

SIDEREA

adviesburo voor duurzame energie.
opbrengstberekeningen en simulaties
voor zonnestroom.

Evaluatie Siderea PV Simulator. Validatie met gemeten producties.

Inleiding en conclusies.

In dit onderzoek is de nauwkeurigheid onderzocht van de Siderea PV Simulator aan de hand van gemeten maandelijkse producties bij bestaande zonnestroom installaties. In totaal is 26 jaar aan productiegegevens vergeleken. De afwijking van de Simulator voor alle systemen samen bedraagt **3,9% op maandbasis** en **1,1% op jaarbasis**.

De conclusie is dat de Siderea PV Simulator zeer geschikt is om zowel de productie als de Performance Ratio (PR) van zonnestroom installaties te beoordelen en te monitoren.

De Siderea PV Simulator.

De Siderea PV Simulator is een rekenmodule die de dagproductie van een gegeven pv-systeem simuleert. De simulatie wordt uitgevoerd aan de hand van een gemeten dagsom van de globale horizontale straling, de zonneschijnduur en de maximum luchttemperatuur. De dagopbrengst is gelijk aan de berekende straling op het paneelvlak vermenigvuldigd met het voor die dag berekende systeemrendement. De Siderea PV Simulator is ontworpen met als doel een gegeven pv-systeem te controleren op juiste werking (monitoring). De Simulator is daardoor ook in staat om voor elk moment een Performance Ratio te berekenen.

Werkwijze validatie.

Om de nauwkeurigheid van de Simulator inzichtelijk te maken is een validatie uitgevoerd met de productiegegevens van 6 bestaande pv-systemen. In totaal is ruim 26 jaar aan maandelijkse producties (313 maanden) vergeleken met de uitkomsten van de Simulator. De nauwkeurigheid van de Simulator wordt uitgedrukt als een gewogen gemiddelde percentuele afwijking (zie genormeerde RMSE methodiek). Tabel 1 geeft een overzicht van de gemeten producties per pv-systeem.

Tabel 1.
Overzicht pv-systemen en gemeten producties.

pv-systeem	periode	aantal gemeten maandopbrengsten	aantal gemeten jaaropbrengsten	kWh gemeten productie
Leiden	mrt/2000 - jul/2010	124	10	3526
Spijkenisse	jan/2004 - jul/2010	78	6	17172
Minnertsga-1	mrt/2007 - sep/2009	31	3	1413
Minnertsga-2	mrt/2007-sep/2009	31	3	1205
Hilversum	mei/2008 - jul/2010	25	2	2473
Varsseveld	jun/2008 - jul/2010	24	2	4112
Totaal		313	26	29903

Opbouw van de Simulator.

Voor het berekenen van de dagopbrengst van een gegeven pv-systeem moeten een aantal zaken bekend zijn:

- 1) gegevens over het pv-systeem.
- 2) de dagsom van de straling op het paneelvlak.
- 3) het voor die dag geldende systeemrendement

Gegevens over het pv-systeem zijn technische specificaties en geografische en ruimtelijke gegevens. De straling op het paneelvlak wordt berekend met een stralingsmodel. Het systeemrendement tenslotte bestaat uit het (berekende) rendement van de verschillende componenten in het pv-systeem.

1. Gegevens pv-systeem.

Voor het simuleren van een pv-systeem zijn gegevens nodig die invloed hebben op de productie. Dat zijn geografische en ruimtelijke gegevens maar ook technische specificaties.

Geografische en ruimtelijke gegevens:

Geografische coördinaten, de hellingshoek en oriëntatie, de mate van beschaduwing (skyline), meteogegevens (globale straling en temperatuur). De meteogegevens zijn afkomstig van het KNMI.

Technische gegevens:

Panelen: STC vermogen, temp. coëfficiënt, spanning en stroom bij P_{STC} , layout strings.

Inverter(s): max. AC vermogen, max. rendement.

Bekabeling: dikte (mm) en de geschatte totale lengte van de DC bekabeling.

2. De straling op het paneelvlak (het stralingsmodel).

De dagsom van de straling op een schuin paneelvlak is gelijk aan de horizontale straling vermenigvuldigt met de Tilt Factor (TF). De TF is de verhouding tussen de straling op het schuine paneelvlak en het horizontale vlak. De instraling op het paneelvlak is afhankelijk van de hoeveelheid en samenstelling van de horizontale straling, de hellingshoek (tilt), de oriëntatie, de beschaduwing en de door het paneel gereflecteerde straling (reflectieverlies).

Voor het berekenen van de Tilt Factor maakt de Siderea PV Simulator gebruik van een gewijzigde versie van het model van Steven&Unsworth uit 1979. Met dit model worden ook de effecten berekend ten gevolge van beschaduwing en reflectie. Het model vereist dat de horizontale globale straling gesplitst is in een directe en diffuse component.

3. Bepaling van het systeemrendement.

Het systeemrendement wordt bepaald door de opgetreden verliezen in het pv-systeem. De verliezen in een pv-systeem zijn afhankelijk van de instraling op het paneel, vervuiling, de paneeltemperatuur, spectral mismatch, rendement van de inverter en de verliezen door string-mismatch, mpp-tracking, degradatie van het paneel en DC bekabeling.

Reflectieverliezen.

Reflectieverliezen ontstaan doordat de afdekplaat van het paneel een deel van de opvallende straling reflecteert. De reflectieverliezen worden berekend door het stralingsmodel.

Rendement van het paneel (instralingsverliezen).

Het rendementverlies als gevolg van de instraling (op het paneelvlak) wordt bepaald door de paneelkarakteristiek. De paneelkarakteristiek is de relatie tussen het paneelrendement (tov het STC rendement) en de instraling. In dit rapport is gebruikt gemaakt van karakteristieken die representatief zijn voor het merk en type paneel.

Rendement van het paneel (temperatuurverliezen).

Behalve door de instraling wordt het paneelrendement ook beïnvloed door de temperatuur van het paneel. De paneeltemperatuur is afhankelijk van de instraling op het paneelvlak, de temperatuurcoëfficiënt, de luchttemperatuur, de windsnelheid en de wijze van montage (dakopbouw, vrijstaand, dak geïntegreerd). De windsnelheid en de wijze van montage bepalen samen het ventilerend vermogen van het paneel. Het ventilerend vermogen wordt uitgedrukt in m^2W/K . Dit wordt de *k-waarde* genoemd.

Kabelverliezen (DC).

Het verlies in de DC bekabeling is afhankelijk van de ohmse weerstand van de bekabeling en de DC stroom. De stroom is een functie van de geleverde DC energie en de spanning over de string. Het kabelverlies wordt in mindering gebracht op de DC energie.

Rendement van de inverter.

Het rendement van de inverter is afhankelijk van het maximum rendement van de inverter en het aangeboden DC vermogen. De relatie tussen het aangeboden DC vermogen en het rendement (tov het max. rendement) ligt vast in een rendementskarakteristiek. De Siderea PV Simulator maakt qua karakteristiek onderscheid tussen inverters met een "laag" en een "hoog" vermogen. Een inverter met een "hoog" vermogen heeft een AC uitgangsvermogen van 2kW of meer.

Vervuiling van het paneel.

Vervuiling van het paneel betekent dat er minder straling omgezet wordt in electriciteit. Door vervuiling nemen de reflectieverliezen echter af. In theorie heeft vervuiling van het paneel, binnen zekere grenzen, geen invloed op de productie. Voor de berekeningen in dit onderzoek is aangenomen dat er geen sprake is vervuiling.

Overige verliesposten.

- Het effect ten gevolge van spectrale mismatch wordt door de Simulator niet berekend.
- String-mismatch en mpp-tracking verliezen worden verrekend middels een vaste percentuele stelpost of 'lump-sum'. De percentuele 'lump-sum' wordt door de Simulator in mindering gebracht op de geleverde DC energie. Eventueel kan deze post naar keuze uitgebreid worden met verliezen door degradatie.

Instellingen en configuratie van de Simulator.

De Siderea PV Simulator wordt per systeem geconfigureerd met de ruimtelijke en technische gegevens van panelen en inverters. In Bijlage 1 t/m 6 zijn deze gegevens, specificaties en instellingen per systeem overzichtelijk gerangschikt. Tabel 2 geeft een overzicht van de belangrijkste gegevens.

Tabel 2.
Belangrijkste gegevens van de gebruikte pv-systemen.

Lokatie	STC vermogen	Hellingshoek of Tilt	oriëntatie tov zuid*	Inverter (max.rendement)
Leiden	346Wp	30 graden	-9 graden	94%
Spijkenisse	2700Wp	46 graden	-24 graden	95%
Minnertsga-1	501Wp	30 graden	-28 graden	95%
Minnertsga-2	460Wp	30 graden	-28 graden	95%
Hilversum	1365Wp	46 graden	71 graden	93% en 95%
Varsseveld	2040Wp	30 graden	-34 graden	94%

* een negatieve oriëntatie betekent een oriëntatie oostelijk van zuid.

Gegevens die voor alle pv-systemen gelijk zijn.

- Het ventilerend vermogen (k-waarde) bedraagt 0,0357 m²K/W. Volgens de literatuur is deze waarde representatief voor een dakopbouw systeem bij een gemiddelde windsnelheid van 5 m/s.
- De verliezen door string-mismatch en mpp-tracking zijn voor alle systemen gelijk en geschat op 1,35%.
- Er is geen sprake van effecten ten gevolge van degradatie.
- Er is geen sprake van vervuiling van het paneeloppervlak.

Data screening en meetnauwkeurigheid.

De gemeten maandproducties zijn gefilterd op maanden waarin geen sprake was van langdurige sneeuwval. Vooral in de winter van 2009/2010 heeft sneeuwval de productie bij de meeste systemen merkbaar beïnvloed.

De kwaliteit van de gebruikte kWh meters is in de meeste gevallen goed tot zeer goed. Het betreft dan geijkte of indirect-geijkte kWh meters. Alleen bij de systemen in Leiden en Hilversum kan geen uitspraak gedaan worden over de meternauwkeurigheid.

Bepalen nauwkeurigheid van de Simulator.

De nauwkeurigheid van de Simulator komt tot uitdrukking als het verschil tussen de berekende en gemeten opbrengst. Hoe kleiner de verschillen, hoe nauwkeuriger de berekeningen. Het verschil tussen de berekende en gemeten opbrengsten zijn in dit rapport omgerekend naar een percentuele afwijking (zie 'Genormeerde RMSE'). Dit maakt onderling vergelijken mogelijk. Alle berekende en gemeten opbrengsten zijn daartoe genormeerd naar kWh/kWp.

Meetperiodes.

De nauwkeurigheid van de Simulator is bestudeerd voor meerdere tijdsintervallen. Deze tijdsintervallen zijn: per jaar, per maand en per kalendermaand. Een meetperiode is een verzameling producties (berekend en gemeten) die voldoen aan bepaalde criteria. De criteria zijn 1 of alle pv-systemen plus een tijdsinterval (jaar, maand of kalendermaand).

Genormeerde RMSE.

Voor de producties (berekend en gemeten) per meetperiode is een gewogen gemiddelde afwijking bepaald (per maand, per jaar en per kalendermaand). De afwijking is berekend volgens de 'Root Mean Square Error' (RMSE) methodiek. De RMSE is een veelvuldig gebruikte methode voor het bepalen van de nauwkeurigheid van (reken)modellen.

Voor dit onderzoek is de verkregen RMSE bovendien genormeerd door te delen met de gemiddelde maand- of jaarproductie per meetperiode. Deze genormeerde RMSE (%RMSE) wordt vervolgens uitgedrukt als een percentage. Voor meetperiodes op jaar- en maandbasis garandeert deze methode dat afwijkingen in het zomerhalfjaar zwaarder meetellen dan afwijkingen in het winterhalfjaar. Immers, ongeveer 75% van de jaarproductie vindt plaats in het zomerhalfjaar.

Voor de meetperiodes per kalendermaand is de genormeerde RMSE bijna gelijk aan de RMSE omdat de opbrengsten per kalendermaand niet heel veel verschillen. De genormeerde RMSE methodiek is uitgevoerd op jaarbasis, op maandbasis en voor elk van de 12 kalendermaanden.

De kwaliteit van een zonnestroom systeem.

De productie van een pv-systeem is afhankelijk van veel factoren. Hierdoor is het niet mogelijk om alleen op basis van de opbrengst een uitspraak te doen over de kwaliteit van een pv-systeem. Door de opbrengst te normeren voor het STC vermogen EN de instraling is dat wel mogelijk. Deze wijze van normeren wordt de Performance Ratio genoemd. De PR is het werkelijk systeemrendement gedeeld door het ideale systeemrendement. De term (1-PR) is dan een maat voor de opgetreden verliezen in het systeem. Uit onderzoek is gebleken dat de PR op jaarbasis vrijwel onafhankelijk is van de instraling op het paneelvlak. Dat betekent dat de PR nauwelijks beïnvloed wordt door 'externe' factoren als oriëntatie, hellingshoek, beschaduwing, instraling of luchttemperatuur.

De Performance Ratio als benchmark.

De PR is gedefinieerd als de genormeerde opbrengst (kWh/kWp) gedeeld door de instraling op het paneelvlak (in kWh/m²). De Siderea PV Simulator berekend zowel de instraling als de opbrengst. Met deze gegevens kan een PR berekend worden voor het gehele systeem.

Aangezien de PR onafhankelijk van 'externe' factoren kunnen scenario's worden doorgerekend betreffende de toekomstige productie. Dit rapport geeft daarom ook uitsluitel over de mogelijkheden voor het afgeven van 'opbrengstgaranties'.

Van belang is te begrijpen dat niet zozeer de opbrengst gegarandeerd wordt als wel de PR. Een berekende PR is een norm (benchmark) waaraan een pv-systeem in de praktijk getoetst kan worden. Dat heeft als voordeel dat er zowel technische als financiële duidelijkheid is over wat er van een gegeven pv-systeem verwacht mag worden.

Resultaten.

In dit rapport is de nauwkeurigheid onderzocht van de Siderea PV Simulator. Voor het onderzoek zijn in totaal 313 maandopbrengsten afkomstig van 6 verschillende pv-systemen vergeleken met de uitkomsten van de Simulator. De percentuele afwijkingen zijn berekend volgens een genormeerde RMSE methodiek. De afwijking van de Siderea PV Simulator voor alle pv-systemen samen bedraagt 1,1% op jaarbasis en 3,9% op maandbasis. Uit de resultaten blijkt dat de Simulator in de zomermaanden het best presteert. In de wintermaanden (nov-dec) is de nauwkeurigheid lager. De resultaten van het onderzoek zijn per systeem en per meetperiode samengevat in Tabel 3.

Tabel 3.
Nauwkeurigheid Siderea PV Simulator
(percentuele afwijking (%RMSE) per meetperiode en per pv-systeem)

Meetperiode	alle systemen	Leiden	Spijkenisse	Minnertsga 1	Minnertsga 2	Hilversum	Varsseveld
jaar	1,1%	1,5%	0,7%	0,4%	0,3%	1,8%	0,9%
maand	3,9%	3,9%	4,8%	2,1%	2,8%	4,2%	3,0%
januari	6%	6%	6%	3%	3%	8%	9%
februari	5%	5%	5%	1%	2%	10%	2%
maart	4%	4%	3%	3%	4%	2%	2%
april	3%	3%	4%	1%	1%	1%	1%
mei	4%	4%	5%	2%	3%	3%	3%
juni	4%	4%	5%	1%	2%	4%	1%
juli	3%	3%	3%	1%	2%	4%	2%
augustus	2%	3%	2%	1%	2%	3%	4%
september	3%	3%	4%	3%	4%	2%	2%
oktober	6%	4%	9%	2%	3%	5%	3%
november	8%	6%	8%	3%	4%	20%	8%
december	7%	5%	9%	3%	4%	6%	15%

Conclusies.

De belangrijkste conclusie is dat de Siderea PV Simulator de jaarproductie van een pv-systeem met grote precisie kan berekenen. Ook op maandbasis is de tolerantie in de berekeningen ten behoeve van monitoring acceptabel.

Wat betreft het afgeven van 'opbrengstgaranties' is de conclusie dat de Siderea PV Simulator in staat is een zeer nauwkeurige Performance Ratio (op jaarbasis) te berekenen. Deze berekende PR kan gebruikt worden als basis voor een af te geven 'opbrengstgarantie' van een bestaand of nog te realiseren pv-systeem.

Bijlage 1.

Gegevens en specificaties pv-systeem Leiden.

Beschrijving.

Het pv-systeem in Leiden bestaat uit 4 multikristallijne panelen elk aangesloten op een eigen inverter. Er is dus sprake van 4 separate pv-systemen die aan de AC zijde parallel geschakeld zijn. De panelen zijn gemonteerd op een open frame. Frame en panelen zijn geplaatst op een plat dak.

Kabelverliezen.

De lengte van de bekabeling per paneel/inverter bedraagt omstreeks 50 meter. De DC kabels hebben een dikte van 2,5mm. De ohmse weerstand van de DC kabel is geschat op 10 Ohm/km.

STC vermogen panelen.

Uit langjarige metingen blijkt het door de fabrikant opgegeven paneelvermogen van 93 Wp geen zins realistisch. Daarom is een nieuwe vermogenmeting uitgevoerd op basis van gemeten maximale dagproducties op wolkenloze dagen (Clear Sky condities). Het opgegeven STC vermogen van het paneel is daarop gecorrigeerd met -8%.

Tabel 4.
Ruimtelijke gegevens en specificaties pv-systeem Leiden.

Ruimtelijke gegevens	
locatie	52.2N 4.5W
orientatie	-9
hellingshoek (tilt)	30
KNMI meteogegevens	station Valkenburg
beschaduwning	onbeschaduwd
montage	plat dak

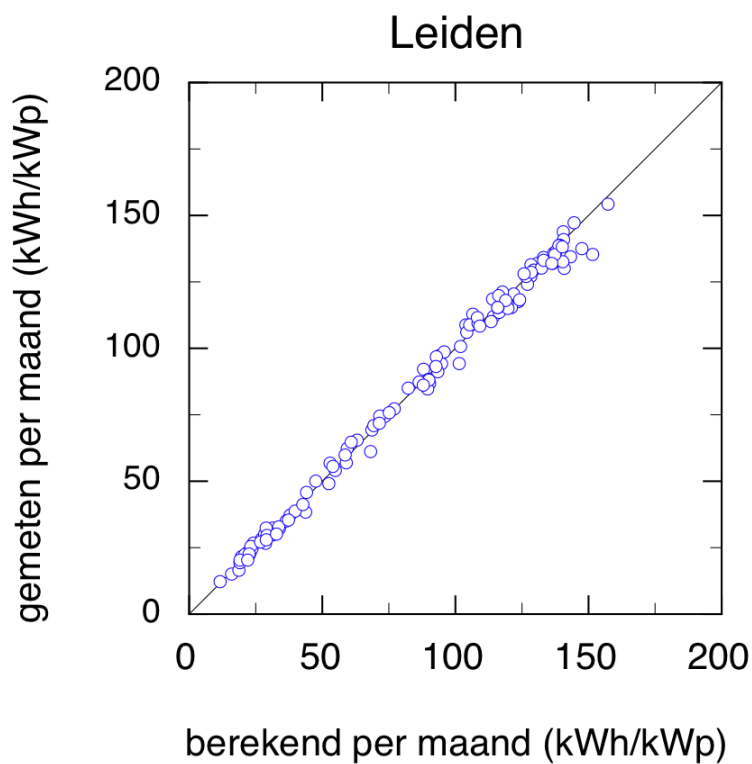
Specificaties panelen	
merk	Shell
type	ACN2000E poly
aantal	4
vermogen	4 x 93Wp
paneelrendement	10,2%
oppervlak panelen	4 x 0,91 m ²
paneel Umpp	34V
paneel Impp	2,73A
temperatuur coefficient	-0,4%/K

Specificaties inverter(s)	
merk	NKF
type	OK4E-100
aantal	4
max. rendement	94%
max. AC vermogen	4 x 100W

Instellingen Simulator	
STC vermogen panelen	372 Wp
correctie op paneelvermogen	-8%
temperatuur coefficient	-0,4%/K
paneelkarakterestiek	"Shell"
inverterkarakterestiek	"small inverter"
max. rendement inverter(s)	94%
k-waarde	0,0357 m ² K/W
lineaire verliezen (lump-sum)	1,35%

verantwoording meetdata	
bron/kontaktpersoon	webmaster www.polderpv.nl
herkomst meetdata	uitlezen inverter(s)
meetperiode	mrt/2000 t/m jul/2010
gemeten productie	3535 kWh
gefilterde productie	3526 kWh
maandproducties niet gebruikt door sneeuwval	jan/2010
aantal maandopbrengsten gefilterd	124

Grafiek 1.
Resultaten simulatie
(berekend versus gemeten)



Bijlage 2.

Gegevens en specificaties pv-systeem Spijkenisse.

Beschrijving.

Het pv-systeem in Spijkenisse bestaat uit 18 multikristallijne panelen aangesloten op 6 aparte inverters. Er is dus sprake van 6 separate pv-systemen (3 panelen per inverter) die aan de AC zijde parallel geschakeld zijn. De panelen zijn gemonteerd op een schuin pannendak.

Kabelverliezen.

De lengte van de bekabeling per deelsysteem (3 panelen/inverter) bedraagt omstreeks 26 meter. De DC kabels hebben een aangenomen dikte van 2,5mm. De ohmse weerstand van de DC kabel is geschat op 10 Ohm/km.

Tabel 5.
Ruimtelijke gegevens en specificaties pv-systeem Spijkenisse.

Ruimtelijke gegevens	
locatie	51.8N 4.3W
orientatie	-24
hellingshoek (tilt)	46
KNMI meteogegevens	station Vlissingen/Rotterdam
beschaduwing	onbeschaduwd
montage	schuin dak (opbouw)

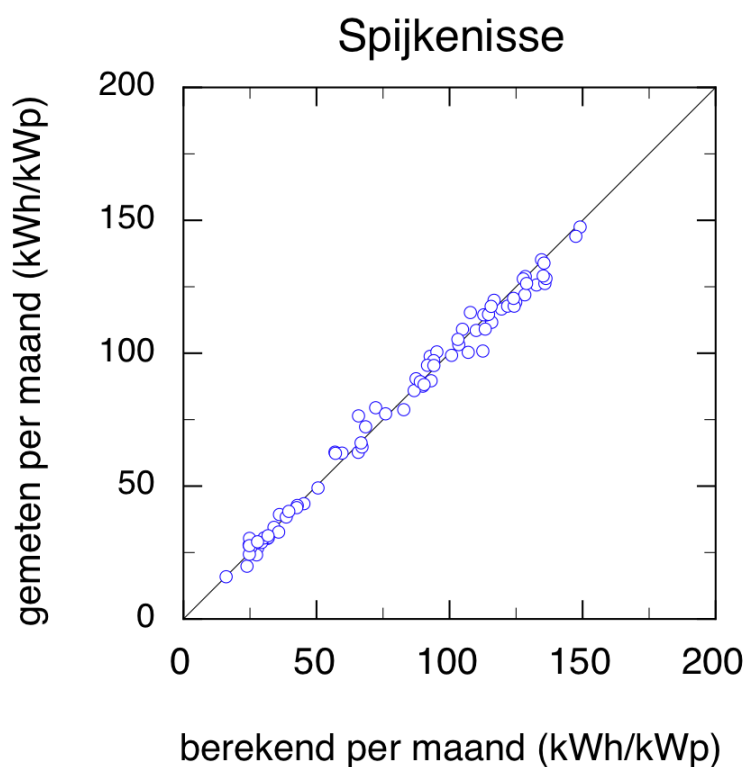
Specificaties panelen	
merk	Solarworld
type	SW-150 poly
aantal	18
vermogen	18 x 150Wp
paneelrendement	11,5%
oppervlak panelen	18 x 1,30 m ²
paneel Umpp	34V
paneel Impp	4,41A
temperatuur coefficient	-0,42%/K

Specificaties inverter(s)	
merk	Philips
type	EVO-500
aantal	6
max. rendement	95%
max. AC vermogen	6 x 500W

Instellingen Simulator	
STC vermogen panelen	2700 Wp
correctie op paneelvermogen	geen
temperatuur coefficient	-0,42%/K
paneelkarakterestiek	"Solarworld"
inverterkarakterestiek	"small inverter"
max. rendement inverter(s)	95%
k-waarde	0,0357 m ² K/W
lineaire verliezen (lump-sum)	1,35%

verantwoording meetdata	
bron/kontaktpersoon	www.pv-solar24.info
herkomst meetdata	pulsdata kWh meter
meetperiode	jan/2004 t/m jul/2010
gemeten productie	17226 kWh
gefilterde productie	17172 kWh
maandproducties niet gebruikt door sneeuwval	dec/2009
aantal maandopbrengsten gefilterd	78

Grafiek 2.
Resultaten simulatie
(berekend versus gemeten)



Bijlage 3.

Gegevens en specificaties pv-systeem Minnertsga-1.

Beschrijving.

Het pv-systeem in Minnertsga bestaat uit 3 multikristallijne panelen aangesloten op 1 inverter. De panelen zijn gemonteerd op een schuin pannendak.

Kabelverliezen.

De lengte van de bekabeling bedraagt omstreeks 25 meter. De DC kabels hebben een dikte van 2,5mm. De ohmse weerstand van de DC kabel is geschat op 8 Ohm/km.

Tabel 6.
Ruimtelijke gegevens en specificaties pv-systeem Minnertsga-1.

Ruimtelijke gegevens	
locatie	53.3N 5.6W
orientatie	-28
hellingshoek (tilt)	30
KNMI meteogegevens	station Leeuwarden/Terschelling
beschaduwing	onbeschaduwd
montage	schuin dak (opbouw)

Specificaties panelen	
merk	Sharp
type	NEQ7E3E poly
aantal	3
vermogen	3 x 167Wp
paneelrendement	12,8%
oppervlak panelen	3 x 1,30 m ²
paneel Umpp	34,6V
paneel Impp	4,83A
temperatuur coefficient	-0,485%/K

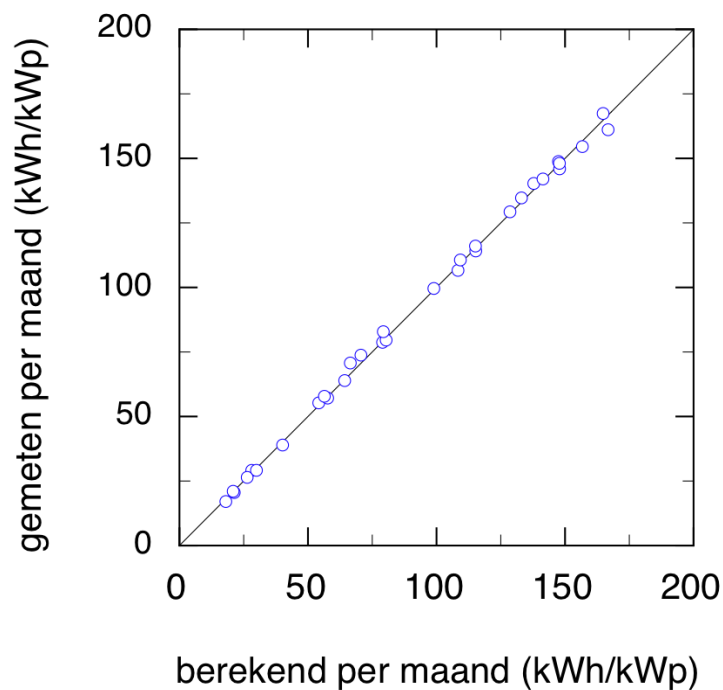
Specificaties inverter(s)	
merk	Steca
type	StecaGrid 500
aantal	1
max. rendement	95%
max. AC vermogen	1 x 500W

Instellingen Simulator	
STC vermogen panelen	501 Wp
correctie op paneelvermogen	geen
temperatuur coefficient	-0,45%/K
paneelkarakterestiek	"Sharp"
inverterkarakterestiek	"small inverter"
max. rendement inverter(s)	95%
k-waarde	0,0357 m ² K/W
lineaire verliezen (lump-sum)	1,35%

verantwoording meetdata	
bron/kontaktpersoon	www.siderea.nl
herkomst meetdata	ferraris kWh meter
meetperiode	mrt/2007 t/m sep/2009
gemeten productie	1413 kWh
gefilterde productie	1413 kWh
maandproducties niet gebruikt door sneeuwval	geen
aantal maandopbrengsten gefilterd	31

Grafiek 3.
Resultaten simulatie
(berekend versus gemeten)

Minnertsga-1



Bijlage 4.

Gegevens en specificaties pv-systeem Minnertsga-2.

Beschrijving.

Het pv-systeem in Minnertsga bestaat uit 4 multikristallijne panelen aangesloten op 1 inverter. De panelen zijn gemonteerd op een schuin pannendak.

Kabelverliezen.

De lengte van de bekabeling bedraagt omstreeks 25 meter. De DC kabels hebben een dikte van 2,5mm. De ohmse weerstand van de DC kabel is geschat op 8 Ohm/km.

Tabel 7.
Ruimtelijke gegevens en specificaties pv-systeem Minnertsga-2.

Ruimtelijke gegevens	
locatie	53.3N 5.6W
orientatie	-28
hellingshoek (tilt)	30
KNMI meteogegevens	station Leeuwarden/Terschelling
beschaduwing	onbeschaduwd
montage	schuin dak (opbouw)

Specificaties panelen	
merk	Shell
type	S115 poly
aantal	4
vermogen	4 x 115Wp
paneelrendement	11,5%
oppervlak panelen	4 x 1 m ²
paneel Umpp	26,8V
paneel Impp	4,29A
temperatuur coefficient	-0,4%/K

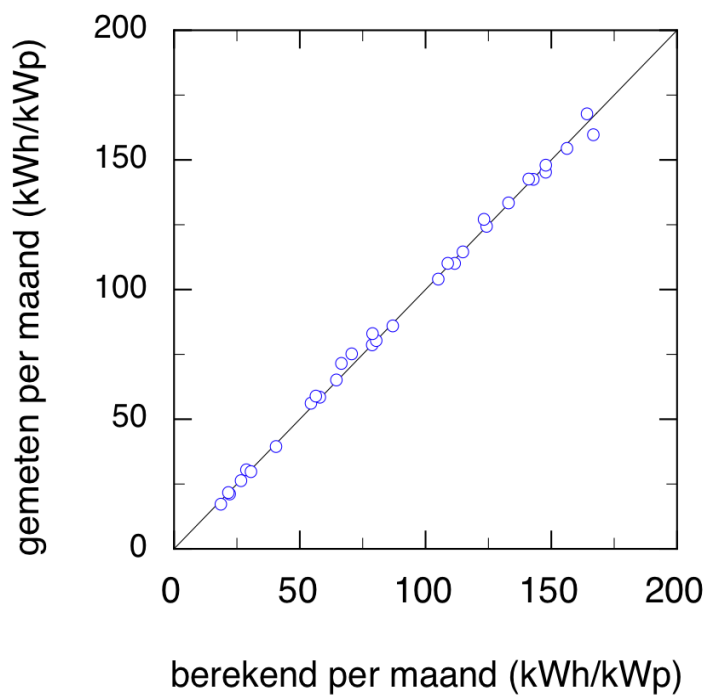
Specificaties inverter(s)	
merk	Steca
type	StecaGrid 500
aantal	1
max. rendement	95%
max. AC vermogen	1 x 500W

Instellingen Simulator	
STC vermogen panelen	460 Wp
correctie op paneelvermogen	geen
temperatuur coefficient	-0,4%/K
paneelkarakterestiek	"Shell"
inverterkarakterestiek	"small inverter"
max. rendement inverter(s)	95%
k-waarde	0,0357 m ² K/W
lineaire verliezen (lump-sum)	1,35%

verantwoording meetdata	
bron/kontaktpersoon	www.siderea.nl
herkomst meetdata	ferraris kWh meter
meetperiode	mrt/2007 t/m sep/2009
gemeten productie	1205 kWh
gefilterde productie	1205 kWh
maandproducties niet gebruikt door sneeuwval	geen
aantal maandopbrengsten gefilterd	31

Grafiek 4.
Resultaten simulatie
(berekend versus gemeten)

Minnertsga-2



Bijlage 5. Gegevens en specificaties pv-systeem Hilversum.

Beschrijving.

Het pv-systeem in Hilversum bestaat uit 5 multikristallijne en 3 monokristallijne panelen aangesloten op 3 inverters. Er is sprake van 3 separate pv-systemen die aan de AC zijde parallel geschakeld zijn. De panelen zijn gemonteerd op een schuin pannendak.

Kabelverliezen.

De lengte van de bekabeling per systeem bedraagt omstreeks 15 meter. De dikte van de DC kabels is geschat op 2,5mm. De ohmse weerstand van de DC kabel is geschat op 8 Ohm/km.

Tabel 8.
Ruimtelijke gegevens en specificaties pv-systeem Hilversum.

Ruimtelijke gegevens	
locatie	52.2N 5.2W
orientatie	+71
hellingshoek (tilt)	46
KNMI meteogegevens	station De Bilt
beschaduwing	matig beschaduwd
montage	schuin dak (opbouw)

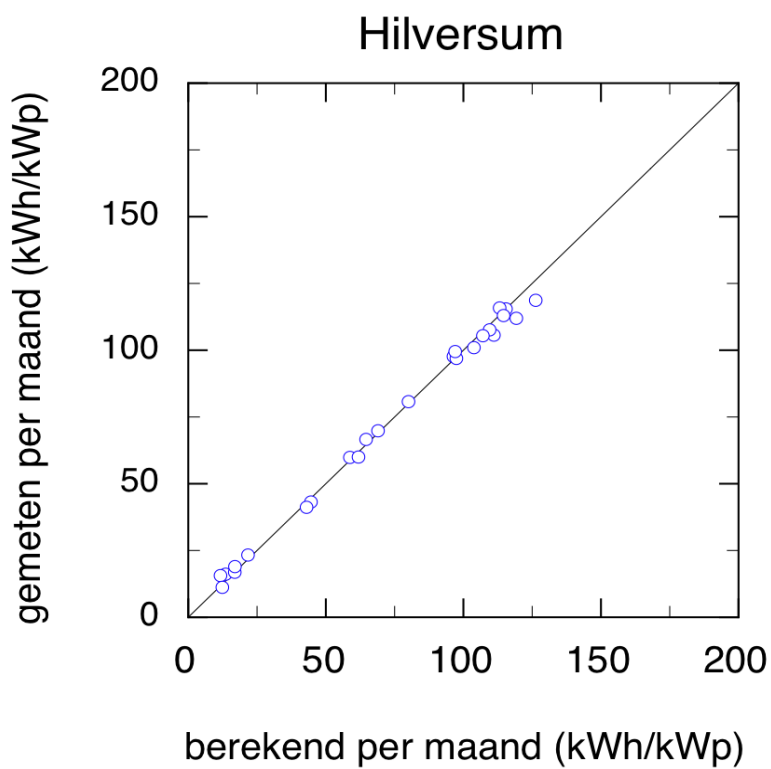
Specificaties panelen			
merk	Sharp	Sharp	Solarworld
type	NUS5E3E mono	ND170E1 poly	SW-150 poly
aantal	3	3	2
vermogen	3 x 185Wp	3 x 170Wp	2 x 150Wp
paneelrendement	14,1%	13%	11,5%
oppervlak panelen	3 x 1,31m ²	3 x 1,31 m ²	2 x 1,30 m ²
paneel Umpp	24V	23,2V	34V
paneel Impp	7,71A	7,33A	4,41A
temperatuur coefficient	-0,485%/K	-0,485%/K	0,42%/K

Specificaties inverter(s)			
merk	Mastervolt	Mastervolt	Steca
type	Solardin 600	Solardin 600	Steca300
aantal	1	1	1
max. rendement	93%	93%	95%
max. AC vermogen	1 x 520W	1 x 520W	1 x 300W

Instellingen Simulator	
STC vermogen panelen	1365 Wp
correctie op paneelvermogen	geen
temperatuur coëfficiënt	-0,47%/K
paneelkarakterestiek	"Sharp"
inverterkarakterestiek	"small inverter"
max. rendement inverter(s)	93%
k-waarde	0,0357 m ² K/W
lineaire verliezen (lump-sum)	1,35%

verantwoording meetdata	
bron/kontaktpersoon	www..solarwebsite.nl
herkomst meetdata	kWh teller
meetperiode	mei/2008 t/m jul/2010
gemeten productie	2514 kWh
gefilterde productie	2473 kWh
maandproducties niet gebruikt door sneeuwval	jan/2010, feb/2010
aantal maandopbrengsten gefilterd	25

Grafiek 5.
Resultaten simulatie
(berekend versus gemeten)



Bijlage 6.

Gegevens en specificaties pv-systeem Varsseveld.

Beschrijving.

Het pv-systeem in Varsseveld bestaat uit 12 monokristallijne panelen aangesloten op 1 inverter. De panelen zijn verdeeld over 2 strings van 6 panelen elk. De panelen zijn gemonteerd op een schuin pannendak.

Kabelverliezen.

De lengte van de bekabeling bedraagt per string omstreeks 20 meter. De DC kabels hebben een dikte van 2,5mm. De ohmse weerstand van de DC kabel is geschat op 8 Ohm/km.

Tabel 9.
Ruimtelijke gegevens en specificaties pv-systeem Varsseveld.

Ruimtelijke gegevens	
locatie	51.9N 6.5W
orientatie	-34
hellingshoek (tilt)	30
KNMI meteogegevens	station Hupsel
beschaduwing	onbeschaduwd
montage	schuin dak (opbouw)

Specificaties panelen	
merk	ET Solar
type	ET-M572170 mono
aantal	12
vermogen	12 x 170Wp
paneelrendement	13,32%
oppervlak panelen	12 x 1,28m ²
paneel Umpp	36,13V
paneel Impp	4,71A
temperatuur coefficient	-0,47%/K

Specificaties inverter(s)	
merk	Exendis
type	Gridfit 2200
aantal	1
max. rendement	94%
max. AC vermogen	1 x 2200W

Instellingen Simulator	
STC vermogen panelen	2040 Wp
correctie op paneelvermogen	geen
temperatuur coëfficiënt	-0,47%/K
paneelkarakteristiek	"ET Solar"
inverterkarakteristiek	"large inverter"
k-waarde	0,0357 m ² K/W
lineaire verliezen (lump-sum)	1,35%

verantwoording meetdata	
bron/kontaktpersoon	zon.wiegers.org
herkomst meetdata	pulsteller digitaal
meetperiode	jun/2008 t/m jul/2010
gemeten productie	4162 kWh
gefilterde productie	4112 kWh
maandproducties niet gebruikt door sneeuwval	jan/2010, feb/2010
aantal maandopbrengsten gefilterd	24

Grafiek 6.
Resultaten simulatie
(berekend versus gemeten)

