



Agentschap NL
Ministerie van Economische Zaken,
Landbouw en Innovatie

Gebouwintegratie zonnestroomsystemen

Praktijkvoorbeelden van succesvolle producten

>> *Als het gaat om energie en klimaat*



Inhoud

1 Inleiding 4

- 1.1 Waarom deze brochure? 5
- 1.2 Wat is bouwintegratie van zonnestroomsystemen? 5
- 1.3 Overzicht en status van BIPV in Nederland en Europa 6

2 Toepassingsvoorbeelden van BIPV 7

- 2.1 Inleiding 8
- 2.2 Voorbeelden van PV toepassingen 8
- 2.3 Esthetische aspecten 11

3 Normen en regelgeving 12

- 3.1 Nederland 13
- 3.2 Europa 13
- 3.3 Enkele belangrijke testvoorstellen 14
- 3.4 Toekomstperspectief 15

4 Overige aspecten 16

- 4.1 Opbrengst en temperatuur 17
- 4.2 Installatie en onderhoud 17

Adressen 19



1

Inleiding

Stel, u wilt een nieuw systeem voor de montage van zonnepanelen ontwikkelen en op de markt brengen. Waar moet u dan op letten? Wat stelt de bouwregeling voor eisen? Wat is er al gedaan op dit gebied? Welke montageconstructies zijn er mogelijk? Deze brochure geeft u antwoord op deze vragen.

Bouwgeïntegreerde zonnestroomsystemen of PV-systemen worden vaak aangeduid als BIPV, van de Engelse term Building Integrated PV.

1.1 Waarom deze brochure?

De gebouwde omgeving biedt een goede mogelijkheid om zonnestroom op te wekken. Het plaatsen van zonnepanelen in de gebouwde omgeving legt geen extra beslag op nuttige ruimte en het wekt de elektriciteit op dicht bij de plaats waar de elektriciteit ook gebruikt wordt.

Om een bijdrage te leveren aan de Nederlandse doelstelling voor duurzame energie zal ook de toepassing van zonnestroom in de gebouwde omgeving steeds belangrijker worden. Echter de toepassing van zonnestroom in de gebouwde omgeving kent een breed scala aan vormen en mogelijkheden. Deze brochure geeft een overzicht van deze mogelijkheden en waar u op moet letten als u een bouwgeïntegreerd zonnestroomsysteem gaat ontwikkelen.

Agentschap NL wil graag de systeem- en installatiekwaliteit, de esthetische kwaliteit en de toepasbaarheid van zonnestroomsystemen in de bestaande bouw verbeteren en het integreren van gebouwfuncties zoals isolatie en daglichttoetreding bevorderen.



In het verleden is al veel kennis en ervaring opgedaan met zonnestroomsystemen en die kennis is bruikbaar bij de verdere ontwikkeling van een bouwgeïntegreerd zonnestroomsysteem (Building Integrated PV, kortweg BIPV) in de praktijk. Het is dan ook van belang dat geïnteresseerde partijen kennis nemen van de beschikbare informatie en daarnaast ook inzicht krijgen in de reeds beschikbare en mogelijke toekomstige BIPV-systemen.

In deze brochure wordt ingegaan op verschillende aspecten van bouwintegratie, de stand van zaken rondom regelgeving en normen. Ook zal aandacht worden besteed aan de technische aspecten 'hoe monteer ik het op dak' en de esthetische aspecten 'het moet er mooi uitzien'. Wanneer BIPV op termijn op grote schaal wordt toegepast zal het een probleemloos product moeten zijn dat past in de bouwkundige omgeving, eenvoudig is toe te passen en van goede kwaliteit is. Deze brochure hoopt daaraan bij te dragen.

1.2 Wat is bouwintegratie van zonnestroomsystemen?

De gebouwde omgeving biedt grote mogelijkheden voor de toepassing van PV-systemen. Prachtige voorbeelden in de architectuur zijn de laatste jaren gerealiseerd in veel landen van Europa. BIPV biedt goede esthetische mogelijkheden voor ontwikkelaars en architecten in zowel renovatie als ontwikkeling van nieuwbouwgebieden.

De verscheidenheid van PV-glasproducten en nieuwe flexibele PV-materialen maken extra toepassingen van PV mogelijk in allerlei gebouwtypen.

PV kan onder andere worden toegepast op of in:

- Platte daken
- Schuine daken (met 'indak' en 'opdak' systemen)
- Glastoepassingen zoals atria
- Gevels
- Als zonwering
- Op geluidswallen

Een veelgebruikte term is BIPV. De term BIPV is echter een verzamelbegrip. Een meer preciezere definitie van BIPV is de volgende:

BIPV -> onderdeel van de gebouwschil; het heeft een 'structurele' gebouwfunctie zoals waterkering.

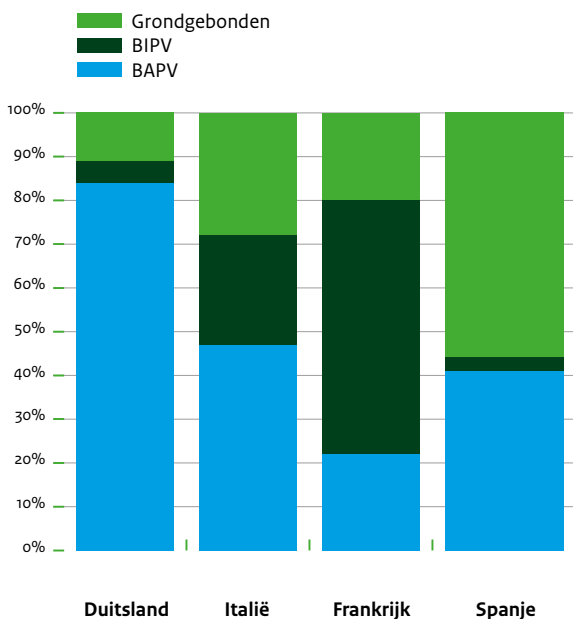
Bouwgeïntegreerd PV-systeem betekent dat de PV is geïntegreerd in het (energetisch) bouwontwerp en daarmee een structureel onderdeel is van de constructie van een gebouw. Het vervangt normale bouwcomponenten.

Daarnaast komt de term BAPV voor.

BAPV -> geen onderdeel van de gebouwschil; zonder 'schade' en verlies van functie te verwijderen van de gebouwschil

Bouwtoegevoegde PV (Building Added PV, kortweg BAPV) is geïnstalleerd boven of op de bestaande gebouwschil. Het heeft geen technische of constructieve gebouwfunctie.

Een voorbeeld van een 'opdak' systeem is een systeem dat op frames bevestigd is boven een bestaand schuin dak. Dit type zonnestroomsysteem komt veel voor, vooral in de bestaande bouw en bij particulieren die zelf een PV-systeem installeren. De bestaande dakbedekking, meestal dakpannen, blijft intact en behoudt zijn waterkerende functie. De frames worden meestal met dakbeugels tussen de dakpannen door bevestigd.



Bron: EuPD, 2009



Er is natuurlijk een technisch onderscheid tussen BIPV en BAPV-systemen. Echter in de praktijk maakt het niet zoveel uit of een systeem een direct bouwkundige functie heeft of niet. Veeleer van belang zijn de esthetische aspecten, het gemak en snelheid van installatie, de kosten, de toepasbaarheid in de bestaande bouw en het feit of de waterkerende functie van het dak niet aangetast wordt of de brandveiligheid niet in het geding is.

1.3 Overzicht en status van BIPV in Nederland en Europa

In Nederland maar ook in Europa is de afgelopen jaren veel gedaan op het gebied van bouwintegratie. Zo zijn er in Nederland verschillende demonstratieprogramma's geweest met onder andere veel aandacht voor functie-integratie. Het integreren van functies kan namelijk een goede meerwaarde hebben voor de zonnestroomsystemen die toegepast worden in de gebouwde omgeving.

In veel Europese landen bestaat er ook een terugleververgoeding voor zonnestroom waarin soms voor bouwintegratie van zonnestroomsystemen een hogere kWh-vergoeding wordt betaald. Dat heeft direct tot gevolg dat meer BIPV-systemen worden geplaatst zoals in Frankrijk en Italië.

Er is ook veel onderzoek gedaan naar belangrijke kwaliteitsaspecten zoals windbelasting, waterdichtheid, brandweerstand en dergelijke. Nederland is het eerste land waar een officiële voornorm is gepubliceerd (NVN 7250). Ook in internationaal verband wordt er nagedacht over een Europese norm voor bouwintegratie van zonne-energiesystemen.



2

Toepassingsvoorbeelden

Om de grootschalige toepassing in Nederland mogelijk te maken moet een zonnestroomsysteem een kwalitatief goed en eenvoudig te installeren bouwproduct zijn. Voor de ontwikkeling van nieuwe producten of verbetering van bestaande producten kan gedacht worden aan:

- Verbetering architectonische integratie, door nieuwe vormgeving en kleur
- Ontwikkeling van bouwproducten waarin PV geïntegreerd is zoals zonweringsystemen, glas etc.
- Nieuwe slimme bevestigingsystemen en -technieken voor panelen op daken
- Maatvoering PV-producten afstemmen op de maatvoering in de bouw
- Verbetering installatiekwaliteit door kans op fouten tijdens installatie te verkleinen (bekabeling, stekkers etc.)
- Systemen waarbij is nagedacht over beheer, onderhoud, reparatie
- Het overnemen van gebouwfuncties zoals waterdichting en isolatie in combinatie met energieopwekking
- PV geïntegreerd in dakdozen of gevels ten behoeve van grootschalige renovatie van oude, ongeïsoleerde daken of gevels
- Ontwikkeling van een PV-product of dienst voor vervanging van asbest daken

2.1 Inleiding

De gebouwde omgeving biedt grote mogelijkheden om zonnestroomsystemen toe te passen. Architecten en ontwikkelaars of bouwers (aannemers) worden uitgedaagd de kansen te grijpen die er bij renovatie en de ontwikkeling van nieuwe woongebieden voor de toepassing van zonnestroom zijn. De grote verscheidenheid van PV-glasproducten en producten met flexibele PV-materialen maken extra toepassingen mogelijk in gebouwen van uiteenlopende vorm en grootte. Een aantal voorbeelden wordt hier getoond.

2.2 Voorbeelden van PV-toepassingen

Iedere plek op of aan een gebouw die voldoende zonlicht ontvangt, is geschikt om zonnepanelen te installeren. Een zuidgeoriënteerd dak leent zich bij uitstek voor de plaatsing van zonnepanelen, maar ook gevels of glasdaken kunnen prima gebruikt worden. Ook in combinatie met zonwering zijn zonnestroomsystemen mogelijk. Belangrijk is dat er geen of zo min mogelijk beschaduwing is van de systemen door omliggende gebouwen of begroeiing zoals bomen.

Schuine daken

Een veelvoorkomende toepassing van PV is op schuine daken. Door gebruik te maken van standaard PV-panelen en een speciaal frame met goten kan een volledig geïntegreerd daksysteem gemaakt worden. Het systeem wordt niet boven de bestaande dakbedekking geplaatst maar vormt een integraal onderdeel van het dak.

Bij bestaande bouw wordt een deel van de dakbedekking, meestal dakpannen, verwijderd en wordt een waterkerende laag aangebracht en/of een gotensysteem gemonteerd waarop of waartussen vervolgens de PV-panelen op frames worden bevestigd. De panelen liggen dan in het dakvlak en nemen de waterkerende functie van het dak ter plekke over. Op deze manier kan een volledig dakvullend systeem gemaakt worden of slechts een gedeelte tussen de dakpannen.

Uitdaging: systemen die eenvoudig in de bestaande bouw zijn te plaatsen

Dakpannen met PV

Op schuine daken kunnen ook speciaal ontwikkelde PV-dakpannen gebruikt worden in plaats van standaard PV-panelen. Net als normale dakpannen zijn deze ontworpen om een waterdicht dak te maken. De PV-dakpannen kunnen in plaats van de normale dakpannen worden toegepast. Meestal hebben deze de afmetingen van enkele dakpannen en soms worden ze gemaakt in de vorm van cassettes die eenvoudig tussen de andere dakpannen te plaatsen zijn.

De installatie is meestal net zo eenvoudig als bij gewone dakpannen, alleen moeten er elektrische verbindingen gemaakt worden. Hierbij moet erop gelet worden op welke wijze de panelen aan elkaar gekoppeld moeten worden om elektrisch gezien een goed werkend systeem te krijgen. Dit is een onderdeel dat soms arbeidsintensief kan zijn en mogelijk tot fouten in de installatie kan leiden.

Ook komen er steeds meer dakvullende systemen met PV-panelen van wat grotere afmetingen die gebruik maken van een kleine overlap. Deze liggen dakpansgewijs over elkaar en maken zo een waterdicht dak.

Uitdaging: de maatvoering, details en plug&play systemen die eenvoudig elektrisch te koppelen zijn



Een systeem tussen de bestaande dakbedekking



Een dak met PV-dakpannen in Nieuwland, Amersfoort

Doorzichtpanelen

Zonnecellen kunnen ook in glaspanelen worden toegepast. Dit doorzichtpaneel bestaat uit twee glasplaten waartussen de zonnecellen zijn geïntegreerd. Er kan gebruikt worden gemaakt van kristallijne zonnecellen die op bepaalde afstand van elkaar zitten. Door de afstand groter of kleiner te maken kan de lichtdoorlatendheid gevarieerd worden. Er kan ook dunne film PV gebruikt worden. Deze laag is gedeeltelijk transparant waardoor ook het glaspaneel gedeeltelijk transparant is.

Bij gebouwen met veel glas, zoals een atrium of hal, is het esthetisch aantrekkelijk om deze doorzichtpanelen toe te passen.

Omdat het een glasproduct is kan het ook alle normale glasfuncties vervullen zoals isolatie (dubbelglas) en bescherming tegen brand. De cellen kunnen een speels effect van schaduw geven in de ruimte achter of onder de panelen. Dit biedt ook weer extra esthetische en ontwerp-mogelijkheden voor architecten.



Brandweerkazerne Houten

Uitdaging: goede oplossing voor de bekabeling en/of kant en klare systemen

Zonwering en bijzondere toepassingen

Zonwering die in horizontale lamellen voor een gevel geplaatst wordt, is ook bijzonder geschikt voor de combinatie met zonnecellen. Hierbij kan gedacht worden aan het gebruik van doorzichtpanelen met een rij zonnecellen of een dichte lamel met eveneens één of meerdere rijen zonnecellen. Ook in balustraden van balkons kan dit toegepast worden.

Gevels

Gebouwegevels kunnen ook van PV-panelen worden voorzien. Veel appartementenflats of kantoorgebouwen hebben een kopgevel zonder (veel) ramen. Wanneer de oriëntatie van deze gevel zuid is, kunnen deze perfect gebruikt worden voor de installatie van een zonnestroomsysteem. Met behulp van een frame dat tegen de gevel wordt bevestigd kunnen de panelen worden ingeklemd en een mooie gladde gebouwschil vormen.



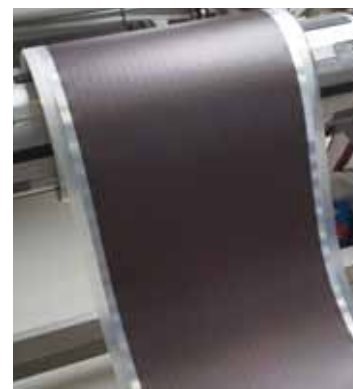
Balkonbalustrade met zonnepanelen / Zonwering met zonnecellen



Atrium met doorzichtpanelen (gemeentehuis Dongen)



Een voorbeeld van PV geïntegreerd in een kopgevel in Delft en Duitsland



Grote platte daken met dakbedekking met flexibele PV

Ontwikkeling van nieuwe flexibele PV-materialen



Klokhuislaan Drachten



Ronddak met PV erin

De opbrengst van systemen aan de gevel is 70 tot 75% van wat maximaal mogelijk is vergeleken met optimaal georiënteerde systemen met de juiste hellingshoek. Er moet wel op gelet worden dat omliggende gebouwen geen schaduw op het zonnestroomsysteem geven.

Flexibele PV-materialen

Naast het gebruik van kristallijne PV-panelen is het ook mogelijk dunne film PV te gebruiken. Een bekend voorbeeld is het amorf silicium dat als flexibel PV-folie verkrijgbaar is. Dit materiaal is te integreren in dakbedekkingproducten geïntegreerd. Het kan gebruikt worden als 'add-on' bij bestaande daken of als nieuw product in combinatie met flexibele dakbedekking (bitumineus, PVC of EPDB).

Uitdaging: Integratie van PV-folie in dakbedekkingsproducten

PV op metalen daken

Een goed voorbeeld van de combinatie van PV en bouwproducten is een metalen dakbedekkingproduct met flexibele PV-modulen erop bevestigd. Dit systeem is bijzonder geschikt voor grote daken van bijvoorbeeld industriële gebouwen. Op dit moment zijn er stalen of aluminium dakbedekkingproducten met flexibele PV-materialen verkrijgbaar. De producten kunnen ook voorzien zijn van isolatie en eenvoudig in de plaats van de conventionele bouwelementen gebruikt worden.

Op gebogen daken kunnen ook flexibelere varianten van zonnepanelen worden toegepast. Dit systeem is bijzonder geschikt voor grote industriehallen en bieden interessante kansen voor architecten bij het ontwerp van moderne gebouwen.

PVT: combinatie van PV en thermische systemen

De integratie van een zonneboilersysteem en een zonnestroomsysteem heeft geleid tot de ontwikkeling van PVT (PV Thermische) modulen. Deze systemen produceren zowel warmte als elektriciteit. Hoewel het rendement van zowel de zonnestroom- als warmteproductie lager is dan van beide systemen afzonderlijk, is het de totale energieproductie per m² hoger. De zonnewarmte kan gebruikt worden voor tapwaterbereiding terwijl de elektriciteit voor alle huishoudelijke toepassingen kan worden gebruikt. Het systeem wordt geïnstalleerd net zoals een zonnecollector.

Plug & playsystemen

Een van de toekomstige ontwikkelingen is het combineren van functies met als doel de montage te vergemakkelijken en daarmee goedkoper te maken. Een voorbeeld hiervan is het combineren van de mechanische en elektrische verbinding van de panelen, zodat deze door de installateur in een handeling kan worden gerealiseerd.

Ook de ontwikkeling van slimme manieren om systemen elektrisch te verbinden en hiermee bijvoorbeeld effecten van gedeeltelijke beschaduwing te verminderen kunnen de toepassing van zonnestroom systemen in de gebouwde omgeving bevorderen.

Zonnedak-prefabricage

Een andere effectieve methode om de montagetijd en -kosten te reduceren is de ontwikkeling van een zonnedak dat van fabriekswege al is voorbereid voor montage van PV-panelen en zonnecollectoren. Een ander belangrijk voordeel van zo'n prefab dak is dat de kwaliteit onder fabrieksomstandigheden beter beheersbaar is dan op de bouwplaats. In de fabriek wordt alles voorbereid en op de bouw kunnen de panelen en/of collectoren snel worden geïnstalleerd. Ook hinder van slechte weersomstandigheden wordt hierdoor vermindert.

Maatvoering

De bouwsector werkt vaak met modulaire bouwcomponenten met standaard maatvoering (een veel voorkomende modulaire maat is 30 cm). De PV-panelen verschillen vaak van deze modulaire maten.

Dit vormt dus een knelpunt bij een goede inpassing van zonnestroomsystemen in het gebouwen en het bouwproces. Ook zouden de maten van PV-panelen en zonnecollectoren onderling beter op elkaar moeten worden afgestemd zodat ze makkelijk in een standaard frame passen en onderling uitwisselbaar zijn.

2.3 Esthetische aspecten

Het plaatsen of integreren van zonnestroomsystemen op daken kan esthetische vragen oproepen. Niet iedereen is gecharmeerd van het overal plaatsen van enkele of meerdere panelen. Een traditioneel rood pannendak met enkele blauwe zonnepanelen erop zal niet iedereen even mooi vinden. Daarentegen kan een geheel aaneengesloten vlak van zonnepanelen dat in het dakvlak ligt een heel ander beeld en reactie oproepen.

Onderzoeken naar de voorkeuren van mensen geven geen eenduidig beeld van wat wel of niet mooi gevonden wordt. Het is en blijft een subjectief onderwerp en het hangt vaak ook af van het feit of men zelf eigenaar van het systeem is - en er dus voordeel van heeft - of niet.

Maar in het algemeen zijn er toch wel wat richtlijnen te geven.

- probeer met aaneengesloten (rechthoekig) vlakken te werken;
- laat de panelen zoveel mogelijk in het dakvlak vallen;
- laat meerdere vlakken (PV-panelen, zonnecollectoren, dakramen etc.) zoveel mogelijk met elkaar 'lijnen'.



Mooi of niet?



Heerhugowaard



3

Normen en regelgeving

Een zonnestroomsysteem dat op of aan het gebouw is bevestigd moet in Nederland voldoen aan de Nederlandse bouwregelgeving. Dit geldt zowel voor opbouw als voor inbouwsystemen en op het dak alsook in de gevel. Hieronder valt ook het kwalitatief goed installeren van het systeem door een erkend vakman. Tezamen moet het systeem en de installatie ervan een deugdelijk eindproduct opleveren dat garantie biedt op een duurzame en veilige werking. Het systeem dient immers zonder problemen voor een lange periode elektriciteit te leveren. Ook op Europees vlak wordt momenteel gewerkt aan normen en regelgeving op dit gebied. In dit hoofdstuk worden in het kort de eisen, beschikbare normen en regelgeving besproken op zowel nationaal als Europees niveau.

3.1 Nederland

In Nederland moeten alle bouwwerken, dus ook de hieraan gemonteerde zonnestroomsystemen, aan het Bouwbesluit voldoen. Het Bouwbesluit stelt eisen aan een veilige en duurzame constructie zoals windbestendigheid, waterdichtheid, brandveiligheid et cetera. Voor zonnestroom-systemen betekent dit dat ze voldoende stevig op/in het dak of aan de gevel bevestigd moeten zijn, en dat – met name voor bouwgeïntegreerde systemen – ze geen lekkage mogen veroorzaken in het dak. Ook mag het systeem bij brand niet extra bijdragen aan de ontwikkeling van brand en geen schade veroorzaken aan het (onder)dak. Dit zijn dus eisen waarmee bij de ontwikkeling van een zonnestroomsysteem terdege rekening moet worden gehouden.

Om te controleren of bouwelementen aan het Bouwbesluit voldoen wordt verwezen naar Nederlandse normen (NEN-normen) waarin testmethoden zijn beschreven voor de belangrijke kwaliteitsaspecten. Omdat zonnestroomsystemen in de bouwwereld nog een relatief nieuw product is, is er hiervoor tot op heden nog geen expliciete norm beschikbaar en dus ook niet aangewezen. In dat geval moeten zij toch voldoen aan de algemene eisen van het Bouwbesluit en rust op het bedrijf dat het product op de markt brengt de verantwoordelijkheid dat dit ook werkelijk het geval is.

Om met een redelijke zekerheid te kunnen aantonen dat het zonnestroomsysteem aan deze eisen voldoet, is een Nederlandse Voornorm ontwikkeld, de NVN 7250, waarin voor de belangrijkste aspecten zoals windvastheid en waterdichtheid de testmethoden staan beschreven waaraan het systeem minimaal moet voldoen. Let wel, dit zijn eisen die opgelegd zijn vanuit de bouwwereld en die van toepassing zijn op het complete systeem inclusief draagconstructie, bevestiging, aansluitingen en dergelijke. als onderdeel van het dak of gevel waarvoor het bedoeld is. Daarnaast dienen de componenten waaruit het systeem zelf is opgebouwd zoals de module(n) en de omvormer(s) ook te voldoen aan de geldende normen op dit gebied. Zo moet omvormer voldoen aan de eisen die de netwerkbeheerder aan de op het elektriciteitsnet aangesloten elektrische componenten stelt.

Naast deze minimale eisen die het Bouwbesluit aan bouwgeïntegreerde systemen stelt, heeft de producent van het systeem natuurlijk ook een eigen verantwoordelijkheid om een deugdelijk systeem af te leveren dat vele jaren meegaat. Dit is met name bij zonnestroomsystemen belangrijk omdat vanwege de relatief hoge investering de (financiële) winst pas na een flink aantal jaren wordt gerealiseerd. Hierbij moet gedacht worden aan 10 à 20 jaar (afhankelijk van de aanschafkosten en subsidie). Een zonnestroomsysteem zou daarom minimaal 25 jaar zonder problemen moeten werken. De praktijk wijst uit dat deze periode meestal wel gehaald wordt.

3.2 Europa

Als zonnestroomsystemen geëxporteerd worden naar het buitenland komt de Europese wetgeving op dit vlak om de hoek kijken. Vandaar een korte beschrijving van de situatie op gebied van normen en regelgeving in Europa. Zoals Nederland het Bouwbesluit heeft, bestaat er op Europees vlak de zogenaamde Construction Product Directive (CPD) of in gewoon Nederlands de Richtlijn voor Bouwproducten. Deze Richtlijn bestaat sinds 1989 en moet er voor zorgen dat er vrij verkeer van (kwalitatief voldoende) bouwproducten over de grenzen van de Europese lidstaten kan plaatsvinden en een land dus niet zijn eigen markt kan beschermen door producten aan de grens tegen te houden.

De Bouwproductenrichtlijn bestaat uit zes zogenaamde essentiële eisen waaraan het bouwproduct moet voldoen, t.w.

- Constructief stevig en stabiel
- Brandveilig
- Niet gevaarlijk voor mens- en milieu
- Veilig in gebruik
- Geluidsarm
- Energiezuinig en kosten efficiënt

Als dit het geval is mag het betreffende product het Europese CE-logo dragen als een soort Europees paspoort voor producten en goederen (zie CE-logo).



CE-logo

Evenals bij het Bouwbesluit kan middels de aangewezen Europese normen worden aangetoond dat een bouwelement ook inderdaad een deze eisen voldoet. Deze eisen en meetmethoden zijn voor bouwproducten vastgelegd in de zogenaamde Eurocodes. Omdat zonnestroomsystemen die op of aan een gebouw zijn bevestigd op dat moment ook bouwcomponenten zijn, moeten ze ook aan deze Eurocodes voldoen. Zoals in Nederland aan een specifieke norm voor bouwgeïntegreerde zonnestroomsystemen is gewerkt, wordt ook op Europese schaal hiervoor een specifieke norm ontwikkeld. Deze Europese bouwintegratienorm voor zonne-energiecomponenten is dus een nadere invulling van de Eurocodes, of met andere woorden: als hieraan wordt voldaan wordt ook aan de Bouwproductenrichtlijn voldaan. Nu is de huidige situatie zo dat deze specifieke bouwintegratie-

norm nog in een pril stadium van ontwikkeling verkeert. In diverse Europese projecten zijn voorstellen voor eisen en testmethoden ontwikkeld, die momenteel in het Europese Normalisatieinstituut CEN verder worden ontwikkeld tot een Europese Norm. Omdat hierbij veel landen zijn betrokken kan het al gauw een jaar of vijf duren alvorens er een definitieve Europese norm beschikbaar is. Om deze norm vervolgens in alle landen dwingend te laten opnemen in de nationale wetgeving, moet er een harmonisatieproces plaatsvinden waaraan alle lidstaten hun goedkeuring moeten geven. Als eenmaal de harmonisatie van deze norm voltooid is, zijn de lidstaten verplicht om deze norm binnen afzienbare tijd op te nemen in hun nationale wetgeving.

Voor Nederland zal dit betekenen dat deze norm officieel via het Bouwbesluit zal worden aangewezen (en daarmee de NVN 7250 zal vervangen). Dit proces kan dus alles bij elkaar vele jaren in beslag nemen. Hoewel de huidige voorstellen voor testmethoden nog geen juridische basis hebben, zijn ze in de tussentijd wel te gebruiken om alvast te anticiperen op deze toekomstige situatie. Hiermee kan enerzijds de kwaliteit van het product worden verhoogd en anderzijds worden aangetoond dat voldaan wordt aan de huidige 'stand der

techniek'. Onderstaande tabel geeft een overzicht van wat er op dit gebied voor de voornaamste kwaliteitsaspecten van zonne-energieproducten producten reeds beschikbaar is.

3.3 Enkele belangrijke testvoorstellen

Om een indruk te geven van de wijze waarop bouwgeïntegreerde systemen in de toekomst getest zullen worden, laten we hier enkele voorstellen de revue passeren.

Impacttest voor BIPV-systemen

Bij deze test worden de modulen (minimaal vier per systeem) op hun weerstand tegen inslag van zware voorwerpen getest. Hiervoor wordt het complete systeem ingebouwd zoals de leverancier op de markt wordt aangeboden, dus inclusief ondersteuningsconstructie, bevestigingsmiddelen et cetera. Ingebouwd in de testopstelling (zie foto op pagina 15) valt een zware zak van een hoogte van 122 cm op de meest kwetsbare plaatsen (met name hoeken en randen) van de modulen. Na deze test mogen geen gevaarlijke stukken glas loskomen en moeten de ondersteuningsconstructie en verbindingen in tact blijven.

Aspect	Eisen	Referentie
Windbelasting	EN 1991-1-4: toegepast op PV-systemen waarbij de wind- en terreinclassificatie voor ieder land in aanmerking moet worden genomen	EurActiveRoofers project
Mechanische weerstand	Dynamische testmethode Module impacttest	IP-Performance project
Waterdichtheid	Het PV-systeem wordt blootgesteld aan (windgedreven) regen en vervolgens gecontroleerd op lekkage	EurActiveRoofers project
Brandweerstand	ENV 1187 Test 1: Het PV-systeem dient voldoende weerstand te bieden aan een op de het systeem geplaatste mand met brandende houtsnippers als vuurbron	IP-Performance project
Condensatie	Het condensatierisico in onderdak waarop het PV-systeem in geplaatst dient te worden geminimaliseerd	EurActiveRoofers project
Sneeuwbelasting	EN 1991-1-3: hieraan moet worden voldaan met inachtneming van de sneeuwbelasting in de Europese klimaatkaarten	EurActiveRoofers project
Temperatuurgedrag	Het gehele PV-systeem dient temperaturen tussen -40 and +85 °C te weerstaan	NVN 7250
Installatieveiligheid	Gedurende installatie, onderhoud en reparatie van het PV-systeem moet veilig werken gegarandeerd zijn	EurActiveRoofers project



Impact test op een zonnestroomsysteem



Een volledig van het dak gewaaid zonnestroomsysteem



Opstelling voor dynamische windbelastingstest



Brandproef

Dynamische windbelastingstest

Zware wind kan enorme schade toebrengen aan zonnestroomsystemen en bovendien gevaar opleveren voor de omgeving. Bovenstaande foto geeft een voorbeeld van een systeem dat bijna volledig van het dak is geblazen.

Om te controleren of een zonnestroomsysteem voldoende stevig op het dak of aan de gevel is bevestigd, is een zogenaamd dynamische windbelastingstest ontwikkeld. Bij deze test is het zonnestroomsysteem, ook hier weer als een compleet bouwproduct, ingebouwd en in de testopstelling met zuignappen aan een pneumatisch krachtbank verbonden.

Dit pneumatisch systeem oefent wisselende krachten op het systeem uit volgens een vooraf vastgelegd programma. Deze test is met name gericht op trekkrachten omdat de zuigkracht die de wind op bouwpanelen uitoefent de meest kritische is. Na de test wordt het zonnestroomsysteem gecontroleerd op schade en getest of het systeem nog naar behoren werkt.

Brandbestendigheid

Ook mag een zonnestroomsysteem de brandbestendigheid van een gebouw niet negatief beïnvloeden. Als er bijvoorbeeld een brandend voorwerp op het zonnestroomsysteem terecht komt, mag het systeem niet volledig uitbranden of erger nog doorbranden naar het onderdak. Want daarmee vormt het een potentieel brandgevaar voor het gebouw.

Om dit de testen is een beproevingsmethode ontwikkeld waarbij een mand met brandende houtsnippers op de meest cruciale punten van het (complete!) zonnestroomsysteem wordt gezet, zoals bijvoorbeeld de randen en kruispunten tussen de panelen.

Op deze wijze wordt ook de vaak in kunststof uitgevoerde waterdichte onderplaat meegetest. Het zonnestroomsysteem voldoet een de brandbestendigheidseisen als het tijdens de test standhoudt en geen branduitbreiding naar de bouwomgeving laat zien.

3.4 Toekomstperspectief

Samenvattend is de huidige situatie dat zonnestroomsystemen nog aan de nationale gebouwseisen moeten voldoen maar dat deze binnen afzienbare tijd vervangen gaan worden door de Europese bouwnormen ('Eurocodes'). Dit zullen aanvankelijk nog de algemene eisen zijn voor bouwproducten maar op de langere termijn vervangen worden door specifieke op zonne-energieproductgerichte Europese normen met eisen en beproevingsmethoden. Deze normen worden momenteel ontwikkeld op Europese schaal in de CEN en zullen op termijn na harmonisatie voor alle lidstaten dwingend worden voorgeschreven. Het is dus zaak om nu al op deze situatie voorbereid te zijn.



4

Overige aspecten

De kwaliteit van een zonnestroomsysteem wordt niet alleen bepaald door de kwaliteit van de componenten waaruit het is opgebouwd maar ook door de wijze van monteren. Een goed ontworpen systeem dat slecht op het dak is gemonteerd, kan immers toch van het dak afwaaien. Bij het installeren moet ook rekening worden gehouden met een goede ventilatie van de modulen want dit gaat anders ten koste van het rendement.

4.1 Opbrengst en temperatuur

Vooral kristallijne zonnestroomsystemen hebben de eigenschap dat naarmate de bedrijfstemperatuur, ofwel de temperatuur van het PV-paneel, toeneemt, het rendement en daarmee ook de energie-opbrengst relatief afneemt (circa 0,45% per graad Celsius). Naarmate het PV-paneel beter is geventileerd zal het minder opwarmen, en heeft dit effect dus minder invloed. Omdat de mate van ventilatie direct gekoppeld is aan de wijze van inbouw, heeft dit ook invloed op de temperatuur en daarmee op rendement van de installatie. De temperatuur kan afhankelijk van de montagewijze van het systeem uiteenlopen van 30 °C tot 50 °C (zie tabel met overzicht van optredende temperaturen onderaan de pagina). Zo zal een PV-systeem dat op een open draagconstructie op het platte dak is geplaatst meer geventileerd worden en dus meer elektriciteit opleveren dan hetzelfde systeem geïntegreerd in een schuin dak.

Om ook in bouwgeïntegreerde systemen de invloed van dit negatieve temperatuureffect zoveel mogelijk te beperken, is het van belang om een bevestigingsconstructie te kiezen die zoveel mogelijk lucht toelaat tot de onderconstructie. Van belang hierbij zijn vooral grote openingen aan onder en bovenzijde en tussen PV-panelen en onderdak zodat de ventilatie niet te veel belemmerd wordt. Dit is niet alleen gunstig voor de energieopbrengst van het zonnestroomstelsel maar ook om (permanente) condensatie in het onderdak te voorkomen waardoor op den duur het onderdak kan gaan rotten.

4.2 Installatie en onderhoud

De kwaliteit van een zonnestroomsysteem wordt niet alleen bepaald door de kwaliteit van de componenten waaruit het is opgebouwd maar ook door de wijze van plaatsen. Een goed ontworpen en samengesteld systeem dat slecht op het dak is

gemonteerd, kan immers toch van het dak waaien. Hoewel er al hier en daar cursussen voor installateurs van zonnestroomsystemen zijn, is het niet verplicht deze te volgen om een PV-systeem te mogen plaatsen. Om hieraan in de nabije toekomst het hoofd te bieden wordt momenteel door de branche vereniging Holland Solar in samenwerking met Uneto-VNI een opleidingstraject opgezet waarbij installateurs pas een systeem mogen plaatsen als de installatiecursus met succes is doorlopen.

Om een indruk te geven van de aspecten die van belang zijn bij het installeren van een zonnestroomsysteem is enkele jaren geleden een Handleiding Zonnestroom voor ontwerper en installateur (ISSO 78) samengesteld waarin de belangrijkste installatieaspecten aan de orde komen. Hier volgt een korte bloemlezing uit deze brochure:

Beoordeling plaatselijk omstandigheden

De hellingshoek en oriëntatie van het zonnestroomsysteem is uiteraard belangrijk maar ga er niet te kritisch mee om. De bepalende factor is namelijk de hoek en oriëntatie van het dak zelf. Als deze tussen zuidoost en zuidwest georiënteerd is en een hellingshoek heeft tussen 20 en 60 graden, zal de invloed op de opbrengst hoogstens 10% lager uitvallen in vergelijking met de maximaal te behalen opbrengst (zuidelijk gericht onder een hoek van 36 graden).

De kans op beschaduwing daarentegen speelt een zeker zo belangrijke rol en kan de opbrengst van een PV-systeem aanzienlijk beperken. Want bij beschaduwing van een paneel wordt niet het paneel zelf maar ook de daarmee in serie staande panelen uitgeschakeld. Blijf daarom bij de montage van het zonnestroomsysteem uit de buurt van schoorstenen, dakkapellen, bomen et cetera. Of als dat niet kan, zorg er dan voor dat eventuele beschaduwing van de panelen alleen in de ochtend of aan het einde van de middag plaatsvindt. Dan is immers de invloed op de opbrengst veel kleiner dan midden op de dag.

Ventilatie niveau	Zonnepaneeltemperaturen (°C)	
	Maximum ¹⁾	Gemiddelde
Niet-geventileerd	80-95	45-50
Matig geventileerd	60-75	35-40
Vrij geventileerd	50-65	30-35

¹⁾ gebaseerd op een maximale omgevingstemperatuur van 40 °C

Omvormer en bekabeling

Om het systeem aan het elektriciteitsnet te koppelen moet de laagspanning van de PV-panelen worden omgezet naar de netspanning (230V wisselspanning). Hiervoor zorgt de omvormer. Kies voor de omvormer een goedgeventileerde droge plaats binnenshuis nabij de PV-panelen (bijvoorbeeld op zolder) zodat de laagspanningsbekabeling en daarmee kabelverliezen zo klein mogelijk zijn.

Aarding en bliksembeveiliging

Apparaten van de elektrische klasse 1 moeten volgens de NEN 1010 altijd geaard zijn. Hoewel de meeste zonnestroomsystemen van klasse 2 zijn en daarom niet verplicht behoeven te worden geaard, is het toch aan te bevelen dit wel te doen. Want ook bij het aanraken van niet-gevaarlijke spanningen, kan bij het werken op het dak een schrikreactie leiden tot gevaarlijke situaties. In principe is voor kleine installaties op woonhuizen geen bliksembeveiliging noodzakelijk. Voor grotere gebouwen die ruim boven andere uitsteken en/of grotere zonnestroominstallaties is bliksembeveiliging wel aan te raden.

Bouwintegratie

Over bouwintegratie is in deze brochure al het een en ander gezegd. Bij installatie is er een aantal punten van belang. Zo moet er speciale aandacht worden gegeven aan een waterdichte aansluiting van de onderplaten ('consoles') op de omringende pannen en een goede afstroom van het regenwater via gootjes rondom het zonnestroomstelsel naar de dakgoot. Ook moet de ondersteuningsconstructie stormvast op het onderdak worden bevestigd. Alleen het vastschroeven van de beugels of profielen op een panlat is daarbij onvoldoende. Het is aan te bevelen om een voldoende grote spouwruimte aan te houden tussen de panelen en het onderdak (minimaal zes cm) zodat er voldoende luchtstroming kan plaatsvinden achter de PV-panelen. De doorvoer van de bekabeling door het dak moeten ter voorkoming van vochtproblemen lucht-, water en dampdicht worden afgesloten. Vooral de luchtdichte aansluiting op de dampremmende folie aan de binnenzijde van de dakconstructie is daarbij essentieel. En zorg bij het werken op dak altijd voor een adequate valbeveiliging in de vorm van een veranker-systeem of beveiligingshek.

Oplevering

Zowel voor de installateur als de koper is het van belang om het systeem bij oplevering op juiste kwaliteit en werking te controleren. Hoewel niet alle punten van het systeem te controleren zijn, is er wel mogelijk een (meestal visuele) controle uit te voeren. Hier de belangrijkste punten:

- Is het zonnestroomstelsel deugdelijk bevestigd aan de onderconstructie en onderdak (schroeven in voldoende 'vlees' vastgezet).
- Is de afwatering in orde: goede aansluiting van waterkerende onderplaat op de omringende pannen en goede afvoer van water naar de dakgoot. Er mag nergens permanent water blijven staan!
- Is de elektrische bekabeling deugdelijk bevestigd en zijn de kabeldoorvoeren dampdicht afgesloten (vooral aan binnenzijde). En controleer bij geveldoorvoeren van buiten naar binnen schuin omhoog geboord zijn (op afschot).
- Check of het systeem bij (zon)licht inval ook daadwerkelijk elektriciteit levert en of alle PV-panelen meedoen. Dit is vaak mogelijk via foutdetectie controle op omvormer of bijgeleverde software.

Monitoring

Het is belangrijk om de opbrengst van het zonne-energiesysteem te monitoren. Zo kan gecheckt worden of het systeem blijvend naar behoren functioneert en of de geleverde elektriciteit (in kWh) overeenkomt met wat door de leverancier is beloofd of zelfs gegarandeerd. Dat kan door het regelmatig noteren van de opbrengst (bijvoorbeeld één keer per week) of via de vaak bij de omvormer geleverde software.

Onderhoud

Een zonnestroomstelsel heeft niet veel onderhoud nodig. Wel is het van belang om de PV-panelen regelmatig op zware vervuiling te controleren. Vooral bladeren, vogelpoep en ophoping van vuil bij de randen kan de werking van het systeem flink verstoren. Lichte vervuiling zoals stof, zand en dergelijke heeft in het algemeen weinig invloed op de opbrengst, zeker als de zonnepanelen onder een hoek twintig graden of groter zijn opgesteld. De meeste vervuiling wordt dan door regenbuien en dergelijke voldoende afgespoeld. Wel is het aan te bevelen om in ieder geval één keer per jaar de panelen goed schoon te maken. Dit kan het beste direct na de winter, dus vlak voor het moment dat het zonne-energieseizoen weer gaat beginnen. Controleer dan ook meteen of de kabels nog vastliggen en niet beschadigd zijn, bijvoorbeeld door knaagdieren.

Adressen

In Nederland houden verschillende organisaties zich bezig met een of meer specifieke aspecten van zonne-energie. Bij de onderstaande organisaties kan nadere informatie worden verkregen.

Agentschap NL
NL Energie en Klimaat
Croeselaan 15
Postbus 8242 | 3503 RE Utrecht
T 088 602 25 33
www.agentschapnl.nl/duurzameenergie

Milieu Centraal
Herculesplein 357, 3584 AA Utrecht
T 030 230 5070
www.milieucentraal.nl
Informatiepunt voor consumenten met vragen over duurzame energie

Nederlandse vereniging voor toepassing zonne-energie
Holland Solar
Korte Elisabethstraat 6, 3511 JG Utrecht
T 030 232 80 08
www.hollandsolar.nl

Normen
NEN, Nederlands Normalisatie-instituut
Postbus 5059, 2600 GB Delft
T 015 269 03 90
www.nen.nl

Internet sites

www.agentschapnl.nl
informatie over de activiteiten van Agentschap NL

www.agentschapnl.nl/duurzameenergie
Informatie over duurzame energie

www.agentschapnl.nl/sde
www.agentschapnl.nl/eos
www.agentschapnl.nl/eia
www.agentschapnl.nl/groenbeleggen
informatie over subsidies en financieringsmogelijkheden

www.vrom.nl/zonne-energie
informatie over zonne-energie door VROM

www.vrom.nl/bouwvergunningen_online
informatie over verplichting wel of geen bouwvergunning

www.agentschapnl.nl/sbir
Small Business Innovation Research Programma (SBIR)

Innovatie

www.creatieve-energie.nl
informatie over duurzame energie toepassingen

www.creatieve-energie.nl
informatie over de energietransitie

www.hollandsolar.nl
de site van de Nederlandse zonne-energiebranche

www.duurzaambouwen.agentschapnl.nl
informatie over duurzaam bouwen en voorbeeldprojecten
www.uneto-vni.nl
informatie van de vakgroep Klimaat- en duurzame techniek

www.zonne-energie.startpagina.nl
de startpagina voor zonne-energie

www.top50solar.nl
overzicht van Nederlandstalige zonne-energiesites

Internationaal

www.bipv.ch
website over BIPV van het Zwitserse instituut ISAAC/DACD/SUPSI

www.iea-pvps.org
Engelstalige informatie over de status van toepassing van zonnestroom in een groot aantal landen

Literatuur

Leidraad zonnestroom, Agentschap NL, publicatienummer 2DEN1003.

Handleiding Zonnestroom voor ontwerper en installateur, ISSO publicatie 78, Stichting ISSO, Rotterdam, november 2005

Nederland voormorm NVN 7250:2007 nl, Zonne-energiesystemen – Integratie in daken en gevels – Bouwkundige aspecten, NEN 2007

IEA PVPS Task 7. Education & training material for architects. IEA Photovoltaic Power Systems Programme. Photovoltaics in the Built Environment, CD-ROM Agentschap NL, publicatienummer 2DEN0247 en 2DEN0248

Zon en architectuur. Sun and architecture. Voorbeelden en ontwerprichtlijnen voor architecten. Examples and design guidelines for architects, Agentschap NL, publicatienummer 2ZNTH0008



Dit is een publicatie van:

Agentschap NL
NL Energie en Klimaat
Croeselaan 15
Postbus 8242 | 3503 RE Utrecht
T 088 602 92 00
www.agentschapnl.nl/duurzameenergie

Agentschap NL | december 2011
Publicatie-nr. 2DENB1120

Hoewel deze publicatie met de grootste mogelijke zorg is samengesteld kan Agentschap NL geen enkele aansprakelijkheid aanvaarden voor eventuele fouten.

Agentschap NL is een agentschap van het ministerie van Economische zaken. Agentschap NL voert beleid uit voor diverse ministeries als het gaat om duurzaamheid, innovatie en internationaal. Agentschap NL is het aanspreekpunt voor bedrijven, kennisinstellingen en overheden. Voor informatie en advies, financiering, netwerken en wet- en regelgeving.

De divisie NL Energie en Klimaat versterkt de samenleving door de te werken aan de energie- en klimaatoplossingen van de toekomst.