belicht worden. Dan zal de MPP Tracker een spanning vinden die niet overeenkomt met het Maximum Power Point van de individuele arrays, laat staan van de zonnepanelen afzonderlijk. Dit kan de opbrengst enigszins reduceren.

Nog een nadeel van centrale omvormers is de grotere kabellengte die nodig is om de arrays aan de omvormer te verbinden. Doordat er verschillen zullen zijn in kabellengte naar de verschillende arrays, zullen alle arrays op een verschillende spanning werken, namelijk, de spanning die wordt opgelegd door het MPPT systeem van de omvormer minus de spanning die wordt verloren in de kabels (van verschillende lengte).

### Decentrale omvormer

Het voorlopig nog meest gangbare omvormerconcept is de decentrale omvormer. Decentrale omvormers hebben in het algemeen een grootte van, grofweg, 1 tot 5 kW. Hierop wordt één array aangesloten.

In principe kan het array zijn uitgespreid over meer dan één woning, afhankelijk van de grootte van het PV array en het ingangsvermogen van de omvormer. Dit is echter alleen mogelijk wanneer het gehele PV systeem eigendom is van één eigenaar, bijvoorbeeld het

energiebedrijf. Wanneer het eigendom ligt bij de particulier is het verstandig om elke woning afzonderlijk te voorzien van een omvormer.

Doordat de omvormer meestal dicht in de buurt staat van de zonnepanelen blijven kabelverliezen over het algemeen beperkt tot maximaal 2%. Ook de MPP Tracker kan beter functioneren dan bij een centraal omvormersysteem.

### **Onderdimensionering**

Onderdimensioneren van omvormers betekent dat het nominale ingangsvermogen van een omvormer kleiner wordt gekozen dan het vermogen van het PV systeem, uitgedrukt in kWp. In principe geldt: hoe kleiner de omvormer, hoe goedkoper. Echter, wanneer het omvormervermogen te klein wordt gekozen, gaat dat ten koste van de opbrengst. In het algemeen kan het omvormervermogen ongeveer 75% zijn van het PV vermogen, zonder verliezen te introduceren.

Op een omvormer met een ingangsvermogen 1,5 kW kan bijvoorbeeld een PV systeem van 2 kWp worden aangesloten. Dat is in de eerste plaats mogelijk omdat een 2 kWp systeem in de praktijk vrijwel nooit 2 kW levert. Dat komt omdat die 2 kWp gemeten is bij Standaard Test Conditie: 1000 W/m<sup>2</sup> instraling en een zonneceltemperatuur van 25 °C. Alleen onder deze omstandigheden levert een 2 kWp systeem een vermogen van 2 kW. In de praktijk is bij een instraling van 1000 W/m<sup>2</sup> de zonneceltemperatuur een stuk hoger. Bij een dakgeïntegreerd PV systeem kan die temperatuur oplopen tot wel 50 tot 60 °C. Dit heeft tot gevolg dat het zonnecelrendement daalt, waardoor het PV vermogen nooit boven de 1700 W (in plaats van 2 kW) zal komen, en zelfs die waarde komt bijna nooit voor.

Nu is 1700 W nog steeds hoger dan het nominaal ingangsvermogen van de omvormer. Sommige omvormers kunnen echter kortstondig meer vermogen aan dan het nominale ingangsvermogen, ongeveer een half uur. Wanneer de omvormer te lang wordt overbelast, wordt de werkspanning van het PV array zodanig aangepast dat het door het array geleverde vermogen omlaag gaat. Een omvormer met een dergelijke vermogensregeling wordt onderdimensioneerbaar genoemd.

## **Eigendom en beheer van zonnestroomsystemen**

### **Eigendom**

Op dit moment komen twee eigendomsvarianten voor in PV projecten. In de meeste gevallen is het energiebedrijf eigenaar van de PV-installatie. In een beperkt aantal projecten is de bewoner of eigenaar van de woningen ook de eigenaar van de PV-installatie.

Andere varianten, bijvoorbeeld de variant waarin de bewoner/eigenaar van de woning de installatie huurt of leest, zijn mogelijk en zullen zeker in de toekomst ontstaan.

- **Eigendom van het energiebedrijf**

Het dak wordt door het energiebedrijf gebruikt als energieproductiemiddel. Veelal wordt de geproduceerde stroom rechtstreeks in het net gevoed, en niet via de onderliggende woning. In het algemeen wordt er een overeenkomst met de bewoner/eigenaar van de woning gesloten. Het energiebedrijf vestigt een recht van opstal op het dak van woning. Enkele aandachtspunten zijn bereikbaarheid van de installatie; schade aan de rest van woning, veroorzaakt door de PV-installatie en schade aan de PV installatie; consequenties van het weghalen van de installatie door energiebedrijf of bewoner/eigenaar? Bovendien moet in de koopakte of in de huurovereenkomst een aantal bepalingen opgenomen zijn, zoals: niet beschadigen of beschaduwen

van de PV-installatie; meewerken aan het bereikbaar maken van de installatie voor onderhoud en onderzoek.

In het geval van huurwoningen zullen deze punten in de huurovereenkomst worden opgenomen. Energiebedrijf en verhuurder sluiten een overeenkomst hiertoe.

In een koopakte moeten afspraken betreffende de PV installatie als kettingbeding opgenomen zijn. Voorkomen moet worden dat bij verkoop van de woning de afspraken komen te vervallen.

- **Eigendom bij de bewoner/eigenaar van de woningen**

Dit is een optie waarbij de PV-installatie per woning is aangebracht en de geproduceerde energie ten goede komt aan de bewoner. De eigenaar/bewoner zal een overeenkomst met het energiebedrijf moeten sluiten ten aanzien van de teruglevering van elektriciteit aan het openbare net. In veel gevallen zal het de bewoner toegestaan worden elektriciteit tegen kleinverbruikerstarief terug te voeden in het net.

Als de installaties door het energiebedrijf en anderen mede gefinancierd worden, is het zinvol om met de eigenaar afspraken te maken over de instandhouding van de installaties. Bij nieuwbouw kan dat bijvoorbeeld in de koopakte vastgelegd worden, bij bestaande woningen zal er een overeenkomst met de subsidiegever gesloten moeten worden.

De volgende zaken dienen geregeld te zijn:

- De installatie moet gedurende een zekere periode (10 jaar) op de woning blijven. Voorkomen moet worden dat de bewoner/eigenaar van de woning de installatie verwijdert en verkoopt (en het subsidiebedrag opstrijkt).
- De eigenaar/bewoner moet de installatie onderhouden gedurende eenzelfde periode.
- De eigenaar/bewoner moet naar vermogen vermijden dat de installatie beschaduwd wordt.
- Het energiebedrijf (indien medefinancier) krijgt recht op toegang voor inspectie onderhoud en onderzoek.
- In de overeenkomst kan tevens bepaald worden, dat het subsidiebedrag terugbetaald moet worden bij niet naleven van de overeenkomst (met name bij het uit bedrijf nemen van de installatie).
- Ook de verhuurder van de woning kan eigenaar van de installatie zijn. De subsidiegevers zullen een contractuele verbintenis aangaan met de verhuurder, die vervolgens een aantal van de bovengenoemde punten in de huurovereenkomst verwerkt.

## **Beheer van de installaties**

Het beheren van de PV installatie kan op een tweetal manieren uitgevoerd worden: de eigenaar/bewoner of het energiebedrijf.

- **Beheer door energiebedrijf**

In de projecten waarbij het energiebedrijf de eigenaar van de installatie is, treedt deze in het algemeen als beheerder op. In de grote PV projecten vindt een gedetailleerde vorm van beheer plaats. De installaties worden op afstand gevolgd, waarbij het functioneren dagelijks wordt geëvalueerd. Voor deze beheersmonitoring kan gebruik worden gemaakt van de vaak aanwezige monitoringsapparatuur. De gegevens worden vervolgens door de reguliere beheersafdeling van het energiebedrijf gebruikt voor het bewaken van het functioneren van de installaties.

- **Beheer door eigenaar/bewoner**

Als de PV installatie in eigendom is van de bewoner/eigenaar, dan zal deze ook verantwoordelijk moeten zijn voor het beheer. Dit kan contractueel vastgelegd worden. Het lijkt raadzaam om de omvormers in deze installaties standaard te voorzien van storingsmelders, zodat de bewoner/eigenaar eenvoudig op de hoogte kan blijven van het functioneren van de installaties. Indien er een

meetproject door derden wordt uitgevoerd, kan de bewoner de opbrengst van zijn installatie vergelijken.

Het energiebedrijf kan verder als 'bewaker' optreden. Problemen in het functioneren van de installaties worden jaarlijks door het energiebedrijf gesignaleerd door afwijkende meterstanden. Zo nodig wordt dit aan de bewoner/eigenaren gerapporteerd. Om te bespoedigen dat de bewoner/eigenaar ingrijpt bij storingen, is het aan te bevelen bij de aanschaf van de installatie direct een langlopend onderhoudscontract te regelen.

### **Koppeling aan het elektriciteitsnet**

In die gevallen waarin het energiebedrijf eigenaar van de PV-installaties is, wordt de geproduceerde energie rechtstreeks aan het openbare net geleverd. Indien de bewoner eigenaar is van de installatie, gebruikt deze de opgewekte energie in de eigen woning. Het overschot wordt hierbij aan het net teruggeleverd, terwijl 's avonds, alsmede in de winter, aanvullende energie uit het net wordt betrokken. Voor de teruglevering wordt een overeenkomst met het energiebedrijf gesloten.

In het algemeen kunnen drie type regelingen voor de teruglevering van elektriciteit onderscheiden worden:

1. Aparte kWh-meters voor de betrekking en teruglevering van elektriciteit. Voor de teruggeleverde energie kan een vergoeding gegeven conform de algemene terugleverregelingen.
2. Aparte kWh-meters voor de betrekking en teruglevering van elektriciteit. Voor de teruggeleverde energie wordt dezelfde vergoeding gegeven als voor de betrokken energie. Sommige energiebedrijven stellen als voorwaarde dat de installatie niet groter is dan 3 kWp. Ook wordt vaak de eis gehanteerd dat er per jaar niet meer elektriciteit mag worden geproduceerd dan er verbruikt wordt. De tweede meter wordt vaak door de energiebedrijven om niet ter beschikking gesteld.

Eén kWh-meter die twee kanten op draait.

De vergoeding is per definitie gelijk aan het kleinverbruikerstarief. Ook hier wordt soms geëist dat de installatie niet groter is dan 3 kWp, of dat per jaar niet meer terug mag worden geleverd dan er zelf verbruikt wordt.

## **Monitoring van zonnestroomsystemen**

### **Wat is monitoring?**

Monitoren is het verzamelen en verwerken van meetgegevens. Van PV-systemen worden meetgegevens verzameld voor een aantal redenen. Het type monitoring dat zal worden uitgevoerd hangt af van het eigendom van het PV-systeem en van de wensen van de eigenaar. Een klein systeem in eigendom van een particulier zal globaal worden gemonitord, terwijl een groot systeem, bijvoorbeeld in eigendom van een energiebedrijf, bij voorkeur voor beheer wordt gemonitord. Analytische monitoring is interessant wanneer er aan de PV-installatie innovatieve aspecten verbonden zijn.

We onderscheiden:

- **Opleveringstesten** ter vaststelling van het geïnstalleerde PV vermogen. Dit is het eenmalig doormeten van de installatie bij ingebruikname. Hiermee kan het geleverde PV-vermogen als functie van de instraling vastgesteld worden. Ook kan het correct functioneren van de installatie vastgesteld worden. Hiermee kan gecontroleerd worden of de leverancier voldaan heeft aan zijn verplichtingen.

- **Globale monitoring:** ter verkrijging van een globale indruk van het functioneren van een PV systeem over een langere periode
- **Analytische monitoring:** ter verkrijging van een gedetailleerd beeld van de werking van een PV systeem over een langere periode;
- **Meetcampagnes:** kortdurige meting ter verkrijging van meetresultaten over specifieke onderdelen van een systeem
- **Beheersmonitoring:** ter verkrijging van een real time overzicht van alle facetten van een PV systeem ten behoeve van adequaat beheer.
- **Marktmonitoring:** ter verkrijging van onder andere inzicht in het totaal geïnstalleerde vermogen in Nederland.

### **Globale monitoring**

Bij globale monitoring worden met minimale middelen gegevens verzameld van een PV systeem. In principe hoeven alleen de opgewekte kilowatturen te worden geregistreerd. Het totaal aantal kilowatturen kan dan worden vergeleken met de instraling die gemeten is bij een naburig meteostation. Op deze manier kan globaal een uitspraak worden gedaan over het functioneren van een PV systeem. Vergelijken van opbrengstgegevens met die van andere systemen in dezelfde wijk kan meerwaarde geven aan deze methode, omdat op die manier minder goed functionerende systemen kunnen worden geïdentificeerd. Het grote voordeel van deze manier van monitoren zijn de lage kosten die eraan zijn verbonden.

Uiteraard kunnen op deze manier geen detaillistische uitspraken worden gedaan. Wanneer blijkt dat een systeem niet functioneert zoals verwacht moeten aanvullende metingen worden uitgevoerd om de oorzaken te achterhalen.

### **Analytische monitoring**

Analytische monitoring wordt uitgevoerd om een PV systeem tot in detail te analyseren. In principe geschiedt deze wetenschappelijke vorm van dataregistratie volgens Europese richtlijnen die zijn vastgesteld door het Joint Research Centre in Ispra, Italië. Iedere 10 minuten worden meerwaarden opgeslagen voor instraling, arrayspanning, arraystroom, DC-vermogen, AC-vermogen, moduletemperatuur, omgevingstemperatuur en omvormertemperatuur. Gegevens worden verzameld in een zogenoemde datalogger, die regelmatig (bijvoorbeeld wekelijks) wordt uitgelezen met behulp van een computer. Dit kan op afstand gebeuren via een telefoonlijn of een glasvezelkabel.

De verzamelde gegevens vormen dan een goede basis voor een uitgebreide analyse. Het spreekt voor zich dat deze manier van monitoren meer kost dan globale monitoring: er is meer meetapparatuur nodig en er moet meer tijd gestoken worden in de analyse. Het resultaat is een uitgebreide beschrijving van het functioneren van een PV systeem over een langere periode.

### **Beheersmonitoring**

Beheersmonitoring is het on-line controleren van het functioneren van een PV-systeem. Dit kan bij kleinschalige PV-systemen worden uitgevoerd door de bewoner van het huis waarop het PV-systeem is aangebracht. Met eenvoudige apparatuur (kWh-meters, zekeringen) kan dan het functioneren en de veiligheid van het PV-systeem beoordeeld.

Bij grootschalige woningbouwprojecten met grote PV-systemen zal in het algemeen het eigendom en beheer niet bij de bewoner maar bij het energiebedrijf liggen. Beheer zal dan vaak op afstand plaatsvinden. Ook zullen de energiebedrijven meerdere systemen dienen te beheren.

Met beheersmonitoring van grootschalige PV systemen wordt het volgende beoogd:

- Controle op het goed functioneren van het systeem, zodat een maximale energieopbrengst wordt verkregen.
- Bewaken van de veiligheid.
- Bewaken van de kwaliteit van de geleverde stroom.