

DE KWALITEIT VAN PV-SYSTEMEN

E.C. Molenbroek (Ecofys)
B. Jablonska
P.W.F. Deege (Ecofys)
P.M. Rooij

Verantwoording

Dit project is uitgevoerd in opdracht van Novem onder overeenkomst nummer 2020-01-13-11-003, ECN projectnummer 7.4907.

Abstract

With more than 1.3 Wp of grid connected Wp per capita, the Netherlands ranks among countries with the highest installed PV power per capita. Since the start with demonstration systems in the early nineties, projects have increased in size and numbers. In 2002, 5 MWp of grid connected PV-systems was installed, adding up to a total of 21.7 MWp installed grid-connected PV capacity.

Now that the PV-market is growing and more and more consumers are coming into contact with the technology, detailed monitoring is not necessary and not done anymore. On the other hand, demands on quality and reliability are increasing, which makes assurance of quality all the more important. Rumours about bad functioning PV systems spread faster than about the good functioning ones. These rumours can affect the trust of the market in this technology.

In this report, results of the first investigation of this kind in the Netherlands are presented. Information on quality was obtained through review of results of commissioning tests, contacting the involved market actors, experience with operation and maintenance, through analysis of performance data and through carrying out extra tests where needed. In this way, information was gathered on 25% of the total installed capacity in the Netherlands.

INHOUD

LIJST VAN TABELLEN	4
LIJST VAN FIGUREN	4
SAMENVATTING	5
1. INLEIDING	9
2. WERKWIJZE	10
2.1 Metingen	10
2.2 Analyse gegevens	10
3. RESULTATEN	12
3.1 Inleiding	12
3.2 Groep 1: PV-systemen waarvan informatie over meerdere jaren bekend is	12
3.2.1 ODE-systemen	12
3.2.2 ECN PV-PRIVÉ	14
3.3 Groep 2: overzicht projecten door middel van opbrengstgegevens	15
3.4 Groep 3: overzicht projecten door middel van momentopnamen	17
3.5 Groep 4: een groep PV-systemen van Nuon	20
3.6 Invertertesten	22
3.6.1 Evaluatie van negen netgekoppelde inverters	22
3.6.2 Klimatologische beproevingen ^{xvi}	23
3.7 Netmetingen	24
4. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	26
5. REFERENTIES	29
BIJLAGE I. COMMUNICATIE-OVEREENKOMST	30
BIJLAGE II. PROJECTENLIJST	31
BIJLAGE III. ENQUETE DEELNEMERS ODE-PROJECT	32

LIJST VAN TABELLEN

Tabel 3.1	<i>Genormeerde jaaropbrengst van acht PV-systemen uit het ODE project (kWh/kWp), niet gecorrigeerd voor eventuele storingen</i>	13
Tabel 3.2	<i>Overzicht storingen ECN PV-Privé project</i>	14
Tabel 3.3	<i>Overzicht gevonden fouten en defecten</i>	20
Tabel 3.4	<i>Overzicht gevonden defecten bij NUON PV-systemen, cumulatief over een periode van 3 jaar. De PV-systemen zijn ingedeeld naar module/inverter combinatie % naar rato van vermogen</i>	21
Tabel 3.5	<i>Toelichting van defecten en fouten NUON-PV-systemen</i>	21

LIJST VAN FIGUREN

Figuur 3.1	<i>Opgesteld PV-vermogen in Nederland, tot en met 2002ⁱⁱⁱ</i>	12
Figuur 3.2	<i>Genormeerde jaaropbrengst van acht PV-systemen, in verhouding tot de genormeerde jaaropbrengst in het eerste jaar</i>	13
Figuur 3.3	<i>Groep 2-1: Nieuwland, mei '01 t/m april '02, 300 woningen (754 kWp)</i>	15
Figuur 3.4	<i>Groep 2-2: frequentiediagram van 35 analytisch gemonitorde PV-systemen</i>	16
Figuur 3.5	<i>Groep 2-3: Zonnewijzer PV-systemen 2002, 44 PV-systemen, 160 kWp</i>	17
Figuur 3.6	<i>Beschikbaarheid van PV-systemen, momentopname.</i>	17
Figuur 3.7	<i>Gevonden fouten bij opleveringscontroles bij 16 projecten, gemiddelde projectgrootte 95 kWp.</i>	18
Figuur 3.8	<i>Aard en gradatie van gevonden ontwerp- en installatiefouten</i>	19
Figuur 3.9	<i>Oorzaken van gereduceerde beschikbaarheid, naar rato van 'gemiste kWp'. Beschikbaarheid van deze subset van tien PV-systemen (101 kWp) was 94%</i>	19
Figuur 3.10	<i>Percentage storingen per categorie in 156 NUON projecten in de periode van 3 jaar</i>	22
Figuur 3.11	<i>Relatieve opbrengst van PV-systemen van CO₂-balanswoningen te Leeuwarden in de tijd (maandnummers op x-as), ten opzichte van de opbrengst van het PV-systeem op nr. 49, a) in 2001, b) in 2002 en c) in 2003</i>	25

SAMENVATTING

Verhalen over slecht functionerende PV-systemen, ook al zijn het slechts geruchten, incidenten of kleine aantallen, verspreiden zich sneller dan verhalen over goed functionerende PV-systemen en kunnen het vertrouwen van de markt schaden. Het is daarom van groot (en algemeen) belang dat er toezicht gehouden wordt op de kwaliteit van PV-systemen, zodat ongewenste ontwikkelingen tijdig gesignaleerd en aangepakt kunnen worden. Eveneens is het van belang dat de consument geïnformeerd wordt over de kwaliteit van PV-systemen. In dit project is daarom onderzoek verricht om een overzicht over de kwaliteit van PV-systemen in Nederland te verkrijgen.

In de oorspronkelijke opzet van het project was het de bedoeling om na een inventarisatie van beschikbare gegevens projecten te selecteren voor het doen van oplevertesten, IR-thermografie en netkwaliteitsmetingen. Echter, er bleek al veel informatie over kwaliteit van PV-systemen her en der beschikbaar te zijn. Deze informatie was echter verspreid aanwezig, niet overzichtelijk en niet vergelijkbaar. Er is daarom besloten om minder testen zelf te doen, zodat meer tijd besteed kon worden aan het verzamelen, ordenen en interpreteren van de informatie die er al was en zodat informatie over een zo groot mogelijk opgesteld PV-vermogen verzameld kon worden. Van in totaal ruim 6 MWp aan opgesteld PV-vermogen in Nederland is informatie verzameld over de kwaliteit; dit is ruim 25% van het totaal opgesteld vermogen eind 2002. De opzet om van zoveel mogelijk PV-systemen informatie te verzamelen is dus zeker geslaagd. Het nadeel van het analyseren van bestaande gegevens is echter dat deze divers van aard zijn en niet altijd goed vergelijkbaar. Dit maakte het verzamelen, ordenen en analyseren van de informatie een intensief proces.

Al naar gelang de aard van de gegevens zijn de PV-systemen opgedeeld in vier groepen:

1. PV-systemen waarvan informatie over meerdere jaren bekend is. Dit is een groep PV-systemen uit het ODE project en het ECN-PV-privé project (12.4 respectievelijk 24.8 kWp)
2. PV-systemen waarvan voldoende monitoringsgegevens bekend zijn om een jaaropbrengst te bepalen (> 914 kWp aan vermogen in deze categorie).
3. PV-systemen waarvan middels IR-inspecties en oplevertesten momentopnamen van het functioneren gemaakt zijn, meestal in het eerste jaar na installatie (4471 kWp). In de meeste gevallen gaat het om PV-systemen die tussen 2000 en nu gerealiseerd zijn.
4. Een groep PV-systemen van Nuon waarvan middels halfjaarlijkse of jaarlijkse momentopnamen cumulatieve gegevens over storingen over een aantal jaar bekend zijn (877 kWp).

In totaal 193 kWp aan PV-systemen valt zowel in groep 2 als 3. Hieronder volgen de conclusies per groep, gevolgd door algemene conclusies en aanbevelingen ten aanzien van het monitoren van kwaliteit.

Groep 1:

Van acht ODE-systemen (geïnstalleerd in 1994) blijkt dat de genormeerde jaaropbrengst met 1.7% per jaar afneemt, variërend van 0.1% - 3.2% per jaar. Een correlatie met paneeltype of invertertype is daarbij niet gevonden. Een vragenlijst aan alle eigenaren plus een inspectie van één PV-systeem ter plaatse leverde geen bijzonderheden op. De oorzaak van deze vermindering is dus niet gevonden.

Bij het ECN PV-privéproject (2000) is een inverter-uitvalpercentage gevonden van 1.5% in het eerste jaar, 5.8% in het tweede jaar en 4.2% in het derde jaar. In het project Wateringseveld, met hetzelfde invertertype (OK4 van NKF), is 0.2% uitval gevonden op een momentopname in het eerste jaar na installatie. De cijfers tussen de twee projecten voor het eerste jaar zijn niet geheel vergelijkbaar (bij Wateringse Veld was minder dan een jaar volgemaakt).

Groep 2:

In Nieuwland 1 MW PV-project (1998) is in de periode mei 2001 – april 2002 een gemiddelde jaaropbrengst van 660 ± 100 kWh/kWp gevonden. De meest voorkomende waarden lagen in het interval 675 – 700 kWh/kWp. De PV-systemen met een lage opbrengst, in de ‘staart’ van de distributie, hebben te kampen met een combinatie van ongunstige ligging, beschaduwing en slecht functioneren van PV-systemen.

In overige projecten is voor 2002 een gemiddelde jaaropbrengst van 710 ± 110 kWh/kWp gevonden.

Groep 3:

Momentopnames van PV-systemen door middel van opleverinspecties en IR-opnamen geven een gemiddelde beschikbaarheid van 96%. Zo’n momentopname is in veel gevallen het moment van oplevering, in sommige gevallen enkele maanden later en in een enkel geval een paar jaar na installatie. Verminderde beschikbaarheid naar rato van kWp is voor 45% te wijten aan defecte inverters, voor 30% aan defecte dc-schakelaars (dit is het geval bij één groot PV-systeem). Overige oorzaken zijn: verkeerd aangesloten strings, kapotte stringzekeringen, in uitzonderingsgeval kapotte panelen (veroorzaakt door vandalisme). Ook installatie- en ontwerpfouten die de energie-opbrengst niet beïnvloeden, zoals ontbrekende waarschuwingstekens, losliggende kabels, ontbrekende stringzekeringen, worden met enige regelmaat gevonden. Zestien projecten waarvan meer gedetailleerde informatie middels oplevertesten bekend is, met een gemiddelde grootte van 95 kWp, geven de volgende resultaten: bij 1 project is alles in orde bevonden. Bij de overige projecten zijn installatie- of ontwerpfouten aangetroffen (5 projecten), componentfalen (5) of beide (5) aangetroffen. Van twee van de vijf projecten waar installatiefouten werden aangetroffen betrof het overigens alleen het ontbreken van documentatie ter plaatse.

Een eerste conclusie zou kunnen zijn dat de PV-systemen in deze zestien projecten bij oplevering in termen van energie-opbrengst vrij goed functioneren. Hier zijn echter een aantal kanttekeningen bij te plaatsen:

- (1) Als bij of vlak na oplevering gemiddeld 4% niet werkt, wat zegt dit over het functioneren in de jaren daarna?
- (2) Sommige gevonden fouten kunnen leiden tot derving van energie-opbrengst in de toekomst of de veiligheid van het PV-systeem compromitteren.
- (3) Het blijkt dat in het overgrote deel van de projecten bij oplevering nog problemen zijn die opgelost moeten worden. Zulke ‘after-sales’-problemen kunnen een behoorlijke kostenpost voor klant en/of leverancier vormen.

Groep 4:

Het opbrengstverlies als gevolg van alle fouten en storingen aan deze groep PV-systemen van Nuon is gemiddeld 21% over een periode van drie jaar. Inverterstoringen zijn hier voor 58% debet aan. Hieraan kan zeker veel verbeterd worden indien het opsporen van de storingen met voldoende hoge frequentie gebeurt (bijvoorbeeld eens per maand of continu via automatische foutendetectie) en het uitvoeren van de reparatie zo snel mogelijk na het signaleren van de storing gerealiseerd is. De verbetering is al gaande, want NUON gaat zijn PV-systemen on-line monitoren. Daarnaast zou een uniforme procedure voor het uitvoeren van de inspecties, de verslaggeving en reparaties de nazorg van de PV-systemen efficiënter kunnen maken.

Invertesten:

Uit het onderzoek aan de NUON-systemen bleek een veel toegepast invertertype, de Sunny Boy SWR 700 van SMA, een vrij hoog uitvalpercentage te hebben. Het betrof hier veelal inverters die buiten geplaatst werden, iets waar de inverter tegen zou moeten kunnen. Van dit type inverters is één exemplaar onderworpen aan klimaattesten volgens de ontwerpnorm IEC 62093 “Balance of system components for photovoltaic systems – design qualification natural environments”.

Er is een inverter getest die sinds 1998 in bedrijf is geweest, maar wel binnen geplaatst. Volgens de ontwerpnorm dienen eigenlijk drie inverters aan drie verschillende testseries onderworpen te worden, maar dat was binnen het kader van dit project niet mogelijk. Er is daarom gekozen voor één van de drie testseries. Deze inverter heeft drie klimatologische beproevingen ondergaan: de thermal cycling test, de humidity-freeze test en de damp heat, cyclic test. Een noemenswaardige aanpassing van de thermal cycling test is het verlagen van de maximum temperatuur van 85 naar 65 °C, om de inverter niet buiten zijn specs te bedrijven. De Sunny Boy SWR 700 heeft de testen Thermal cycling test en Humidity-freeze test met goed resultaat doorstaan. Na de Damp heat, cyclic test was de inverter defect. Nu is het uiteraard lastig om aan de hand van het testen van één inverter conclusies te trekken, maar dit resultaat roept uiteraard veel vragen op. Het verdient daarom aanbeveling om dit invertertype en andere invertertypen die geschikt zouden moeten zijn voor plaatsing buiten, te onderwerpen aan de volledige volledige set van testen die in de ontwerpnorm beschreven staan.

Verder dient opgemerkt te worden dat een aanzienlijk deel (tenminste 1 MWp) van de inverters gebruikt in de projecten die onderzocht zijn niet meer in de handel zijn, ofwel vervangen door een nieuw type ofwel de fabrikant is er in zijn geheel mee opgehouden. Dit geeft aan dat wat betreft inverters de markt nog aan veel verandering onderhevig is en dat een vergelijkbaar onderzoek in een volgend jaar afwijkende cijfers zou kunnen opleveren. Opvallend is dat 2 à 5 jaar garantie op een inverter tegenwoordig gebruikelijk is, tegenover 1 à 2 jaar een paar jaar geleden. Dit geeft aan dat fabrikanten een toenemend vertrouwen in hun eigen product hebben. De praktijk wijst ook uit dat, hoewel problemen met PV-systemen vrij regelmatig voorkomen, de problemen veelal netjes opgelost worden door de leverancier, ook al kan dat in sommige gevallen vrij lang duren.

Netkwaliteit:

In het kader van dit project zijn bij één groep PV-systemen, vijftien CO₂-balanswoningen te Leeuwarden, tesamen 70 kWp, metingen van netkwaliteit verricht. Uit deze metingen bleek dat het net in de week van de metingen voldeed aan EN50160. De maximaal gemeten THD (Total Harmonic Distortion) was 4.6%, ruim onder het maximum van 8%.

Algemene conclusies en aanbevelingen

Het boven geschetste beeld geeft aan dat PV-systemen in hun eerste jaren voor het overgrote deel al redelijk betrouwbaar zijn. Twee belangrijke zaken zijn echter nog voor verbetering vatbaar. Ten eerste laat de installatiekwaliteit in sommige gevallen nog te wensen over. Het betreft hier in de meeste gevallen installateurs met geringe ervaring met PV-systemen. Een goede opleiding voor het installeren van PV-systemen, ingebed in bestaande systemen voor kwaliteitsborging in de installatiesector, zou hier verbetering in kunnen brengen. Ten tweede is uitval als gevolg van inverterdefecten voor een commerciële markt nog te hoog. Ook hier dient aan gewerkt te worden. De resultaten van dit onderzoek laten zien dat het plaatsen van PV-systemen zonder enige mogelijkheid om het functioneren te kunnen controleren (geen kWh-meter of foutsignalering van inverters) geen goede zaak is.

Aanbevelingen ten aanzien van het monitoren van kwaliteit

In dit onderzoek heeft de focus gelegen op PV-systemen die recentelijk geïnstalleerd zijn. Hoe deze grote aantallen PV-systemen het door de jaren heen doen is op dit moment uiteraard niet bekend. Daarnaast is de markt qua productaanbod (met name inverters) aan zoveel verandering onderhevig, dat de resultaten van nieuwe PV-systemen in de afgelopen jaren waarschijnlijk niet veel zeggen over de te verwachten resultaten in de komende jaren. Om deze twee redenen verdient het aanbeveling om een onderzoek als dit elke twee à drie jaar te herhalen. Het onderzoek aan nieuwe PV-systemen zou sterk vergemakkelijkt worden door het systematisch bijhouden van resultaten van oplevertesten door verschillende partijen die oplevertesten uitvoeren. Er is al een gestandaardiseerde "Procedure voor het controleren van PV-systemen" (NTA 8013). Van de systematiek van het bijhouden van de bevindingen bij deze controles is in dit onderzoek de basis gelegd. Het onderzoek aan bestaande PV-systemen zou eveneens vrij eenvoudig kunnen gebeuren, mits de eigenaren of beheerders van de PV-systemen hieraan mee

willen werken. Indien tijdig en goed opgezet en met medewerking van veel partijen, zou zo'n systeem op termijn veel waardevolle informatie kunnen opleveren, zoals beschikbaarheid van PV-systemen door de jaren heen en uiteindelijk ook de levensduur van een PV-systeem. Dit is waardevolle informatie voor de producenten en leveranciers, energiebedrijven, investeerders en consumenten, voor verzekeringsmaatschappijen en voor beleidsmakers. Aangezien leveranciers bij dit soort onderzoeken niet altijd meewerken is het van belang dat ook kopers van PV-systemen zich actief opstellen bij het initiëren van zulke onderzoeken (consumentenbondfunctie). Een alternatief voor het houden van vervolgonderzoeken zou zijn het opzetten van een klachtenmeldpunt, zodat in ieder geval de uitschieters naar beneden (qua producten zowel als service) er uit gehaald kunnen worden.

1. INLEIDING

Verhalen over slecht functionerende PV-systemen, ook al zijn het slechts geruchten, incidenten of kleine aantallen, verspreiden zich sneller dan verhalen over goed functionerende PV-systemen en kunnen het vertrouwen van de markt schaden. Het is daarom van groot (en algemeen) belang dat er toezicht gehouden wordt op de kwaliteit van PV-systemen, zodat ongewenste ontwikkelingen tijdig gesignaleerd en aangepakt kunnen worden. Eveneens is het van belang dat de consument geïnformeerd wordt over de kwaliteit van PV-systemen. In Nederland is nog niet eerder zo'n onderzoek gehouden, in tegenstelling tot Japan, Zwitserland en Duitsland, waar dit soort informatie vooral in de eerste jaren systematisch verzameld is¹. In dit project is daarom onderzoek verricht om een overzicht over de kwaliteit van PV-systemen in Nederland te verkrijgen, waarbij geconcentreerd is op elektrotechnische en energetische aspecten van kwaliteit, en niet bouwkundige kwaliteit. In deze rapportage worden de bevindingen beschreven.

De werkwijze is iets aangepast ten opzichte van het oorspronkelijke plan. In hoofdstuk 2 wordt de werkwijze nader uiteengezet. In hoofdstuk 3 worden de resultaten gepresenteerd, gevolgd door hoofdstuk 4 met de conclusies en aanbevelingen.

2. WERKWIJZE

In de oorspronkelijke opzet van het project is de fasering als volgt:

1. Inventarisatie functioneren PV systemen (opbrengstgegevens en IR-inspecties)
2. Voorbereiding en selectie PV-systemen voor kwaliteitstesten
3. Inspectie PV-systemen
4. Invertertesten
5. Netkwaliteitsmetingen

Op basis van de bevindingen uit de inventarisatie zouden projecten en partijen benaderd worden voor het doen van uitgebreider testen, zoals oplevertesten en netmetingen. Dit is ten dele ook gebeurd. Echter, er bleek al veel informatie over kwaliteit van PV-systemen her en der beschikbaar te zijn. Deze informatie was echter verspreid aanwezig, niet overzichtelijk en niet vergelijkbaar. Er is daarom besloten om minder testen zelf te doen, zodat meer tijd besteed kon worden aan het verzamelen, ordenen en interpreteren van de informatie die er al was.

2.1 Metingen

De volgende partijen zijn benaderd voor het doen van testen op hun PV-systemen: Eneco, Nuon, Essent, woningcorporatie Stichting St. Joseph Apeldoorn. Dit proces had wat meer voeten in de aarde dan oorspronkelijk gedacht. Partijen vonden het project enerzijds een waardevol en nuttig initiatief, maar anderszijds waren ze zeer bezorgd over de omgang met bewoners en het naar buiten brengen van informatie. In goed overleg is daarom een communicatie-overeenkomst opgesteld, weergegeven in Bijlage I.

Aan netmetingen is minder aandacht besteed dan gepland. De redenen hiervan zijn dat

- (1) er bleek dat in opdracht van EnergieNed op een vijftiental lokaties met PV-systemen netmetingen gedaan zouden worden. De resultaten hiervan zullen beschikbaar worden gesteld aan PV-partijen.
- (2) het lastig bleek projecten te vinden waar het doen van netmetingen zowel zinvol als haalbaar zou zijn (dit laatste met betrekking tot het toestemming verkrijgen).

Ten behoeve van dit project zijn metingen gedaan aan de volgende projecten / PV-systemen:

Vakantiepark Zijpe

Wateringse Veld

Woudhuis Apeldoorn (over dit project is door Van der Borg et al eerder gerapporteerdⁱⁱⁱ)

Stichting St. Joseph Apeldoorn

ODE PV-systeem Baarn

CO₂-balanswoningen Leeuwarden

De rapporten van de metingen van al deze PV-systemen zijn opgenomen in de bijlagen van dit rapport.

Een lijst met alle projecten waarvan informatie is gehaald ten behoeve van dit onderzoek is opgenomen in Bijlage II.

2.2 Analyse gegevens

De informatie die beschikbaar is over projecten en PV-systemen is niet altijd vergelijkbaar. De resultaten zijn daarom ingedeeld in vier groepen:

1. PV-systemen waarvan informatie over meerdere jaren bekend is. Dit is een groep systemen uit het ODE project en het ECN-PV-privé project (12.4 respectievelijk 24.8 kWp)
2. PV-systemen waarvan voldoende monitoringsgegevens bekend zijn om een jaaropbrengst te bepalen. (> 914 kWp aan vermogen in deze categorie).

3. PV-systemen waarvan middels IR-inspecties en oplevertesten momentopnamen van het functioneren gemaakt zijn, meestal in het eerste jaar na installatie (4471 kWp). In de meeste gevallen gaat het om PV-systemen die tussen 2000 en nu gerealiseerd zijn.
4. Een groep PV-systemen van NUON waarvan middels halfjaarlijkse of jaarlijkse momentopnamen cumulatieve gegevens over storingen over een aantal jaar bekend zijn (877 kWp).

In totaal 193 kWp aan PV-systemen valt zowel in groep 2 als 3. In totaal is informatie verzameld van 6105 kWp aan geïnstalleerd piekvermogen.

Analyse van de eerste en tweede groep PV-systemen behoeft hier geen nadere toelichting. De analyse van de derde en grootste groep PV-systemen wordt hieronder toegelicht.

Van alle PV-systemen waarvan momentopnames beschikbaar zijn is een overzicht gemaakt. In dit overzicht zijn de volgende basisgegevens opgenomen:

1. beschikbaarheid van het PV-systeem
2. de situatie tijdens oplevering: een samenvatting van bevindingen tijdens een oplevertest

De beschikbaarheid van een PV-systeem is zowel af te leiden uit InfraRood (IR) opnames van de panelen als uit oplevertesten. Een IR-opname geeft echter meestal geen duidelijkheid over de oorzaak van verminderde beschikbaarheid, het verschil tussen een defecte string of een defecte inverter kan bijvoorbeeld niet gemaakt worden, terwijl dit uit een oplevertest wel blijkt. De binnen dit project gemaakte IR-opnames zijn daarom voor zover mogelijk gevolgd door inspecties, zodat behalve beschikbaarheid iets meer gezegd kon worden over de aard van eventuele verminderde beschikbaarheid en mogelijk andere zaken (ontwerp- of installatiefouten) die niet in de beschikbaarheid tot uitdrukking komen.

De beschikbaarheid van een PV-systeem kan eveneens met een opleverinspectie bepaald worden. Zo'n inspectie levert aanvullende informatie over welke componenten de beschikbaarheid reduceren en over de installatie- en ontwerp kwaliteit. Bij opleverinspecties kan dus, naast de beschikbaarheid, iets gezegd worden over het aanwezig zijn van eventuele installatiefouten, ontwerpfouten, de ernst en de mate van de fouten en welke componenten evt. gefaald hebben. Van alle PV-systemen waarvan deze informatie beschikbaar is, is getracht dit te quantificeren door aan te geven dat er

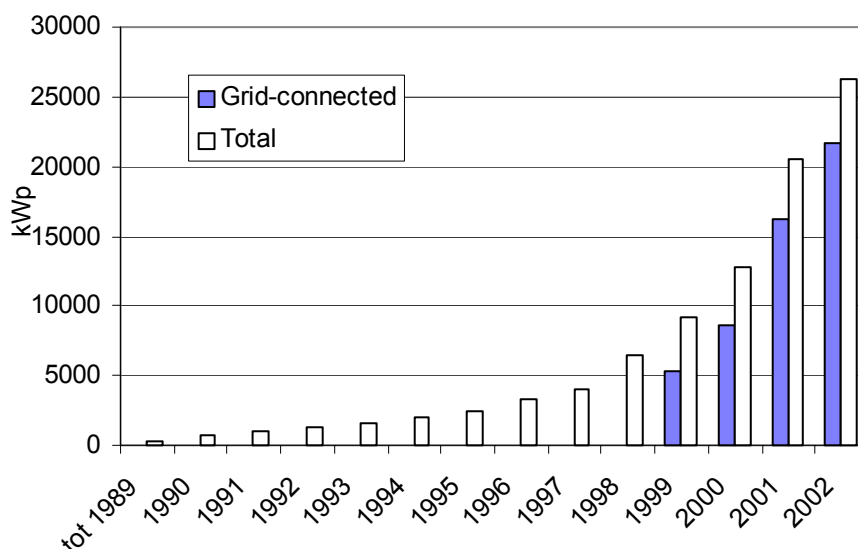
- (0) geen installatiefouten aanwezig waren
- (1) een of meerdere lichte installatiefouten aanwezig waren
- (2) meerdere en/of ernstige installatiefouten aanwezig waren, voldoende voor afkeuren van het PV-systeem.
- (3) vele en/of ernstige fouten aanwezig waren, voldoende voor afkeuren van het PV-systeem.

Aanvankelijk was het de bedoeling om ontwerpfouten als aparte categorie te onderscheiden. Echter, het is niet altijd mogelijk om ontwerpfouten en installatiefouten van elkaar te scheiden. Om een voorbeeld te noemen: een verkeerde kabeldiameter kan zowel een ontwerpfout als een installatiefout zijn (dit zou wel uit de ontwerpdocumentatie kunnen blijken, maar uit het inspectierapport valt dit meestal niet af te leiden). Om deze reden, en omdat er tijdens inspecties niet veel fouten zijn aangetroffen die specifiek als ontwerpfout aangemerkt konden worden, is het onderscheid tussen installatiefout en ontwerpfout niet gemaakt.

3. RESULTATEN

3.1 Inleiding

Tot en met 31 december 2002 is er in Nederland in totaal 21.7 MWp aan netgekoppelde PV-systemen geplaatst. Een overzicht van het cumulatief geïnstalleerd vermogen, netgekoppeld en totaal, is weergegeven in Figuur 3.1.



Figuur 3.1 *Opgesteld PV-vermogen in Nederland, tot en met 2002ⁱⁱⁱ*

In dit project is van 6.1 MWp aan PV-systemen informatie verzameld. Dit is ruim een kwart van het totaal aan opgesteld netgekoppeld PV-vermogen eind 2002. Figuur 3.1 laat ook zien dat 75% van het PV-vermogen in de periode 2000 – 2002 geplaatst is. De resultaten van de momentopnamen gaan voor het overgrote deel over deze periode.

In vrijwel alle gevallen betreft het informatie van PV-systemen die projectmatig (dus meerdere vaak identieke PV-systemen per project, veelal geïnitieerd door projectontwikkelaars, woningcorporaties en energiebedrijven) geplaatst zijn.

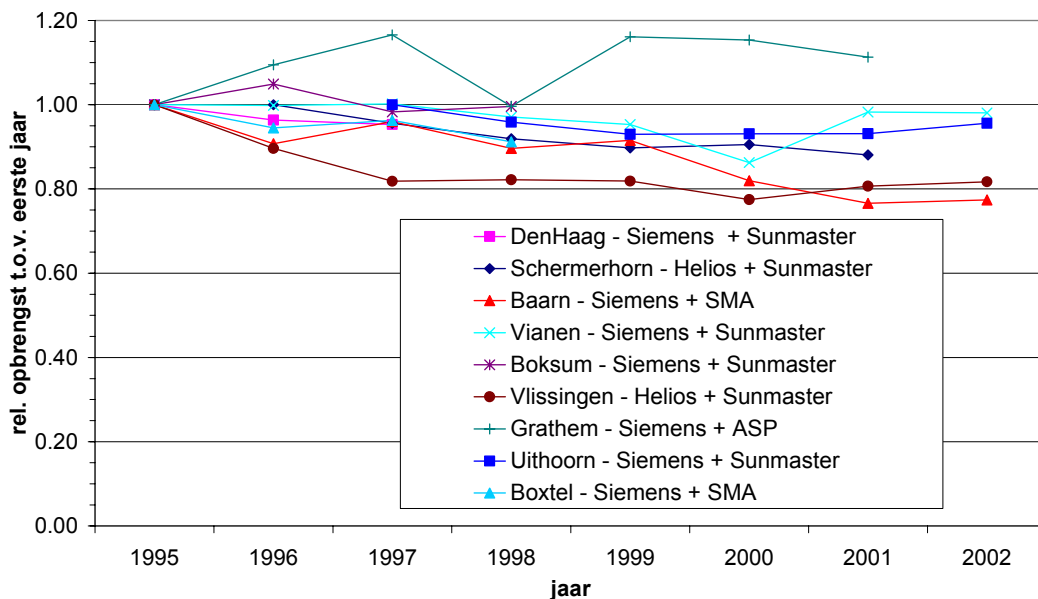
3.2 Groep 1: PV-systemen waarvan informatie over meerdere jaren bekend is

3.2.1 ODE-systemen

Van de oorspronkelijke zestien PV-systemen, die in het kader van het ODE-project in 1994 bij particulieren geplaatst zijn, variërend in grootte van 1.0 – 2.2 kWp, zijn een aantal deelnemers aan het project na afloop van de officiële monitoringsperiode, eind 1996, op verzoek van Ecofys doorgegaan met gegevens doorgeven aan Ecofys. Negen deelnemers hebben in het voorjaar van 2003 een enquête ontvangen over het functioneren van hun PV-systemen. De enquête is bijgesloten als Bijlage III.

Zes deelnemers hebben gereageerd. Van deze PV-systemen konden jaaropbrengsten bepaald worden over een periode tot 8 jaar en kon gecheckt worden of er door de jaren heen nog gebeurtenissen hadden plaats gevonden (uitval, vervangen componenten) die de opbrengst beïnvloeden. In Figuur 3.2 zijn hiervan de resultaten te zien. Van twee PV-systemen waar al geruime tijd geen gegevens meer van verzameld worden, zijn de gegevens toegevoegd aan Figuur 3.2 (Boksum en Boxtel). Hier is de *relatieve genormeerde* opbrengst weergegeven per

jaar. *Relatief* wil zeggen ten opzichte van het eerste kalenderjaar waarvan een jaaropbrengst bepaald kon worden. *Genormeerd* wil zeggen gecorrigeerd voor horizontale instraling met behulp van een naburig meteostation.



Figuur 3.2 Genormeerde jaaropbrengst van acht PV-systemen, in verhouding tot de genormeerde jaaropbrengst in het eerste jaar

In Tabel 3.1 zijn de genormeerde jaaropbrengsten weergegeven waarop Figuur 3.2 gebaseerd is. In de voetnoten bij de tabel zijn enkele gegevens uit de enquête weergegeven die de vorm van de figuur kan helpen verklaren.

Tabel 3.1 Genormeerde jaaropbrengst van acht PV-systemen uit het ODE project (kWh/kWp), niet gecorrigeerd voor eventuele storingen

	Boksum	Schermerhorn	Vianen	Boxtel	Vliissingen	Uithoorn	Baarn	Grathem
1995	849		786	612	722		638	663 ⁱ
1996	891	760	784	579	647		579	697
1997	835	726	787	590	591	748	612	758
1998	846	699	763	558	594	717	572	648 ⁱⁱ
1999		682	750		591	696	585	748
2000		688	678 ⁱⁱⁱ		560	696	523	746
2001		669	772		583	696	488	720
2002			771		590	716	494	
%-afname per jaar	0.1%	2.4%	0.3%	2.9%	2.6%	0.9%	3.2%	1.4%

Een aantal zaken vallen hieruit op:

- De genormeerde opbrengst van het PV-systeem in Boksum is in de eerste vier jaar vrijwel constant.
- Het PV-systeem in Schermerhorn neemt geleidelijk af in genormeerde opbrengst en geeft in het zevende jaar 12% minder opbrengst dan in het eerste jaar.

ⁱ 18-04-1995 omvormer omgeruild

ⁱⁱ Mei – november storing

ⁱⁱⁱ Feb t/m april 2000 subperformance

- Het PV-systeem in Vianen functioneert in het zevende jaar vrijwel even goed als in het eerste jaar. Of het PV-systeem na zeven jaar een constante opbrengst of een licht (2%) afgenomen opbrengst heeft kan niet met zekerheid gezegd worden. De dip in 2000 is veroorzaakt door een storing.
- Het PV-systeem in Boxtel heeft in het vierde jaar 91% van de performance van het eerste jaar. Hier lijkt dus ook een afname in opbrengst op te treden.
- Datzelfde is duidelijk te zien bij het PV-systeem in Vlissingen, dat in het achtste jaar op 82% van zijn oorspronkelijke performance uitkomt.
- Het PV-systeem in Uithoorn geeft in zijn zesde jaar een lichte afname in performance te zien.
- Het PV-systeem in Baarn geeft in de eerste vijf jaar een geleidelijk afnemende genormeerde opbrengst te zien. In het zesde en zevende jaar neemt de opbrengst fors af (5 á 10% per jaar), om in het achtste jaar op 77% van de oorspronkelijke performance uit te komen.
- Het PV-systeem in Grathem had problemen met de omvormer in het eerste jaar en waarschijnlijk ook het tweede jaar. Daarom gaat de relatieve genormeerde opbrengst in eerste instantie omhoog. Als het derde jaar in plaats van het eerste jaar als uitgangspunt genomen zou worden zou dit inhouden dat het PV-systeem vier jaar later een 5% lagere opbrengst geeft.

In Tabel 3.1 is voor elk PV-systeem de procentuele afname per jaar van de opbrengst gegeven. Deze is berekend op basis van het eerste en het laatste jaar dat gegevens beschikbaar waren. Gemiddeld over alle acht PV-systemen neemt de genormeerde opbrengst met 1.7% per jaar af. Dit is duidelijk meer dan de 1% per jaar afname in paneelvermogen die normaliter als vuistregel genomen wordt. Deze vuistregel is echter gebaseerd op data met een vrij grote spreiding. Uit dien hoofde, en gezien de grote spreiding en het kleine aantal PV-systemen in dit onderzoek, is het dus niet verwonderlijk dat de resultaten verschillen. Bovendien gaat het hier om PV-systemen, niet om alleen panelen. De enquête heeft (behalve de zaken die al in de voetnoot vermeld staan) geen bijzonderheden opgeleverd die de teruggang in genormeerde jaaropbrengst kunnen verklaren. Ter extra controle heeft het PV-systeem in Baarn nog een inspectie ondergaan. Hieruit bleken evenmin geen bijzonderheden die de reductie in opbrengst kunnen verklaren; bij twee panelen is delaminatie geconstateerd en bij meerdere panelen wat vervuiling aan de onderkant van de panelen. De details zijn weergegeven in Bijlage IV. Er is geen systematiek te vinden bij welke PV-systemen de grootste terugloop in performance plaats vindt. Een correlatie met paneeltype of invertertype is niet gevonden.

3.2.2 ECN PV-PRIVÉ

In 2000 is in het ECN PV-Privé project door ECN medewerkers 24.8 kW aan AC-modules gekocht (in totaal 261 modules). Het gaat om Sunpower PV-systemen, bestaande uit RSM95 panelen van Shell Solar met OK4 inverters van NKF. Van alle PV-systemen zijn energieopbrengsten verzameld. Ook is bijgehouden hoeveel inverters per jaar in storing gingen. Een overzicht hiervan is gegeven in Tabel 3.2. 2001 is het eerste volledige jaar waarvan gegevens beschikbaar zijn.

Tabel 3.2 *Overzicht storingen ECN PV-Privé project*

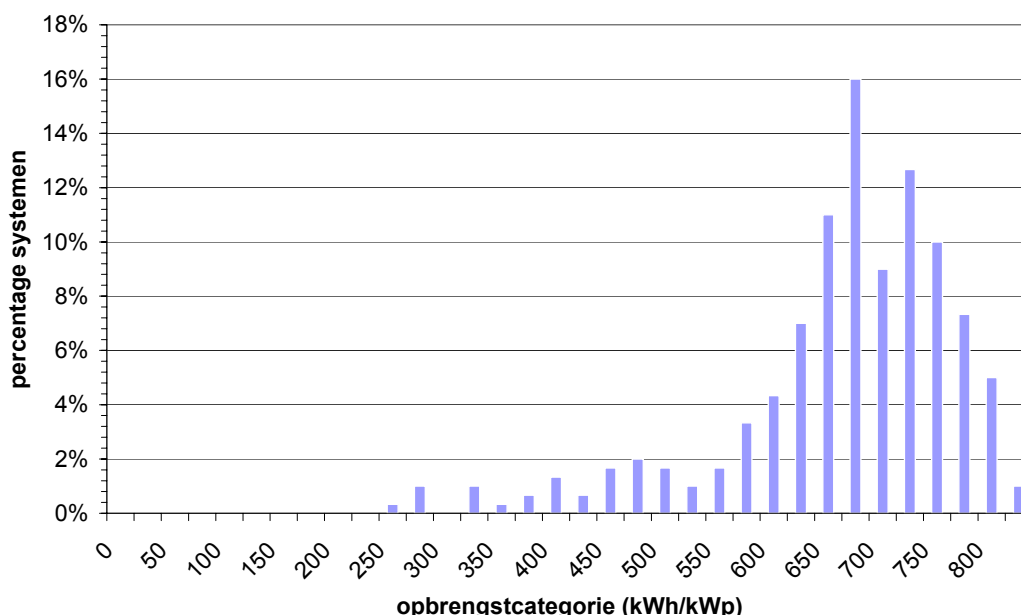
Storing	2001			2002			2003		
	aantal	W	%	aantal	W	%	aantal	W	%
Inverter	4	380	1,53	15	1425	5,75	11	1045	4,21
Module	1	95	0,38	0	0	0	1	95	0,38
Uitleesunit	1	95	0,38	2	190	0,76	0	0	0

In een reactie van NKF op de aantallen inverterstoringen wist NKF te melden dat van de 60.000 verkochte OK4 inverters er in de afgelopen twee jaar 500 (oftewel 0.8%) defect teruggekomen zijn^{iv}. Waarom in dit project significant hogere percentages defect raken kan niet met zekerheid gezegd worden. Volgens NKF hebben sommige series meer last van uitval dan andere. Een factor die zeker meespeelt in het verklaren van dit verschil is dat veel projecten met kleine inverters niet of nauwelijks bemeten worden en uitval dus niet of minder snel gedetecteerd wordt dan bij het ECN-project. Ook zou er verschil kunnen optreden tussen inverters die binnen geplaatst zijn en inverters die buiten geplaatst zijn. In het geval van het ECN project zijn de modules buiten achterop de module geplaatst^v.

In een project met 342 kWp (Wateringse Veld, zie ook Bijlage V) aan panelen met OK4-inverters is in het eerste jaar na installatie een beschikbaarheid van 99.8% gevonden. De vraag is in hoeverre de beschikbaarheid op deze manier bepaald vergelijkbaar is met de gegevens in Tabel 3.2. In Tabel 3.2 gaat het om een cumulatief getal, terwijl de beschikbaarheid in het project Wateringse Veld een momentopname is van PV-systemen van minder dan een jaar oud.

3.3 Groep 2: overzicht projecten door middel van opbrengstgegevens

Hieronder worden opbrengstgegevens van drie subgroepen PV-systemen (i.e. subgroepen van groep 2) weergegeven in frequentiediagrammen van genormeerde jaaropbrengst.



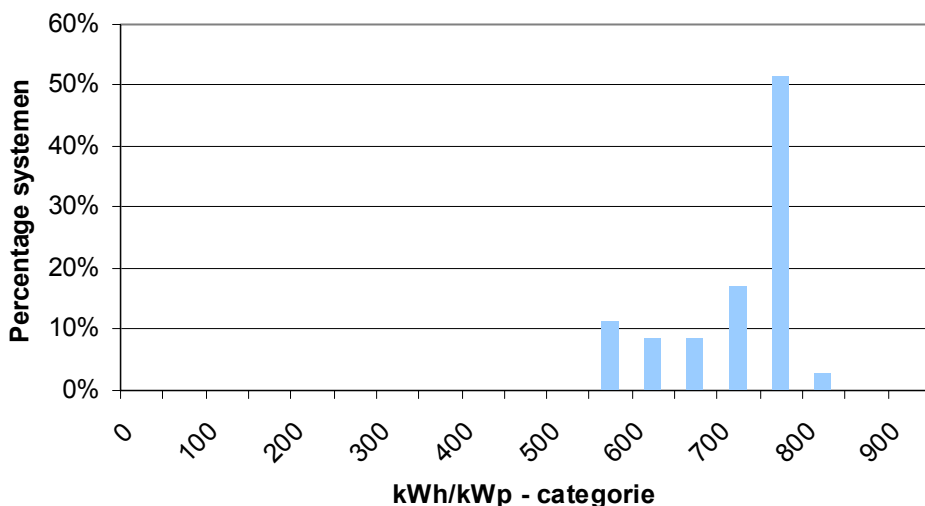
Figuur 3.3 Groep 2-1: Nieuwland, mei '01 t/m april '02, 300 woningen (754 kWp)

GROEP 2-1

De eerste groep vormen PV-systemen uit het 1.3 MWp PV project in Nieuwland, Amersfoort. In dit project zijn 452 nieuwbouwwoningen van PV-systemen voorzien, variërend in grootte van 0.8 tot 4.4 kWp. Deze PV-systemen zijn globaal gemonitord. In Figuur 3.3 is het frequentiediagram van genormeerde jaaropbrengst voor deze groep PV-systemen gegeven, in de periode mei 2001 tot en met april 2002. Van 300 PV-systemen is in deze periode een volledig jaar aan data beschikbaar. De gemiddelde opbrengst van deze PV-systemen was 660 ± 100 kWh/kWp. De meest voorkomende opbrengst ligt in het interval 675 – 700 kwh/kWp. Er zijn verschillende oorzaken voor de 'staart' in de distributie, te weten beschaduwing, ongunstige hellingshoek en waarschijnlijk ook slecht functioneren. Details over Nieuwland kunnen gevonden worden in een update van de laatste technische rapportage^{vi}.

GROEP 2-2

In een eerder gemaakt overzicht van analytisch gemonitorde PV-systemen in Nederland wordt een frequentiediagram van 35 analytisch gemonitorde PV-systemen gegeven^{vii}. Deze tweede groep PV-systemen is overgenomen en weergegeven in Figuur 3.4.



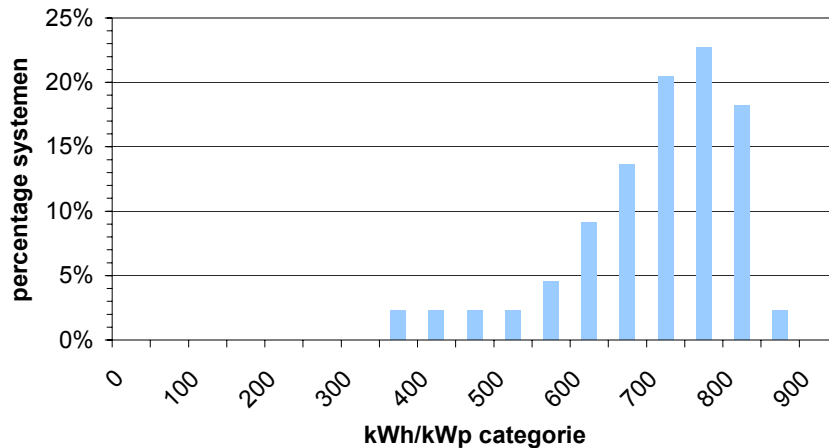
Figuur 3.4 Groep 2-2: frequentiediagram van 35 analytisch gemonitorde PV-systemen

De gemiddelde genormeerde opbrengst is hier 720 kWh/kWp. Het valt op dat er, in vergelijking met Figuur 3.3, minder PV-systemen zijn met een zeer lage opbrengst. Hierbij dient in aanmerking genomen te worden dat de PV-systemen in Groep 2-2 analytisch gemonitord zijn: als er componenten uitvallen wordt dit vaak snel opgemerkt. Daarnaast wordt bij analytisch monitoren meestal getracht om een geheel jaar aan data zonder systeemuitval te verzamelen, ten einde een goed beeld van de performance van de componenten te verkrijgen.

GROEP 2-3

Bij de frequentieverdeling van de derde groep PV-systemen, weergegeven in Figuur 3.5, betreft het systeemgegevens verzameld van monitoringsprojecten van Ecofys (waaronder Energie-evenwicht woningen in Etten-Leur, CO₂-balans woningen in Leeuwarden en woningen uit het HIP-HIP project in Amstelveen) in combinatie met gegevens verzameld met de Zonnewijzer internetsite^{viii}. Net als in Figuur 3.3 heeft deze distributie een 'staart' met slecht presterende PV-systemen. Van een aantal PV-systemen in de 'staart' is bekend dat er in die periode problemen waren met inverters (zowel Leeuwarden^{ix} als Etten-Leur^x).

De gemiddelde genormeerde jaaropbrengst is 710 ± 110 kWh/kWp; de meest voorkomende jaaropbrengst ligt in het interval 750 – 800 kWh/kWp. De best presterende PV-systemen bevinden zich in Amstelveen met 840 kWh/kWp. Deze PV-systemen hebben het PV-700 systeem van Lafarge, met BP-panelen met Mastervolt inverters. Daarentegen heeft een project in Tiel met hetzelfde PV-700 systeem, inclusief BP-panelen, een veel lagere opbrengst. Op basis van een half jaar data is van dit project de genormeerde jaaropbrengst op 620 kWh/kWp bepaald. De PV-systemen met BP-panelen in Nieuwland hebben eveneens een opbrengst die niet boven het gemiddelde uitstijgt. Mogelijk geven de BP-panelen in combinatie met het PV-700 systeem, waarbij de panelen goed geventileerd zijn, een goede opbrengst. Echter, het voornaamste dat deze cijfers illustreren is dat het zonder gedetailleerde monitoringsgegevens of gegevens van de historie van PV-systemen, zonder flashtestgegevens van modules en met beperkte aantallen PV-systemen een hachelijke zaak is om verschillen in opbrengst toe te schrijven aan het verschil in gebruikte componenten.

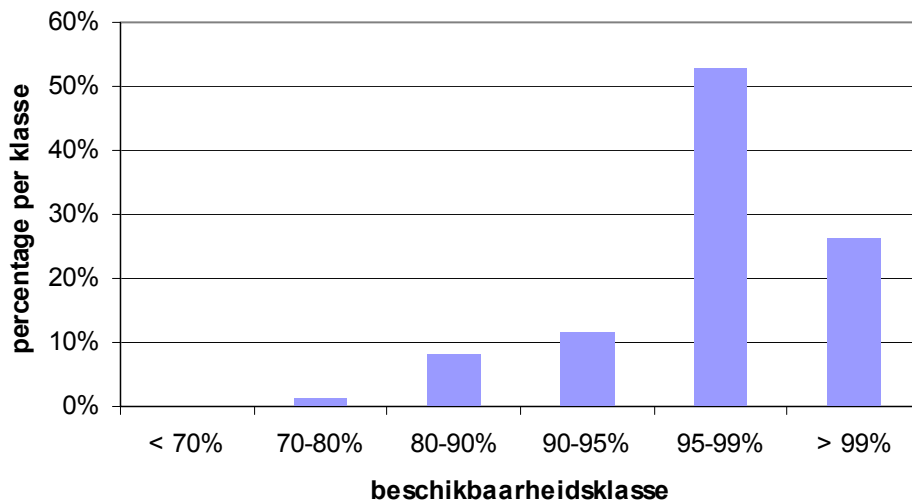


Figuur 3.5 Groep 2-3: Zonnewijzer PV-systemen 2002, 44 PV-systemen, 160 kWp

3.4 Groep 3: overzicht projecten door middel van momentopnamen

Van 21 projecten met in totaal 4471 kWp aan opgesteld vermogen is de momentane beschikbaarheid naar rato van kWp bepaald. In de meeste gevallen was dit kort na ingebruikname; in sommige gevallen was dit in de eerste twee jaar na ingebruikname en in een uitzonderingsgeval was dit tot 4 jaar na ingebruikname.

Figuur 3.6 geeft een overzicht van de beschikbaarheid van deze groep PV-systemen.



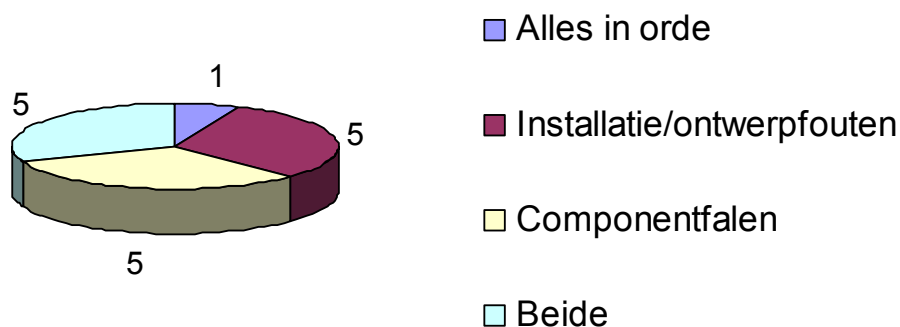
Figuur 3.6 Beschikbaarheid van PV-systemen, momentopname.

De figuur laat zien dat slechts weinig PV-systemen (26%) geheel of vrijwel geheel beschikbaar zijn. 14% van de PV-systemen had een beschikbaarheid van 100%. De gemiddelde beschikbaarheid (gewogen naar kWp) lag op 96%.

In de 4471 kWp aan PV-systemen van groep 3 bevindt zich ook het PV-systeem van 2.4 MWp op de Floriade. Dit PV-systeem (met 8 Siemens inverters en speciale modules gebaseerd op Siemens module type SP140), is vrijwel geheel (> 90%) geïnspecteerd met IR-thermografie. De beschikbaarheid van dit PV-systeem bij inspectie kwam op 96.7%. Het betrof hier verkeerd geïnstalleerde strings. Deze fouten zijn na de inspectie verholpen.

Van het PV-renovatieproject van woningcorporatie Stichting St. Joseph Apeldoorn is bijna 500 kWp geïnspecteerd met behulp van IR-thermografie. Rapportage is opgenomen als Bijlage VI en de gegevens zijn eveneens onderdeel van groep 3.

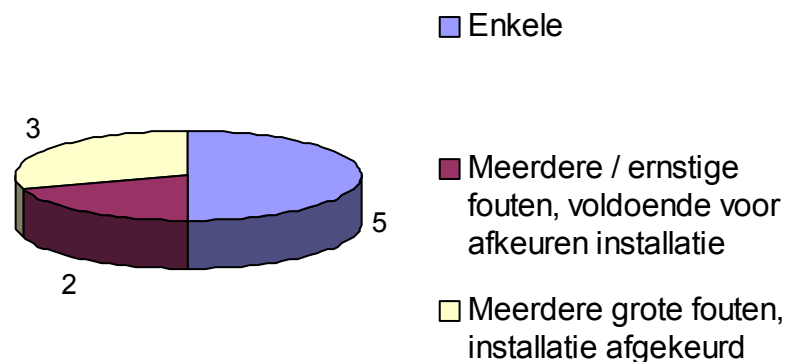
Een subgroep van 16 van de projecten in groep 3 (in totaal 1513 kWp) was behalve beschikbaarheid meer gedetailleerde informatie bekend over de oorzaak van eventuele verminderde beschikbaarheid en installatie- en ontwerpfouten. Figuur 3.7 geeft een beeld van de mate waarin fouten gevonden worden bij opleveringscontroles. Het laat zien dat bij één project alles in orde was. Bij de overige projecten zijn installatie- of ontwerpfouten aangetroffen (in totaal bij vijf projecten), componentfalen (vijf in totaal) of beide (vijf in totaal) aangetroffen. Van twee van de vijf projecten waar installatiefouten werden aangetroffen betrof het overigens alleen het ontbreken van documentatie.



Figuur 3.7 *Gevonden fouten bij opleveringscontroles bij 16 projecten, gemiddelde projectgrootte 95 kWp.*

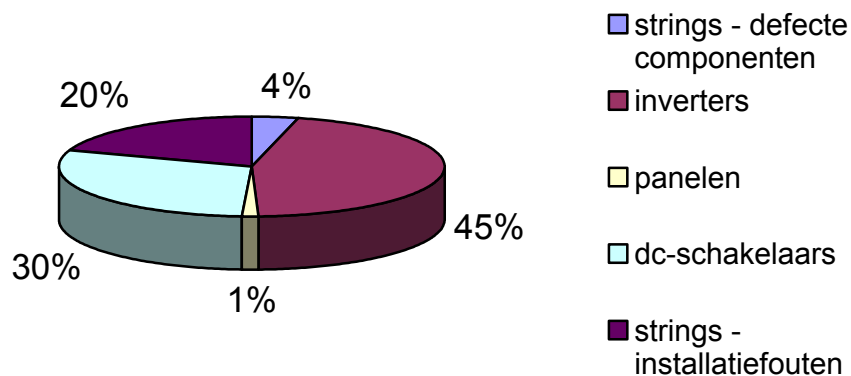
De projectgrootte varieerde hierbij van 12 tot ruim 300 kWp, met een gemiddelde grootte van 95 kWp. Nu is de kans op het aantreffen van een installatiefout of defecte component uiteraard afhankelijk van de grootte van het project en daar de projectgrootte nogal varieert, zijn deze getallen sterk afhankelijk van de genomen steekproef aan projecten. Het is dan ook slechts een grove indicatie van de ervaring uit opleveringscontroles.

Figuur 3.8 zoomt in op de mate waarin installatie- en ontwerpfouten zijn aangetroffen bij de tien PV-systemen met installatiefouten uit Figuur 3.7. De categorieën zijn in 2.2 beschreven. Een opsomming van de aard van de gevonden fouten is weergegeven in Tabel 3.3 aan het einde van deze paragraaf.



Figuur 3.8 Aard en gradatie van gevonden ontwerp- en installatiefouten

Figuur 3.9 zoomt in op de aard van gevonden defecten aan componenten (van de tien PV-systemen met componentfalen uit Figuur 3.7). Deze grafiek is als volgt bepaald: van alle fouten aan componenten is bepaald hoeveel kWp daarmee niet meer beschikbaar is voor energieproductie. Behalve defecte componenten hebben ook niet goed geïnstalleerde strings (die dus onder de categorie installatiefouten vallen) een invloed op de energieproductie. Deze zijn ook meegenomen in de grafiek. Daarnaast zijn er componenten die defect kunnen zijn die niet direct van invloed zijn op de energieproductie, zoals varistoren. Kapotte varistoren zijn gevonden tijdens een controle van een PV-systeem dat in 1998 geïnstalleerd is. Deze zijn dus niet meegenomen in de grafiek.



Figuur 3.9 Oorzaken van gereduceerde beschikbaarheid, naar rato van 'gemiste kWp'. Beschikbaarheid van deze subset van tien PV-systemen (101 kWp) was 94%

De gemiddelde beschikbaarheid van de PV-systemen waarvan gedetailleerdere informatie aanwezig was, was 94% in plaats van de eerder gevonden 96%.

Uit Figuur 3.9 blijkt duidelijk dat inverters de voornaamste oorzaak van verminderde opbrengst zijn. De vermindering van beschikbaarheid naar rato van kWp als gevolg van defecte inverters in de steekproef van Figuur 3.9 is dus 2.7% (45% van 6% totale vermindering van beschikbaarheid). De overige 3.3% is het gevolg van kapotte dc-schakelaars (dit was overigens maar één project), verkeerd aangesloten strings, kapotte stringzekeringen en als laatste kapotte panelen (dit laatste ook in één project, als gevolg van vandalisme).

Er zijn in de onderzochte subgroep van 1513 kWp in groep 3 inverters gebruikt van de volgende fabrikanten (percentages naar rato van vermogen, niet aantallen inverters):

Enertron (11.9%)

Mastervolt (35.2%)

SMA (29.5%)

NKF (22.6%)

Fronius (0.8%)

Er is in eerste instantie geen onderscheid gemaakt tussen beschikbaarheid per fabrikant of type inverter. De aantallen zijn hiervoor te klein om tot een significant verschil te kunnen komen.

Tabel 3.3 *Overzicht gevonden fouten en defecten*

Installatiefouten	Ontwerpfouten	Falende componenten
bekabelingsfouten (kabels niet goed vastgezet)	te kleine kabeldiameter	onderconstructie (materiaalfouten)
polariteit module in string verkeerd	2 modules in portrait positie op console gemonteerd	dc-schakelaar
geen documentatie aanwezig	beveiliging strings ontbreekt	inverter
waarschuwingstekens ontbreken	dc-schakelaars ontbreken	kapotte modules (vandalisme)
onderconstructie niet geaard	lage hellingshoek in combinatie met geframede modules (vuil blijft zitten)	stringzekering
modules niet goed aangesloten		overspanningsbeveiliging
koppelkast niet geaard		

Van een project waarin een hellingshoek van 6 graden gecombineerd was met geframede modules is monitoringsrapportage beschikbaar^{xi}. Er kon niet vastgesteld worden hoeveel opbrengstverlies veroorzaakt wordt door deze ontwerpfout. Echter, hier is wel eerder onderzoek naar gedaan. In een onderzoek in Zwitserland is bij hellingshoeken rond de 30 graden variërend van 4 tot 10% opbrengstverlies als gevolg van vervuiling geconstateerd, waar bij modules met randen en frames het verlies het grootst was^{xii}.

3.5 Groep 4: een groep PV-systemen van Nuon

Nuon heeft aan ECN gegevens ter beschikking gesteld van 877 kWp aan PV-systemen van Nuon die één maal per half jaar of per jaar gecontroleerd worden. Uit de opbrengstanalyse is gebleken dat de Nuon PV-systemen een redelijk goede verhouding hebben tussen wat van een PV-systeem verwacht mag worden en wat in de praktijk opgewekt wordt: gemiddeld wordt 79% van de verwachte energieopbrengst ook daadwerkelijk geproduceerd.

De resultaten van de analyse van de storingen zijn weergegeven in Tabel 3.4^{xiii}. In de tabel zijn geen aparte PV-systemen weergegeven, maar is een indeling per module/invertercombinatie weergegeven. De groep "overige" bestaat uit verschillende combinaties en is niet verder uitgesplitst omdat het onderscheid van percentages defecten naar modules en inverters hier niet zinvol is.

Tabel 3.4 *Overzicht gevonden defecten bij NUON PV-systemen, cumulatief over een periode van 3 jaar. De PV-systemen zijn ingedeeld naar module/inverter combinatie % naar rato van vermogen*

Module/inverter combinatie		Totaal geïnstalleerd vermogen	DEFECT			
Module	Inverter		Inverter	Installatiefout	Module	overige
		kWp	%	%	%	%
Shell Solar RSM 100	SunMaster 2500	116	5.4	0.9		
Shell Solar RSM 110	SunMaster 2500	160	1.5	13.6		0.6
Solarex 120	SunMaster 2500	31	6.4			
Siemens 110	SunMaster 2500	37				8.9
Shell Solar RSM 95	SunMaster 2500	29			0.3	
Shell Solar RSM 95	Sunny Boy 700	365	15.6	5.2	0.5	0.8
Shell Solar RSM 95	Sunny Boy 850	9	10.8			
Shell Solar RSM 110	SunMaster 1500	13	7.8			
overige	overige	117	25.4	5.7		0.1

Totaal

877

De percentages die genoemd worden zijn cumulatief, dat wil zeggen dat alle fouten die gedurende de levensduur van het PV-systeem gevonden zijn meegenomen zijn. De levensduur van de PV-systemen is 3 jaar, in enkele gevallen varieert het van 2 tot 5 jaar.

Bij veel PV-systemen is meer dan één storing voorgekomen. Al deze storingen zijn, voor zoveel mogelijk, meegenomen en verrekend naar kWp-en. Een lijst met specifieke voorbeelden van gevonden fouten in de verschillende categorieën is weergegeven in Tabel 3.5.

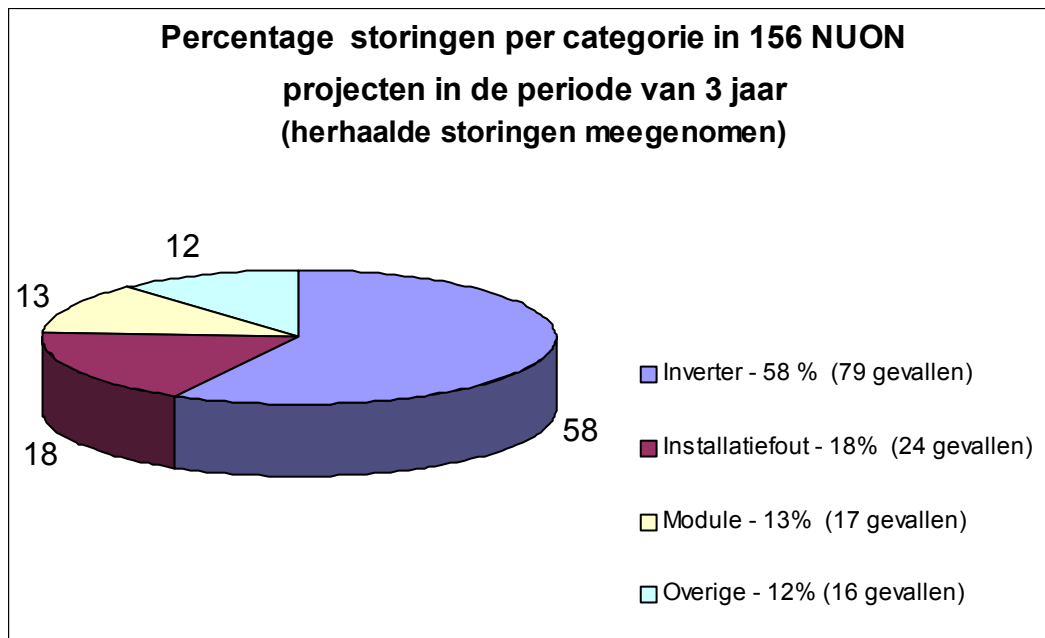
Tabel 3.5 *Toelichting van defecten en fouten NUON-PV-systemen*

Inverter defect	Installatie/ ontwerpfout	Module defect	Overige
doorgebrand	Vergeten inverter in te schakelen	Glasplaat kapot	Storing veroorzaakt door bliksem
Zekering defect	Plaatselijk beschaduwning	veel dc-schakelaar	Vandalisme
Verwerking en schade door vocht	Losse kabels	inverter	Aardfoutdetectie defect
Verkeerde jumpersetting	Te lange bekabeling	kapotte modules (vandalisme)	
ENS-functie verkeerd ingesteld, waardoor opbrengstderving optrad	Modules verkeerd aangesloten	stringzekering	
	Verkeerde verbindingssklemmen	overspanningsbeveiliging	
	Tilthoek onnodig groot		
	Niet goed aangedraaide elektrische verbindingen		

In een configuratiegroep met SMA Sunny Boy 700 inverters zijn er vrij veel storingen aan inverters voorgekomen. De meeste van deze inverters zijn buiten geplaatst. Om deze reden is een SMA Sunny Boy 700 inverter onderworpen aan de duurtesten in een klimaatkamer. Meer informatie hierover is te vinden in paragraaf 3.6.

Om een beeld te verkrijgen van het aantal storingen per categorie zijn alle storingen opgeteld en het percentage berekend. Het resultaat is weergegeven in Figuur 3.10. De storingen die binnen

de levensduur meerdere malen aan dezelfde component van een PV-systeem voorkwamen zijn ook meegenomen. Het is duidelijk dat in de groep Nuon PV-systemen de inverters de zwakste schakel van een PV-systeem zijn. Het opbrengstverlies zou omlaag gebracht kunnen worden indien er op toegezien wordt dat de storing op tijd gesignaleerd wordt en de periode tussen de signalering en de reparatie zo kort mogelijk wordt gehouden.



Figuur 3.10 *Percentage storingen per categorie in 156 NUON projecten in de periode van 3 jaar*

3.6 Invertertesten

Aanvankelijk was het de bedoeling in dit project inverters volgens de ‘Dutch Guidelines’^{xiv} te testen op functionele eigenschappen, MPP-eigenschappen, beveiligingsmechanismen en vermogenskwaliteit. Tegen de tijd dat het project begon bleken de belangrijkste invertertypen die in Nederland toegepast worden al volgens deze Guideline getest te zijn. In plaats daarvan is besloten een set klimatologische beproevingen te doen, waarvan paragraaf 3.6.2 de resultaten geeft. Voor de volledigheid zijn de conclusies uit de rapportage die een overzicht geeft van de typetesten volgens de Dutch Guidelines hieronder herhaald^{xv}.

3.6.1 Evaluatie van negen netgekoppelde inverters

Het doel van het project “Thermische evaluatie van moderne netgekoppelde PV-inverters tot 1,5 kW^{xv}” was het in kaart brengen van de gebruikte technieken, de materiaalkeuze, de te verwachten levensduur en de elektrische eigenschappen.

De inverters zijn bemeten op de volgende aspecten:

- Functionele eigenschappen
- MPP eigenschappen
- Beveiligingsmechanismen en
- Vermogenskwaliteit

Het gaat om negen inverters, waarvan twee oude inverters die een belangrijk aandeel op de Europese markt hebben. De overige zeven inverters zijn nieuwe concepten of prototypen voor de marktintroductie. De volgende inverters zijn getest:

1. Dorfmueller - DMI 350/50
2. SMA - SWR 700
3. SMA - SWR 1100 E

4. Mastervolt - Soladin 120
5. Mastervolt QS 1200
6. Philips - PSI 300
7. De Drie Electronics - Gridfit 250
8. NKF - OK5
9. Solar Fabrik - Convert 2000

De metingen zijn in de rapportage samengevat zonder dat er een relatie kan worden gelegd met individuele inverters. De uitgebreide rapportages zijn vertrouwelijk ter bescherming van de inverter eigenaren. Naast de metingen is de ontwerpkeuze per afzonderlijke inverter in kaart gebracht en is er aandacht besteed aan de innovatieve aspecten en betrouwbaarheid van de inverters.

Uit het onderzoek volgden de volgende conclusies:

- De elektrische testen laten zien dat het moeilijk is om elektrische eigenschappen van de nieuwe inverters te verbeteren ten opzichte van de oudere inverters en dat de nieuwe inverters ongeveer gelijk presteren aan de oudere inverters.
- Geen van de geteste inverters heeft een hoger rendement dan 94%.
- Bij het verbreken van de AC of DC zijde reageren de nieuwe inverters sneller dan de oudere inverters. Ook de reactietijden op spanningsstap vertonen hetzelfde beeld.
- Bedrijven die nieuwe inverters ontwikkelen, maken gebruik van technieken en materialen waarmee zij vertrouwd zijn.
- Het is mogelijk om de kosten en betrouwbaarheid van een PV-systeem te verbeteren door het toepassen van nieuwe inverter-concepten en technieken. Door deze innovaties wordt het aantal componenten beperkt en worden de handmatige productiestappen verminderd. Drie van de onderzochte inverters passen zulke innovaties toe dat er sprake kan zijn van een nieuw concept.
- Een nieuwe generatie inverters dient zich aan met een integraal concept voor toegepaste technologie, bekabeling en installatie van de inverter.

3.6.2 Klimatologische beproevingen^{xvi}

De ontwikkeling van de IEC-norm (committee draft for vote 82/330/CDV van de IEC 62093 - "Balance of system components for photovoltaic systems - Design qualification natural environments") is sinds het schrijven van het projectvoorstel vergevorderd en het is nu mogelijk om er gebruik van te maken. In deze draft staan onder andere de klimatologische beproevingen beschreven, die inverters die geschikt zouden moeten zijn om buiten geplaatst te worden, zouden moeten kunnen doorstaan.

Zoals al in paragraaf 3.5 vermeld, zijn er bij de groep Nuon PV-systemen vrij veel problemen met inverters van het type Sunny Boy SWR 700 geconstateerd. Deze inverters zijn ontworpen om buiten te kunnen functioneren. Ze zouden dus de klimaattesten bestemd voor dit type inverters moeten kunnen doorstaan. Dit is getest voor één inverter van dit type. Er is besloten om een Sunny Boy SWR 700 inverter te gaan testen die voor de a-Si PV-systemen op de façades van gebouw 40 bij ECN gebruikt is. De Sunny Boy SWR 700 inverters van het a-Si PV-systeem op gebouw 40 zijn vanaf het jaar 1998 in gebruik, wat overeen komt met de meeste gefaalde inverters van de PV-systemen meegenomen in het onderzoek van de Nuon PV-systemen. De inverter is echter gedurende de hele levensduur binnen geplaatst geweest en heeft nog niet aan enige klimaatinvloed bloot gestaan. Het testen van een gebruikte inverter kan beter de mogelijke oorzaak van de storingen en zwakke punten van een deels gesloten inverter aantonen.

Volgens de ontwerpnorm dienen eigenlijk drie inverters aan drie verschillende testseries onderworpen te worden, maar dat was binnen het kader van dit project niet mogelijk. Er is

daarom gekozen voor één van de drie testseries. Deze serie bestaat uit drie klimatologische beproevingen:

- de thermal cycling test
- de humidity-freeze test
- de damp heat, cyclic test

Een noemenswaardige aanpassing van de thermal cycling test is het verlagen van de voorgeschreven maximum temperatuur van 85 naar 65 °C, om de inverter niet buiten zijn specs te bedrijven.

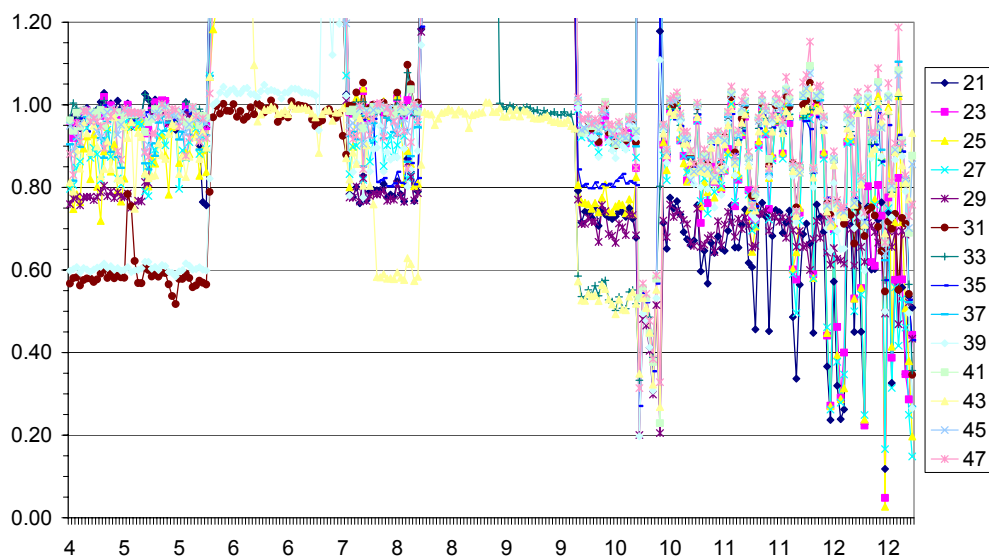
De duurtesten zijn uitgevoerd in een klimaatkast van het laboratorium van ECN.

De Sunny Boy SWR 700 heeft de testen Thermal cycling test en Humidity-freeze test met goed resultaat doorstaan. Na de Damp heat, cyclic test was de inverter defect.

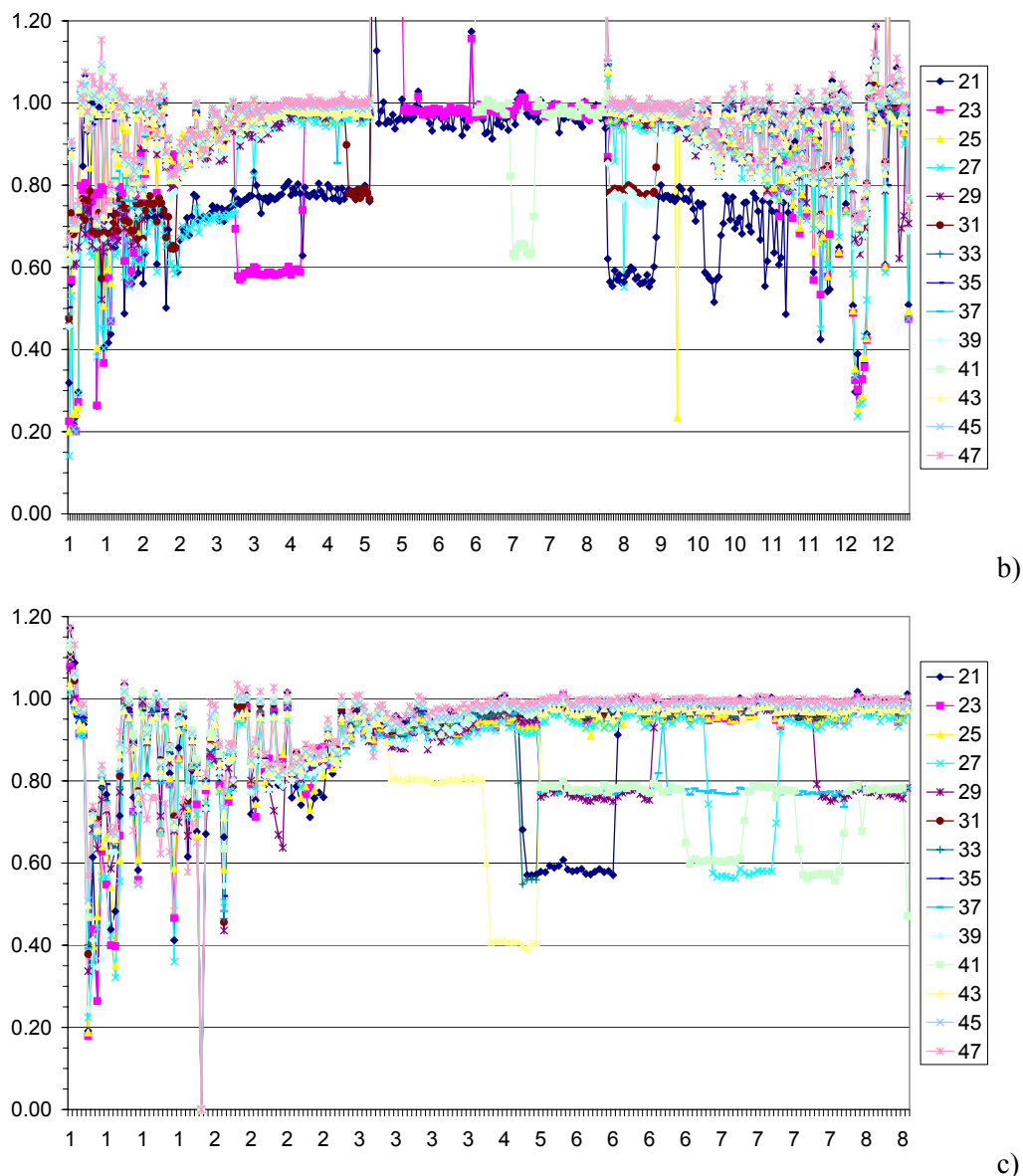
De uitgebreide rapportage over de klimaattesten is opgenomen als Bijlage X.

3.7 Netmetingen

In 2001 zijn in de Pieter Christiaanstraat in Leeuwarden vijftien zogeheten ‘CO₂-balans’woningen gerealiseerd. Elk van de woningen heeft een PV-systeem van 4.6 kWp. Al snel bleek dat er inverters uitvielen. De opbrengst van de PV-systemen, relatief ten opzichte van de opbrengst van het PV-systeem op nr. 49, is weergegeven in Figuur 3.11.



a)



Figuur 3.11 *Relatieve opbrengst van PV-systemen van CO₂-balanswoningen te Leeuwarden in de tijd (maandnummers op x-as), ten opzichte van de opbrengst van het PV-systeem op nr. 49, a) in 2001, b) in 2002 en c) in 2003*

Volgens BP, leverancier van de PV-systemen, waren er in het begin inderdaad problemen met de inverters (2 typen Sunny Boy van SMA): bij het opstarten van de inverters trokken de inverters zodanig veel stroom uit het net dat er zekeringen sprongen. Dit probleem zou in 2003 allang opgelost moeten zijn. Er vindt echter nog steeds uitval plaats.

Ter controle zijn in augustus 2003 netmetingen verricht bij huisnummer 21 van de Pieter Christiaanstraat. Deze metingen wijzen uit dat de netkwaliteit ter plaatse gedurende de hele meetweek aan de gestelde norm (EN60150) voldoet. Enige spanningsoprijving door de PV-systemen gedurende de dag is wel waarneembaar, maar het blijft allemaal ruim binnen de gestelde grenzen. Op bewolkte dagen, zoals 29 augustus 2003, waar de instraling op uurbasis waarschijnlijk niet boven de 300 W/m² uitkwam, is de maximale spanning vergelijkbaar met de spanning 's nachts. Op enkele zonnige dagen (met uurgemiddelden tot 700 W/m²) loopt de spanning wat verder op, maar komt niet verder dan 4.7% boven de nominale waarde van 230 V. De maximaal gemeten THD (Total Harmonic Distortion) was 4.6%, ruim onder het maximum van 8%.

De rapportage van Essent is opgenomen in Bijlage IX.

4. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Van in totaal ruim 6 MWp aan opgesteld PV-vermogen in Nederland is informatie verzameld over de kwaliteit. Er is in dit project gestreefd naar het verzamelen van globale informatie over een zo groot mogelijk opgesteld PV-vermogen. Het proces van het verzamelen van informatie is gedaan door marktpartijen te verzoeken medewerking te verlenen aan het project, door het aanleveren van bestaande gegevens en eventueel ook door toestemming te geven voor het doen van gerichte metingen ten behoeve van dit project. Het verzamelen van bestaande gegevens over kwaliteit heeft het mogelijk gemaakt om informatie over een aanzienlijk vermogen te verkrijgen. Het nadeel hiervan echter is dat de gegevens divers van aard zijn en niet altijd goed vergelijkbaar. Dit maakte het verzamelen, ordenen en analyseren van de informatie een intensief proces.

Al naar gelang de aard van de gegevens zijn de PV-systemen opgedeeld in vier groepen:

1. PV-systemen waarvan informatie over meerdere jaren bekend is. Dit is een groep PV-systemen uit het ODE project en het ECN PV-Privé project (12.4 respectievelijk 24.8 kWp).
2. PV-systemen waarvan voldoende monitoringsgegevens bekend zijn om een jaaropbrengst te bepalen. (> 914 kWp aan vermogen in deze categorie).
3. PV-systemen waarvan middels IR-inspecties en oplevertesten momentopnamen van het functioneren gemaakt zijn, meestal in het eerste jaar na installatie (4471 kWp). In de meeste gevallen gaat het om PV-systemen die tussen 2000 en nu gerealiseerd zijn.
4. Een groep PV-systemen van Nuon waarvan middels halfjaarlijkse of jaarlijkse momentopnamen cumulatieve gegevens over storingen over een aantal jaar bekend zijn (877 kWp).

In totaal 193 kWp aan PV-systemen valt zowel in groep 2 als 3. Hieronder volgen de conclusies per groep, gevolgd door algemene conclusies en aanbevelingen ten aanzien van het monitoren van kwaliteit.

Groep 1:

Van acht ODE-systemen (geïnstalleerd in 1994) blijkt dat de genormeerde jaaropbrengst met 1.7% per jaar afneemt, variërend van 0.1% - 3.2% per jaar. Een correlatie met paneeltype of invertertype is daarbij niet gevonden. Een vragenlijst aan alle eigenaren plus een inspectie van één PV-systeem ter plaatse leverde geen bijzonderheden op. De oorzaak van deze vermindering is dus niet gevonden.

Bij het ECN PV-privéproject (2000) is een inverter-uitvalpercentage gevonden van 1.5% in het eerste jaar, 5.8% in het tweede jaar en 4.2% in het derde jaar. In het project Wateringseveld, met hetzelfde invertertype (OK4 van NKF, inmiddels niet meer op de markt), is 0.2% uitval gevonden op een momentopname in het eerste jaar na installatie.

Groep 2:

In Nieuwland 1 MW PV-project (1998) is in de periode mei 2001 – april 2002 een gemiddelde jaaropbrengst van 660 ± 100 kWh/kWp gevonden. De ‘staart’ in de distributie is een combinatie van ongunstige ligging, beschaduwing en slecht functioneren van PV-systemen.

In overige projecten is voor 2002 een gemiddelde jaaropbrengst van 710 ± 110 kWh/kWp gevonden.

Groep 3:

Momentopnames van PV-systemen door middel van opleverinspecties en IR-opnamen geven een gemiddelde beschikbaarheid van 96%. Zo’n momentopname is in veel gevallen het moment van oplevering, in sommige gevallen enkele maanden later en in een enkel geval een paar jaar na installatie. Verminderde beschikbaarheid is voor 45% te wijten aan defecte inverters, voor 30% aan defecte dc-schakelaars (dit is de invloed van één groot PV-systeem). Overige oorzaken

zijn: verkeerd aangesloten strings, kapotte stringzekeringen, in uitzonderingsgeval kapotte panelen (veroorzaakt door vandalisme). Ook installatie- en ontwerpfouten die de energie-opbrengst niet beïnvloeden, zoals ontbrekende waarschuwingstekens, losliggende kabels, ontbrekende stringzekeringen, worden met enige regelmaat gevonden. Zestien projecten waarvan meer gedetailleerde informatie middels oplevertesten bekend is, met een gemiddelde grootte van 95 kWp geven de volgende resultaten: bij 1 project is alles in orde bevonden. Bij de overige projecten zijn installatie- of ontwerpfouten aangetroffen (5), componentfalen (5) of beide (5) aangetroffen. Van 2 van de vijf projecten waar installatiefouten werden aangetroffen betrof het overigens alleen het ontbreken van documentatie.

Een eerste conclusie zou kunnen zijn dat de PV-systemen in deze zestien projecten bij oplevering in termen van energie-opbrengst vrij goed functioneren. Hier zijn echter een aantal kanttekeningen bij te plaatsen:

- Als bij of vlak na oplevering gemiddeld 4% niet werkt, wat zegt dit over het functioneren in de jaren daarna?
- Sommige gevonden fouten kunnen leiden tot derving van energie-opbrengst in de toekomst of de veiligheid van het PV-systeem compromitteren.
- Het blijkt dat in het overgrote deel van de projecten bij oplevering nog problemen zijn die opgelost moeten worden. Zulke ‘after-sales’-problemen kunnen een behoorlijke kostenpost voor klant of leverancier vormen.

Groep 4:

Het opbrengstverlies als gevolg van alle fouten en storingen aan deze groep PV-systemen is gemiddeld 21% over een periode van drie jaar. Inverterstoringen zijn hier voor 58% debet aan. Hieraan kan zeker veel verbeterd worden indien het opsporen van de storingen op tijd gebeurt en het uitvoeren van de reparatie zo snel mogelijk na het signaleren van de storing gerealiseerd is. De verbetering is al gaande, want NUON gaat zijn PV-systemen on-line monitoren. Daarnaast zou een uniforme procedure voor het uitvoeren van de inspecties, de verslaggeving en reparaties de nazorg van de PV-systemen efficiënter kunnen maken.

Invertesten:

Uit het onderzoek aan de NUON-PV-systemen bleek een veel toegepast invertertype, de Sunny Boy SWR 700 van SMA, een vrij hoog uitvalpercentage te hebben. Het betrof hier veelal inverters die buiten geplaatst werden, iets waar de inverter tegen zou moeten kunnen. Van dit type inverters is één exemplaar onderworpen aan klimaattesten volgens een ontwerpnorm IEC 62093 “Balance of system components for photovoltaic systems – design qualification natural environments”.

Er is een inverter getest die sinds 1998 in bedrijf is geweest, maar wel binnen geplaatst. Volgens de ontwerpnorm dienen eigenlijk drie inverters aan drie verschillende testseries onderworpen te worden, maar dat was binnen het kader van dit project niet mogelijk. Er is daarom gekozen voor één van de drie testseries. Deze inverter heeft drie klimatologische beproevingen ondergaan: de thermal cycling test, de humidity-freeze test en de damp heat, cyclic test. Een noemenswaardige aanpassing van de thermal cycling test is het verlagen van de maximum temperatuur van 85 naar 65 °C, om de inverter niet buiten zijn specs te bedrijven. De Sunny Boy SWR 700 heeft de testen Thermal cycling test en Humidity-freeze test met goed resultaat doorstaan. Na de Damp heat, cyclic test was de inverter defect. Nu is het uiteraard lastig om aan de hand van het testen van één inverter conclusies te trekken, maar dit resultaat roept uiteraard veel vragen op. Het verdient daarom aanbeveling om dit invertertype en andere invertertypen die geschikt zouden moeten zijn voor plaatsing buiten, te onderwerpen aan de volledige set van testen die in de ontwerpnorm beschreven staan.

Verder dient opgemerkt te worden dat een aanzienlijk deel (tenminste 1 MWp) van de inverters gebruikt in de projecten die onderzocht zijn niet meer in de handel zijn, ofwel vervangen door een nieuw type ofwel de fabrikant is er in zijn geheel mee opgehouden. Dit geeft aan dat wat betreft inverters de markt nog aan veel verandering onderhevig is en dat een vergelijkbaar

onderzoek in een volgend jaar afwijkende cijfers zou kunnen opleveren. Opvallend is dat 2 à 5 jaar garantie op een inverter tegenwoordig gebruikelijk is, tegenover 1 à 2 jaar een paar jaar geleden. Dit geeft aan dat fabrikanten een toenemend vertrouwen in hun eigen product hebben. De praktijk wijst ook uit dat, hoewel problemen met PV-systemen vrij regelmatig voorkomen, de problemen veelal netjes opgelost worden door de leverancier, ook al kan dat in sommige gevallen vrij lang duren.

Netkwaliteit:

In het kader van dit project zijn bij één groep PV-systemen, vijftien CO₂-balanswoningen te Leeuwarden, tesamen 70 kWp, metingen van netkwaliteit verricht. Uit deze metingen bleek dat het net in de week van de metingen voldeed aan EN50160. De maximaal gemeten THD (Total Harmonic Distortion) was 4.6%, ruim onder het maximum van 8%.

Algemene conclusies en aanbevelingen

Het boven geschetste beeld geeft aan dat PV-systemen in hun eerste jaren voor het overgrote deel al redelijk betrouwbaar zijn. Twee belangrijke zaken zijn echter nog voor verbetering vatbaar. Ten eerste laat de installatiekwaliteit in sommige gevallen nog te wensen over. Het betreft hier in de meeste gevallen installateurs met geringe ervaring met PV-systemen. Een goede opleiding voor het installeren van PV-systemen, ingebed in bestaande systemen voor kwaliteitsborging in de installatiesector, zou hier verbetering in kunnen brengen. Ten tweede is uitval als gevolg van inverterdefecten voor een commerciële markt nog te hoog. Ook hier dient aan gewerkt te worden. De resultaten van dit onderzoek laten zien dat het plaatsen van PV-systemen zonder enige mogelijkheid om het functioneren te kunnen controleren (geen kWh-meter of foutsignalering van inverters) geen goede zaak is.

Aanbevelingen ten aanzien van het monitoren van kwaliteit

In dit onderzoek heeft de focus gelegen op PV-systemen die recentelijk geïnstalleerd zijn. Hoe deze grote aantallen PV-systemen het door de jaren heen doen, is op dit moment uiteraard niet bekend. Daarnaast is de markt qua productaanbod (met name inverters) aan zoveel verandering onderhevig, dat de resultaten van nieuwe PV-systemen in de afgelopen jaren waarschijnlijk niet veel zeggen over de te verwachten resultaten in de komende jaren. Om deze twee redenen verdient het aanbeveling om een onderzoek als dit elke twee à drie jaar te herhalen. Het onderzoek aan nieuwe PV-systemen zou sterk vergemakkelijkt worden door het systematisch bijhouden van resultaten van oplevertesten door verschillende partijen die oplevertesten uitvoeren. Er is al een gestandaardiseerde "Procedure voor het controleren van PV-systemen" (NTA 8013). Van de systematiek van het bijhouden van de bevindingen bij deze controles is in dit onderzoek de basis gelegd. Het onderzoek aan bestaande PV-systemen zou ook vrij eenvoudig kunnen gebeuren, mits de eigenaren of beheerders van de PV-systemen hieraan mee willen werken. Indien tijdig en goed opgezet en met medewerking van veel partijen, zou zo'n systeem op termijn veel waardevolle informatie kunnen opleveren, zoals beschikbaarheid van PV-systemen door de jaren heen en uiteindelijk ook de levensduur van een PV-systeem. Dit is waardevolle informatie voor de producenten en leveranciers, energiebedrijven, investeerders en consumenten, voor verzekeringssmaatschappijen en voor beleidsmakers. Aangezien leveranciers bij dit soort onderzoeken niet altijd meewerken is het van belang dat ook kopers van PV-systemen zich actief opstellen bij het initiëren van zulke onderzoeken (consumentenbondfunctie). Een alternatief voor het houden van vervolgonderzoeken zou zijn het opzetten van klachtenmeldpunt, zodat in ieder geval de uitschieters naar beneden (qua producten zowel als service) er uit gehaald kunnen worden.

5. REFERENTIES

- i. H. Laukamp, “Reliability study of grid-connected PV systems: Field experience and recommended design practise” Reliability Final Report, IEA PVPS Task 7 – Activity 2.7, IEA T7-08: 2002, March 2002.
- ii. Borg N.J.C.M. van der; Jansen M.J.: “Technische monitoring van 80 PV-systemen te Apeldoorn”; Februari 2001; Petten, ECN-C—01-010.
- iii. IEA PVPS Task I Exchange and Dissemination of Information on PV power systems , “National Survey Report of PV Power Applications in The Netherlands 2002”, prepared by A. van Beek et al, Beco Group B.V., July 2003.
- iv. Reactie van H. Luijckx van NKF, email aan B. Jablonska d.d. 04-04-2003.
- v. Borg van der N.J.C.M. et al: opbrengst en betrouwbaarheid van ECN PV-Prive panelen; juni 2002, Petten (ECN-C—02-064).
- vi. A.J. Kil, “1 MW decentralised and building integrated PV system in a new housing area of the city of Amersfoort, the Netherlands, Final Technical Report (update 2002), SE/00178/96/NL/IT”.
- vii. C.W.A. Baltus, “Evaluatie van rapportages gemonitorde PV-systemen”, EAB-01-02, juni 2001.
- viii. <http://zonnewijzer.beldezoon.nl>
- ix. A.G. van de Bree, E. Molenbroek, W. Oost, “Uitvoering en gebruik CO2-balanswoningen Pieter Christiaan Park, Leeuwarden”, Ecofys rapport nr. E40089, oktober 2002.
- x. E.C. Molenbroek, “PV-monitoring van 22 energiebalanswoningen te Etten-Leur”, Ecofys rapport. Nr. E21326-2, juni 2003.
- xi. A. Kil, Rapportage Gemeente-archief, 2003
- xii. Communicatie met Sandra Stettler, Enecolo, 7 augustus 2003.
- xiii. Uittenbogaard G.J. – Analyse Nuon PV-systemen, ECN, mei 2003, Petten.
- xiv. Kanakis, A., Borg, van der N.J.C.M.: Design Qualification and Type Approval of Inverters for Grid-connected Operation of Photovoltaic Power Generators, Dutch Guidelines; ECN, Petten, 1999 [ECN-C—99-085].
- xv. Rooij P.M.; Technische evaluatie van moderne netgekoppelde PV-inverters tot 1.5 kW; ECN, Petten, Mei 2002 [ECN-C—02-051].
- xvi. Rooij P.M.: Environmental testing Sunny Boy SWR 700; interne rapportage, ECN; Petten; 2003.

BIJLAGE I. COMMUNICATIE-OVEREENKOMST

Betreffende communicatie van gegevens verzameld binnen het project ‘Kwaliteit van PV-systemen’ komen

.....

en

ECN en Ecofys

het volgende overeen:

1. Metingen in het veld zullen naar buiten toe (naar bewoners in een wijk die vragen stellen) gecommuniceerd worden als “onderdeel van een grootschalig onderzoek naar PV-systemen in NL”. Als bewoners medewerking (toegang tot woning) gevraagd moet worden zal hiervoor eerst schriftelijk gecommuniceerd worden. Bewoners die aan een detailonderzoek medewerking verlenen, zullen ingelicht worden over de resultaten van metingen aan hun PV-systeem. Alle overige vragenstellers zal meegedeeld worden dat de conclusies van het grootschalige onderzoek als het af is (naar verwachting eind 2003) gepubliceerd zullen worden.
2. De resultaten uit de testrapporten zullen uitsluitend toegankelijk zijn voor bovengenoemde partijen (....., ECN/Ecofys).
3. De resultaten uit testrapporten zullen verwerkt worden in een eindrapport, tesamen met resultaten van onderzoeken waar andere partijen aan meegewerkt hebben. zal als eerste inzage krijgen in die delen van de eindrapportage waarin specifieke-projecten besproken worden (i.e. als zodanig herkenbaar zijn) en heeft op die delen het recht tot wijzigen of schrappen van passages. Pas nadat alle partijen zich in de tekst kunnen vinden zal deze tekst definitief gemaakt worden, waarbij ECN en Ecofys de eindredactie van het document hebben. De delen van het eindrapport waarin gegevens verwerkt zijn tot een dusdanig hoog aggregatieniveau dat er niet uit af te leiden is van welk project ze afkomstig zijn, zullen tegelijk naar alle deelnemers aan het project verstuurd worden. Op deze delen heeft het recht één maal commentaar te leveren. ECN/Ecofys zal dit commentaar in goed overleg verwerken.
4. Nadat het eindrapport voltooid is zal er door ECN/Ecofys een publicatie gemaakt worden. De publicatie zal openbaar zijn en voor een zo breed mogelijk publiek geschreven worden. Hierbij zal uitgebreid aandacht besteed worden aan de wijze waarop de resultaten gepresenteerd worden. Als de resultaten van het onderzoek positief tot zeer positief zijn, zal dit voor zichzelf spreken en zal de publicatie bij kunnen dragen aan het ontkrachten van geruchten. Indien problemen gesignaleerd zijn zal de publicatie niet de nadruk leggen op die problemen, maar zich bijv. richten op het (inmiddels) opgelost zijn van de problemen, het benadrukken van de onontbeerlijke leerervaring van de projecten, dat door goede garantiestelling het risico niet bij de consument gelegen heeft e.d.. Uitgangspunt hierbij zal zijn dat het de PV-markt als geheel *ten goede* dient te komen.

Namens,

BIJLAGE II. PROJECTENLIJST

Project	opgeleverd	bemeten	kWp
PV-Annen	2000	2001	180
HIPHIP-Drachten	2000	2001	330
Sunslates/RBB Amstelveen	2001	2001	12
DGW&T	2001	2001	65
garage Eindhoven		2001	18.6
Gemeentearchief Rotterdam	2000	2001	184
Energie-evenwicht Etten-Leur	2001	2001	142.6
geluidsscherm Helmond	2002	2002	104
Nieuwland K4 heropl	1998-2002	2002	38.2
Purmerend		2002	37.6
HIPHIP Vroonermeer		2002	24.8
Groningen Het Bakken		2002	13.7
Groningen De Branding		2002	11.9
Brandweer Houten	199x-2002	2002	23.9
Wateringse Veld	2002	2002	342
Woudhuis Apeldoorn gr2	1998	2002	10
Woudhuis Apeldoorn gr4	1999	2002	79.8
Floriade	2002	2002	2400
vakantiehuisjes Zijpe	2001	2003	45.9
Schonenvaert Haarlem	2003	2003	12.3
Stichting St. Joseph Apeldoorn	2003	2003	495.04
PV-Privé ECN	2000	2001	24.8
CO2-balans	2001	2001	69
ODE-Boksum	1994		1.54
ODE-Schermerhorn	1994		1.76
ODE-Vianen	1994		1.76
ODE-Boxtel	1994		0.99
ODE-Vlissingen	1994		2.1
ODE-Uithoorn	1994		1.32
ODE-Baarn	1994		0.99
ODE-Grathem	1994		1.98
Nieuwland 1 MW PV	1998		
Groep Nuon PV-systemen			877

BIJLAGE III. ENQUETE DEELNEMERS ODE-PROJECT

1. Wanneer is uw PV-systeem geïnstalleerd?
.....**Jaartal**
2. Wat is het nominaal vermogen van uw PV-systeem?
.....**kWp**
3. Zijn er sinds de installatie componenten van uw PV-systeem vervangen? **Ja** ☐ **Nee** ☐
4. Zo ja, welke componenten (modules, inverters, overige) en wanneer?
.....
.....
5. Is er verder nog iets aan uw installatie veranderd?
Ja ☐ **Nee** ☐
6. Zo ja, wilt u dan hieronder vermelden wat er veranderd is aan uw installatie en wanneer:
.....
.....
7. Hoe houdt u bij of de installatie nog goed functioneert?
.....
.....
8. Kunt u, liefst per jaar, aangeven welke storingen er geweest zijn in welke periode en hoe deze opgelost zijn?

Jaartal	Periode	Omschrijving storing	Oplossing

9. Hebt u de Beldezon Zonnewijzer op het internet voor controle van PV-systemen bekeken?
Zo nee, waarom niet?
.....
.....
Zo ja, wat vond u er van?
.....
.....
10. Indien u nog geen gebruik gemaakt hebt van de Zonnewijzer maar dit alsnog zou willen doen, vult u dan hier uw emailadres in, dan zullen wij uw emailadres verwerken en u een wachtwoord doorgeven (dat u daarna evt. kunt wijzigen), zodat u aan de slag kunt.
Emailadres:

11. Houdt u nog kWh-standen bij? Zo ja, dan zouden wij deze zeer graag ontvangen, voor zover wij ze nog niet hebben. U kunt ze in de tabel hieronder invullen.

Datum	kWh-stand	Opmerkingen

12. Evt. overige opmerkingen:

.....