



Application Centre for Renewable RESources

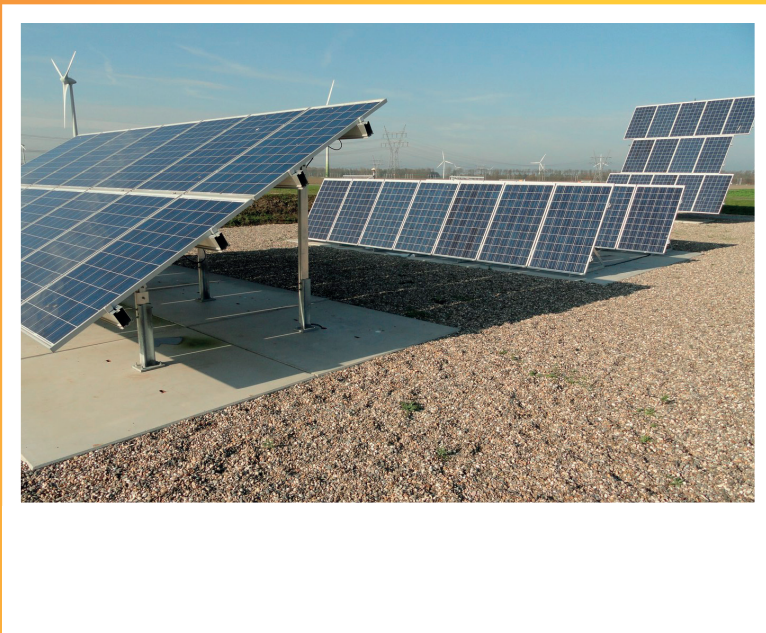
**acrres**

een WAGENINGEN UR initiatief

# Zonneweide

Resultaten van de testopstellingen in 2011

Joanneke Spruijt



ACRRES - Wageningen UR  
December 2011

PPO-449





© 2011 Wageningen, ACRRES – Wageningen UR

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van ACRRES-Wageningen UR.

ACRRES – Wageningen UR is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Dit project is tot stand gekomen dankzij:



ACRRES – Wageningen UR

Adres : Edelhertweg 1, Lelystad  
: Postbus 430, 8200 AK Lelystad  
Tel. : 0320 - 29 11 11  
Fax : 0320 - 23 04 79  
E-mail : [info@acrres.nl](mailto:info@acrres.nl)  
Internet : [www.acrres.nl](http://www.acrres.nl)



## INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING EN DOEL VAN HET ONDERZOEK .....	3
2	MATERIAAL EN METHODEN .....	4
3	RESULTATEN .....	12
3.1	Technische gegevens .....	12
3.2	Oriëntatie en hellingshoek .....	14
3.3	Verschil in onderhoud .....	16
3.3.1	Schoonmaken .....	16
3.3.2	Controleren, smeren en afstellen van de installaties .....	16
3.4	Kosten .....	18
3.5	Opbrengst .....	21
3.5.1	Bruto-opbrengst .....	21
3.5.2	Netto-opbrengst .....	23
3.5.3	Netto-opbrengst per geïnstalleerd vermogen .....	24
3.5.4	Netto-opbrengst per geïnvesteerde euro .....	25
3.6	Performance per type paneel .....	26
3.7	Performance Schletter Vario Top .....	28
3.8	Performance Deger sun-trackers .....	30
3.9	Performance van der Valk Solartracker .....	32
4	SAMENVATTING EN VOORLOPIGE CONCLUSIES .....	34



# 1 Inleiding en doel van het onderzoek

De zon is een van de belangrijkste bronnen voor duurzame energie. De zon levert ons meer dan vijftig keer zoveel energie als wij jaarlijks in Nederland aan gas, elektriciteit en benzine verbruiken. Zonne-energie is volop voorradig en schoon. Daarom heeft ACRRES, een samenwerkingsverband tussen WUR en ENECO, het initiatief genomen om voor het eerst in Nederland een Zonneweide te maken.

Op deze Zonneweide worden verschillende typen zonnepanelen en verschillende systemen getest op performance. De testlocatie is ook bedoeld om zonnepanelen te demonstreren aan geïnteresseerden.

Voor een goede vergelijking van het economisch rendement van de verschillende opstellingen is een productie van minimaal één jaar noodzakelijk. In dit rapport worden de voorlopige resultaten van 7 september tot en met 30 november 2011 weergegeven.



## 2 Materiaal en methoden

### panelen en opstellingen

De volgende typen zonnepanelen worden getest:

- polykristallijn silicium (Solarpark 230 Wp)
- polykristallijn silicium (Kyocera 240 Wp)
- dunne film silicium (Schott 97 Wp)
- dunne film CIS (Sulfurcell 55 Wp)



Foto 1: polykristallijn silicium panelen van Solarpark



Foto 2: polykristallijn silicium panelen Kyocera



Foto 3: dunne film silicium panelen van Schott



Foto 4: dunne film CIS panelen van Sulfurcell





Deze zonnepanelen worden getest volgens vier opstellingen:

- *vaste opstelling*: de panelen staan permanent onder een hoek van  $36^\circ$  op het zuiden gericht, zie Foto 5.
- *variabele opstelling (Schletter Vario Top)* : de panelen zijn gedurende het seizoen handmatig te verstellen in 5 standen (van een hoek van  $10$  tot  $60^\circ$ ), zie Foto 6.
- *zonvolgsysteem of tracker over twee assen (Deger)*: hierbij zijn de panelen op een frame geplaatst welke op een draaikrans is gemonteerd, zie Foto 7. Met een lichtsensor kan de zon zowel verticaal als horizontaal gevolgd worden. Bij harde wind (harder dan windkracht 6) zet het paneel zich in horizontale positie om zo min mogelijk wind te vangen.
- *zonvolgsysteem of tracker over één as (van der Valk Solartracker)*: een één-assig volgsysteem waarbij het besturingssysteem is gebaseerd op de stand van de zon op die dag, zie Foto 8. Het systeem volgt gedurende de dag de baan van de zon.

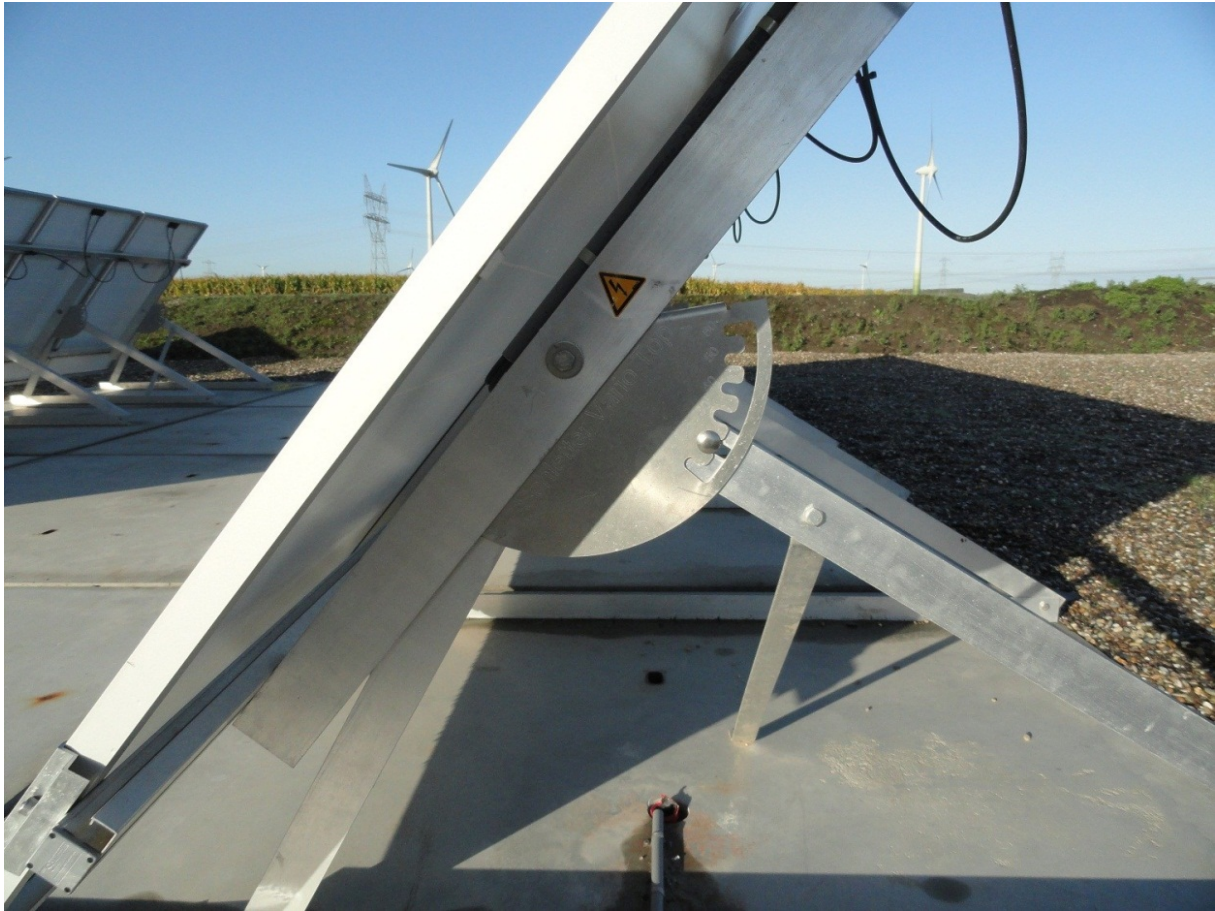
In totaal worden de volgende 11 verschillende systemen getest:

De polykristallijn Solarpark panelen worden getest op de vaste en variabele opstelling en op de 1- en 2 as - tracker. De polykristallijn Kyocera panelen worden alleen op de vaste opstelling getest.

De dunne film panelen van Schott en Sulfurcell worden getest op de vaste en variabele opstelling en op de 2 as - tracker.



Foto 5: Solarpark panelen in de vaste opstelling



*Foto 6: variabele opstelling (Schletter Vario Top): de hellingshoek van de panelen is handmatig te wijzigen*





Foto 7: Deger sun-tracker (over 2 assen) met Sulfurcell panelen



Foto 8: Van der Valk solar-tracker (over 1 as) met Solarpark panelen





### **inverters en webbox**

De 11 systemen hebben elk hun eigen SMA-omvormer, waarbij het type omvormer is aangepast aan het vermogen van de opstelling. De opbrengstgegevens per opstelling worden elke 15 minuten met een Sunny WebBox datalogger uitgelezen en opgeslagen. Via het netwerk worden de gegevens verzonden naar het internet portaal Sunny Portal, waar de gegevens nauwkeurig gemonitord kunnen worden. Sommige gegevens komen publiek beschikbaar op de website [www.sunnyportal.com](http://www.sunnyportal.com). Op de ACRRES site wordt men hiernaar doorgelinkt.



*Foto 9: Kast met de SMA-inverters en bruto productiemeters*

### **bruto productie- en verbruiksmeters**

Ten behoeve van de SDE-subsidie zijn er twee bruto productiemeters geplaatst, die de totale opbrengst van alle opstellingen en het verbruik van de opstellingen registreren. Voor het onderzoek zijn we voor de onderlinge vergelijkingen met name geïnteresseerd in de opbrengst per opstelling. De opbrengst in kWh volgens de omvormers wordt door de omvormer gemeten als de binnenkomende gelijkstroom en vervolgens naar wisselstroom omgerekend. De verbruikte energie door de trackers is hier nog niet vanaf getrokken. Voor een nauwkeuriger bepaling van de opbrengst per opstelling is ook achter iedere omvormer een bruto productiemeter geplaatst en wordt de verbruikte stroom door de drie Deger-trackers gemeten. Bij de van de Valk opstelling wordt het stroomverbruik zo laag ingeschat dat dit niet wordt gemeten.

### **installatie van de systemen**

MV Solar heeft de meeste opstellingen geplaatst en het monitoringsysteem opgestart. De firma van der Valk heeft de één-assige tracker geleverd en geplaatst. Zelziuz heeft de vaste opstelling met de Kyocera panelen geleverd en geplaatst.



### **controle en onderhoud van de opstellingen**

Met MV Solar is een onderhoudsovereenkomst afgesloten, hieronder valt 1 maal per jaar:

- visuele inspectie van de installaties
- smeren van de bewegende delen
- functietesten van de Deger suntrackers
- controleren en zo nodig afstellen van de Deger suntrackers
- controleren van de elektrische installatie
- drie maal per jaar schoonmaken van de panelen met water.

Daarnaast zullen storingen aan de SMA omvormers via het SMA monitoringsysteem binnen 2 dagen gesignaleerd en gemeld worden.

De firma's van der Valk en Zelziuz voeren zelf de technische inspectie van hun opstellingen uit.

### **wijziging hellingshoek variabele opstelling**

Volgens een persoonlijke mededeling van de heer de Bree van adviesbureau Siderea blijkt uit simulaties met de Siderea PV Simulator dat de meeropbrengst bij een variabele hellingshoek in vergelijking met een vaste hellingshoek van 30 graden ongeveer +3,5% bedraagt. Het adviesbureau heeft de optimale hellingshoek per kalendermaand berekend voor de Zonneweide. De berekeningen zijn gebaseerd op een (onbeschadwd) PV-systeem met een Zuidoriëntatie met gemiddelde specificaties en er is gebruik gemaakt van KNMI meteogegevens (dagwaardes globale straling en temperatuur station Lelystad periode 2004-2010). De hellingshoek van de variabele opstellingen op de Zonneweide is zo veel mogelijk aangepast aan de ideale hellingshoek volgens Siderea. Het proefbedrijf Lelystad heeft dit uitgevoerd. Er is bijgehouden hoeveel tijd dit kost.



*Foto 10: wijziging hellingshoek variabele opstelling*



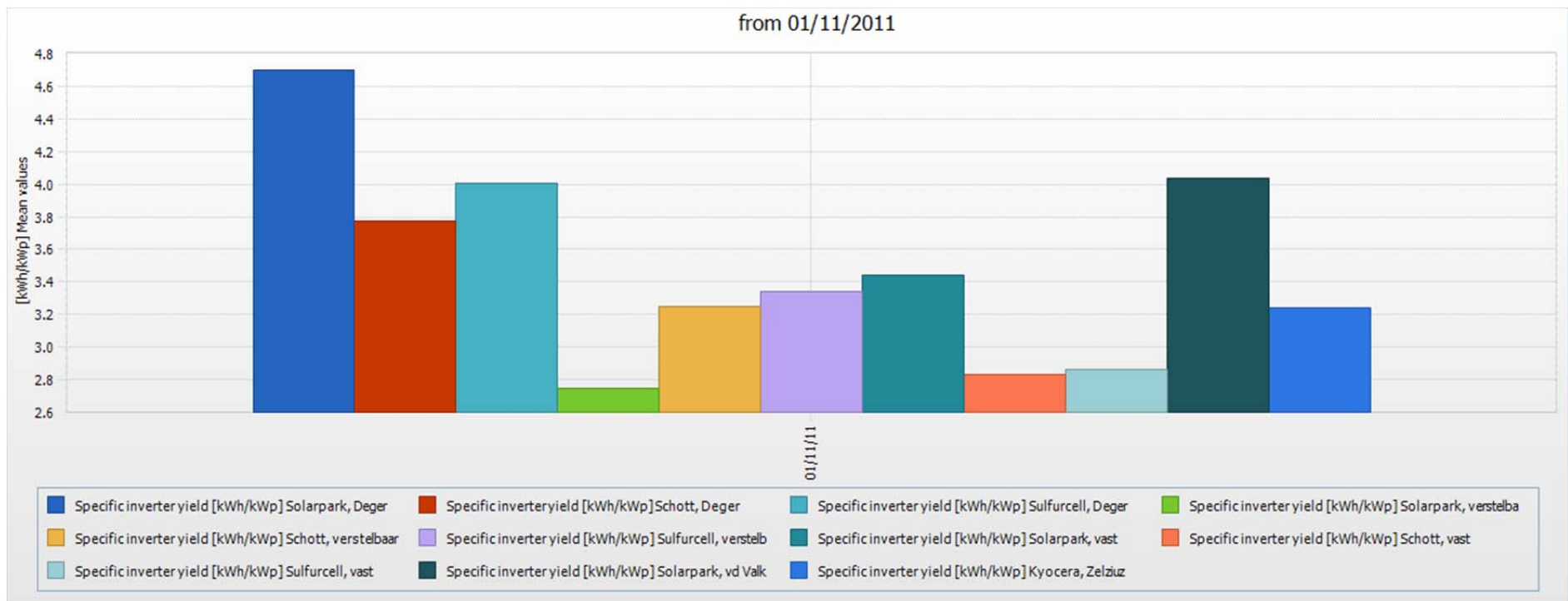
### **bepaling van de kosten**

De kosten zijn onder te verdelen in CAPEX (capital expenditures) en OPEX (operating expenditures). CAPEX betreffen de aanschafkosten van de verschillende systemen en OPEX zijn terugkerende kosten voor onderhoud en schoonmaak.

De aanschafkosten van de verschillende systemen bestaan uit kosten voor de panelen, inverters en de installatie (montageframe/tracker, fundatie, bekabeling en arbeid) van de opstellingen zoals die op de Zonneweide zijn geplaatst. De prijzen voor met name de panelen zijn sterk in ontwikkeling. Er is hier uitgegaan van het prijsniveau zoals dat in de zomer van 2011 gold. In de praktijk worden vaak grotere opstellingen geplaatst, waardoor de kosten lager zullen zijn. In dit onderzoek ligt de nadruk op de onderlinge vergelijking van de performance van de verschillende systemen, daarom is er voor gekozen om de kosten relatief ten opzichte van elkaar weer te geven.

In dit rapport wordt gezien de korte onderzoeksperiode nog uitsluitend ingegaan op de CAPEX en niet op de OPEX. De panelen zijn alleen bij de start van het onderzoek allemaal op hetzelfde tijdstip en dezelfde wijze schoongemaakt.





Figuur 1: Voorbeeld van een grafiek van de opbrengst per Wattpiek op een dag in oktober op Sunny Portal



## 3 Resultaten

### 3.1 Technische gegevens

In Tabel 1 zijn alle technische gegevens van de 11 opstellingen weergegeven. Per opstelling is te zien welk type paneel, inverter en draagconstructie is toegepast. Per paneel zijn het vermogen in Wattpiek (Wp), de afmetingen en het gewicht vermeld. Vervolgens is het vermogen en het gewicht per m<sup>2</sup> bepaald.

De opstellingen zijn zo gemaakt, dat ze elk ongeveer 20 m<sup>2</sup> oppervlakte aan PV panelen hebben.

De polykristallijne PV panelen hebben een groter vermogen per paneel dan de dunne film panelen. Dit geldt ook voor het vermogen per oppervlakte-eenheid. Met deze panelen kan dus een hogere kWh opbrengst per m<sup>2</sup> worden behaald. De polykristallijne Kyocera panelen hebben het hoogste vermogen per oppervlakte-eenheid (Wp/m<sup>2</sup>).

Voor de sterkte van de draagconstructie is rekening gehouden met het gewicht van de panelen. De Sulfurcell panelen zijn per paneel het lichtst, maar per m<sup>2</sup> het zwaarst. De Solarpark panelen hebben het laagste gewicht per m<sup>2</sup>. Dit was de reden voor verschillen in draagconstructies.

Elke opstelling heeft een eigen inverter, die past bij het totale vermogen per opstelling. Omdat het totale vermogen van de opstellingen met dunne film panelen een stuk kleiner is dan die met polykristallijne panelen hebben zij een kleinere omvormer.

In de praktijk is het bij het bepalen van een keuze voor een bepaald systeem dus belangrijk welke eisen er in de betreffende situatie een rol spelen. Er is niet één systeem dat in alle situaties het beste is. Vaak blijkt het beschikbare dakoppervlak, het draagvermogen van het dak of het beschikbare investeringsbudget bepalend te zijn voor de keuze.

Tabel 1: technische gegevens van de verschillende opstellingen

merk en type paneel	soort paneel	systeem	inverter	aantal panelen	Wp per paneel	totaal Wp	kg paneel	lengte paneel	breedte paneel	m2 per paneel	totaal m2 panelen	vermogen Wp/m2	kg/m2
Sulfurcell SCG 55-HV-F	dunne film CIS	Deger	Sunny Boy 1200	26	55	1430	14.6	125.8	65.8	0.8	21.5	66.4	17.6
Schott ASI 97	dunne film	Deger	Sunny Boy 1200	12	97	1164	18	130.8	110.8	1.4	17.4	66.9	12.4
Solarpark SPP 230	polykristallijn	Deger	Sunny Boy 3300TL HC	14	230	3220	19	167.5	100	1.7	23.5	137.3	11.3
Sulfurcell SCG 55-HV-F	dunne film CIS	verstelbaar	Sunny Boy 1200	26	55	1430	14.6	125.8	65.8	0.8	21.5	66.4	17.6
Schott ASI 97	dunne film	verstelbaar	Sunny Boy 1200	12	97	1164	18	130.8	110.8	1.4	17.4	66.9	12.4
Solarpark SPP 230	polykristallijn	verstelbaar	Sunny Boy 3300TL HC	14	230	3220	19	167.5	100	1.7	23.5	137.3	11.3
Sulfurcell SCG 55-HV-F	dunne film CIS	vast	Sunny Boy 1200	26	55	1430	14.6	125.8	65.8	0.8	21.5	66.4	17.6
Schott ASI 97	dunne film	vast	Sunny Boy 1200	12	97	1164	18	130.8	110.8	1.4	17.4	66.9	12.4
Solarpark SPP 230	polykristallijn	vast	Sunny Boy 3300TL HC	14	230	3220	19	167.5	100	1.7	23.5	137.3	11.3
Solarpark SPP 230	polykristallijn	vd Valk	Sunny Boy 3300TL HC	14	230	3220	19	167.5	100	1.7	23.5	137.3	11.3
Kyocera KD 240 GH-2 PB	polykristallijn	vast (Zelziuz)	Sunny Boy 3300TL HC	14	240	3360	21	166.2	99	1.6	23.0	145.9	12.8





## 3.2 Oriëntatie en hellingshoek

De maximale opbrengst van een zonnepaneel wordt bereikt bij een loodrechte lichtinstraling. De stand van de zon verandert gedurende de dag. De ideale oriëntatie van zonnepanelen is 's ochtends op het oosten en 's avonds op het westen gericht. In de winter staat de zon lager dan in de zomer. De ideale hellingshoek van de zonnepanelen is 's winters groter dan zomers. Daarnaast is het bij bewolking of mist belangrijk dat diffuus licht goed wordt opgevangen.

### vaste opstellingen

Bij vaste opstellingen kan slechts één oriëntatie en één hellingshoek worden gekozen. In Nederland wordt de maximale opbrengst op jaarbasis gehaald met een paneel dat recht op het zuiden is gericht onder een hoek van 36°.

### suntrackers

Bij de van der Valk Solartracker draaien de panelen gedurende de dag over een vaste hellingshoek van 36° met de zon mee van het oosten naar het westen.

De Deger suntrackers zijn volledig wendbaar afhankelijk van de hoogste lichtinval.

### variabele opstellingen

Bij deze opstelling is de oriëntatie van de panelen op het zuiden gericht en is de hellingshoek variabel. Voor het verkrijgen van een maximale opbrengst zouden de panelen in de winter steiler en in de zomer vlakker dan 36° moeten staan. In Tabel 2 is de ideale hellingshoek per maand volgens Siderea weergegeven. Met de variabele opstellingen (Schletter Vario Top) zoals die op de Zonneweide geplaatst zijn, bleken deze hellingshoeken niet altijd exact in te stellen, omdat er geen kleinere stappen dan 10° kunnen worden gemaakt. In de tabel wordt weergegeven wat de beste stand op de Zonneweide zou zijn en op welke data de panelen verzet zouden moeten worden.

Tabel 2: Ideale en mogelijke instellingen hellingshoek en codering van de variabele opstellingen per maand

maand	ideale hellingshoek (Siderea)	mogelijke hellingshoek Zonneweide	codering stand op Vario Top	datum verzetten
jan	70°	60°	10	-
feb	50°	50°	20	1-feb
mrt	40°	40°	30	1-mrt
apr	30°	30°	40	1-apr
mei	20°	20°	50	1-mei
jun	10°	10°	60	1-jun
jul	15°	10°	60	-
aug	25°	20°	50	1-aug
sept	40°	40°	30	1-sep
okt	50°	50°	20	1-okt
nov	60°	60°	10	1-nov
dec	70°	60°	10	-

In de periode van dit onderzoek hadden de variabele opstellingen (Schletter Vario Top) in september onder een hellingshoek van 40° moeten staan en op 1 oktober verzet moeten worden naar 50° en op 1 november naar 60°, zie Tabel 2. De codering van de standen op



de Vario Top hebben echter verwarring gegeven. Zoals in de tabel is af te lezen is de codering omgedraaid met de hellingshoek in graden. Gedurende de maand september hebben de variabele opstellingen op stand 40 gestaan (dat is een hellingshoek van 30 °) in plaats van op stand 30 (een hellingshoek van 40°).

Bij het verzetten van de opstellingen op 1 november bleek verder dat de hellingshoek van 60° niet volledig werd gehaald, doordat er een bout in de weg zat.



*Foto 11: door deze bouten op de variabele opstellingen wordt de ideale hellingshoek van 60° voor november tot en met januari niet bereikt*



## 3.3 Verschil in onderhoud

### 3.3.1 Schoonmaken

De panelen van alle opstellingen worden drie maal per jaar schoongemaakt met ruim (gedemineraliseerd) water en afgezeemd. In dit opzicht zijn er dus geen verschillen tussen de opstellingen. De variabele opstellingen hebben mogelijk een voordeel doordat bij steilere standen en regenbuien het vuil makkelijker van de panelen afspoelt.

### 3.3.2 Controleren, smeren en afstellen van de installaties

In september bleek dat de Sulfurcell variabele opstelling achterbleef in opbrengst. MV Solar heeft deze panelen op 30 september doorgemeten. Er bleek wel spanning op te staan, maar één van de strings (er zijn twee strings parallel geschakeld) was omgedraaid aangesloten. Dit is toen verholpen. Het achterblijven van deze opstelling had dus niet met de panelen of opstelling te maken, maar met een fout bij de installatie.

De variabele opstellingen zijn in de onderzochte periode twee maal versteld, namelijk op 1 oktober en op 1 november. Het verzetten is met één man te doen, maar men moet bij het verstellen dan wel met de rug de panelen tegenhouden. Het verstellen van de drie variabele opstellingen duurde ongeveer één manuur, dus 20 minuten per opstelling. Degenen die de panelen verzet hebben, geven aan dat dit door het los- en aandraaien vrij omslachtig is. Men denkt dat dit makkelijker moet kunnen met een gebruiksvriendelijker systeem met aandrukveren.



Foto 12: losdraaien van de bouten bij het verstellen van de hellingshoek



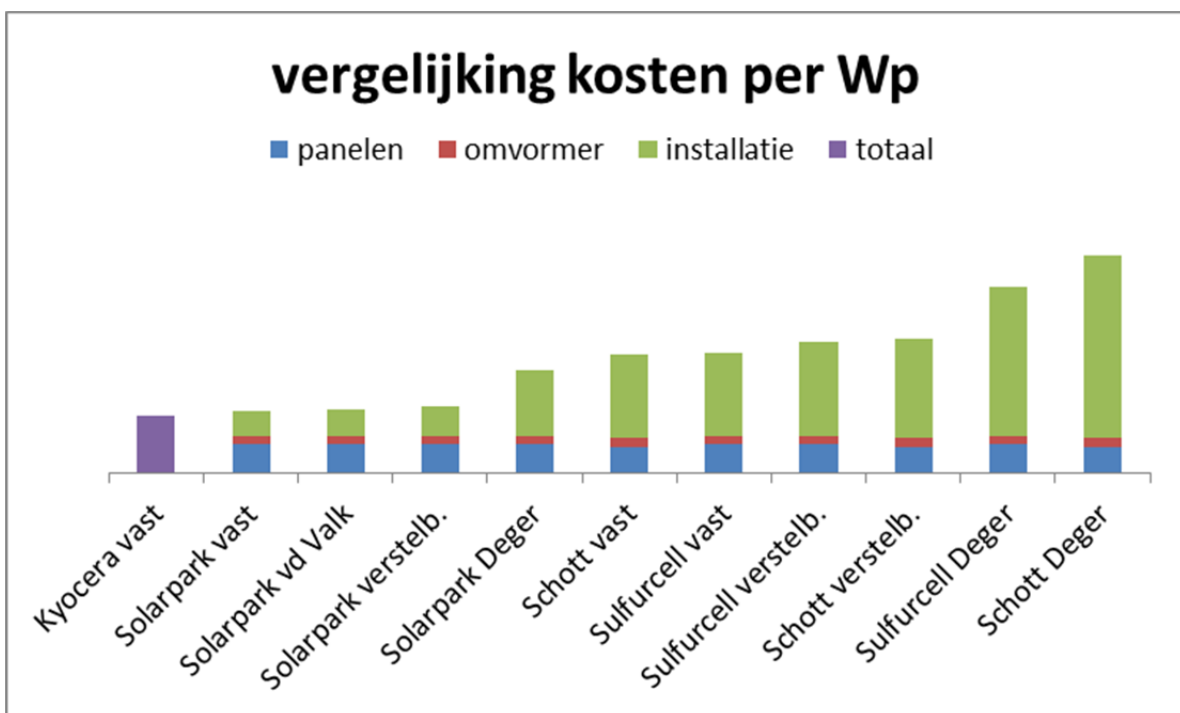


*Foto 13: verzetten van de panelen in een stellere stand*



### 3.4 Kosten

In Figuur 2 worden de aanschaffkosten van de verschillende opstellingen, zoals die in 2011 op de Zonneweide zijn geplaatst relatief weergegeven. Omdat de opstellingen niet op een dak maar direct op de grond geplaatst zijn, moesten er stevige draagconstructies gemaakt worden, die een groot deel van de kosten bepalen. De systemen met polykristallijne panelen (Kyocera en Solarpark) blijken per Wattpiek minder te kosten dan met dunne film panelen (Schott en Sulfurcell). Dit komt vooral doordat de dunne film panelen per Wattpiek zwaarder zijn. Wat betreft de opstellingen blijken de vaste opstellingen per Wattpiek het minst te kosten, vervolgens de van der Valk, de verstelbare en ten slotte blijken de Degers per Wattpiek het duurst te zijn. De Deger suntrackers zijn duur vanwege de draagconstructie, fundering en het aandrijfmechanisme, zie foto 14 en 15.

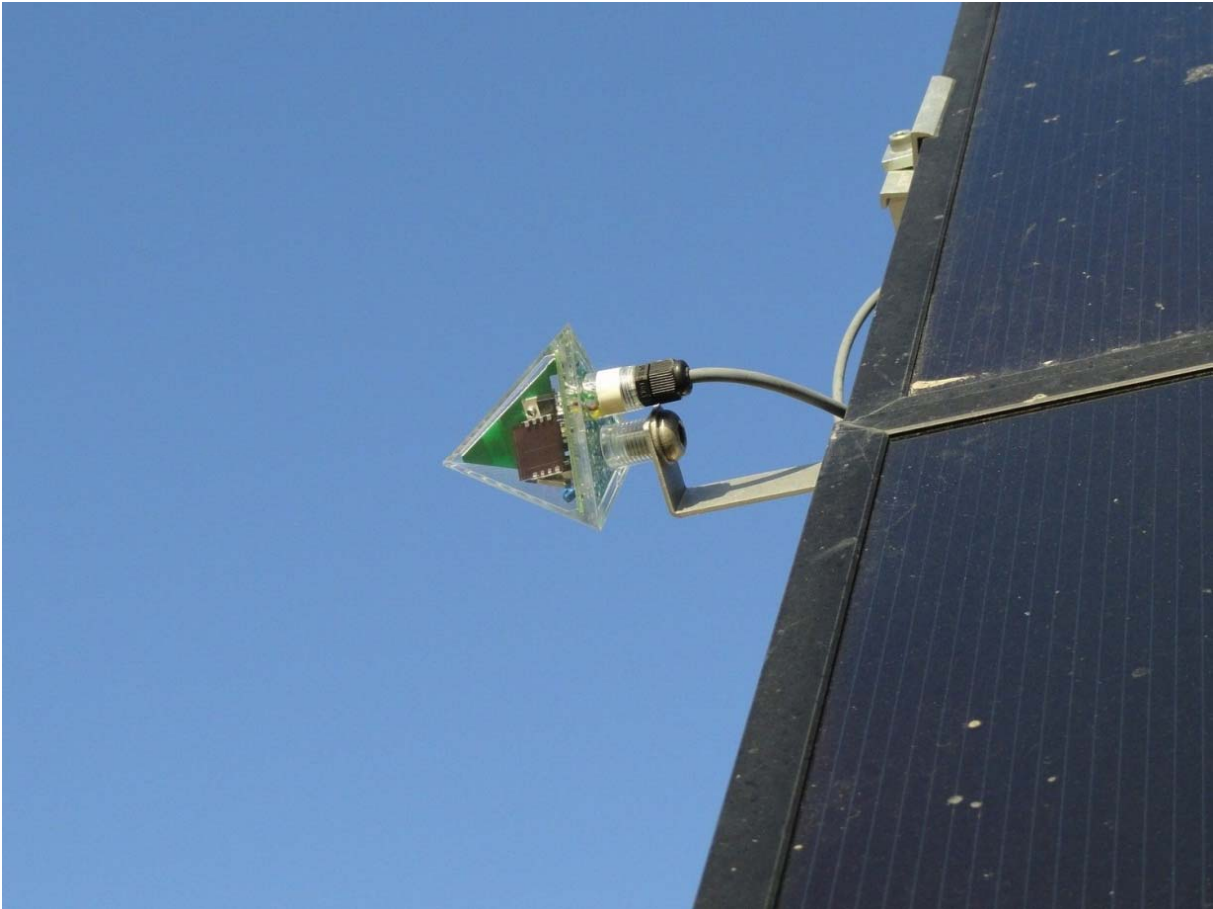


Figuur 2: Vergelijking van de kosten per Wattpiek van de verschillende systemen met een onderverdeling naar kosten voor panelen, omvormer en installatie



*Foto 14: De fundering, draagconstructie en het aandrijfmechanisme van de Deger suntracker*





*Foto 15: lichtsensor waarmee de Deger suntracker bestuurd wordt*



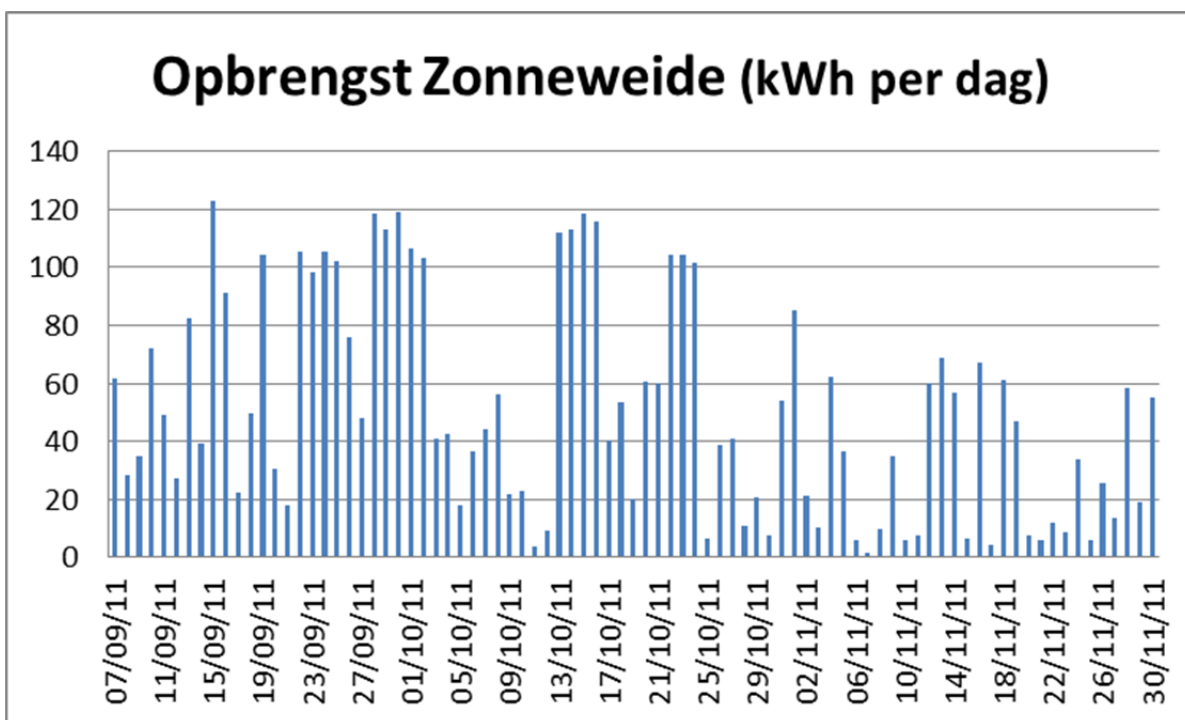
## 3.5 Opbrengst

In de loop van 2011 zijn de verschillende opstellingen, het monitoringssysteem en de productie- en verbruiksmeters op verschillende tijdstippen geplaatst. Hoewel de eerste opstellingen al in juni zijn begonnen te produceren, kon het echte onderzoek pas starten toen alle opstellingen klaar waren en alle meters werkten.

Op 7 september is de Zelziuz opstelling met de Kyocera panelen geplaatst en waren ook de laatste productiemeters in werking. Op die datum is de nulmeting uitgevoerd. Voor een goed beeld is een productie van minimaal 1 jaar noodzakelijk, omdat de prestaties van de systemen per seizoen kunnen verschillen. In dit rapport worden de resultaten van 7 september tot en met 30 november 2011 weergegeven.

### 3.5.1 Bruto-opbrengst

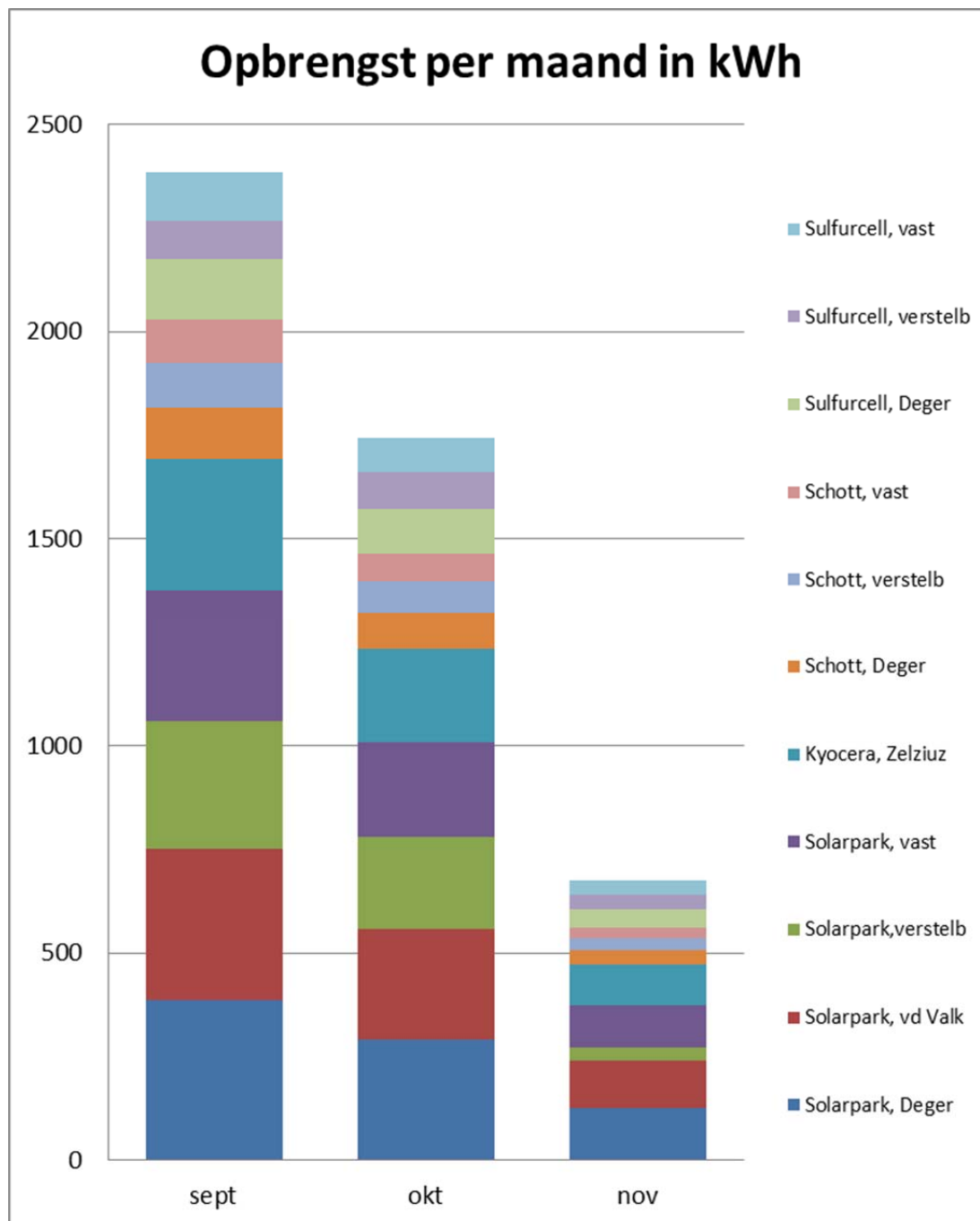
Het verschil in opbrengst tussen zonnige en bewolkte dagen is groot, zie Figuur 3. De totale bruto-opbrengst van de 11 opstellingen bedraagt 4.784 kWh in de onderzochte periode (7 september t/m 30 november).



Figuur 3: Opbrengst van de Zonneweide in kWh per dag



Uit Figuur 4 blijkt dat de totale bruto opbrengst per maand met het korter worden van de dagen en een lager staande zon afnam. In deze figuur is ook de bijdrage van de verschillende systemen aan de totale opbrengst af te lezen. De Solarpark panelen op de Deger sun-tracker hebben in deze drie maanden de meeste stroom opgewekt. Om een goede vergelijking van de performance van de verschillende systemen te maken, moet ook de verbruikte stroom en het geïnstalleerde vermogen in acht worden genomen. Dat gebeurt in de volgende paragrafen.



Figuur 4: Opbrengst per maand van de verschillende opstellingen op de Zonneweide



### 3.5.2 Netto-opbrengst

De verschillende zonvolgsystemen produceren niet alleen stroom, maar verbruiken ook stroom om de zon te volgen. Achter de inverters van de Deger sun-trackers is daarom een verbruiksmeter geplaatst. Bij de van de Valk opstelling is het stroomverbruik zo laag ingeschat dat dit niet is gemeten.

In Tabel 3 wordt het stroomverbruik door de Deger sun-trackers per maand weergegeven. Doordat de opbrengst in de donkere maanden lager is, neemt het stroomverbruik door de sun-trackers toe van 0,6 % van de stroomopbrengst in september naar 1,3 % in november.

*Tabel 3: Bruto stroomopbrengst en stroomverbruik van de Deger sun-trackers per maand*

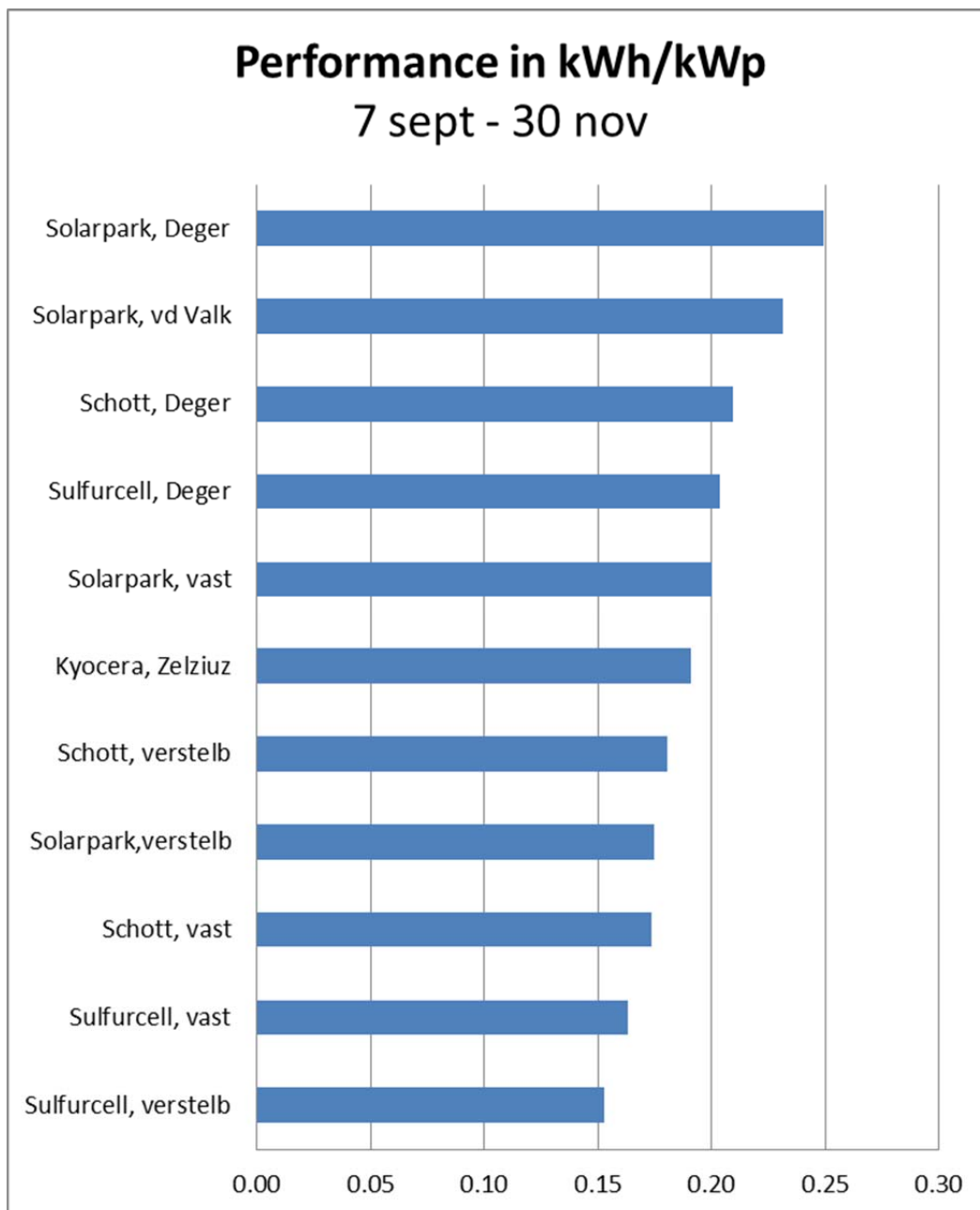
	<b>september</b>	<b>oktober</b>	<b>november</b>
bruto-opbrengst Deger sun-trackers in kWh	660,1	484,3	203,1
verbruik Deger sun-trackers in kWh	4,0	3,8	2,7
netto-opbrengst Deger sun-trackers in kWh	656,2	480,5	200,4
verbruik als percentage van de bruto-opbrengst	0,6 %	0,8 %	1,3 %





### 3.5.3 Netto-opbrengst per geïnstalleerd vermogen

De performance van de verschillende systemen kan goed vergeleken worden als de netto-opbrengst wordt gedeeld door het geïnstalleerde vermogen in Wattpiek. Solarpark panelen op een Deger sun-tracker gaven in de onderzochte periode de hoogste netto-opbrengst per geïnstalleerd vermogen, zie Figuur 5. Direct gevolgd door de Solarpark panelen op de van der Valk Solartracker. Ook de Deger suntrackers met de Schott en Sulfurcell panelen scoorden goed.

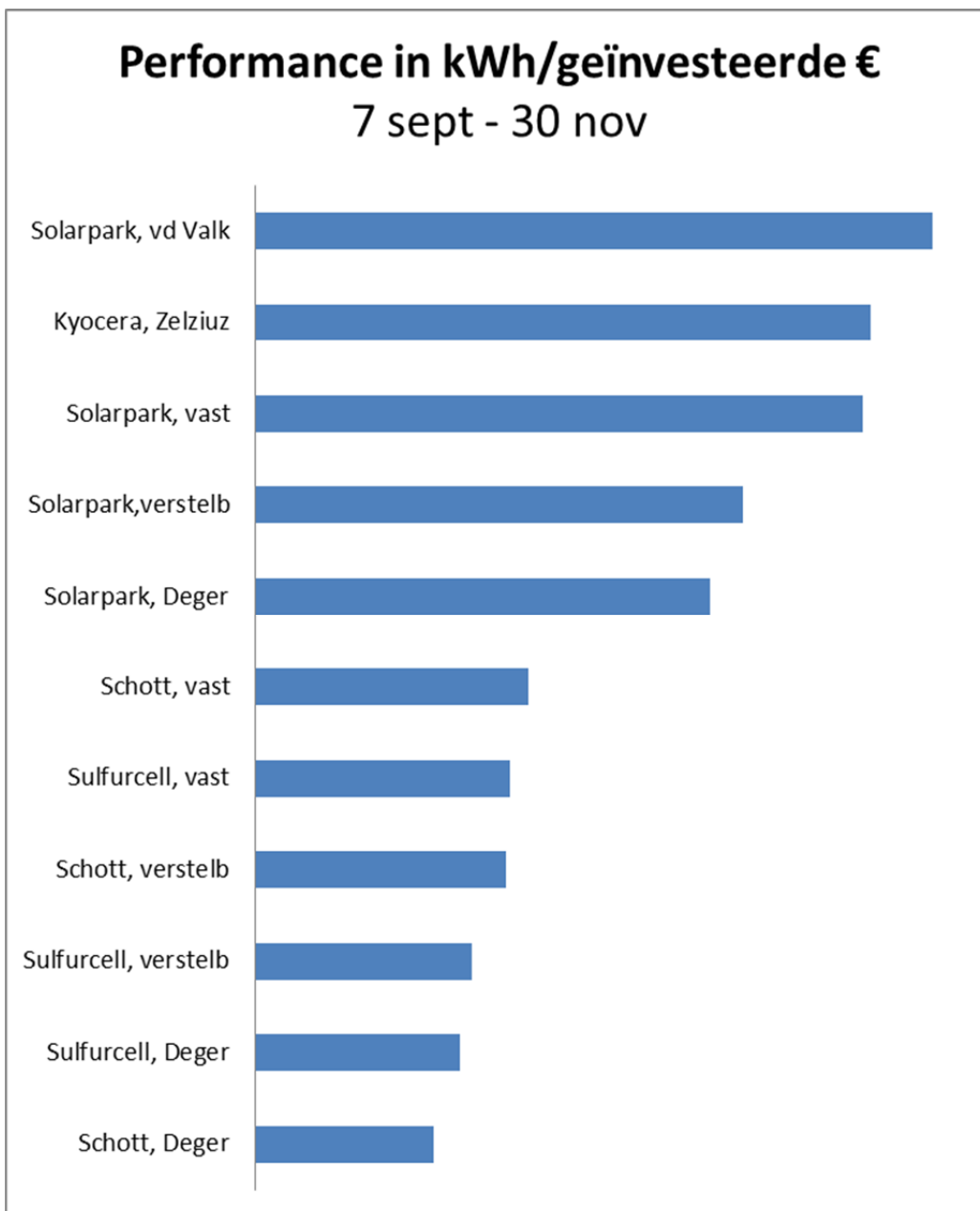


Figuur 5: Performance van de verschillende opstellingen op de Zonneweide van 7 september t/m 30 november in kWh per kWp



### 3.5.4 Netto-opbrengst per geïnvesteerde euro

Uit Figuur 2 eerder in dit rapport bleek dat er veel verschil is tussen de systemen in kosten per Wattpiek. Voor een goede vergelijking van de economische rendabiliteit van de systemen wordt de netto stroomopbrengst gedeeld door het geïnvesteerde bedrag, zie Figuur 6. Een investering in Solarpark panelen op de van der Valk Solartracker blijkt dan het beste rendement te geven. Op enige afstand gevolgd door de Kyocera en Solarpark panelen op een vaste opstelling.



*Figuur 6: Vergelijking van de performance van de verschillende opstellingen op de Zonneweide van 7 september t/m 30 november in kWh per geïnvesteerde euro*

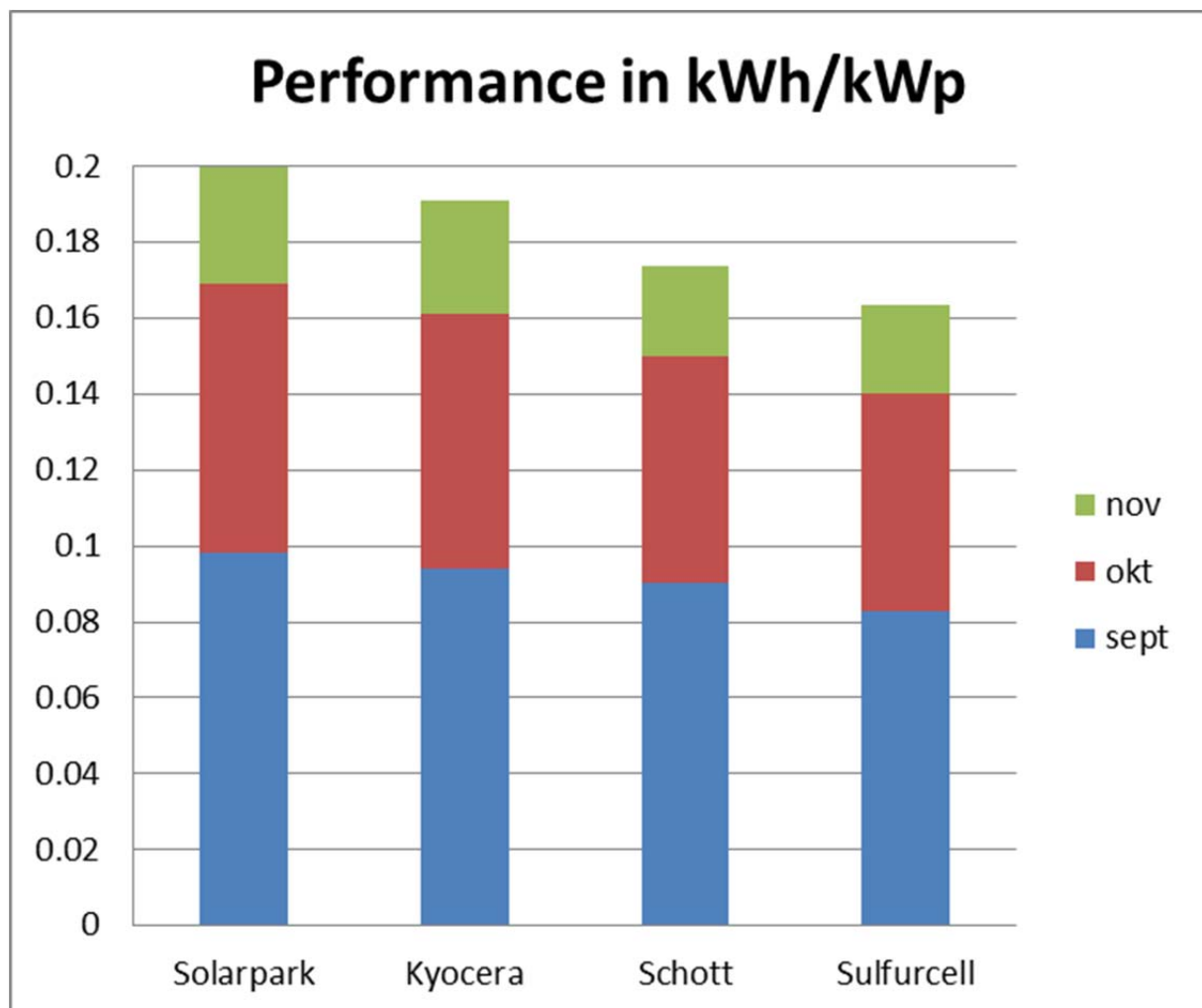


### 3.6 Performance per type paneel

In dit onderzoek zijn de volgende typen zonnepanelen naast elkaar getest:

- polykristallijn silicium (Solarpark 230 Wp)
- polykristallijn silicium (Kyocera 240 Wp)
- dunne film silicium (Schott 97 Wp)
- dunne film CIS (Sulfurcell 55 Wp)

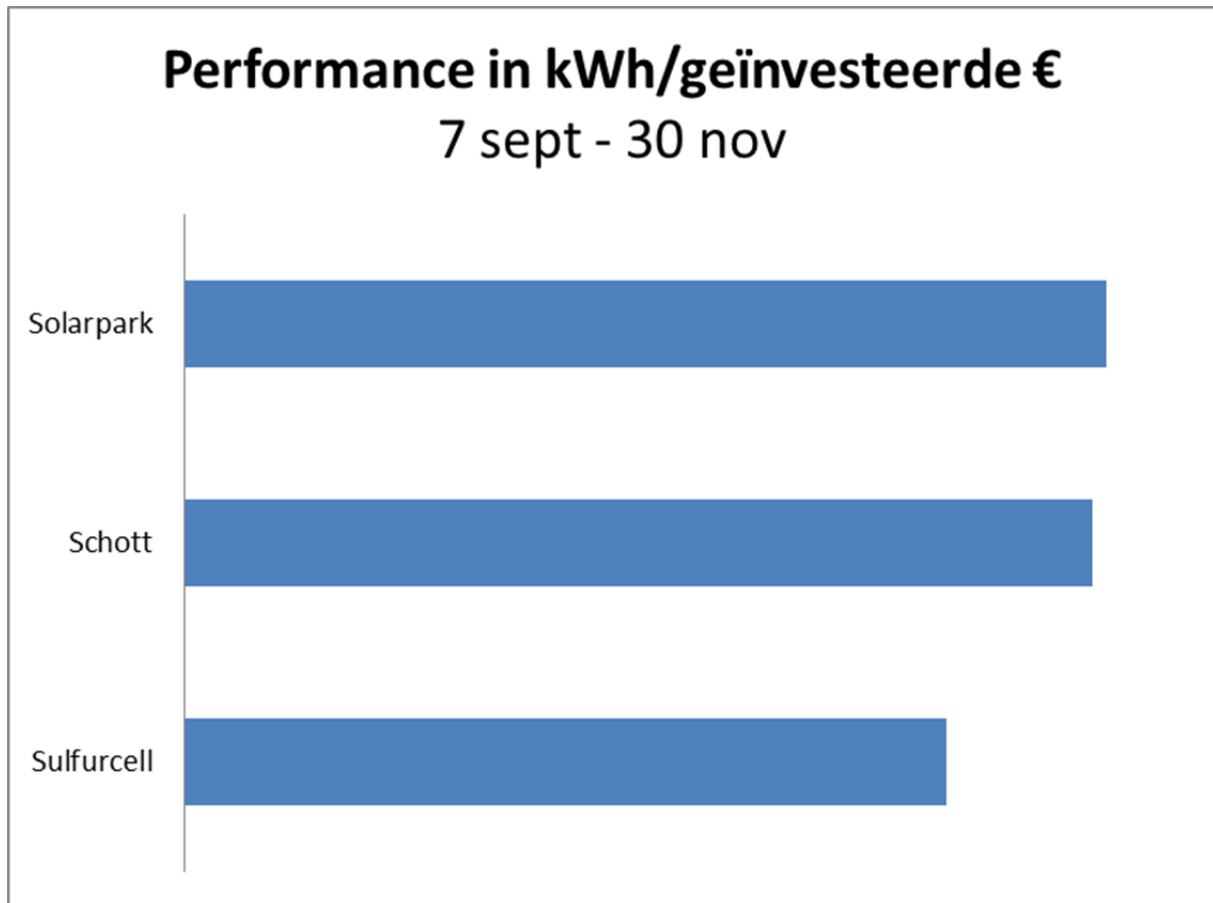
De panelen zijn allemaal op vaste, variabele en zonvolgsystemen getest, m.u.v. de Kyocera panelen. Deze laatste zijn uitsluitend op een vaste opstelling van Zelziuz getest. Om het rendement van de verschillende panelen met elkaar te vergelijken, worden de resultaten van deze panelen op vaste opstellingen op een rij gezet. De polykristallijne panelen blijken een grotere stroomopbrengst per geïnstalleerd vermogen te geven dan de dunne film panelen. Dit geldt zowel in de maand september, oktober als december, zie Figuur 7. Solarpark scoort in de onderzochte maanden iets beter dan Kyocera en Schott iets beter dan Sulfurcell.



Figuur 7: Performance van de verschillende panelen in de vaste opstelling van 7 september t/m 30 november in kWh per kWp



Om het economisch rendement van de panelen te vergelijken is de stroomopbrengst gedeeld door de kosten van uitsluitend de panelen, zie Figuur 8 (van de Kyocera panelen van Zelzius is de prijs niet bekend). Het economisch rendement van de Solarpark en Schott panelen blijkt iets beter te zijn dan dat van de Sulfurcell panelen.



*Figuur 8: Vergelijking van de performance van de verschillende panelen in de vaste opstelling van 7 september t/m 30 november in kWh per geïnvesteerde euro*





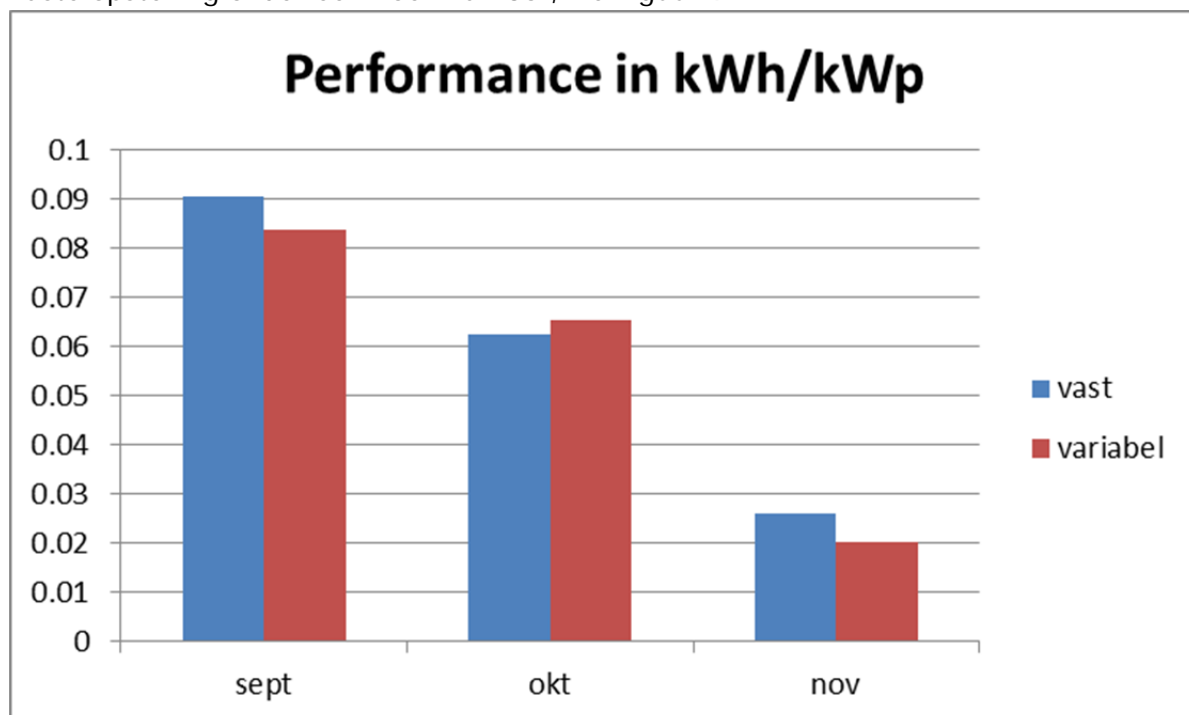
### 3.7 Performance Schletter Vario Top

Er zijn drie typen panelen getest in de variabele opstelling: de Schletter Vario Top. Met deze variabele opstelling zijn de panelen gedurende het seizoen handmatig te verstellen in 5 standen (van een hoek van 10 tot 60°). In Tabel 4 is de ideale hellingshoek in de maanden september tot en met november volgens Siderea weergegeven in de gerealiseerde hellingshoek in de Zonneweide. In september is de hellingshoek verkeerd ingesteld door een onjuiste codering op de Schletter Vario Top en in november was de ideale hellingshoek niet in te stellen door in de weg zittende bouten (dit geldt voor alle drie de variabele opstellingen).

Tabel 4: Ideale en gerealiseerde instellingen hellingshoek van de variabele opstellingen per maand

maand	ideale hellingshoek (Siderea)	gerealiseerd Zonneweide
sept	40°	30°
okt	50°	50°
nov	60°	58°

Om de performance van deze variabele opstelling te beoordelen worden de resultaten van de drie variabele opstellingen vergeleken met de drie vaste opstellingen met dezelfde panelen. De opbrengst van de drie variabele opstellingen samen bedroeg 991 kWh, terwijl met de drie vaste opstellingen 1.080 kWh werd behaald. Dit is 8 % lager. Alleen in de maand oktober, toen de ideale hellingshoek van 50° voor die maand kon worden ingesteld, is er met de variabele opstelling een hogere opbrengst behaald dan met de vaste opstelling onder een hoek van 36°, zie Figuur 9.



Figuur 9: Performance van de variabele opstellingen t.o.v. de vaste opstellingen van 7 september t/m 30 november in kWh per kWp



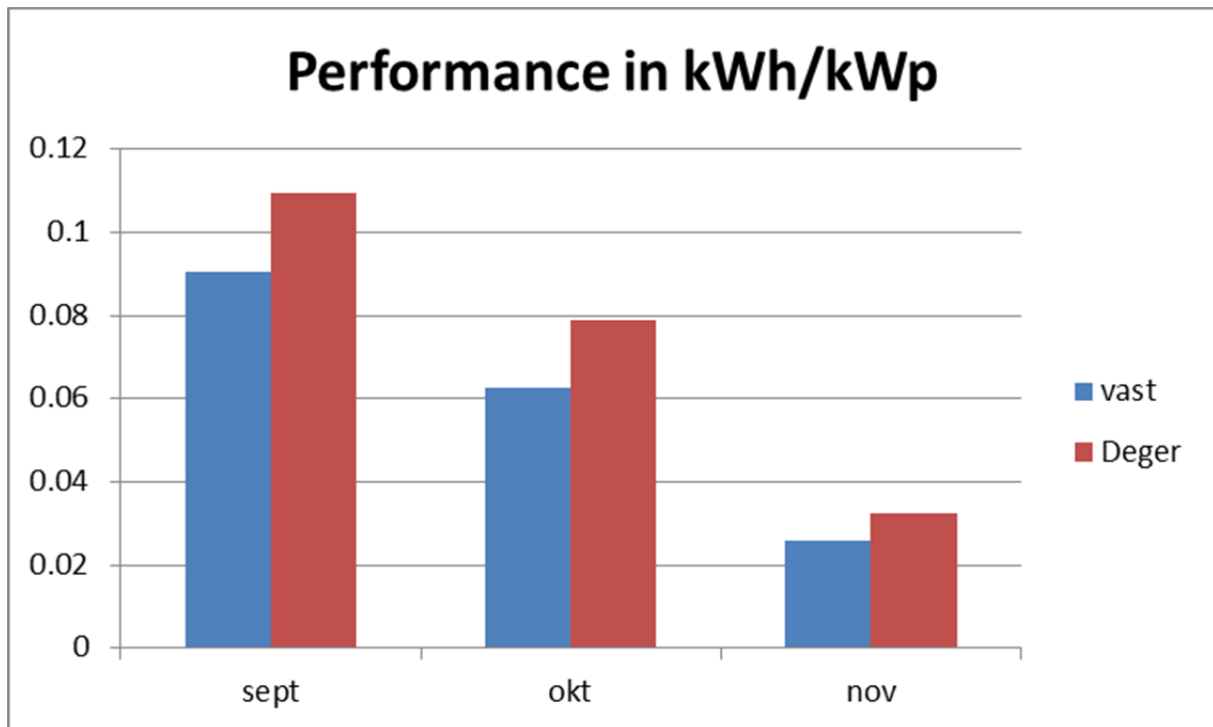
De lagere opbrengst in september is veroorzaakt door een onjuiste instelling van de hellingshoek. Het is vreemd dat er in november bij een hellingshoek van  $58^\circ$  geen hogere opbrengst wordt behaald dan bij  $36^\circ$ .

Omdat vooral de onjuiste instelling van september zo'n grote invloed heeft gehad op de totale performance van de variabele opstellingen kunnen er nu nog geen conclusies aan de huidige resultaten worden verbonden en is het beter te wachten tot de resultaten van meerdere maanden met juiste instellingen bekend zijn.



### 3.8 Performance Deger sun-trackers

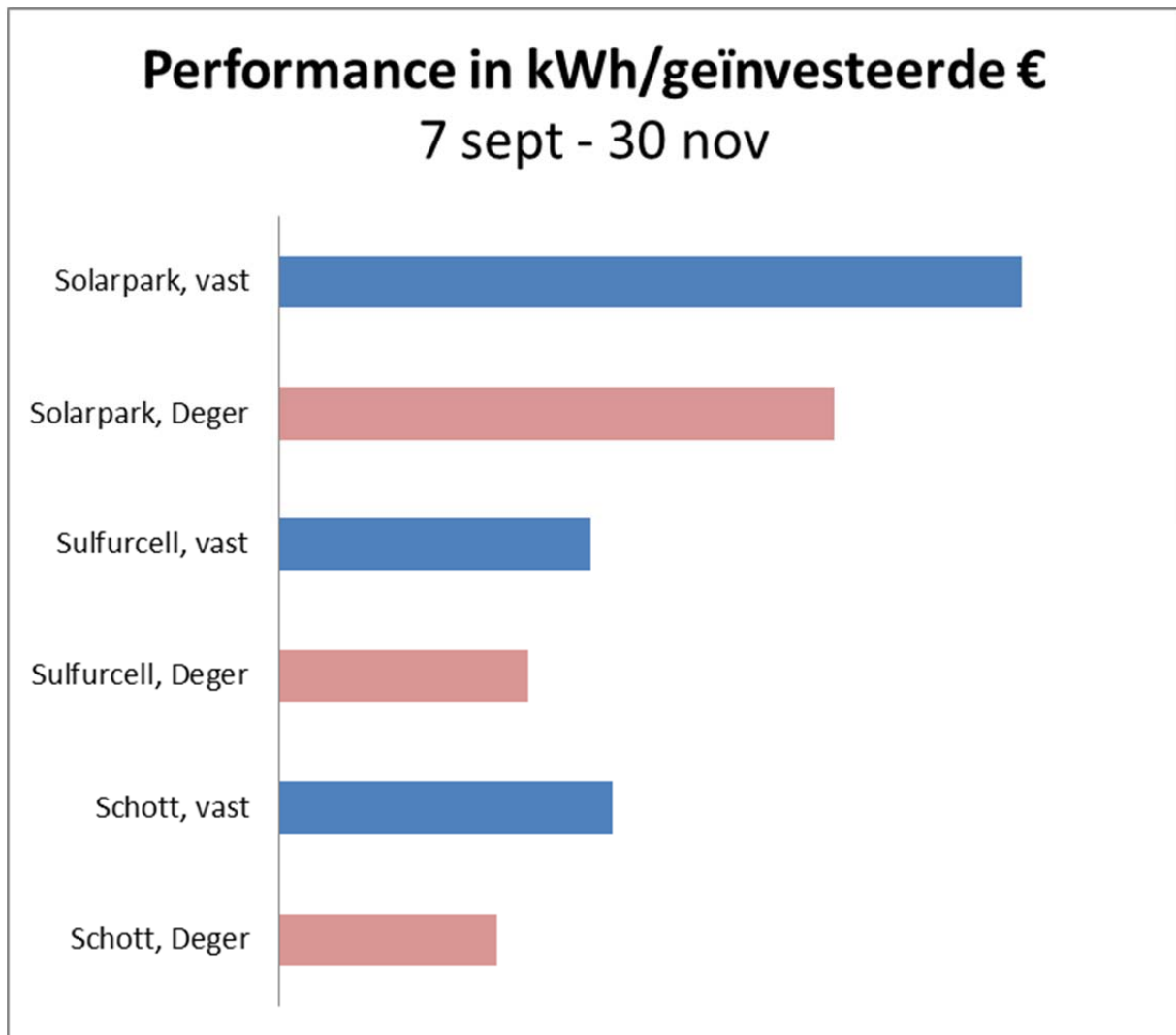
Bij de Deger sun-trackers zijn de panelen op een frame geplaatst dat over twee assen kan draaien om de zon te volgen. Ook de Deger sun-trackers zijn met drie verschillende panelen getest. De netto-opbrengst van de Degers bedraagt 1.337 kWh, dit is 24 % hoger dan met dezelfde panelen op een vaste opstelling. Uit Figuur 10 blijkt dat zowel in september, oktober als november een hogere opbrengst werd behaald met de Degers dan met vaste opstellingen.



Figuur 10: Performance van de Deger sun-trackers t.o.v. de vaste opstellingen van 7 september t/m 30 november in kWh per kWp



De Deger sun-trackers zijn echter een stuk duurder dan de vaste opstellingen. De stroomopbrengst per geïnvesteerde euro is bij alle drie de Degers lager dan bij dezelfde panelen op een vaste opstelling, zie Figuur 11. Deze conclusie geldt voor de periode 7 september tot en met 30 november. Mogelijk zijn de resultaten over een heel jaar anders.



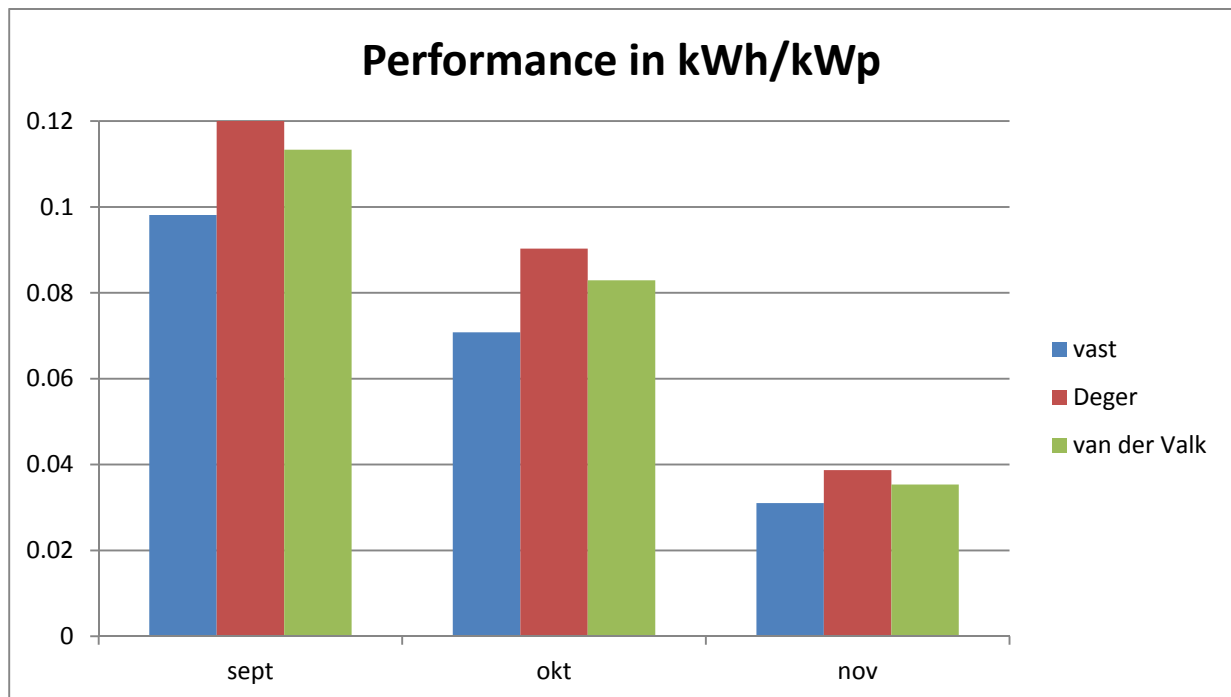
*Figuur 11: Performance van de Deger sun-trackers t.o.v. de vaste opstellingen van 7 september t/m 30 november in kWh per geïnvesteerde euro*





### 3.9 Performance van der Valk Solartracker

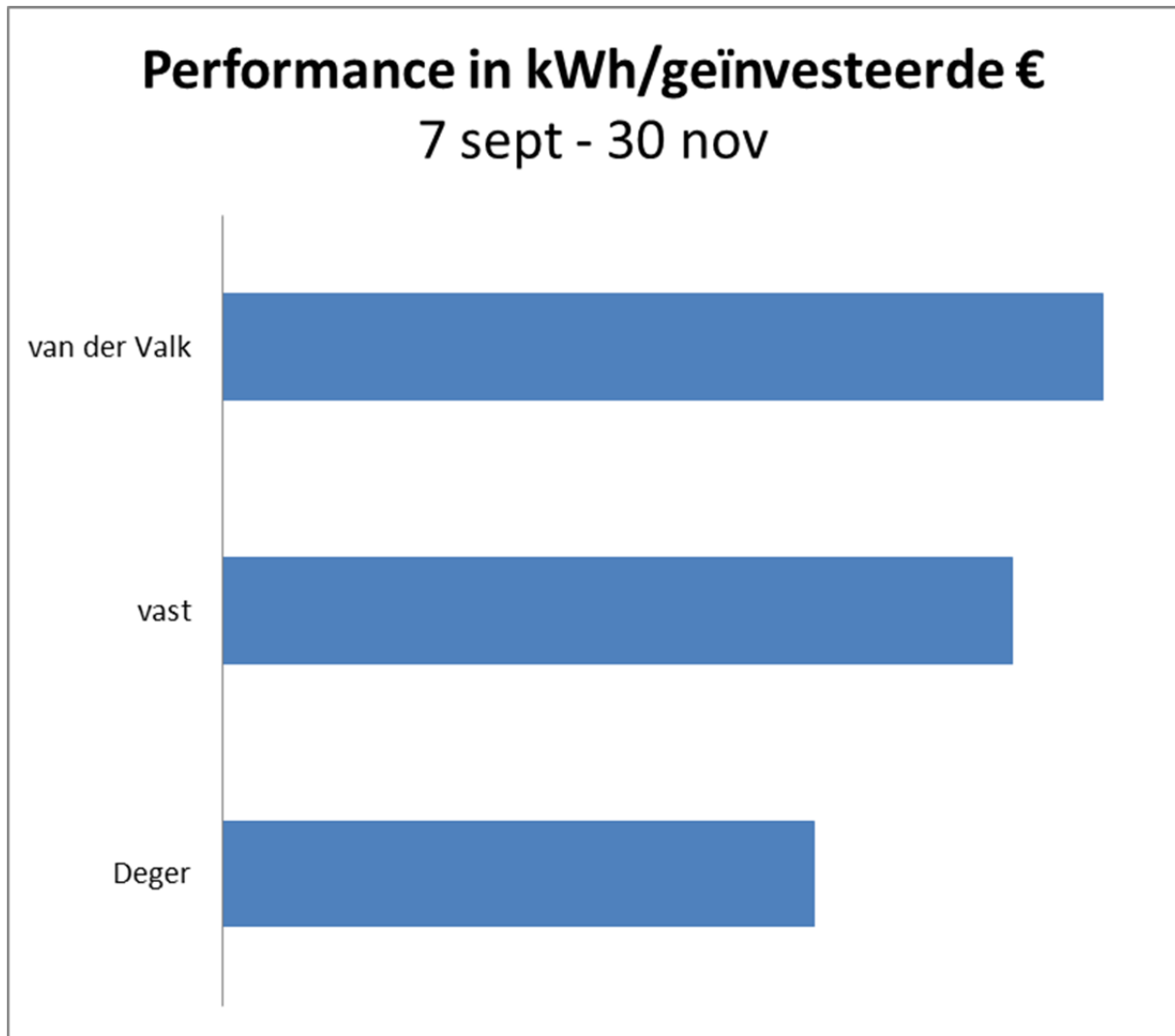
Het van der Valk systeem is een draaisysteem over één as waarmee gedurende de dag de baan van de zon wordt gevolgd. Dit systeem is alleen getest met Solarpark panelen. De opbrengst van deze opstelling bedroeg 746 kWh, dat is 16 % meer dan bij dezelfde panelen op een vaste opstelling. De meeropbrengst t.o.v. de vaste opstelling is niet zo groot als bij de Deger, die behaalde met dezelfde panelen 25 % meer stroomopbrengst. In Figuur 12 wordt dit per maand weergegeven.



Figuur 12: Performance van de van der Valk solartracker t.o.v. de vaste opstelling en de Deger met Solarpark panelen van 7 september t/m 30 november in kWh per kWp



Wanneer ook de benodigde investeringen voor de verschillende systeem in ogenschouw worden genomen ontstaat een ander beeld, zie Figuur 13. Doordat de kosten voor dit systeem relatief laag zijn, is de stroomopbrengst per geïnvesteerde euro en dus het economische rendement het hoogst.



*Figuur 13: Vergelijking van de performance van de van der Valk solartracker t.o.v. de vaste opstelling en de Deger met Solarpark panelen van 7 september t/m 30 november in kWh per geïnvesteerde euro*



## 4 Samenvatting en voorlopige conclusies

ACRRES heeft samen met Eneco in september 2011 de Zonneweide geopend. Op deze Zonneweide worden verschillende typen zonnepanelen en verschillende opstellingen getest op performance. Voor een goed beeld van het economisch rendement van de verschillende opstellingen is een productie van minimaal één jaar noodzakelijk. In dit rapport zijn de voorlopige resultaten van 7 september tot en met 30 november 2011 weergegeven.

De volgende typen zonnepanelen zijn getest:

- polykristallijn silicium (Solarpark 230 Wp)
- polykristallijn silicium (Kyocera 240 Wp)
- dunne film silicium (Schott 97 Wp)
- dunne film CIS (Sulfurcell 55 Wp)

Deze zonnepanelen zijn getest volgens vier opstellingen:

- vaste opstelling: permanente hellingshoek van 36° op het zuiden
- Schletter Vario Top: maandelijks te verstellen hellingshoek van 10 tot 60°
- Deger sun-tracker: zonvolgsysteem over twee assen direct reagerend op de lichtintensiteit
- van der Valk Solartracker: zonvolgsysteem onder een hellingshoek van 36° op het zuiden, dat draaiend over één as gedurende de dag de baan van de zon volgt

Bij de Schletter Vario Top opstellingen heeft de onjuiste instelling van de hellingshoek in september zo'n grote invloed gehad op de totale performance van deze variabele opstellingen, dat er nog geen conclusies aan de huidige resultaten kunnen worden verbonden.

Solarpark panelen op een Deger sun-tracker gaven in de onderzochte periode de hoogste netto-opbrengst per geïnstalleerd vermogen. Direct gevolgd door de Solarpark panelen op de van der Valk Solartracker. Ook de Deger suntrackers met de Schott en Sulfurcell panelen scoorden goed. Wanneer ook de benodigde investeringen voor de verschillende systeem in ogenschouw worden genomen ontstaat een ander beeld. De kosten van Solarpark panelen op een van der Valk Solartracker zijn namelijk laag, terwijl de kosten voor de Degers hoog zijn. Voor een goede vergelijking van de economische rendabiliteit van de systemen wordt de netto stroomopbrengst gedeeld door het geïnvesteerde bedrag. Een investering in Solarpark panelen op het van der Valk Solartracker blijkt dan het beste rendement te geven. Op enige afstand gevolgd door de Kyocera en Solarpark panelen op een vaste opstelling.

Wanneer de panelen op daken toegepast worden is alleen de vergelijking van de performance van de typen panelen interessant. Het economisch rendement van de Solarpark en Schott panelen blijkt in deze drie maanden iets beter te zijn dan dat van de Sulfurcell panelen.

Deze conclusies gelden voor de periode 7 september tot en met 30 november 2011. Mogelijk zijn de resultaten over een heel jaar anders. Eind 2012 zal de definitieve rapportage komen.

[www.acrres.nl](http://www.acrres.nl)



**WAGENINGEN UR**  
*For quality of life*