

## Samenvatting

Tot op heden hebben in Nederland nog geen onderzoeken plaatsgevonden die bruikbare, kwantitatieve informatie geven over de vervuiling van PV-systemen in Nederland. Dit onderzoek, dat financieel ondersteund is door Novem, gaat in op een aantal aspecten van deze materie. Dit is bijvoorbeeld de hellingshoek van de panelen en de gevoeligheid voor vervuiling van verschillende soorten materialen, zoals glas, kunststof, ruw/glad oppervlak, vuilwerende coatings e.d. Om zoveel mogelijk invloedsfactoren uit te sluiten, is alleen de lichttransmissie door de transparante bescherm laag gemeten, dus zonder de actieve PV-cellen. Vermindering van lichttransmissie vertaalt zich namelijk (met voldoende nauwkeurigheid) rechtstreeks in opbrengstvermindering van het PV-systeem.

Naast een literatuur onderzoek, betreffende het optreden van vervuiling in Nederland, is een expositie proef ingericht, waarbij geselecteerde monsters onder verschillende hellingshoeken gedurende 1 jaar is blootgesteld. Voor de volledigheid is ter vergelijking ook een viertal modules bij een kleine hellingshoek getest. De proeven zijn uitgevoerd op het TNO Zuidpolder terrein in Delft.

De blootgestelde monsters zijn na 1 jaar in het laboratorium doorgemeten op transmissie. Daarna zijn de monsters gereinigd volgens adviezen van TNO PTC. De vier panelen zijn volgens een standaard flitstest doorgemeten bij ECN voor en na reiniging.

De uitkomsten van de buitenexpositie tonen voor de kunststof folies een verband met de hoek van opstelling, waarbij horizontale expositie meer vervuiling toont. Voor glasmonsters is dit verband niet zonder meer aantoonbaar. De gemeten vervuiling aan de kleine samples levert een relatieve afname in transmissie van maximaal 3% bij glas en 7% bij kunststof. De metingen aan de panelen tonen een afname in vermogen van 4,5% tot 7% voor gestructureerde glas en kunststof panelen. Een vlak glazen paneel toonde een terugval van 2%.

De spectrale metingen aan de kunststof folies laten zien, dat het vuil een spectraal verloop met de golflengte veroorzaakt. Hierdoor zal een amorf paneel van een identieke vuillaag iets meer last hebben dan een mono- of multikristallijn paneel.

De metingen tonen niet aan dat de cleanshield coating een positief effect heeft op de vervuiling van de monsters. De betreffende samples waren na afloop van de proef ook niet meer hydrofoob, wat erop duidt dat de laag verdwenen is.

Reinigen van panelen, waarvan de waarde van de geleverde elektriciteit op huishoudelijk tarief wordt afgerekend, is zonder meer lonend. Voor panelen die tegen grootverbruikerstarief worden afgerekend, ligt dit in een kritische zone. Reinigen wordt lonend als per jaar meer dan 3,5% elektriciteit meer wordt geleverd. Rekening houdend met het effect dat de reiniging slechts tijdelijk is, dient hiervoor de jaarlijkse vervuiling rond 6% te liggen. Dergelijke vervuiling wordt gemeten bij de buitenexpositie, maar een en ander betekent dat per geval moet worden bekeken aan de hand van prijsopgaven of reinigen zin heeft. Het lijkt echter wel raadzaam eenmalige schoonmaak acties van zwaar vervuilde panelen te ondernemen.

## 3 Huidige kennis

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de huidige kennis over vervuiling. Dit is onderverdeeld in de volgende aspecten:

### 3.1 Soorten vervuiling

Vervuiling kan een natuurlijke of menselijke oorzaak hebben. Voorbeelden van natuurlijke vervuiling zijn algen, aanslag, woestijnzand en vogelfeces. Voorbeelden waaraan menselijk handelen ten grondslag ligt is vervuiling veroorzaakt door industrie en verkeer (auto, trein e.d.), zoals uitstoot van chemische verontreiniging, roet, ijzerkoper- en roestdeeltjes.

Ook de wijze waarop de module vervuild is, kan een wezenlijk andere invloed hebben op de werking van het PV-systeem. Een gelijkmatig verspreide vervuiling over het paneel vermindert alleen de opbrengst, maar bij plaatselijk vervuiling zoals vogelfeces kan door lokale oververhitting het paneel beschadigen ("hotspot" effect).

### 3.2 Invloed vervuiling (uit literatuur)

Er is tot op heden nog geen specifiek onderzoek gedaan naar de vervuilinginvloed op de energieopbrengst van PV-panelen. Wel zijn er op basis van praktijkervaringen van diverse projecten schattingen gemaakt. Hier volgt een opsomming van het resultaat van een beperkte literatuurstudie:

- Uit de glastuinbouwsector in ons land is bekend, dat bij dakhellingen boven de 20° het glas voldoende wordt schoongehouden via de reinigende invloed van regen ("natuurlijk schoonspoeling"). De gevoeligheid voor vervuiling is afhankelijk van de aanhechting op het oppervlak ("adhesie") en het verschil in ruwheid van het oppervlak met name veroorzaakt door chemische verontreiniging. Uit globale metingen in de omgeving van Rotterdam blijkt, dat de vervuiling van het tuinbouwglas al snel een verminderde lichttransmissie veroorzaakt van 3 a 4%, en soms zelfs tot 10% [1].
- In Solar Village (Saoudi Arabië) is al vele jaren een 3kW PV-systeem (1 en 2 assig tracking system) in bedrijf. In deze woestijnomgeving is ruwweg een gemiddeld verlies aan opbrengst geconstateerd van ca. 4%, met een maximum van 32% na een lange, droge periode en een minimum van 2% na een stevige regenbui [2].
- Bij kleine hellingshoeken (< 20°) en randprofiel dat ruim boven het laminaat uitsteekt, kan tegen het randprofiel langdurig water blijven staan, waardoor vervuiling en algengroei kan ontstaan [3].
- ECN schat de invloed van vervuiling van PV-panelen op de energieopbrengst op gemiddeld 3 a 4%, en langs de snelweg tot zelfs 10% [4].

### 3.3 Plaatsafhankelijkheid

De kans op vervuiling is op landelijk niveau afhankelijk van de locatie in Nederland en op lokaal niveau van de vervuilingbronnen in de directe omgeving, zoals een drukke verkeersweg, spoorbaan of chemische industrie.

In Bijlage 1 zijn vervuilingkaarten opgenomen, waarin de concentraties van enkele soorten vervuiling (stofdeeltjes en roet) zijn aangegeven die op de diverse locaties in Nederland worden aangetroffen. Daarin is duidelijk te zien dat in en rond stedelijke

gebieden de vervuiling aanzienlijk hoger ligt dan in landelijk gebied. Met name in het gebied in en rond Rotterdam zijn de vervuilingconcentraties erg hoog.

Uit onderzoek blijkt verder dat de vervuiling zich tot dicht bij spoortracés beperkt, met name koperdeeltjes vallen niet ver van de bovenleiding. Ongeveer 80% van de koperdeeltjes uit de bovenleiding komt op de spoorbaan zelf neer en ca. 20% in de directe omgeving (tot maximaal 19 meter) van de spoorbaan [5].

Ook de manier van positioneren van de PV-module op of aan het gebouw is van invloed op de vervuiling. Boven op een hellend dak geeft naar verwachting de minste problemen, maar als zonwering aan gevel is dit veel complexer. Enerzijds neemt de kans op vervuiling aanzienlijk toe door bijv. spinnenwebben (die zelf vuil aantrekken) en vogelfeces, anderzijds krijgt de regen vlak langs de gevel minder kans om zijn reinigende werking uit te oefenen.

De oriëntatie van het paneel is slechts beperkt van invloed op de vervuilingsscans. Positief aspect hierbij is dat de natuurlijk schoonspoeling het meest effect heeft als het paneel tussen zuid en zuidwest georiënteerd is, omdat de wind ook meestal uit deze richting komt en dus voor een extra reinigend effect zorgt.

Omdat de blootstelling in deze proef niet langer dan 1 jaar heeft geduurd, kunnen geen uitspraken worden gedaan of de vervuiling nog verder oploopt.

Alleen een meer gedetailleerde berekening op basis van een aantal proefsystemen met exacte prijsopgaven en opbrengsten, kan hier meer inzicht in verschaffen. Het lijkt zinnig dit als proef in een demonstratieproject op te nemen.

#### 5.4.1

##### *Conclusies ten aanzien van reiniging*

Reiniging van PV-systemen, waarvan de besparingen op elektriciteit in het huishoudelijk tarief vallen, zijn zonder meer lonend. Voor systemen die onder het grootverbruikers tarief vallen, is dit echter niet zonder meer het geval. De reinigingskosten kunnen zich terugverdienen indien op jaarbasis door reiniging 3,5% of meer energie wordt geleverd. Voor grote systemen met kunststof afdekking of gestructureerde afdekkingen, lijkt dit eerder lonend, omdat deze in de proef meer vervuiling toonden. Rekening houdend met het feit, dat de effecten van schoonmaken tijdelijk zijn, lijkt er momenteel een evenwichtssituatie te bestaan tussen kosten en opbrengsten voor grootverbruikers. Dit betekent, dat de situatie op individuele basis per systeem dient te worden beoordeeld. Het eenmalig schoonmaken van sterk vervuilde systemen lijkt zeker aanbevelenswaardig.

Het effect van reinigen is maximaal indien dit in het begin van het voorjaar plaats vindt.

De panelen blijken meer last te hebben van vervuiling dan op grond van de kleine samples werd verwacht. De gemeten relatieve afname in opbrengst ligt tussen 4,4 en 7,7%. Van een paneel was de afname 2,2%, maar dit paneel toont echter andere defecten, waardoor deze waarde voorzichtig dient te worden gehanteerd.

#### 6.4 Conclusies ten aanzien van reiniging

Reiniging van systemen, waarvan de besparingen op elektriciteit in het huishoudelijk tarief vallen, zijn zonder meer lonend. Voor systemen die onder het grootverbruikers tarief vallen, is dit echter niet zonder meer het geval. De reinigingskosten kunnen zich terugverdienen indien op jaarbasis door reiniging 3,5% meer energie wordt geleverd. Voor grote systemen met kunststof afdekking of gestructureerde afdekkingen lijkt dit eerder lonend, omdat deze in de proef meer vervuiling toonden. Rekening houdend met het feit dat de effecten van schoonmaken tijdelijk zijn, lijkt er momenteel een evenwichtssituatie te bestaan tussen kosten en opbrengsten voor grootverbruikers. Dit betekent dat de situatie op individuele basis per systeem dient te worden beoordeeld. Het eenmalig schoonmaken van sterk vervuilde systemen lijkt zeker aanbevelenswaardig. Het effect van reinigen is maximaal indien dit in het begin van het voorjaar plaats vindt.

Delft, 10 juli 2003  
OTH011, NOV (slla)

Ir. B.J.M. van Kampen  
Hoofd afdeling  
Duurzame Energie en Gebouwen

Ing. H.P. Oversloot  
Auteur