
Veenkoloniën, zonne-energie vanaf een wateropslag

Duurzame energie vanaf het wateroppervlak van een wateropslag in de Veenkoloniën.

Ties Conradi

Jules van Haaren



13-11-2012

Veenkoloniën, zonne-energie vanaf een wateropslag

Duurzame energie vanaf het wateroppervlak van een wateropslag in de Veenkoloniën.

Steunfonds
Technisch
Hoger
Onderwijs



Dit rapport is mede mogelijk gemaakt door STHO Steunfonds Technisch Hoger Onderwijs met een voucher om dit project te ondersteunen.

Verantwoording

Titel	Veenkoloniën, zonne-energie
Opdrachtgever	Tauw
Projectleider	Johan de Putter
Auteur(s)	Ties Conradi en Jules van Haaren
Projectnummer	1205047
Aantal pagina's	90 totaal
Datum	23-11-2012
Handtekening	

Colofon

Opdracht gevers vanuit Tauw:

Johan de Putter	Roel Valkman
Adviseur BU water	Consultant Water and Environment
Australielaan 5	Handelskade 11
Postbus 3015	Postbus 133
3502 GA Utrecht	7400 AC Deventer
+31 30 28 89484	+31 570 69 91 67
+31 65 53 90 71 0	+31 65 38 16 074
Johan.deputter@tauw.nl	Roel.valkman@tauw.nl

Afstudeerbegeleiders vanuit Van Hall Larenstein:

Jos Theunissen	Casper Zoete
Docent milieutechnologie	Hydroloog & docent Milieukunde
Van Hall Larenstein	Van Hall Larenstein
Jos.theunissen@wur.nl	Casper.zoete@wur.nl
+ 31 582 84 6248	+31 582 84 61 00

Voorwoord

In de afgelopen maanden hebben wij een afstudeerproject uitgevoerd in opdracht van Tauw BV te Assen en Deventer.

Tijdens deze afstudeeropdracht hebben wij ons beziggehouden met het ontwikkelen van een wateropslag gecombineerd met energieproductie van zonnepanelen. Gaandeweg het proces is het zwaartepunt verschoven van een wateropslag naar een specifieke zonnepaneelopstelling. Ten tijde van dit onderzoek hebben we een pilot in Valthermond opgesteld en is in 2013 een grotere zonnepaneelopstelling gepland.

We willen graag van deze gelegenheid gebruik maken om Tauw BV te bedanken voor de mogelijkheid die zij ons hebben geboden een afstudeeropdracht te laten uitvoeren. Daarnaast willen wij onze begeleiders van Tauw BV, Johan de Putter en Roel Valkman en de begeleiders van het Van Hall Larenstein, Jos Theunissen en Casper Zoete, bedanken voor de energie en tijd die zij in onze opdracht hebben gestopt. Ook gaat onze dank uit naar de werknemers van 't Kompas Kanon te Valthermond. Hier hebben we de pilot mogen uitvoeren. John de Ruiter van Agrisun willen we ook bedanken voor de levering van 6 zonnepanelen en twee inverters om onze proeven mogelijk te maken.

Jules van Haaren en Ties Conradi

Leeuwarden 06-11-2012

Gebruikte termen

- **AC/ DC** Wisselstroom/ gelijkstroom
- **Amorfe zonnecel** Ook wel micro-kristallijne zonnecellen genoemd. Deze cellen zijn flexibel en zijn daardoor toepasbaar in de elektronica wereld. Een nadeel van deze cellen is dat ze maar een efficiency hebben van 3%.
- **Aquatische biomassa** Aquatische biomassa bestaat uit plantaardig of dierlijk materiaal dat zich in water gevormd heeft. Dit zijn bijvoorbeeld algen en wieren
- **ASG-WUR** Animal Science Groep Wageningen Universiteit
- **BSIK** BSIK staat voor Besluit Subsidies Investerings Kennisinfrastuctuur.
- **Commissie Rabbinge** Commissie Rabbinge heeft onder leiding van Rudy Rabbinge onderzoek gepleegd naar de toekomst ontwikkelingen in de Veenkoloniën
- **Energie Neutraal** Energie neutraal wil zeggen dat er net zoveel energie wordt geproduceerd als er wordt geconsumeerd.
- **Energy Gap** het verschil in energie tussen de bodem van de geleidingsband? en de top van de valentieband? van de elektronen in een kristallijne vaste stof.
- **I-V curve** IV curves zijn de verbanden tussen A en V voor zonnecellen, panelen en systemen. Een IV curve vertelt je hoe het systeem werkt.
- **Inverter** De inverter zet de DC spanning afkomstig van de zonnecellen om naar AC spanning.
- **Junctionbox** De junctionbox zit aan de achterkant van een zonnepaneel, hierin komt alle bedrading bij elkaar en is aan te sluiten via MC4 stekkers aan de inverter.
- **Lux meter** Meetinstrument om de lichtsterkte te meten
- **Maximum power point tracker** Een MPPT bepaalt het optimum werkpunt van een zonnepaneel zodat deze een zo hoog mogelijk rendement behaalt.
- **MC4 stekkers** Dit zijn de stekkers waarmee je het zonnepaneel verbindt aan de inverter. Multi contact 4 stekkers
- **Monokristallijne zonnecel** Deze zonnecel is een wafer gesneden uit een enkele "getrokken" kristal en is daarom rond, wat de afgeronde hoekjes verklaren tussen de wafers in een mono-kristallijne zonnepaneel.
- **NOTC** Nominal Operating Cell Temperature, Onder deze omstandigheden is het paneel getest.
- **Over-schaduw** Over-schaduw is de schaduw die op de zonnecellen valt door een in de zonnebaan staand voorwerp.
- **Pivot** Een pivot is de moderne grootschalige beregeningsinstallatie die zowel lineaire opstelling als in een ronddraaiende opstelling (centre) te verkrijgen zijn. Oftewel in een baan beregenen of in een cirkel.

- **Polykristallijne zonnecel** Deze zonnecel is een wafer gesneden van een gegoten blok silicium. Het zonnepaneel is gemaakt van deze wafers en is te herkennen aan de aaneengesloten wafers.
- **Proefboerderij** Een proefboerderij is een kenniscentrum en heeft als functie het bevorderen van kennisontwikkeling voor de regio. Dat gebeurt door proefondervindelijk nieuwe gewassen en bestrijdingsmiddelen te testen door een rol op zich te nemen als leerbaken voor agrariërs.
- **PV-panelen** Een zonnepaneel of PV-paneel (van het Engelse 'Photo-Voltaic') is een paneel dat zonne-energie omzet in elektriciteit. Hiertoe wordt een groot aantal fotonvoltaïsche cellen op een paneel gemonteerd.
- **ROI** Return of Investment, de tijd die nodig is om de investering die gedaan is terug te verdienen.
- **Salderen** Salderen is het verrekenen van geproduceerde en verbruikte elektriciteit.
- **Shunt** een shunt heeft een vastgestelde weerstand om de ampère meter te ontlasten. Doordat de shunt lage ampères doorgeeft en zijn grotere ampères te meten.
- **Statische opstelling** Dit is een opstelling die niet meedraait met de zon.
- **STC** Standard Test Conditions, in deze condities zijn de zonnecellen getest. Dit is een standaard test methode waardoor verschillende cellen te vergelijken zijn. Op 25 graden Celsius en 1000 Watt/m² lichtintensiteit.
- **Tracking system** Zie MPPT
- **VAMIL, EIA, MIA** VAMIL: Willekeurige afschrijvingen milieu-investeringen. EIA: energie investeringsaftrek. MIA: milieu investeringsaftrek
- **Wafer** Dit is zijn de zonnecellen waaruit een zonnepaneel is opgebouwd. Deze wafers zijn er zowel in poly- als mono-kristallijnen zonnecellen.
- **Waterberging** Een waterberging is een gebied waar tijdelijk water kan worden opgeslagen, bijvoorbeeld een bestaande waterplas of een weiland (uiterwaarden).
- **Wateropslag** Een wateropslag is een tank of bassin waarin water voor een onbepaalde tijd wordt opgeslagen.
- **Wijk** Een wijk is een brede watergang, vroeger gebruikt voor het transport van turf.

Summary

This report was created as a thesis for the bachelor study Environmental Science at Van Hall Larenstein. The project was commissioned by the company Tauw BV. The practical activities have occurred on testfarm 't Kompas in Valthermond, the Netherlands. This research started because of the problems and goals in the Veenkoloniën area. The goal of the Veenkoloniën is to develop an innovative agricultural area with sustainable energy, water and environment management. Tauw formulated an assignment for students: the idea is to combine water storage with the production of renewable energy by stacking functions. The aim of the study is to determine whether combining water storage with the production of renewable energy is financially and technically feasible.

The next main question been asked:

- *How is the production of solar energy with application of reflection and/or cooling best combined with water storage?*

The following sub-question where asked:

- *How are PV panels positioned in such a way that cooling and reflection increase the efficiency of the panels and how does the structure looks like?*
- *What is the revenue model of the solar panel installation of a pilot plant in Valthermond?*
- *What advantages and disadvantages are mentioned by farmers on a combined water storage?*

First a literature study was conducted to provide more information about solar energy and various parameters. Besides the literature study, a pilot study was conducted at testfarm 't Kompas in Valthermond, where a floating solar panel construction is tested on cooling effects and influences of reflective material. The following conclusion can be made:

- The optimum angle is 36 ° with respect to a 5 ° angle;
- Placing a reflective surface between two solar panel setups has a beneficial effect, an increase in energy production from 11.2 to 11.7% was measured;
- Placing two reflective surfaces in a horizontal setup has a negative effect on the energy production.
- The influence of the slight temperature drop on water compared to the energy is zero. The temperature of a solar panel on water is 1.8 ° C-4, 1 ° C lower compared to a solar panel on land;

According to previous studies, the placement of the reflective surface in front of a solar panel can increase the energy production with 20-25%.

By rotating with the sun (east-west), an energy increase of 26% can be expected. Applying a tracking system and reflective material an energy increase of 40% may be achieved. The solar panel arrangement may best be carried out in the circle in which the surrounding edge is static and the centre rotates with the sun.

A setup with only a tracking system is financially the most interesting. Such a setup will have a payback period of 8 years with an average yearly investment return of 15,55%. At present, among the farmers in the area there is no urgency for ensuring adequate water supply in the future. If the water storage with floating solar panels is financially beneficial it could be interesting for farmers. By building a pilot plant (demo) more support can be created for the concept of sustainable water storage.

Samenvatting

Dit rapport is gemaakt als afstudeeropdracht voor de bachelor studie Milieukunde op Van Hall Larenstein. Het project is in opdracht van het ingenieursbureau Tauw BV uitgevoerd. De praktijkwerkzaamheden hebben plaatsgevonden op proefboerderij 't Kompas in Valthermond. Dit onderzoek is tot stand gekomen uit de problematiek en doelstellingen van de Veenkoloniën. Vanuit de vraag het gebied te ontwikkelen tot een innovatief landbouwgebied met duurzame energie-, water- en klimaathuishouding, is een opdracht van ingenieursbureau Tauw geformuleerd. Het idee is om wateropslag te combineren met de productie van duurzame energie door functies te stapelen.

Het doel van het onderzoek is vast te stellen of het financieel en technisch haalbaar is om de productie van duurzame energie, door middel van zonnepanelen, te combineren met wateropslag.

De volgende hoofdvraag is gesteld:

- *Met welke toepassing van reflectie en/of koeling is de productie van zonne-energie het beste te combineren met het wateroppervlak van een wateropslag?*

Hier zijn de volgende deelvragen uit voortgekomen

- *Hoe kunnen PV panelen optimaal geplaatst worden zodanig dat koeling en reflectie het rendement verhogen en hoe ziet de constructie eruit?*
- *Hoe ziet het verdienmodel van zonnepanelen in de pilot te Valthermond eruit?*
- *Welke voor- en nadelen worden genoemd door agrarische ondernemers betreffende een gecombineerde wateropslag?*

Eerst is er een literatuurstudie uitgevoerd om meer informatie te verschaffen over zonne-energie met verschillende parameters. Naast de literatuurstudie is een experimenteel onderzoek uitgevoerd op proefboerderij 't Kompas te Valthermond, waarbij een drijvende zonnepaneel constructie is getest op koelende werking en invloeden van reflecterend materiaal. Uit de gemeten waarden zijn de volgende conclusies te trekken:

- de invloed van de lichte temperatuurdaling op water ten opzichte van de energieproductie is nihil. De temperatuur van een zonnepaneel op water is 1,8°C-4,1°C lager ten opzichte van een zonnepaneel op land;
- de optimale hoek is 36° ten opzichte van een 5° hoek;
- het plaatsen van een reflecterend vlak tussen twee zonnepaneelopstellingen heeft een gunstig effect, een energie productie verhoging van 11,2-11,7% is gemeten;
- het plaatsen van twee reflecterende vlakken bij horizontale opstellingen heeft een ongunstig effect.

Volgens eerdere onderzoeken kan het plaatsen van een reflecterend vlak voor een zonnepaneel zorgen voor een energieproductieverhoging van 20-25%.

Door middel van het meedraaien met de zon (Oost-West) kan een energieproductieverhoging van 26% verwacht worden. Door mee te draaien met de zon en reflectie materiaal toe te passen kan een energieproductie verhoging van 40% behaald worden.

De opstelling kan het beste uitgevoerd worden in cirkel waarbij de omliggende rand statisch is en het midden meedraait met de zon.

Een opstelling met alleen een tracking systeem is financieel gezien het meest interessant. Een opstelling zal een terugverdiëntijd hebben van 8 jaar met een gemiddeld jaarlijks investeringsrendement van 15,55.

Op dit moment is onder de agrarische ondernemers in het gebied geen urgentie voor het plaatsen van een wateropslag om voldoende watertoevoer in de toekomst te garanderen. Als het financieel interessant is een wateropslag te plaatsen met drijvende zonnepanelen zal het concept overwogen worden. Door middel van een pilot installatie (demo) zal er meer draagvlak gecreëerd kunnen worden voor het concept van de duurzame wateropslag.

Inhoudsopgave

1. Introductie	3
1.1. Totstandkoming.....	3
1.2. Stakeholders.....	3
2. Inleiding	4
2.1. Achtergrond	4
2.2. Probleemstelling in de Veenkoloniën	5
2.3. Organisatie en beleidskader	6
3. Doelstelling en opdrachtformulering	8
3.1. Doelstelling	8
3.2. Hoofdvraag	8
3.3. Deelvragen.....	8
3.4. Beoogd resultaat.....	8
3.5. Afbakening	8
3.6. Leeswijzer	9
4. Materiaal en Methoden	10
4.1. Literatuuronderzoek	10
4.2. Economisch model	11
4.3. Experimenteel onderzoek.....	11
4.4. Constructie.....	13
4.5. Feedback uit het gebied	15
5. Literatuuronderzoek zonne-energie.....	16
5.1. Introductie	16
5.2. Werking van zonnecellen	18
5.3. Zonne-energie in Nederland	21
5.4. Over-schaduwing.....	24
5.5. Temperatuur en koeling.....	25
5.6. Optimale temperatuur	26
5.7. Reflectie	27
5.8. Rotatiesysteem	30
6. Proefopzet.....	31

7. Resultaten proefopstelling.....	34
8. Economie en verdienmodel.....	42
8.1. Wateropslag.....	45
9. Discussie.....	46
10. Casestudy.....	49
11. Conclusie en aanbevelingen.....	55
12. Literatuurlijst.....	57
Bijlagen.....	60
I) Feedback uit gebied.....	61
II) Economie en verdienmodel.....	63
III) Legenda verdienmodel.....	64
IV) Biomassa.....	65
V) Kansen en knelpunten aquatisch biomassa.....	66
VI) Bezoek proefboerderij Kelstijn te Dokkum.....	68
VII) Productsheet zonnepanelen.....	70
VIII) Initiële opdracht.....	72
IX) Bijeenkomst.....	74
X) Uitnodiging Excursie.....	75
XI) Artikel Pilotproject drijvende zonnepanelen.....	76
XII) Verslag Excursie.....	78
XIII) Artikel RTV Drenthe, radio, internet artikel en video-beelden.....	79
XIV) Artikel in de Veldpost 29 september 2012.....	80

1. Introductie

1.1. Totstandkoming

In dit hoofdstuk wordt de totstandkoming van dit project beschreven. De betrokken partijen bij de ontwikkeling van dit rapport zijn: Ingenieursbureau Tauw, Agenda van de Veenkoloniën, Kenniswerkplaats Veenkoloniën, Van Hall Larenstein en proefboerderij 't Kompas te Valthermond (PPO WUR).

Deze opdracht is uitgevoerd door Ties Conradi en Jules van Haaren als afstudeeropdracht van de opleiding Milieukunde bij het Van Hall Larenstein. De uitvoering van de opdracht heeft plaatsgevonden bij diverse vestigingen van Tauw en op proefboerderij 't Kompas te Valthermond. Dit rapport is mede mogelijk gemaakt door STHO Steunfonds Technisch Hoger Onderwijs met een voucher (€1000) om dit project financieel te ondersteunen.

1.2. Stakeholders

Tauw

Tauw is een Europees advies-en ingenieursbureau gespecialiseerd in het ontwerpen, verbeteren en het beheer van de natuurlijke omgeving, gebouwde omgeving en infrastructuur. (Tauw, 2012). Ingenieursbureau Tauw heeft de opdracht gegeven om de praktische toepasbaarheid van drijvende zonnepanelen en de inpassing binnen het gebied de Veenkoloniën inzichtelijk te maken.

De Agenda voor de Veenkoloniën

Deze agenda is een samenwerkingsverband van de provincies Groningen en Drenthe, de gemeenten Aa en Hunze, Borger-Odoorn, Emmen, Hoogezand-Sappemeer, Stadskanaal, Pekela, Veendam, Vlagtwedde en de waterschappen Hunze en Aa's en Velt en Vecht.

De samenwerking komt voort uit het advies van de Commissie Hoekstra van 2001 en is gericht op de sociaaleconomische versterking van de Veenkoloniën. De samenwerkende partners zijn verenigd in een Commissie Agenda voor de Veenkoloniën (Agenda van de Veenkolonien, 2012).

Kenniswerkplaats Veenkoloniën

De kenniswerkplaats is een initiatief vanuit Hogeschool Van Hall Larenstein.

Deze functioneert als ontmoetingsplaats voor docenten, studenten, professionals en burgers die zich inzetten bij complexe vraagstukken van het platteland. Specifieke aandacht gaat daarbij uit naar de Veenkoloniën.

't Kompas

't Kompas is de proefboerderij van waaruit gewerkt werd. De proefboerderij ligt in Valthermond, in het zuiden van de Veenkoloniën.

Klaas Wijnholds is er onderzoeker vanuit de Wageningen Universiteit en Gerard Hoekzema is er bedrijfsleider.

2. Inleiding

2.1. Achtergrond

Geschiedenis van de Veenkoloniën

Het gebied de Veenkoloniën is gelegen in het zuidoosten van de provincie Groningen, en in het oosten van de provincie Drenthe. De volgende grotere gemeenten vallen in het gebied: Hoogezand-sappenmeer, Veendam, Pekela en Stadskanaal.

In de middeleeuwen is er begonnen met het winnen van turf. In de volgende eeuwen, voornamelijk de 16^e eeuw (de Gouden eeuw), is vrijwel al het turf afgegraven en is er een door lintbebouwing gedomineerd landschap ontstaan. Het ontginnen van het hoogveen complex het Bourtangermoeras heeft geleid tot deze landschappen (Wikipedia, 2012).

Landbouw

Het grondgebruik van de Veenkoloniën is voornamelijk agrarisch, ongeveer 85% van de Veenkoloniën is agrarisch.

De verdeling van de gewassen is als volgt: zetmeelaardappelen 47%, suikerbieten 19%, granen 28% en snijmaïs 6% (Rothengatter, 2011).

Waterbeheer

Het waterbeheer is in handen van het waterschap Hunze en Aa's welke er voor zorgt dat er voldoende water aangevoerd wordt aan het gebied, maar ook dat in wateroverschot perioden water wordt afgevoerd.

Het streven van Hunze en Aa's is om voor 2050 3,8 miljoen kubieke meter water vast te houden om 's winters het systeem te ontlasten (Hunze en Aas, 2008).

Wateraanvoer

Jaarlijks wordt 100 miljoen m³ (Mm³) water aangevoerd naar de Veenkoloniën vanaf het IJsselmeer. Ongeveer 50Mm³ daarvan is nodig voor de zomermaanden. Het waterschap verwacht dat de watervraag van 100Mm³ naar 175Mm³ zal stijgen door klimaatverandering en intensivering van irrigatie (Putter, 2012).

Het watersysteem zit op dit moment op zijn maximale capaciteit (Besten, 2012). Dit water wordt ca. 15m omhoog gepompt over een afstand tot 100km, en is voor de handhaving van het waterpeil, droogtebestrijding, verziltingbestrijding, bedrijfsvoering en peilhandhaving in natuurgebieden (Durenkamp, 2009).



Figuur 1: Aanvoerwegen water naar de Veenkoloniën vanaf het IJsselmeer

Energieontwikkelingen

Lokale bedrijven zijn geïnteresseerd in uitbreiding van de productie van de energie-infrastructuur van het gebied. Momenteel wordt er gekeken naar het toepassen van windmolens om in de energievraag te voorzien. De streek wil binnen enkele decennia energieneutraal zijn.

2.2. Probleemstelling in de Veenkoloniën

De zand- en veenbodems in de Veenkoloniën zijn zeer droogtegevoelig en leiden in droge jaren tot opbrengstenderving in de landbouw (Hunze en Aas, 2008). In de Veenkoloniën kan de gemiddelde droogteschade oplopen tot 30% blijkt uit cijfers van het droge referentiejaar 2003 (Durenkamp, 2009).

Als gevolg van de verwachte verandering in het toekomstig klimaat zal de levering van water uit het IJsselmeer tijdens de groeiseizoenen afnemen of in het beste scenario gelijk blijven. De aanvoer vanuit het IJsselmeer is momenteel nog voldoende en gegarandeerd maar door een grotere vraag en een kleinere aanvoer zal dit in de toekomst afnemen omdat het IJsselmeer ook afhankelijk is van de aanvoer uit de Rijn (Besten, 2012).

Daartegen stijgt de vraag naar water door de groeiende intensivering van de irrigatie. In combinatie met de verwachte toename van verdamping door de stijgende temperatuur (Querner, 2011) wordt het gebied geconfronteerd met een tekort aan water voor irrigatie. Er zijn droogtestudies naar beregening gemaakt voor de regio de Veenkoloniën, hierin is een schatting gemaakt van de oppervlakte beregende arealen. Voor de Veenkoloniën geldt dat ca. 3-15% van het areaal wordt beregend (3% in een nat jaar, 15% in een droog jaar, 9% in een gemiddeld jaar). Het gaat hierbij voornamelijk om de zetmeelaardappel (Querner, 2011).

Uit onderzoek van de proefboerderij 't Kompas te Valthermond blijkt dat het verbeteren van de watervoorzieningen bij vochttekorten in juli en augustus, een opbrengstverhoging van 8 a 10 ton per hectare zetmeelaardappelen oplevert (Wijnholds, 2012).

Op de boven genoemde proefboerderij is een experiment met grootschalige beregening gestart, waarbij het waterschap Hunze en Aa's is betrokken. Het gaat hier om nieuwe systemen om grote

arealen in één keer worden beregend tegen lagere energiekosten en efficiënter waterverbruik



Figuur 2: Pivot beregening installatie

Een knelpunt voor toepassing van grootschalige beregeningssystemen is de noodzaak van de aaneengesloten kavels en de aanvoer van het water.

Ook speelt in de Veenkoloniën het probleem dat er plannen zijn om duurzame energie op te wekken door middel van windenergie. Windmolens leiden tot veel maatschappelijk weerstand (van den Berg, 2008). Sommige bewoners vinden dat windmolens niet passen in het open cultuurlandschap en men is daarom op zoek naar andere duurzame vormen van energieproductie.



Figuur 3: organisaties tegen windenergie

2.3. Organisatie en beleidskader

De betrokken overheden hebben een "Agenda voor de Veenkoloniën" opgesteld. Daarin zijn maatregelen nader uitgewerkt in een viertal thema's: landbouwkundige structuur en innovatie, diversiteit in het ondernemerschap, verbetering infrastructuur en arbeidsmarkt en scholing.

Op 24 juni 2010 is het project Hotspot Veenkoloniën van start gegaan. In dit project wordt een regionale visie ontwikkeld over de manier waarop de Veenkoloniën een bijdrage kunnen leveren aan het terugdringen van de CO₂-uitstoot. Een studie moet de haalbaarheid om waterberging met energieopwekking te combineren aantonen.

Deze studie vormt onderdeel van een haalbaarheidsonderzoek uitmondend in een veldexperiment en business case in het kader van het project Hotspot Veenkoloniën.

De Agenda voor de Veenkoloniën ziet het als haar missie om de Veenkoloniën te profileren en positioneren als Bio Based Valley, zodat het gebied zich verder kan ontwikkelen tot een innovatief landbouwgebied met een duurzame energie-, water- en klimaathuishouding. Het benutten van de bestaande dynamiek en het verbinden van de al in het gebied aanwezige initiatieven vormen daarvoor het uitgangspunt (Agenda voor de Veenkoloniën, 2012).

Hoofddoelstelling van de Agenda voor de Veenkoloniën is:

Ontwikkel een visie en een strategie om ervoor te zorgen dat er op termijn voldoende water van goed kwaliteit beschikbaar blijft voor de teelt van hoogwaardige landbouwproducten in de Veenkoloniën (Rabbinge, 2012).

Voor de Agenda van de Veenkoloniën is een adviesrapport geschreven door de commissie Rabbinge. In dit rapport: "Perspectieven door Kracht Advies Commissie Landbouw Veenkoloniën" staan adviezen hoe verder te gaan in de Veenkoloniën.

Hieronder staan adviezen uit het rapport die kaders scheppen voor onze afstudeeropdracht.

Advies: Ontwikkel een visie en een strategie om ervoor te zorgen dat er op termijn voldoende water van goede kwaliteit beschikbaar blijft voor de teelt van hoogwaardige landbouwproducten in de Veenkoloniën. Daarbij moeten de waterschappen een voortrekkersrol vervullen en moet aansluiting worden gezocht bij processen en initiatieven in Noord-Nederland, zoals de Blauwgroene Gordel. Afstemming tussen beide provincies is hierbij van belang (Rabbinge, 2012).

Opdrachtformulering

In februari 2012 heeft Tauw een opdracht geformuleerd op basis van het bovenstaande.

Voorliggend onderzoek vormt de derde fase van een haalbaarheidsonderzoek.

In de eerste fase is het idee ontwikkeld, getoetst en aangepast aan de doelstellingen.

In het tweede deel hebben internationale studenten van de WUR in een interdisciplinair onderzoek de basisgegevens over de techniek etc. verzameld en een eerste toetsing van het idee verricht. (januari 2012).

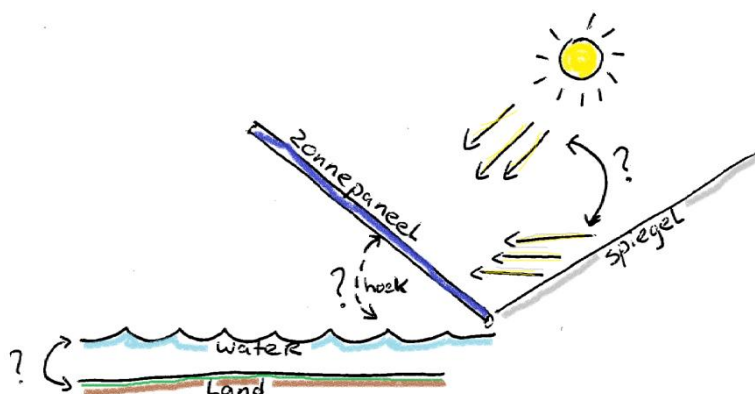
In deze derde fase zijn de gegevens uit voorgaand onderzoek vertaald naar een concreet verdienmodel, met een veldexperiment of een concrete toepassing. De daaruit gekomen veldexperimenten zijn uitgevoerd op de proefboerderij 't Kompas te Valthermond.

Een extra vraagstuk was de toepassing van reflecterend materiaal om de hoeveelheid lichtinval te vergroten waardoor een zonnepaneel meer energie gaat produceren.

Naast deze vraagstukken is er een onderzoek gedaan naar de toepassing van biomassa, of er nog een extra functie kon worden toegepast aan het wateropslag.

Dit onderzoek is niet opgenomen in het rapport maar als bijlage toegevoegd. Dit omdat het zwaartepunt van het onderzoek volledig is gaan liggen bij de zonnepanelen en wateropslag.

Al deze vraagstukken zijn afkomstig van Johan de Putter.



Figuur 4: weergave van verschillende variabelen; hellingshoek (variabele 1), water of land; koeling (variabele 2), reflectiemateriaal (variabele 3)

3. Doelstelling en opdrachtformulering

3.1. Doelstelling

Op basis van het bovenstaande is de volgende doelstelling geformuleerd:

Het doel van het onderzoek is het vaststellen of het financieel en technisch haalbaar is om de productie van duurzame energie, door middel van zonnepanelen te combineren met wateropslag. Daarnaast is het doel om de mogelijkheden te onderzoeken om zonnepanelen beter te laten renderen.

3.2. Hoofdvraag

Met welke toepassing van reflectie en/of koeling is de productie van zonne-energie het beste te combineren met het wateroppervlakte van een wateropslag?

3.3. Deelvragen

- Hoe kunnen PV panelen optimaal geplaatst worden zodanig dat koeling en reflectie het rendement verhogen en hoe ziet de constructie eruit?
- Hoe ziet het verdienmodel van zonnepanelen in de pilot te Valthermond eruit?
- Welke voor- en nadelen worden genoemd door agrarische ondernemers betreffende een gecombineerde wateropslag?

3.4. Beoogd resultaat

Door middel van een presentatie en een rapport wordt er een advies gegeven betreffende de haalbaarheid van een wateropslag in combinatie met de productie duurzame energie.

3.5. Afbakening

- De pilotopstelling wordt geplaatst in een wijk (watergang) op de proefboerderij;
- Het verdienmodel richt zich alleen op de proefboerderij en de zonnepanelen;
- 5 agrarische ondernemers zijn gevraagd om feedback in de vorm van een informele bijeenkomst/gesprek te geven;
- Het eindproduct is een rapportage en een casestudy over de locatie proefboerderij 't Kompas te Valthermond.

3.6. Leeswijzer

Het document is als volgt opgebouwd:

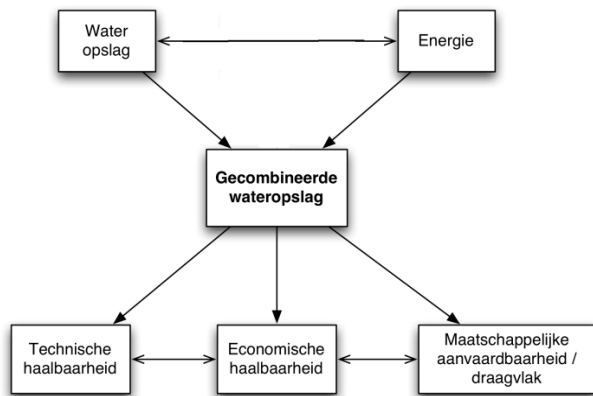
- In hoofdstuk 1 wordt de totstandkoming en de stakeholders van dit project geformuleerd
- In hoofdstuk 2 staat de inleiding van dit project, met daarbij de probleemstelling, de organisatie en het beleidskader geformuleerd
- In hoofdstuk 3 zijn de doelstelling en de opdrachtformulering beschreven. Verder zijn in hoofdstuk 3 ook de hoofd- en deelvragen en het beoogde resultaat beschreven.
- In hoofdstuk 4 wordt er in gegaan op de methoden waarmee de vraagstukken in hoofdstuk 2 worden beantwoord. Hier wordt omschreven op welke manier er zowel door literatuurstudie als proefondervindelijk de vraagstukken worden beantwoord.
- In hoofdstuk 5 is het literatuuronderzoek uiteengezet. De werking van de verschillende componenten en wat de literatuur zegt over de vraagstukken uit hoofdstuk 2.
- In hoofdstuk 6 wordt de proefopzet omschreven van de zeven verschillende testopstellingen.
- In hoofdstuk 7 komen de resultaten van het onderzoek aan de orde.
- In hoofdstuk 8 wordt het economie- en verdienmodel uiteengezet.
- In hoofdstuk 9 komt de discussie naar voren van het experimentele onderzoek, de resultaten van de proefopstelling, het economische model en het draagvlak en de acceptatie.
- In hoofdstuk 10 staat de casestudy.
- In hoofdstuk 11 worden de conclusies uit het onderzoek getrokken en worden er aanbevelingen gedaan voor eventuele vervolgen hierop.
- In hoofdstuk 12 is de literatuurlijst bijgehouden en zijn terug te vinden welke bronnen er zijn gebruikt.
- Na hoofdstuk 12 komen de bijlagen.

4. Materiaal en Methoden

Het onderzoek bestaat uit een literatuur- en een experimenteel onderzoek. Daarnaast zijn er bij verschillende agrarische ondernemers in het gebied naar hun mening gevraagd.

Het literatuuronderzoek heeft plaats gevonden om bestaande beschikbare informatie te gebruiken als basis voor het experimentele onderzoek en om de mogelijkheden van zonnepanelen zo efficiënt mogelijk te benutten.

In Figuur 5 is een flowchart te zien met de hoofdonderwerpen voor de multifunctionele wateropslag die de basis vormen voor ons onderzoek.



Figuur 5: flowchart onderzoeksonderwerpen

4.1. Literatuuronderzoek

Door middel van literatuuronderzoek is gezocht naar al beschikbare informatie die van belang zijn voor het onderzoek. Het gaat hierbij om informatie waarmee de onderzoeksvragen beantwoord kunnen worden.

Het literatuuronderzoek heeft voornamelijk betrekking op de vorming van de experimentele onderzoekopstellingen en de beantwoording van vraagstukken over zonne-energie en het economisch model.

Zonne-energie

Om een inzicht te krijgen over de werking van zonnepanelen en de mogelijkheden het rendement te verhogen is er een literatuurstudie uitgevoerd. Hierbij komen de volgende zaken aan bod:

- Algemene werking en typen zonne-energie
- Toepassingen zonne-energie in Nederland
- Temperatuur en koeling
- Mogelijkheden met reflectoren
- Tracking/rotatie systeem

4.2. Economisch model

Voor het financieel doorrekenen van de pilot plant is er eerst een kostenraming gemaakt. Voor het berekenen van de terugverdientijd en het rendement op een investering zijn ook de baten meegenomen. De baten bestaan uit de directe besparing op energiekosten door middel van zonnepanelen op het bedrijf maar ook de inkomsten gegenereerd door subsidies of besparingen op heffingen. De informatie betreffende subsidies is verkregen bij de overheid. Mede door het experimentele onderzoek is geanalyseerd wat de energieproductie is van het zonnepaneelsysteem, met de huidige energieprij is de financiële besparing berekend.

De volgende zaken zijn meegenomen:

- Aanschaf panelen
- Aanschaf omvormer
- Levensduur systeem (afschrijving)
- Verwachte prijsstijging elektriciteit
- Verwachte opbrengst systeem
- Salderingen
- Besparingen
- Return of investment (ROI)

4.3. Experimenteel onderzoek

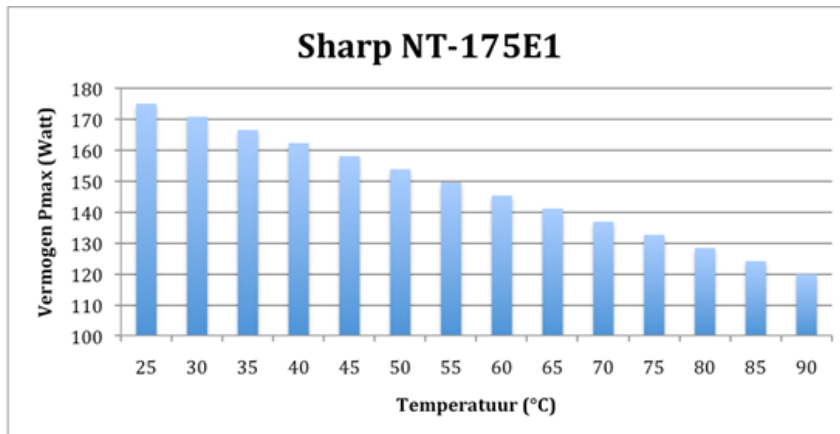
Om te onderzoeken welke zonnepaneelopstelling het hoogste rendement heeft zijn er diverse proefopstellingen gemaakt. Deze testopstellingen zijn een combinatie van zonnepanelen met reflectie en passieve koeling door middel van het beschikbare wateroppervlak.

Het betreft een experimenteel onderzoek en is uitgevoerd op proefboerderij 't Kompas te Valthermond. Op de proefboerderij is een stuk wijk gebruikt voor het experiment. De wijk is na ongeveer 20 meter afgedamd en het waterpeil is tot 1 meter onder maaiveld opgehoogd.

Achtergrond

Zonnepanelen hebben een bepaalde opbrengst bij een vastgestelde temperatuur van 25°C. Door de zonne-instraling en de buitentemperatuur kan een zonnepaneel echter veel warmer worden en zal de opbrengst teruglopen. Deze terugloop is ruwweg 0,5% per graad Celsius boven de 25°C.

Het is daarom interessant te onderzoeken of een paneel passief te koelen is. Zie Figuur 6 (Sharp, 2011).



Figuur 6: theoretische afname vermogen bij stijgende temperatuur; instraling 1000 W/m² (Sharp, 2011)

Materialen

- 6 x zonnepanelen
Scheuten Solar Multisol® Vitro P6-60 235Wp
- 2 x inverters
Mastervolt Soladin 600
- AC & DC bekabeling
- Multimeter
Voltcraft VC130
- 2 x verbruiksmeter
Voltcraft Energy Check 3000¹
- Pyranometer
Voltcraft PL-110SM
- Infrarood temperatuur meter
Voltcraft IR 260-8S
- Aluminium profiel
Diversie
- PVC buizen
D=160mm
- Reflecterend materiaal
Noppenfolie isolatie materiaal
Aluminium folie
- Montagematerialen (bouten, schroeven)

¹ De verbruiksmeters zijn beide omgebouwd tot 'opbrengstmeter', dit is gedaan door middel van het omzetten van de rode en zwarte kabel tussen de shunt-weerstand, deze shunt staat parallel aan de ampèremeter en zorgt ervoor dat grote stroomsterktes (van enkele ampères) gemeten kunnen worden.

4.4. Constructie

Voor het experiment zijn twee opstellingen gemaakt, elk van 3 panelen. Deze zonnepanelen zijn op een drijver gemonteerd.

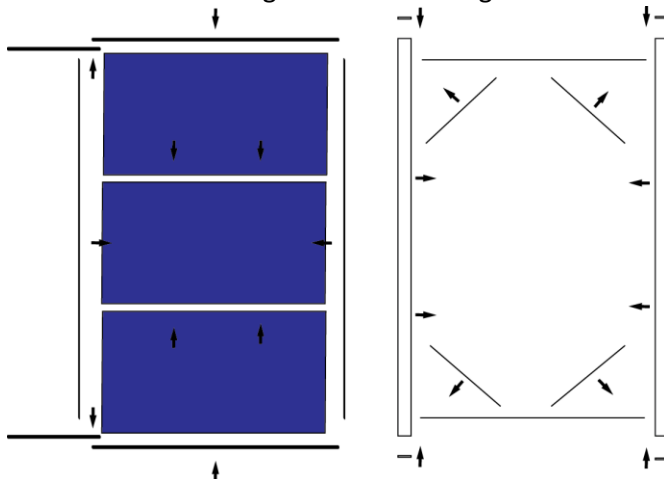
Bepaling drijfvermogen drijvers.

Voor de berekening van het drijfvermogen is het volgende principe toegepast: inhoud lucht drijver (liters) = drijfvermogen in kg. Er zijn voor elke opstelling 2 drijvers gebruikt, deze hebben een minimale lengte van 3 meter in verband met de breedte van 3 zonnepanelen naast elkaar. Per drijver is het volgende drijfvermogen berekend: $61 \text{ kg} * 2 = 122 \text{ kg}$. Het gewicht van de opstelling is +/- 90 kilogram.

De zonnepanelen die gebruikt zijn bij de opstelling zijn in bruikleen gegeven door Agrisun en zijn 165 cm hoog en 99 cm breed met een gewicht van 25 kilogram. Het piekvermogen van een enkel paneel is 235 Wp.

Bouw

- Twee pvc buizen met een lengte van 330 cm en een diameter van 16 cm.
 - Om af te doppen zijn per drijver twee doppen dus totaal vier doppen gebruikt met een diameter van 16 cm.
- Twee aluminium hoekprofielen om de drijvers onderling te verbinden van 170 cm.
- Deze hoekprofielen zijn bevestigd met elk twee buizenbeugels, diameter 16 cm.
- Vier schoren van aluminium strip 50 cm om het gecreëerde vierkant te verstevigen.
 - Schoren zijn bevestigd aan een zijde aan het hoekprofiel, andere einde aan een eigen buizenbeugel diameter 16 cm.
 - Panelen zijn aan elkaar bevestigd met twee zware aluminium u profielen en twee lichtere aluminium hoekprofielen van elk 3 m lang.
 - Om de panelen op een bepaalde hoek te fixeren leunen ze op aan weerzijde een aluminium hoekprofiel.
- Verder is het geheel aan elkaar gemaakt met m8 bouten van diverse lengtes.



Figuur 7: overzicht testopstelling constructie

Het reflecterende vlak tussen de opstelling is als volgt opgebouwd:

- 10 lengtes panlatten van 3,5m;
- 10 m² hardboard;
- 10 m² isolatie folie (noppenstructuur met aluminium folie);
- Voor de tweede proef is er 10m² aluminiumfolie gebruikt;

Proefopzet

In totaal zijn er 7 proeven uitgevoerd. Daarbij zijn verschillende aspecten die te maken hebben met een mogelijke rendementsverhoging aan bod gekomen. De onderstaande tabel geeft aan wat er is onderzocht per opstelling. De exacte uitwerkingen van de proefopzetten zijn te vinden in hoofdstuk 6 Proefopzet.

Nummer opstelling	Doel van opstelling
1	Nulmeting, afwijking bepalen
2	Beste hellingshoek
3	Koelende werking water
4	Koelende werking water
5	Koelende werking water
6	Invloed van reflecterend vlak
7	Invloed van reflecterend vlak

Tabel 1: overzicht proefopstellingen

Dataverzameling

Per experiment zijn de volgende gegevens/variabelen verzameld:

- actuele opbrengst (Watt)
- Opbrengst lange termijn (kWh)
- temperatuur paneel (°C)
- temperatuur buiten (°C)
- zonne-instraling (W/m²)

De gegevens zijn per opstelling gedurende 5 uur van 10:00 tot 15:00 getest. Er is in de ochtend om 10:00 gestart in verband met een in de zonlichtbaan staande landbouwschuur. Gedurende de test is om de 30 minuten gegevens verzameld. Per opstelling zijn er 8-10 meetrondes gedaan. Alle metingen hebben overdag plaatsgevonden.

Naast deze metingen zijn er nog lange termijn metingen gedaan door middel van een memoriefunctie op de 'opbrengstmeters. Deze lange termijn metingen zijn gedaan op het moment dat een opstelling bijzondere meetresultaten liet zien.

Gedurende de test is er een pyranometer op het paneel gehouden om de zonne-instraling te meten die de zonnepanelen opvangen.

4.5. Feedback uit het gebied

Om antwoorden op de volgende deelvraag te krijgen; “Welke voor- en nadelen worden genoemd door agrarische ondernemers betreffende een gecombineerde wateropslag?” zijn er gesprekken gevoerd onder enkele agrarische ondernemers in de Veenkoloniën.

Doel hiervan was om een indicatie te verkrijgen van de voor- en nadelen van het concept voor agrarische ondernemers en de noodzaak ertoe. Hiervan is een groslijst opgesteld welke voor- en nadelen de agrariërs noemden in het gesprek en hoe relevant ze het concept vonden.

De gevonden resultaten zijn dan ook niet statisch onderbouwd, maar geven een duidelijk overzicht over wat agrariërs voor argumenten aandragen over dit concept.

Tijdens gesprekken met agrarische ondernemers en bewoners is er niet specifiek gevraagd naar de gecombineerde wateropslag maar is een breder spectrum van onderwerpen behandeld.

Door deze informatie op te nemen en de verhalen en teksten te interpreteren is het mogelijk inzicht te krijgen over de implementatie van het concept van de gecombineerde wateropslag.

Er zijn 5 agrarische ondernemers benaderd om het onderwerp water en duurzame energie te bespreken door middel van een informeel interview.

De gesprekken zijn een opmaat voor een sociologisch onderzoek naar de wenselijkheid van het concept bij agrarische ondernemers en bewoners in het gebied.

De resultaten zijn verwerkt in de discussie en aanbevelingen.

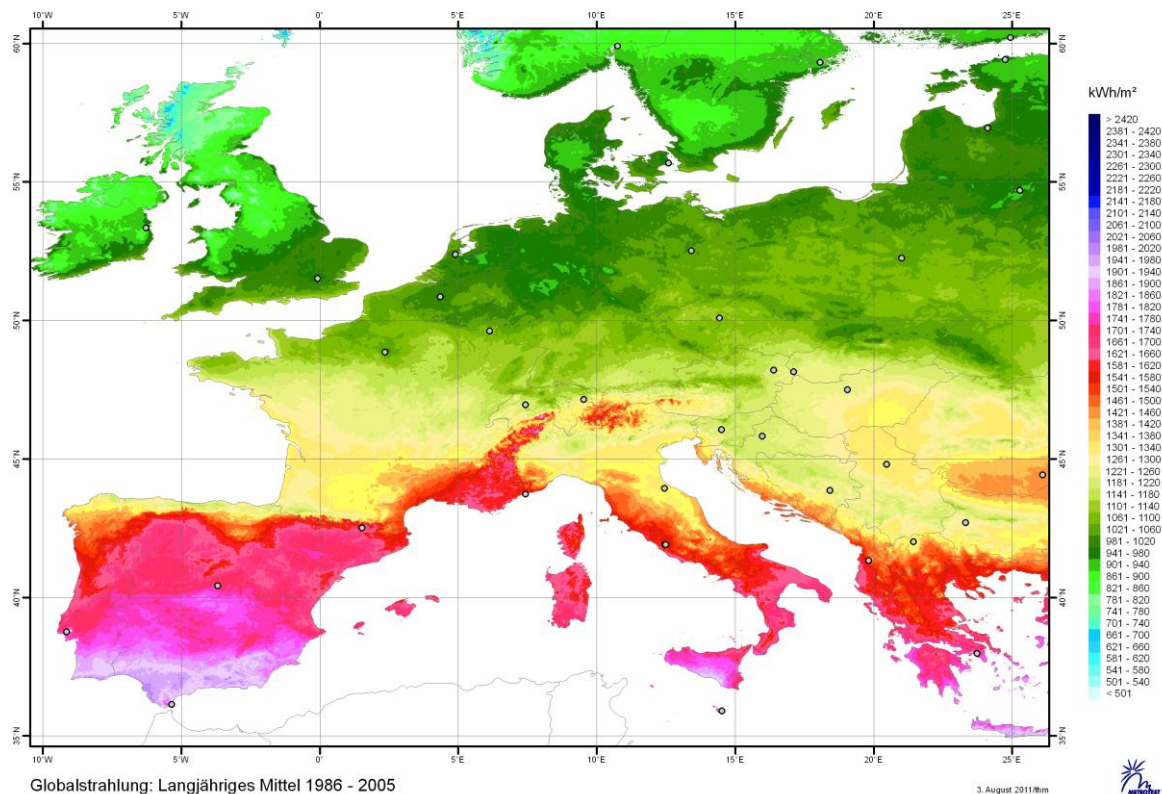
5. Literatuuronderzoek zonne-energie

5.1. Introductie

De zon is een van de belangrijkste energiebronnen op aarde. Door de zon is het leven op aarde mogelijk en de zon straalt maar liefst $3,8 \cdot 10^{26}$ watt energie per seconde in de vorm van licht (fotonen) op aarde.² Op aarde is de energiestroomdichtheid van de zon 1350 watt per vierkante meter en na verlies in de dampkring 1000 watt/m².

De opbrengst die hierbij bereikt wordt met een zonnepaneel in Nederland is tot nu toe gemiddeld 150 watt/m² wat neerkomt op een zonnepanelefficiëntie van 15%. Deze waarde van 150 watt/m² stijgt jaarlijks door middel van nieuwe technologieën en ontwikkelingen.

Op de gunstigste plekken op de wereld kan een 2,5 keer zo hoog wattage bereikt worden van. (Hermans, 2008)



Figuur 8: globale zonne-instraling Europa, lange termijn meting 1986 - 2005 (Meteonorm, 2012)

Zonne-energie wordt op verschillende manieren gebruikt en kan gezien worden als de belangrijkste energiebron op aarde. Planten gebruiken de zon voor fotosynthese en bijna alle organismen gebruiken de zon voor warmte.

De warmte van de zon is om te zetten in een zonnecollector voor warm water. Een zonnecollector kan een efficiëntie hebben van 70% (Hermans, 2008). Zonnecellen kunnen invallende zonne-energie rechtstreeks omzetten in elektriciteit. De meest gebruikte zonnecellen hebben een rendement tot maximaal 25% in een laboratorium en 14-20% (Hermans, 2008) voor commercieel gebruik. Het

² dit is per seconde het equivalent van 10 miljoen vaten olie per wereldburger

rendement is zo laag omdat een zonnecel niet al het inkomende zonlicht kan gebruiken voor de productie van elektriciteit. In het geval van een silicium cel gebeurt dit alleen maar door nabij-infrarood ($\lambda=1,12 \mu\text{m}$ golflengte) (Hilbrants, 2008).

Licht met een langere golflengte wordt niet omgezet in elektriciteit omdat de fotonen te weinig energie hebben. Het energierijkere licht met een kortere golflengte komt vrij als warmte.

Als we een hoger rendement willen halen kunnen we verschillende soorten materialen met verschillende kleurgevoeligheden stapelen: wat de ene laag doorlaat wordt door de andere laag opgevangen. Deze zonnecellen heten multi-junction cells.

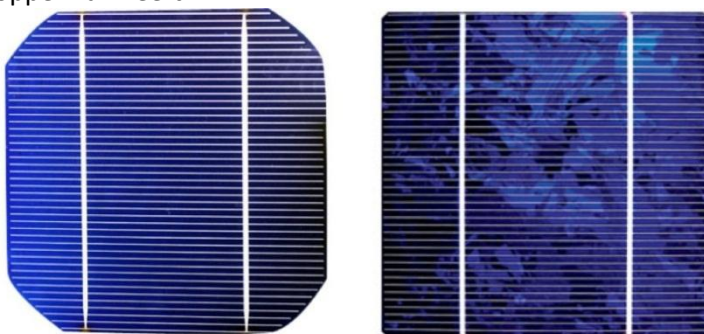
Soorten zonnecellen

De verschillende zonnecellen kunnen we grofweg in vier soorten verdelen:

- Cellen van kristallijn silicium in de vorm van plakken, wafers, zijn de meest gebruikte cellen;
- Dunne-film cellen op basis van silicium (amorf of microkristallijn), koper-indium-diselenide of koper-indium-sulfide en varianten daarop. Grootschalig gebruik van cellen met indium wordt niet verwacht vanwege schaarste aan deze grondstof
- Gestapelde cellen op basis van III-V- halfgeleiders (de familie rond galiumarsenicum);
- Nieuwe, nog niet commercieel verkrijgbare typen. Voorbeelden daarvan zijn 'organische' zonnecellen op basis van polymeren of een kleurstof in combinatie met een transparante halfgeleider zoals titaanoxide: 'dye-sensitized cells' (Hermans, 2008).

Zoals eerder vermeld worden kristallijn silicium zonnecellen het meest gebruikt. In dit rapport zal daarom dit type cel worden uitgelicht.

De kristallijne zonnecellen kunnen verdeeld worden in twee typen: mono- en polykristallijne zonnecellen. Een mono-kristallijne zonnecel bestaat uit één kristal silicium en een polykristallijne zonnecel bestaat uit meerdere kristallen silicium. In Figuur 9 is het verschil tussen de cellen zichtbaar. De mono kristallijne cel heeft een egaal oppervlak waarbij de polykristallijne cel een "ruwer" ogend oppervlak heeft.



Figuur 9: mono- (l) en polykristallijne (r) zonnecellen

In Tabel 2 is een korte vergelijking gemaakt tussen de twee verschillende cellen.

Tabel 2: vergelijking mono- en polykristallijne cellen (ghsolar, 2011)

	Monokristallijn	Polykristallijn
Beschrijving	De mono kristallijne cellen worden gemaakt van één cilindrisch siliciumkristal waarna deze in dunne plakken wordt gesneden	Deze cellen worden gemaakt van gesmolten en gerekristalliseerd silicium. Tijdens het productieproces wordt het gesmolten silicium in bakvorm gegoten, waarna deze in zeer dunne wafers en daarna in volledige cellen worden geassembleerd. Waar de mono kristallijne cellen per cel homogeen zijn in kleur, hebben poly kristallijne cellen een typisch korrelige textuur.
Efficiëntie	Deze cellen hebben de hoogste efficiëntie, typisch rond de 15%	Hoewel de gemiddelde efficiëntie slechts ongeveer 12% bedraagt, genereren ze dankzij hun vierkante vorm in modules op dezelfde oppervlakte hetzelfde totaalvermogen.
productiekosten	De technologie nodig om deze cellen te produceren is de meest efficiënte, hoewel het productieproces vrij ingewikkeld is en resulteert in een licht hogere productiekost dan de andere technologieën voor productie van zonnecellen.	De productiekost van deze poly kristallijne cellen ligt lager gezien het eenvoudige productieproces.

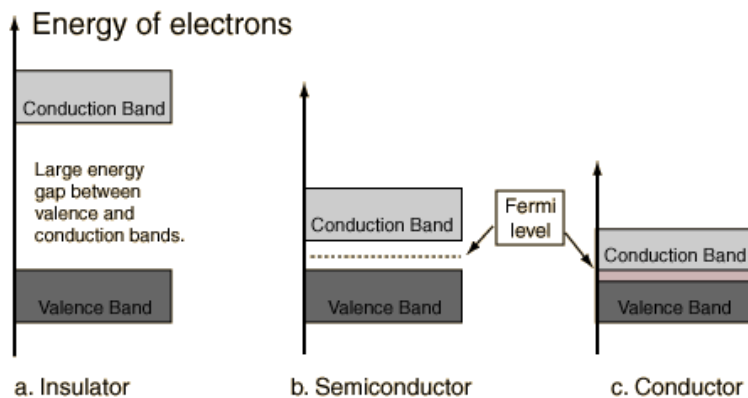
5.2. Werking van zonnecellen

In deze paragraaf wordt de werking van zonnecellen kort beschreven. Hierbij zal de silicium gebaseerde cel worden belicht. Dit is de meest gebruikte semiconductor voor zonnecellen.

In vast materiaal wordt elektriciteit getransporteerd door middel van elektronen. In een vaste stof is het niet meer mogelijk deze energieniveaus te onderscheiden. In plaats daarvan zie je een zogenaamde band van toegestane energie toestanden (Hilbrants, 2008).

De hoogste volledig gevulde band heet de valentieband (Valence band). De volgende hoogste band is de geleidingsband (conduction band). De ruimte tussen de valentieband en de geleidingsband wordt de energy gap genoemd, in het Nederlands: verboden zones of energiekloven.

Vaste stoffen kunnen geleiders, halfgeleiders of isolatoren zijn (conductors, semiconductors, isolators)(Wikipedia, 2012).



Figuur 10: isolator, halfgeleider en geleider (Band Theory of Solids, 2011)

In Figuur 10 is de geleidingsband, energy gap en de valentieband te zien in een vaste stof.

Bij een isolator is de energy gap zo groot dat een elektron niet genoeg energie verkrijgt om dit gat te overbruggen. Bij een geleider is de geleidingsband gedeelte gevuld. Elektronen kunnen vrij bewegen door het materiaal.

Als een elektron de energie van een foton (licht) opvangt heeft het genoeg energie om naar de geleidingsband te promoten; op deze manier ontstaat er een elektrische stroom.

Zoals eerder genoemd wordt silicium meestal gebruikt als halfgeleider voor zonnepanelen.

Om de eigenschappen te verbeteren worden er andere atomen toegevoegd aan silicium. Door het toevoegen van een atoom met 5 elektronen (P of Sb) zal het vijfde elektron niet noodzakelijk zijn voor de binding tussen silicium en het extra atoom. Dit vrij elektron is beschikbaar voor geleiding, dit noemen we n-type silicium.

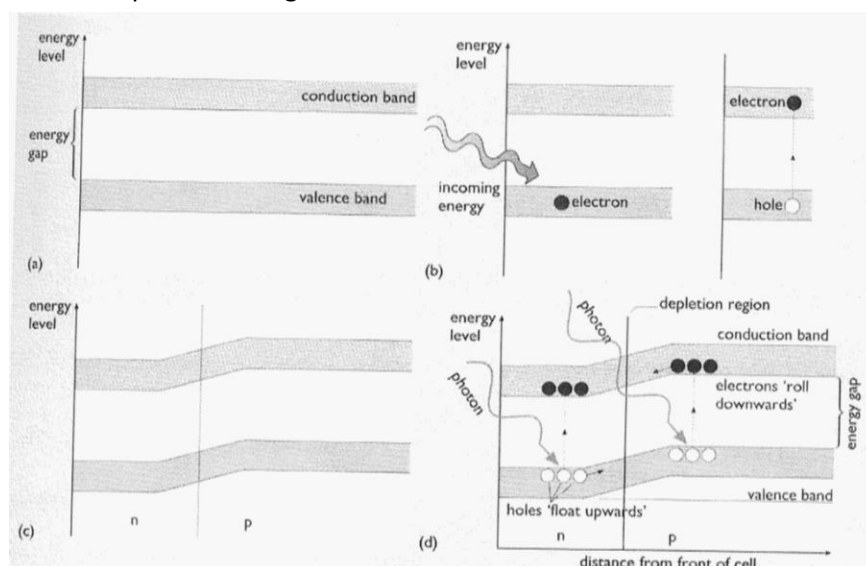
Aan de andere kant als een atoom (B of Al) met 3 elektronen wordt toegevoegd mist er een elektron en hebben we een gat. Dit noemen we p-type silicium (Quashning, 2005).

Als een stuk n-type gecombineerd wordt met p-type silicium krijgen we een pn-verbinding. De extra elektronen van het n-type zullen de gaten in het p-type vullen. Er is dan een elektrisch veld ontstaan tussen de lagen.

Als er een vrij elektron ontstaat in het n-type materiaal kan het naar het p-type materiaal als het genoeg energie heeft. Het elektron moet een heuvel beklimmen als het ware.

Om een elektron te promoten van de valentieband naar de geleidingsband heeft het inkomende foton (licht energie) een minimale energiesterkte van 1,1 eV nodig. Als een foton meer energie heeft dan zal de extra energie omgezet worden in warmte (Boyle, 2004).

In Figuur 11 is in het bovenste gedeelte te zien wat er gebeurt tussen een geleidingsband en een valentieband als een foton het materiaal raakt. Daaronder is te zien dat de elektronenstroom groter is met een pn-verbinding.

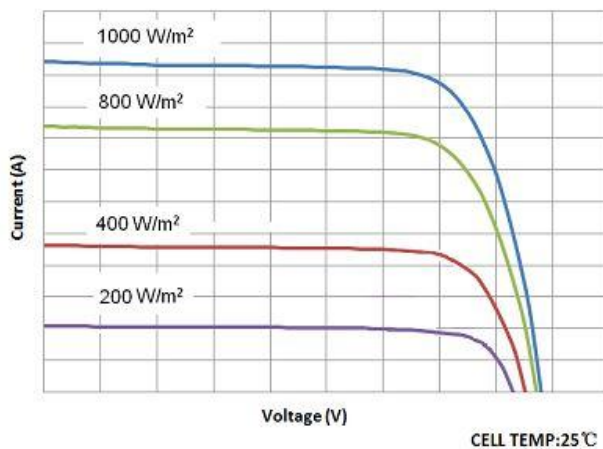


Figuur 11: Energie band model voor een pn-verbinding (Boyle, 2004)

Prestaties van zonnecellen

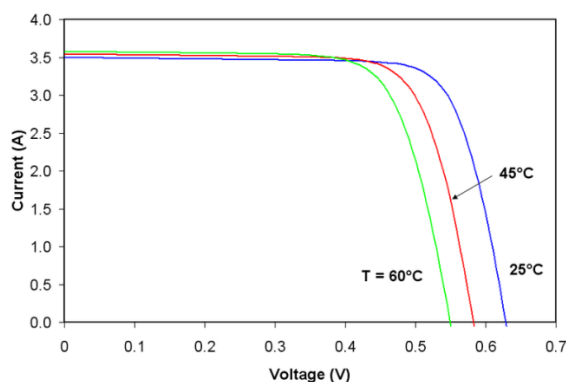
De eigenschap van de pn-verbinding is een vast gegeven voor een bepaald type zonnecel. Dat betekent dat het elektrisch veld over de verbinding ook vast staat. Meer instraling betekent meer stroomsterkte terwijl de spanning hetzelfde blijft. Dit is te zien in Figuur 12.

De voltage op de x-as blijft gelijk bij de wisselende instraling, de stroomsterkte echter loopt op als de instraling ook oploopt. De voltage zal een daling ondervinden, op dit punt is het maximum power point bereikt. Dit punt wordt ook wel de fill factor genoemd, op dit punt is het maximale vermogen wat een zonnepaneel kan leveren bereikt.



Figuur 12: I-V karakteristieken van een zonnecel bij verschillende zonne-instralingen (Hilbrants, 2008)

De output van een zonnecel of paneel heeft te maken met verschillende variabelen zoals de hoeveelheid zonlicht maar ook de temperatuur van de cellen. Zie Figuur 13.



Figuur 13: I-V karakteristieken van een zonnecel bij verschillende temperaturen (Hilbrants, 2008)

Het vermogen van een elektronisch apparaat is uit te drukken met de volgende formule:

$$P = V * I$$

V is hierbij de spanning in volt en I is hierbij de stroomsterkte in ampère. Dat betekent dat het maximale vermogen wat een zonnecel kan leveren is te vinden in de grafiek. Hierbij moet het grootste 'vierkant' gevonden worden onder de grafiek.

Dit vermogen noemen we het Maximum Power Point en wordt doorgaans berekend door een Maximum Power Point Tracker (MPPT).

De efficiëntie is uit te drukken in de volgende formule:

$$\eta = \frac{P_{max}}{I_0}$$

I_0 is hierbij de instraling in W/m² en P_{max} het vermogen bepaald op dat moment.

Zonnecellen gemaakt van silicium hebben een efficiëntie tot ongeveer 15%. Naarmate de leeftijd van een zonnepaneel oploopt wordt dit minder.

Factoren die negatieve invloed hebben op de prestaties van zonnecellen zijn:

- Een groot deel van de inkomende zonne-instraling heeft een energie die groter is dan nodig voor het overbruggen van de energy gap. Deze fotonen creëren maar één elektron-gat paar. De energie die overblijft, wordt direct omgezet in hitte en draagt zo bij voor ongeveer 30% aan energieverlies;
- Een ander groot deel is het zonne-instraling spectrum welke niet genoeg energie bij zich draagt om een elektron-gat paar te maken. Dit deel wordt ook omgezet in hitte en resulteert in een energie verlies van ongeveer 23%;
- Een deel van de inkomende zonne-instraling wordt gereflecteerd op het oppervlak.

De voltage van een zonnecel hangt voornamelijk af van de grootte van de energy gap. Meestal is dit rond de 0,5 – 0,6 V.

Om hogere voltages te krijgen worden de cellen in serie geschakeld in een zonnepaneel. (Hilbrants, 2008)

De energie output van een zonnepaneel heeft voor het grootste gedeelte te maken met de oriëntatie van het paneel.

Als een zonnepaneel een vaste stand heeft kan deze, op het noordelijk halfrond, het beste naar het zuiden gericht worden in een maximale hoek gelijk aan de (noorder-)breedte van de aarde op die plek. De optimum gradenhoek van het paneel ligt echter op 36 graden zie Figuur 15. In Nederland is er sprake van 52 graden noorderbreedte.

Een zonnepaneel levert gelijkstroom (DC), als het paneel wordt aangesloten op het stroomnetwerk zal een omvormer nodig zijn dit om te zetten naar wisselstroom/spanning (AC). Deze omvormer wordt een inverter genoemd en bestaat uit een omvormer en een MPPT.

5.3. Zonne-energie in Nederland

De hoeveelheid geproduceerde elektriciteit van een pv-installatie hangt onder andere af van de hoeveelheid zonne-instraling die op een zonnepaneel valt. De hoeveelheid instraling wordt niet alleen bepaald door de intensiteit van het invallend licht maar ook door de hellingshoek, temperatuur en oriëntatie van het paneel.

Daglicht kan bestaan uit direct zonlicht en indirect diffuse instraling.

Een zonnepaneel produceert de meeste energie als het optimaal op de directe instraling is gericht. Hierbij spelen de hellingshoek en oriëntatie mee. De optimale hoek verschilt naar gelang de locatie op aarde.

In Nederland wordt de optimale hoek vaak beschouwd op 36° met daarbij een oriëntatie op het Zuiden (5° richting het Westen)(Siderea, 2009).

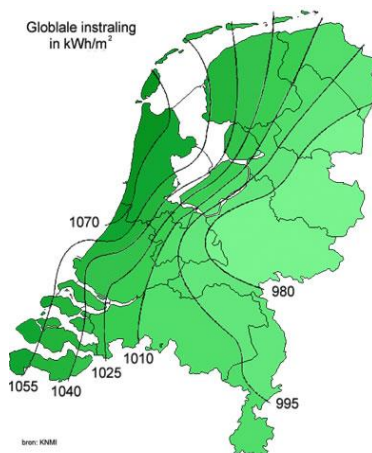
De mate van zonne-instraling verandert op elk moment van de dag en is afhankelijk van de tijd van het jaar en de weersomstandigheden.

Om toch makkelijker te kunnen rekenen met de hoeveelheid instraling wordt er vaak gewerkt met een standaard. Er wordt aangenomen dat bij vol zonlicht een vermogen van $1000\text{W}/\text{m}^2$ op het aardoppervlak wordt ingestraald. 1 uur volle zon levert dus $1\text{ kWh}/\text{m}^2$.

Het jaarlijkse zonaanbod in Nederland komt overeen met +/- 1000 uren volle zon. De jaarlijkse zonne-instraling in ons land is dus $1000\text{ kWh}/\text{m}^2$ (Schellekens, 2010). Dit getal wordt voor het ontwerp van pv-installaties als kengetal gehanteerd.

Het verschil tussen zonne-instraling tussen winter en zomer is een factor 10. In de zomer (juni) hebben we gemiddeld 5 zonne-uren per dag, in december is dit 0,5 uur. (Schellekens, 2010)

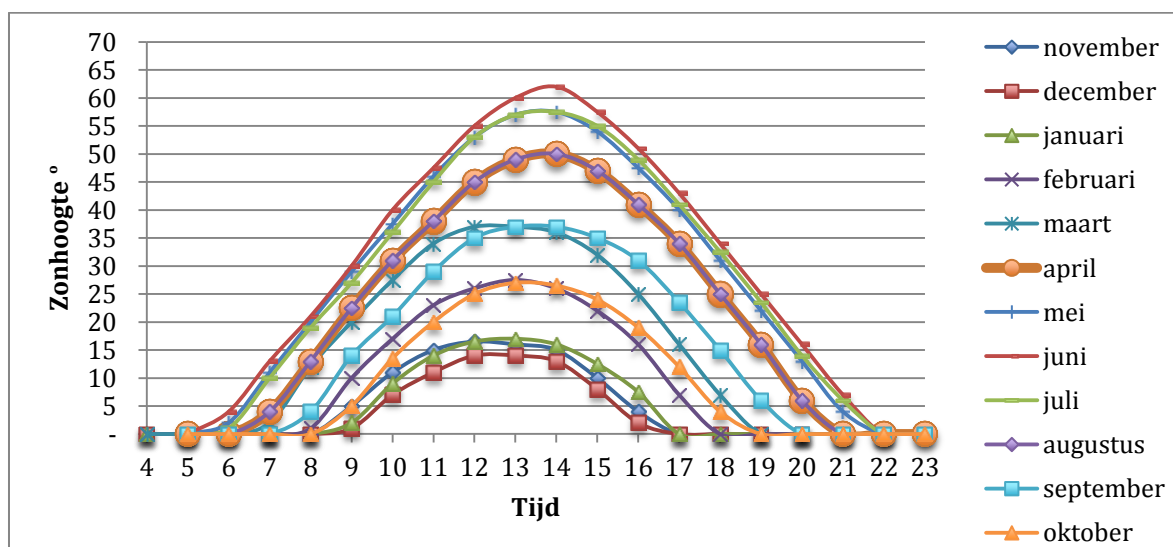
De mate van zonne-instraling in Nederland verschilt per locatie, zie onderstaande figuur.



Figuur 14: Globale instralingskaart van Nederland in kWh/m^2 (KNMI, 2012)

De globale maximale instraling in het gebied de Veenkoloniën bedraagt tussen $980\text{--}995\text{ kWh}/\text{m}^2$ per jaar.

De zonnehoogte in Nederland gedurende het gehele jaar is te zien in de onderstaande grafiek.



Figuur 15: Zonhoogte in graden per 21^e van de maand (Schagen, 2012)

Met de bovenstaande grafiek en zonne-instraling gegevens is te berekenen of de optimale gradenhoek van 36° klopt.

De gegevens over de zonne-instraling op het maaiveld zijn te verkrijgen bij de KNMI, zie onderstaande tabel.

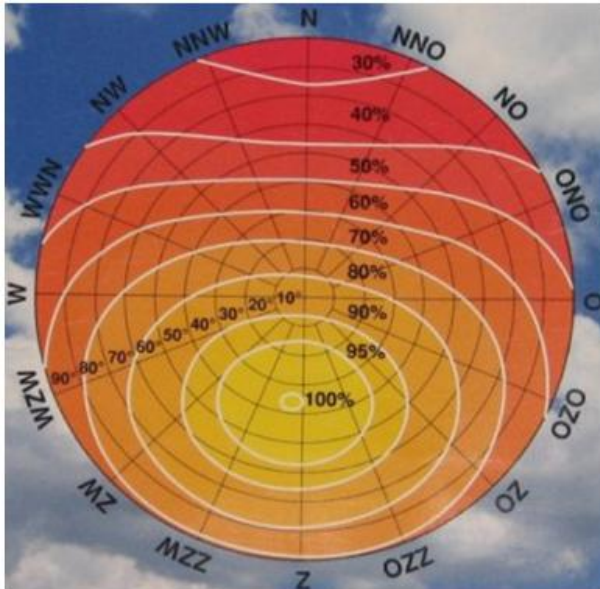
EELDE

uurvak	jan	feb	mrt	apr	mei	juni	juli	aug	sep	okt	nov	dec
4	---	---	---	---	---	8	3	---	---	---	---	---
5	---	---	---	3	36	58	39	8	---	---	---	---
6	---	---	3	44	117	136	114	67	14	---	---	---
7	---	---	33	131	211	233	211	156	81	17	---	---
8	---	22	103	228	314	331	303	267	169	81	17	---
9	28	86	186	325	406	419	389	367	258	153	64	22
10	72	147	253	397	475	475	456	444	333	214	108	58
11	108	194	300	444	517	519	497	481	378	250	139	89
12	119	219	322	464	517	528	511	492	392	256	147	94
13	111	214	306	450	508	511	500	478	372	236	131	83
14	86	178	272	400	461	472	464	442	328	192	97	56
15	47	122	214	336	394	411	414	372	250	133	47	22
16	8	61	136	244	308	336	342	289	169	64	8	---
17	---	11	64	153	217	247	250	189	86	11	---	---
18	---	---	8	64	125	156	156	94	19	---	---	---
19	---	---	---	6	44	72	69	22	---	---	---	---
20	---	---	---	---	3	14	11	---	---	---	---	---

Figuur 16: Dagelijkse gang van de globale straling per maand voor Eelde (KNMI, 1980-1990)

De zonne-instraling gegevens fungeren als de wegingsfactor voor de berekening van de optimale hoek. Voor Noord-Nederland komt er uit dat de optimale hoek inderdaad 36 graden is.

De onderstaande afbeelding bevestigt dit nogmaals. Hierin is af te lezen dat het gebied van 100% precies in het midden ligt tussen de gradenhoeken van 30- en 40graden.



Figuur 17: optimale hellingshoek en oriëntatie in Nederland (Schellekens, 2010)

5.4. Over-schaduwing

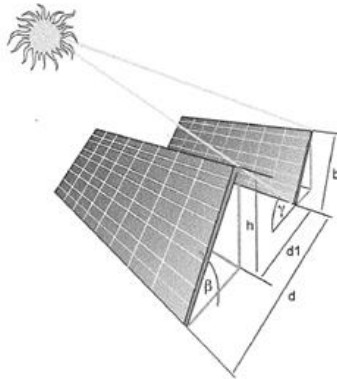
Voor de werkelijke bouw van de opstelling is overschaduwing van groot belang voor het rendement. Over-schaduwing door gebouwen, dakkapellen, bomen, afgevalen blad, bovengrondse kabels, antennes, sneeuw, ijs enzovoorts kunnen de energieopbrengst aanzienlijk verlagen. Er hoeven maar een paar cellen van een paneel in de schaduw te liggen om het vermogen van een hele opstelling/string te reduceren.

Het vermogen van de opstelling is net zo hoog als de slechtst producerende cel of paneel. De reden hiervan is dat de cellen in serie geschakeld zijn. De over-schaduwing door bijvoorbeeld gevallen blad wordt vaak opgelost door het 'zelfreinigend' vermogen van de zonnepanelen in een bepaalde hoek. Een zonnepaneel in een horizontale positie zal dan ook vaker moeten worden schoongemaakt.

Bij PV-opstellingen waarbij de hoek groter is ($>30^\circ$) is het zelfreinigende effect dusdanig dat tijdelijke opbreng vermindering ten gevolge van tijdelijke over schaduw minimaal is. (Geist, 2011)

Belangrijker voor dit onderzoek en configuratie van de opstelling is de schaduw werking van de voorliggende andere panelen. Voor het berekenen van de optimale afstand tussen de panelen kan de volgende formule worden gehanteerd: (Geist, 2011)

$$d = b * \frac{(\sin(180^\circ - \beta - \gamma))}{\sin \gamma}$$



Figuur 18: afbeelding bij formule voor optimale afstand tussen zonnepanelen

Hierbij is:

β = hoek zonnepaneel

γ = over-schaduwingshoek

b = paneelbreedte

d = afstand tussen panelen

$d1$ = afstand tussen frames

h = effectieve hoogte

Voor de over-schaduwingshoek dient de grootste hoogte van de zon boven de horizon in de winter te worden ingevuld, dit is in Nederland 14° , zie Figuur 15.

Na deze berekening is te zien dat bij een hoek van 36° de afstand tussen de voorkant van de panelen 5,2 meter moet zijn. De afstand tussen de frames ($d1$) bedraagt dan: 3,9 meter.

Voor een opstelling met minimaal verlies waarbij de beschikbare oppervlakte geen rol speelt kan de volgende formule een ruwe richtwaarde bieden (Geist, 2011):

$$\text{afstand } d1 = 6 * h$$

Voor een opstelling met een hoek van 36° betekent dit een onderlinge afstand van 5,8 optimaal is.

5.5. Temperatuur en koeling

Temperatuur is een belangrijke parameter als we naar de efficiëntie van zonnepanelen kijken.

De temperatuur van de zonnepanelen heeft invloed op het maximaal haalbare vermogen.

De efficiëntie van zonnepanelen daalt als de temperatuur een bepaalde grens overschrijdt. (Kordzadeh, 2009) (G.M. Tinaa, 2011)

PV- panelen worden getest bij een temperatuur van 25 graden Celsius. Deze temperatuur is onderdeel van Standard Test Conditions (STC). Leveranciers kunnen op deze manier het maximale

vermogen in Wattpiek (Wp) uitdrukken. Wattpiek is dus een specifieke eigenschap van de zonnecel, onafhankelijk waar op de wereld deze wordt getest.

De fabrikant kan op deze manier een data sheet opstellen over het desbetreffende zonnepaneel.

Op deze data sheet is ook te vinden wat de temperatuur tolerantie van het zonnepaneel is. Bijvoorbeeld voor de Sharp NT-175E 1, is de temperatuur coëfficiënt -0,485% per 1 graad Celsius. Dus voor elke graad boven de 25°C gaat Pmax met 0,485% omlaag. (Sharp, 2011)

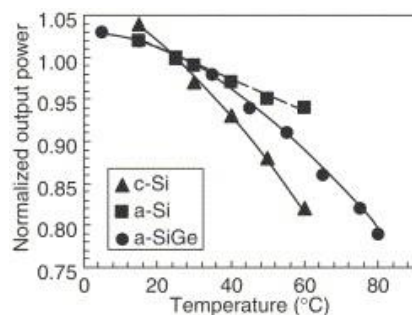
In Figuur 6 is te zien hoe het maximale vermogen van een zonnepaneel terug loopt wanneer een paneel warmer wordt. Een zonnepaneel is meestal 20°C warmer dan de omgevingstemperatuur. Dat betekent dat op een warme dag van 25 graden de zonnepaneel temperatuur 45 graden is en dat het vermogen met ongeveer 10% terug loopt. (Daniel F Buttay, 2008)

5.6. Optimale temperatuur

De STC bepaalde temperatuur van 25 graden is meestal het uitgangspunt kijkende naar de afname in efficiëntie per temperatuur graad.

Het is interessant om te weten wat de optimale bedrijfstemperatuur is van zonnepanelen. Voor dit onderzoek wordt alleen het geleverd vermogen uitgezet tegen de temperatuur.

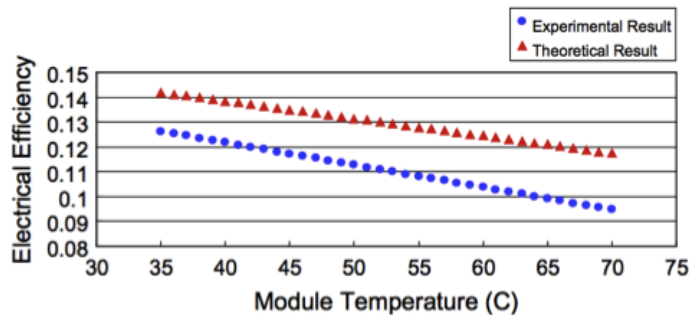
Er zijn experimentele onderzoeken gedaan om te bekijken wat er gebeurt met een zonnepaneel/cel bij verschillende temperaturen. In het volgende onderzoek zijn resultaten gepresenteerd voor verschillende silicium gebaseerde zonnecellen en samengevat in de volgende grafiek.



Figuur 19: de temperatuur afhankelijkheid van de initiële output van verschillende zonnecellen (Masaki Shima, 24 juni 2004)

Hier is te zien dat bij een temperatuur lager dan 25° het geleverde vermogen hoger is. Het vermogen daalt dan ook bij temperaturen hoger dan 25°.

Het volgende onderzoek betreffende actieve koeling van zonnepanelen wijst ook uit dat hoe hoger de temperatuur hoe lager de elektrische efficiëntie zal zijn, zie onderstaande grafiek.



Figuur 20: Efficiëntie van een zonnecel tegen de temperatuur van de cel (H.G. Teo a, 5 januari 2011)

Ook John Ruijter (eigenaar, verkoper en adviseur Agrisun) geeft aan dat hoe koeler een zonnepaneel is des te beter deze presteert.

5.7. Reflectie

In de literatuur is er relatief veel informatie te vinden over het plaatsen van spiegels of reflectoren ten behoeve van de energie productie van pv-panelen.

Door het tactisch plaatsen van spiegels is het mogelijk meer zonlicht op de zonnepanelen te laten vallen en daardoor wellicht ook de energieproductie te verhogen. In Italië is een drijvend zonnepaneel systeem gebouwd met toepassing van spiegels.



Figuur 21: PV- installatie in Coligna (Pisa, IT)

Zoals op deze afbeelding te zien zijn er twee spiegels per zonnepaneel geplaatst. Deze spiegel-opstelling wordt ook wel een 'v-trough' systeem genoemd. V-trough systemen zijn te plaatsen op veel verschillende manieren. Hieronder een aantal voorbeelden:



Figuur 22: v-trough systeem (C.S. Sangani, 2006)



Figuur 23: tracking v-trough systeem (J. Bione 1, 16 januari 2004)

De V-trough systemen hebben een gunstig effect op de opbrengst. Voor het gebruik van een v-trough systeem voor een zonnepaneelsysteem op water zijn echter wat kanttekeningen te plaatsen. Bij Figuur 22 is een seizoensgebonden volgsysteem gebruikt, voor een zonnepaneel systeem op het water zal dit niet gebeuren in verband met de mate van complexiteit hiervan.

De laatste laat een opstelling zien waarmee zowel wordt gedraaid met de seizoenen als met de dag. Een V-trough systeem werkt goed op locaties waar diffuse instraling een kleinere rol speelt. Met direct zonlicht instraling is een dergelijke opstelling goed te realiseren.

In Nederland hebben we echter veel te maken met diffuus licht. Het meedraaien met de dag zal een mogelijkheid zijn voor een opstelling op water, hier is dan ook op voortgeborduurd.

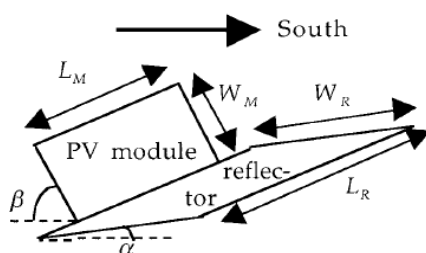
Naast het gebruik van V-trough systemen zijn er ook systemen bekend als 'boosterreflectors'.

Het gebruik van boosterreflectors is al een bewezen techniek als het gaat om zonnecollectoren.

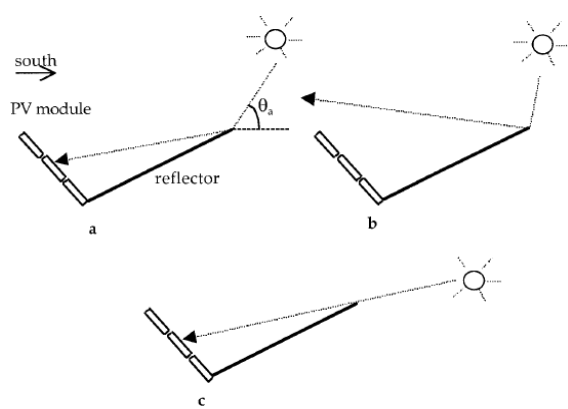
Voor hogere breedtegraden (rond de 60°N) is al een verbetering in prestaties gemeten van >30% met maar een 10% hogere investering (Mats Ronnelid, 2000).

Hoewel boosterreflectors kostenefficiënt zijn voor zonnecollectoren zit er een wezenlijk verschil tussen een PV-paneel en een zonnecollector. Een oneven verdeling van het gereflecteerde licht heeft bijna geen invloed bij een zonnecollector.

Bij een PV-paneel heeft dit wel invloed, de totale opbrengst wordt namelijk bepaald door de cel met de laagste opbrengst. Resultaten van een onderzoek in Zweden hebben aangetoond dat de opbrengst van een zonnepaneel met een boosterreflector met 20-25% omhoog gehaald kan worden. (Mats Ronnelid, 2000)



Figuur 24: voorbeeld van booster reflector ontwerp (Mats Ronnelid, 2000)

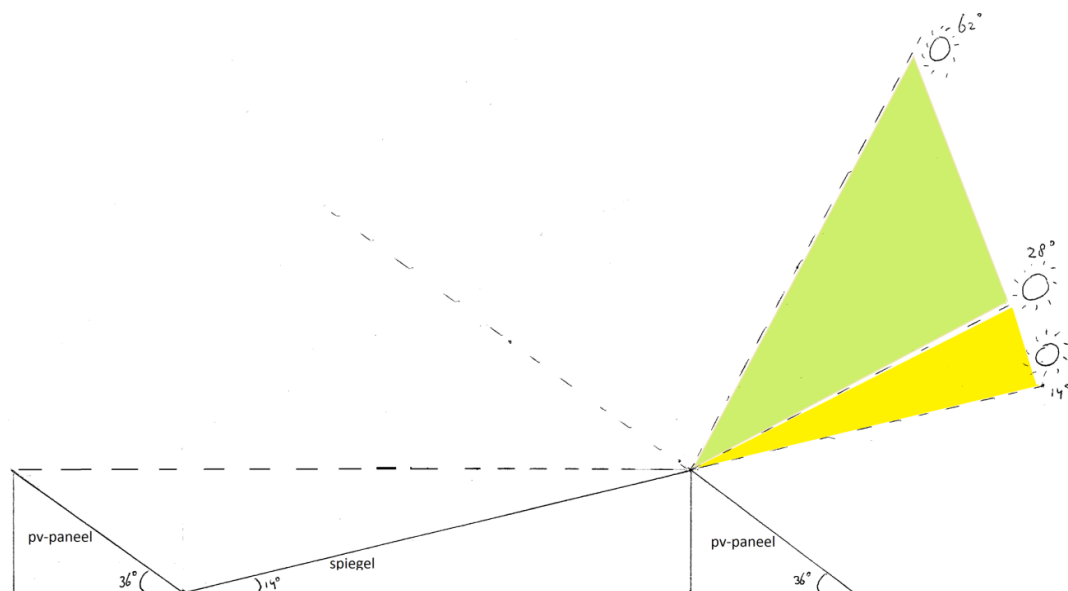


Figuur 25: Effect van veranderende zonnehoogte op reflector (Mats Ronnelid, 2000)

De bovenstaande afbeeldingen geven een idee van het ontwerp van een booster-reflector voor een zonnepaneel. Daarbij wordt rekening gehouden met de maximale zonne-hoogte in de zomer en de maximale hoogte in de winter.

Zoals eerder genoemd is in Nederland de maximale zonne-hoogte in de winter 14° . De minimale afstand tussen de zonnepanelen is berekend aan de hand van de maximale zonne-hoogte in de winter.

Het ontwerp voor een boosterreflector voor een drijvende opstelling in Nederland zal er dan zo uit komen te zien:



Figuur 26: theoretisch benaderde optimale situatie voor een booster-reflector

In Figuur 26 is te zien dat tussen de 28° en 62° (grootste hoek in de zomer) de reflector direct invallend zonlicht weerkaatst op het paneel.

Tussen de 14° (kleinste hoek in de winter) en de 28° zal het reflecterende vlak bijdragen aan weerkaatsing maar zal niet het gehele pv-paneel belichten.

De kanttekening hierbij is dat door diffuse lichtweerkaatsing van het reflecterend vlak ook het paneel zal worden belicht, ook in de <28° hoek situatie.

De keuze voor het reflecterend materiaal zal ook een rol spelen in de werking ervan. In de bovengenoemde onderzoeken werden allemaal spiegels gebruikt voor directe weerkaatsing van zonne-instraling.

Voor het beste spiegelend materiaal wordt gepolijst aluminium beschouwd als de beste keus met een 10% beter spiegelende werking ten opzichte van een glazen spiegel (C.S. Sangani, 2006).

Een aluminium plaat zal beschermd moeten worden voor weersinvloeden door middel van een beschermende coating (PET of PMMA)(C.S. Sangani, 2006).

Voor de proefopstelling is er gebruikt gemaakt van aluminiumfolie in plaats van gepolijst aluminium. Dit omdat de beschikbare gelden niet voldoende waren voor een aluminiumplaat. Voor de grotere pilot wordt gepolijst aluminium meegenomen in het verdienmodel, dit vanwege de duurzaamheid.

5.8. Rotatiesysteem

Een interessant gegeven van een pv-installatie is dat deze energiecentrale geen bewegende delen bevat. Het kan echter soms kosten-efficiënter zijn om een pv-installatie te maken welke meedraait met de zon, ook wel een tracking systeem genoemd.

Een dergelijk systeem vraagt een hogere investering maar heeft vaak ook een hogere opbrengst. Voor een drijvende zonnepaneel-opstelling kan het interessant zijn mee te draaien met de zon.

Door de lage weerstand hoeft er minder rekening gehouden worden met zaken als stabiliteit en de kosten voor elektriciteit van een zware motor.

Voor het tracken in Nederland is het gunstig mee te draaien met de zon van Oost naar West, ook wel een 1-axis tracking systeem genoemd. Een systeem wat meedraait over één as kan een verhoging in productie hebben van 26%. (Kurowaka, 2003)

6. Proefopzet

Onderstaand zijn er 7 verschillende testopstellingen omschreven en getekend.

1. Nul meting/ bepaling afwijking

Om de afwijking in de twee opstellingen te bepalen is de volgende proef van belang. Beide opstellingen staan onder dezelfde hoek en dezelfde richting opgesteld.

De resultaten van deze test zullen doorgevoerd worden in de resultaten van alle opstellingen omdat dit de afwijking bepaald.



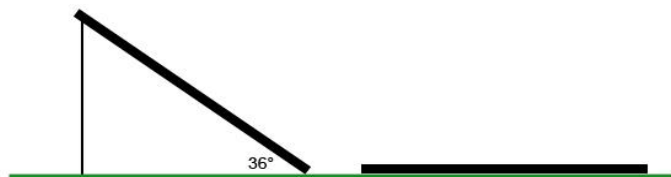
Figuur 27: nul-meting

2. Optimale hellingshoek (vergelijking 5° en 36°)

Ten tweede is gemeten wat het verschil is tussen het opstellen van de panelen onder een hoek van 36° ten opzichte van het plaatsen onder een hoek van 5°.

In Nederland wordt over het algemeen geadviseerd de zonnepanelen in een hellingshoek van 36° te zetten om op deze manier zoveel mogelijk direct zonlicht instraling te vangen.

Een zonnepaneel levert ook energie als het bewolkt is, als een paneel met een hoek van 0° is geplaatst is de reikwijdte naar de hemel groter en zou het meer moeten produceren dan de hoek variant.



Figuur 28: verschil tussen 36° en 5°

3. Koelende werking water, dicht op wateroppervlak 5°

Door het paneel dicht op het water te plaatsen kan er wellicht grotere mate van koeling plaatsvinden. De twee opstellingen lijken erg op elkaar, echter ligt 1 opstelling dieper tegen het wateroppervlak aan.



Figuur 29: verschil dicht op water

4. Koelende werking water 5°

Om te bekijken wat het effect van het water is naar de koeling van de panelen is de volgende opstelling getest.

Door het koelen van panelen zal theoretisch een hoger rendement behaald kunnen worden.

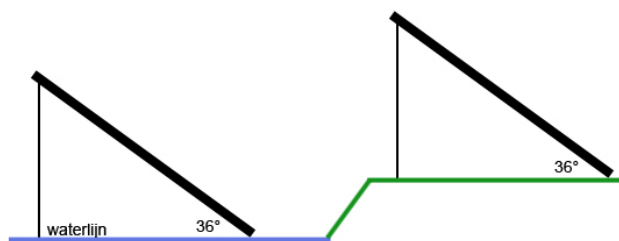
Door het opstellen van de panelen net boven het wateroppervlak zou door condensvorming koeling mogelijk zijn. Ook de koele lucht boven het wateroppervlak zou hier aan bij kunnen dragen.



Figuur 30: 5° land en water

5. Koelende werking water 36°

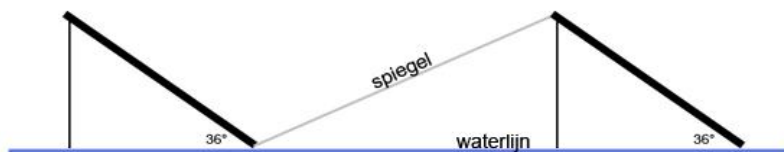
Deze opstelling is vergelijkbaar met de opstelling genoemd bij 4. 5° Land en water. Om te bekijken wat het temperatuurverschil is tussen een opstelling met een hoek van 36° op land en op water is deze opstelling van belang.



Figuur 1 water en land 36°

6. reflecterend vlak tussen 36°

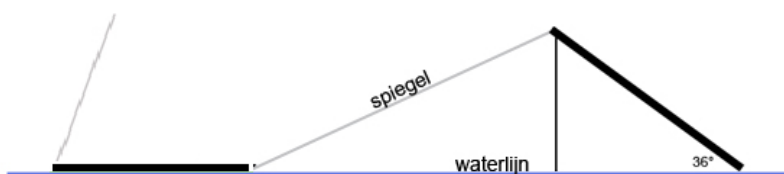
De opstellingen hebben beide een 36 ° hoek maar de tussenruimte is gevuld door een reflecterend vlak. De loze ruimte tussen twee zonnepanelen wordt op dit moment niet tot nauwelijks gebruikt. Het is daarom interessant een vlak te plaatsen tussen deze panelen om op deze manier straling die op die ruimte valt op te vangen.



Figuur 31: 36° met reflecterend vlak tussen beide

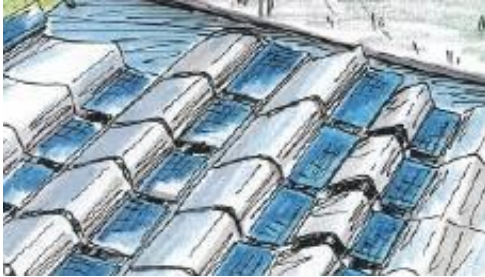
7. reflecterende vlakken 5° ten opzichte van standaard 36°

Deze opstelling is gebaseerd op een artist impression van Johan de Putter en heeft voornamelijk te maken met de verhoogde koelende werking van het water. De vergelijking wordt gemaakt met een opstelling van 36° omdat dit optimaal is voor Nederland.



Figuur 32: 0° spiegels en 36°

Zoals te zien op de afbeelding heeft de horizontale opstelling twee reflecterende vlakken om zonneinstraling op het vlak te weerkaatsen.



Figuur 33: Artist impression van drijvende zonnepanelen (Putter, 2012)

7. Resultaten proefopstelling

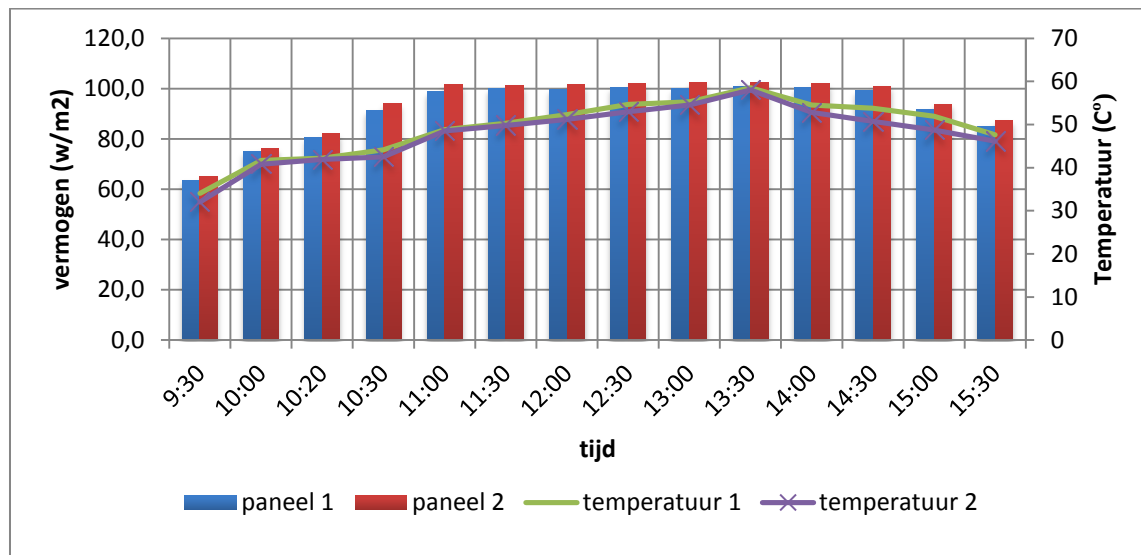
In dit hoofdstuk zijn de resultaten van de proefopstelling weergegeven.

1. Nul meting/ bepaling afwijking

Deze opstelling is getest om te bepalen hoeveel procent afwijking er is tussen de opstellingen. Zonnepanelen leveren een bepaald wattpiek vermogen.

Uit de productspecificatie van de gebruikte zonnepanelen van Scheuten solar wordt een gemeten maximale afwijking van +10% genoemd. (235 Wp; power tolerance +0/+10 Wp).

In de onderstaande grafiek is te zien wat de zonnepanelen produceren en wat het temperatuurverloop is.



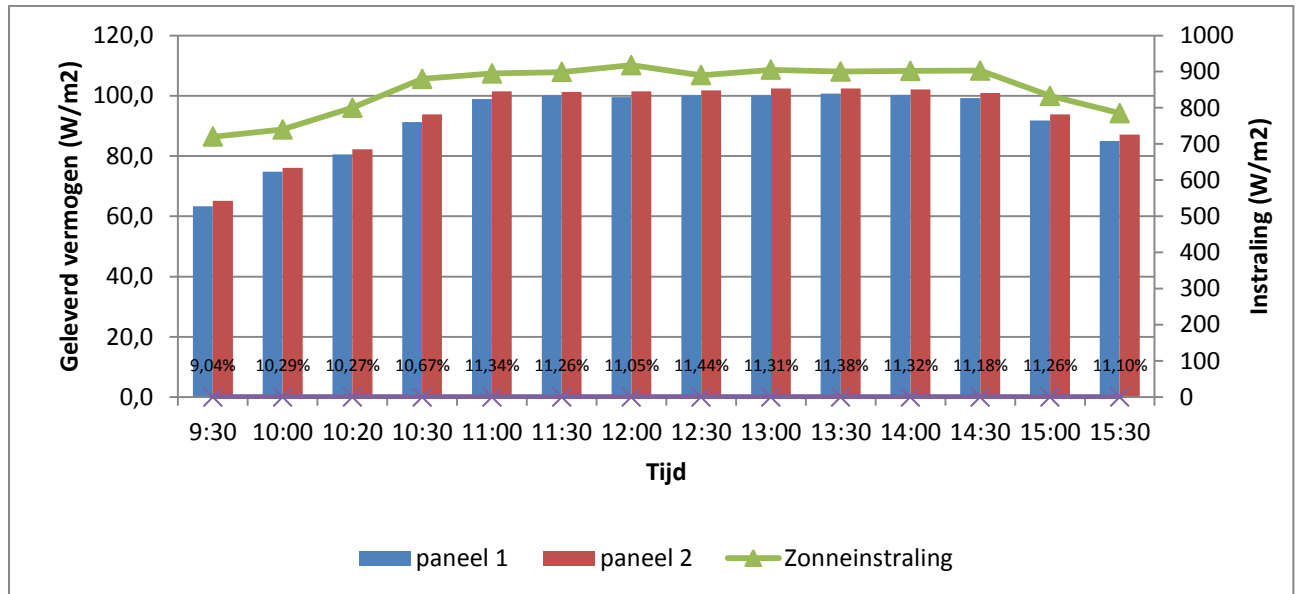
Figuur 34: nul meting 36° met vermogen, tijd, temperatuur

Zoals te zien in Figuur 34 blijft zowel het geleverde vermogen als de temperatuur relatief gelijk aan elkaar.

De gemiddelde afwijking in actueel vermogen is 2,0% waarbij opstelling/paneel 2 gemiddeld meer produceert. Deze afwijking blijft binnen fabrieksopgaaf de +10% afwijking.

De temperatuur loopt op tot 58,5 graden bij een directe instraling van 900 W/m², de buitentemperatuur bedroeg 20,3 graden.

In Figuur 35 is het verloop van directe instraling en vermogen te zien.



Figuur 35: nul meting 36° met vermogen, tijd en instraling

In de grafiek is efficiëntie per meting te zien. Door de volgende formule te gebruiken is de efficiëntie berekend.

$$\eta = \frac{P_{max}}{I_o}$$

De gemiddelde efficiëntie bedraagt 11%, echter 's ochtend is een zeer lage efficiëntie te zien. De fabrieksoopgaaf geeft een efficiëntie weer van 14%.

Dit verschil is te verklaren door te corrigeren met de efficiëntie van de inverter (Soladin 600) en de mogelijke efficiëntie afname door de warmte van de panelen. Ook de leeftijd van de panelen en eventuele kabelverliezen dienen hierin meegenomen te worden. Al met al is 11% een realistische waarde.



Figuur 36: foto van één van de 36 graden opstellingen

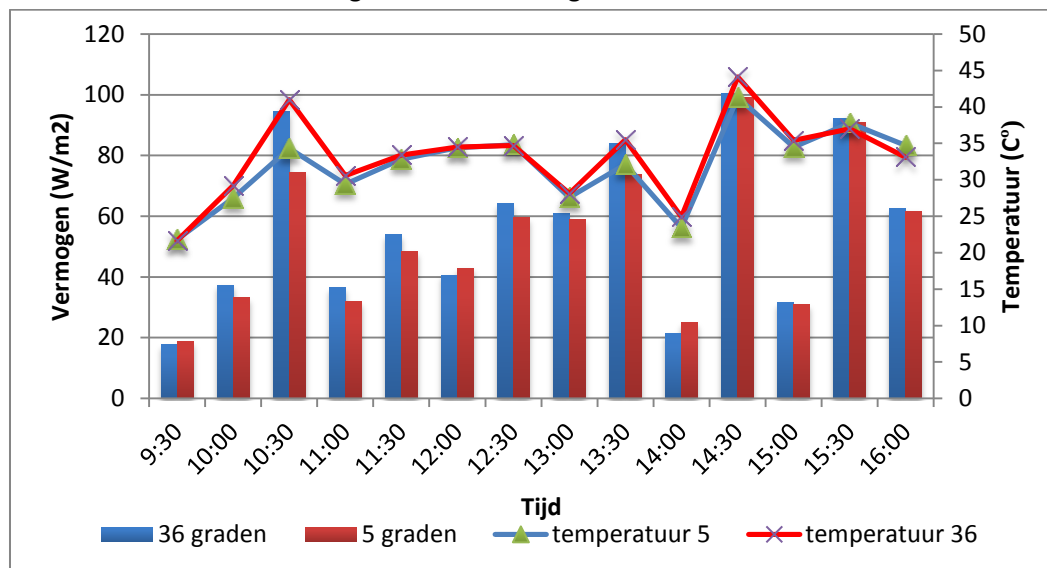
2. Optimale hellingshoek (vergelijking 5° en 36°)

De volgende opstelling is gemaakt om het verschil te bepalen voor een horizontaal zonnepaneel en een zonnepaneel in de optimale hoek.

Er is gekozen voor een lichte hoek van 5° aangezien een volledig horizontale opstelling geen water afvoert, wat zorgt voor snelle vervuiling van het paneel en de ‘zelfreinigende’ werking van een licht gekanteld paneel teniet doet.

De resultaten in Figuur 37 geeft zeer fluctuerende waarden aan.

Dit kwam door de wisselvallige weersomstandigheden.



Figuur 37: vergelijking tussen 5° en 36° met vermogen, tijd en temperatuur

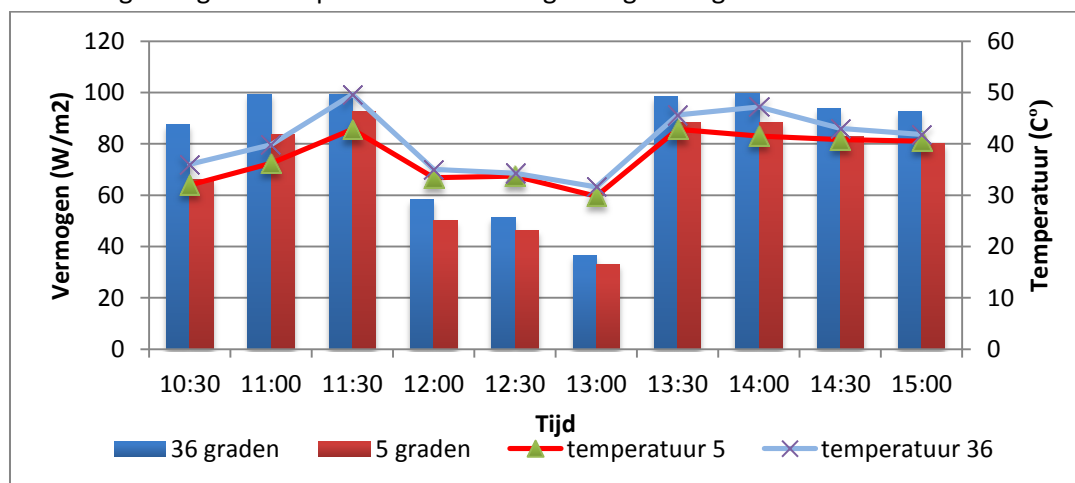
Over de gehele dag genomen levert de opstelling onder een hoek van 36° meer vermogen.

Echter zien we bij zwaardere bewolking dat het paneel onder een hoek van 5° beter presteert.

Onder de 300 W/m² zonne-instraling is dit het geval. Gemeten over de gehele dag presteert het 36° zonnepaneel 4,9% beter, echter moet dit getal nog worden genuanceerd met de afwijking gemeten in opstelling 1. Dat betekent dat de 36° opstelling gemiddeld 6,9% meer vermogen levert.

Deze meting is een tweede keer uitgevoerd op een constante dag qua weer.

De meting is uitgevoerd op het water. De volgende grafiek geeft dit weer.



Figuur 38: vergelijking tussen 5° en 36° met vermogen, tijd en temperatuur (gemeten op water)

Hierbij is het verschil in opbrengst na correctie van 2%: 16,9%.

Zoals is beide grafieken te zien is het paneel onder de hoek van 36° altijd warmer maar nooit meer dan 5,7°C ten opzichte van de 5° opstelling.

We kunnen op basis van Figuur 28 en Figuur 29 concluderen dat de 36° opstelling +/- 7-17% beter presteert. Het is daarom ook niet aannemelijk dat een horizontale positie beter presteert gedurende het jaar rond.



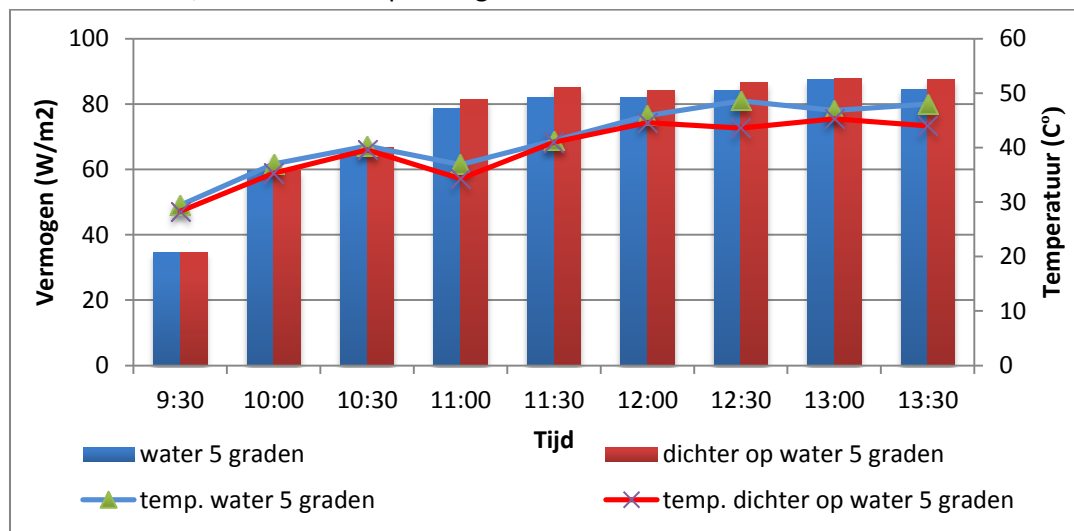
Figuur 39: foto van de proefopstelling

3. Koelende werking water, dicht op wateroppervlak 5°

Om te onderzoeken wat de koelende werking is van het water, is de volgende opstelling getest.

Aangezien het niet mogelijk is de achterkant volledig in het water te 'dippen' is gekozen voor zo dicht mogelijk boven het wateroppervlak.

De afstand tussen het paneel en het wateroppervlak bedroeg het laagste punt 2 cm vanaf de onderkant van de aluminium omlijsting. De junction box aan de achterkant van het zonnepaneel is niet waterdicht, vandaar deze opstelling.



Figuur 40: 5° dicht op water, vermogen, tijd en temperatuur

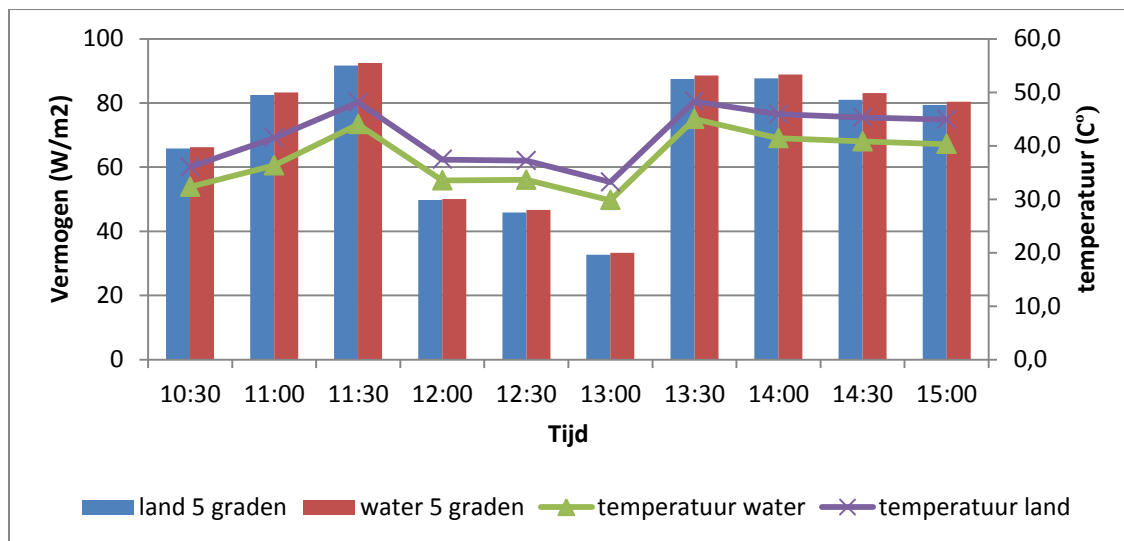
Qua geleverd vermogen gaan de twee panelen gelijk op. Het verschil hiertussen is nihil na de correctie van 2%.

Wat betreft temperatuur is aan de grafiek af te lezen dat het paneel dicht op het water iets koeler blijft. Gemiddeld zo'n 2°C koeler.

4. Koelende werking water 5°

Om te bekijken in welke mate een opstelling op water kan bijdragen aan koeling voor de zonnepanelen is één opstelling te water gelaten en de andere op het land gebleven.

De land opstelling ligt +/- 16 cm boven het maaiveld en de opstelling in het water +/- 10 cm boven de waterspiegel. De volgende resultaten zijn gedurende een dag vergaard.

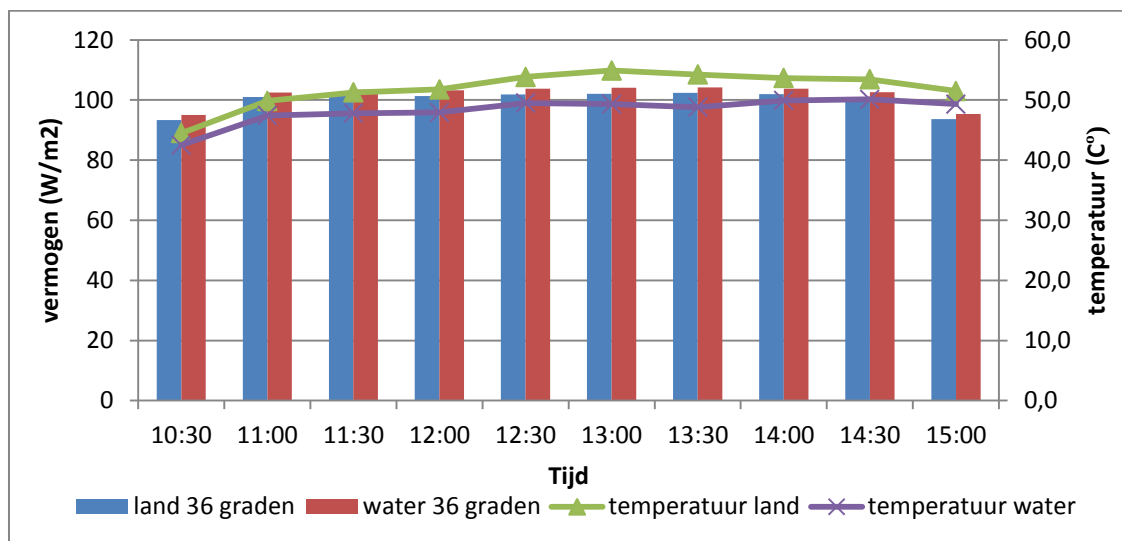


Figuur 41: 5 graden land en op water, vermogen, tijd en temperatuur

We zien, na correctie, weinig tot geen verschil in opbrengst over de dag. Echter in de temperatuur is een gemiddeld verschil te zien van 4,1°C. Dit betekent dat het paneel op het water significant koeler blijft.

5. Koelende werking water 36°

De optimale hoek van een zonnepaneel-opstelling is 36°, daarom is het ook voor deze opstelling interessant te bekijken of de opstelling op het water koeler blijft ten opzicht van eenzelfde opstelling op het land.



Figuur 42: 36 graden land en op water, vermogen, tijd en temperatuur

Het gemiddelde verschil in opbrengst bedraagt 2%, na correctie is er geen verschil.

De verschillen in temperatuur zijn gemiddeld 1,8°C koeler op het water.

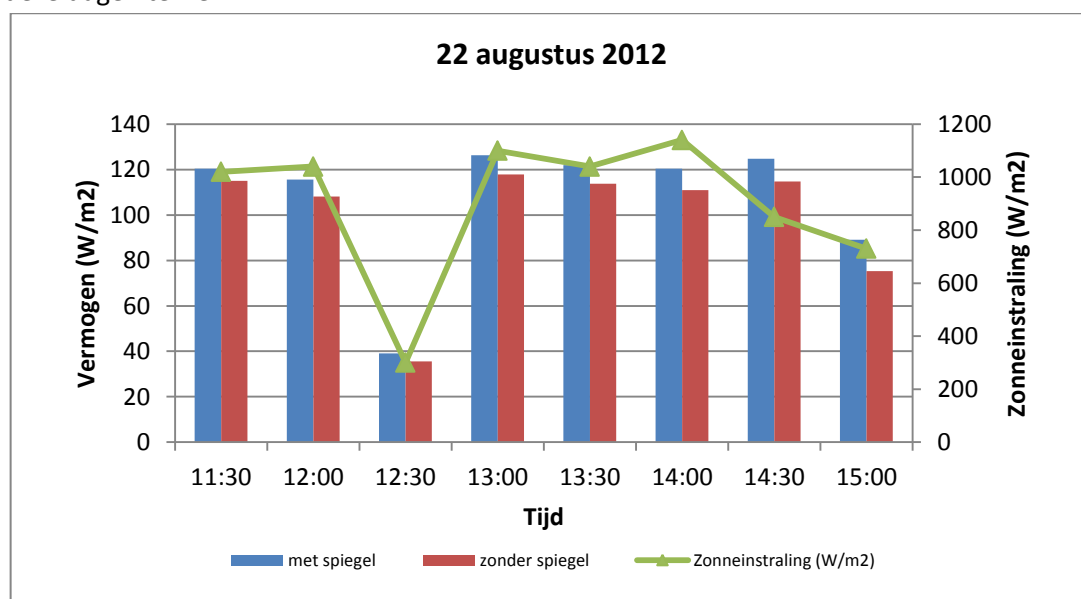
Wederom zien we dus weinig verschil in opbrengst.

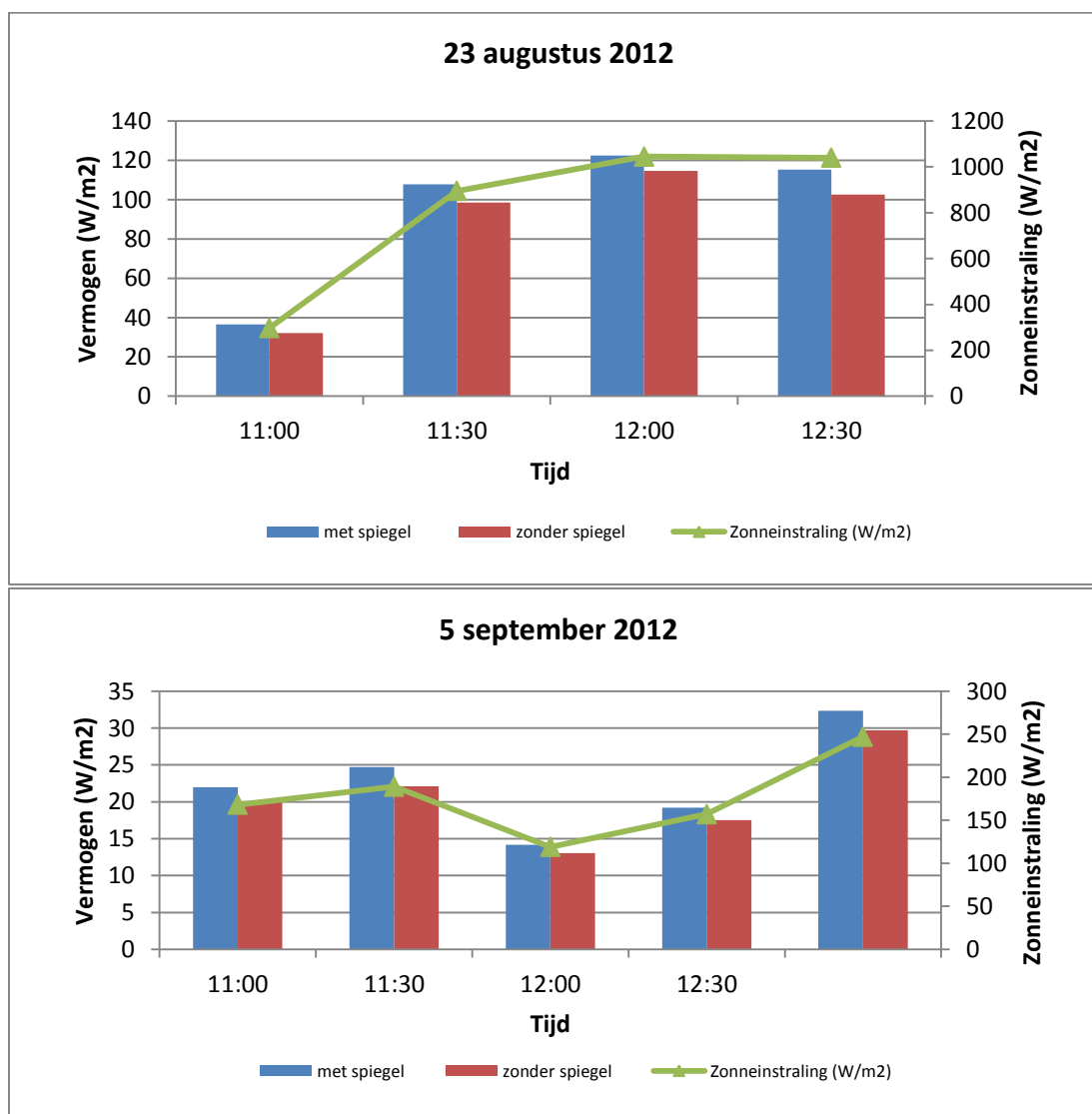
6. reflecterend vlak tussen 36°

De volgende opstelling is uitvoerig getest gezien de opmerkelijke resultaten.

Naast de korte termijn metingen zijn er voor deze opstelling ook lange termijn metingen gedaan om zo een exacter resultaat te vergaren.

Deze opstelling is een 3-tal keer gemonitord gedurende de een dag. Hieronder zijn de grafieken van deze dagen te zien.





Figuur 43: meetresultaten van 3 dagen 36° spiegel, vermogen, tijd en zonneinstraling

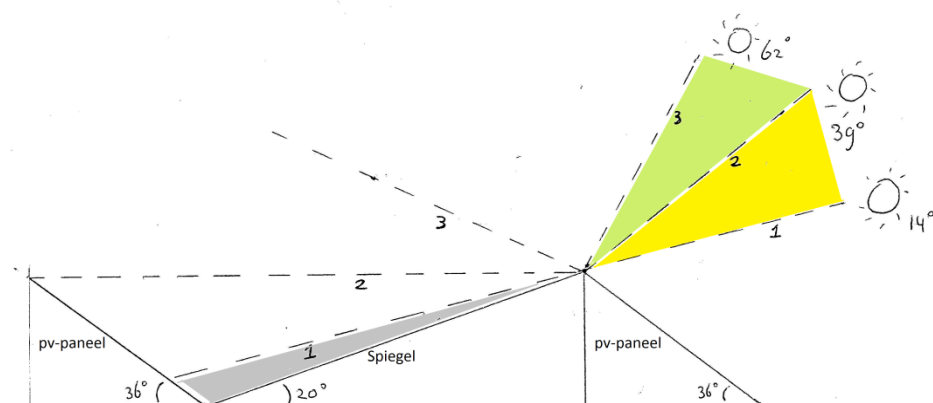
Bij alle dagen en metingen is te zien dat de opstelling met reflecterend vlak meer produceert. Na berekening blijkt dit gemiddeld 11,7% (inclusief correctie) meer te zijn. Om deze positieve resultaten beter te verifiëren zijn er lange-termijn metingen verricht. De resultaten zijn als volgt:

	Productie uren	kWh zonder spiegel	kWh met reflectie	Vershil (incl. correctie)
27-08 t/m 30-08	33	3,475	3,812	11,70%
27-08 t/m 04-09	100	12,57	13,73	11,23%

Tabel 3: resultaten lange termijn metingen

Ook bij deze metingen zien we een soortgelijke stijging in productie ten opzichte van een paneel zonder spiegel. Wat betreft temperatuur is er geen relevant verschil waargenomen tussen het paneel met spiegel en zonder spiegel.

In verband met het formaat van de testopstelling is gekozen voor een kleinere afstand tussen de pv-panelen waardoor de hoek van de spiegel 20° bedroeg, zie onderstaande tekening.



Figuur 44: schets van proefopstelling met gradenhoeken en zonhoogtes



Figuur 45: foto reflecterend vlak tussen twee 36° opstellingen

De optimale afstand tussen de panelen is beschreven in paragraaf 5.4 en bedraagt 3,9 meter met een reflecterend vlak hoek van 14° .

7. reflecterende vlakken 5° ten opzichte van standaard 36°

Deze opstelling is alleen op lange termijn getest. Er is dus geen temperatuur meting verricht.

	Productie uren	kWh 36°	kWh 5° met reflectie	Vershil (incl. correctie)
07-09 t/m 10-09	42	5,679	5,071	8,7%

Tabel 4: resultaten lange termijn meting 36° en 5° spiegel



Figuur 46: foto spiegel opstelling 5° en 36°

Zoals te zien in Tabel 4 blijkt het standaard paneel met een hoek van 36° meer opbrengst te hebben. We zien een afname in productie van 8,7% bij de opstelling waarbij reflecterend materiaal is toegepast. In Figuur 46 is een foto te zien om een beeld te schetsen van de opstelling.

8. Economie en verdienmodel

Het economisch model en de verdien mogelijkheden dragen bij aan de haalbaarheid van een drijvende zonnepaneel opstelling. Er is hiervoor een rekenmodel ontwikkeld waarbij diverse variabelen ingevoerd kunnen worden in een Excel sheet.

Voor het doorrekenen van het economische model is uitgegaan van een installatie met 100 zonnepanelen. Dit aantal is vastgesteld omdat een pilot-opstelling op proefboerderij 't Kompas in Valthermond een opstelling zal worden van rond de 100 zonnepanelen.

Hierbij is de vergelijking gemaakt tussen een **1.** statische opstelling zonder reflecterend vlak, **2.** een meedraaiende opstelling zonder reflectie, **3.** een statische opstelling met reflecterend vlak en **4.** een meedraaiende opstelling met reflectie.

Om het economische model door te rekenen is een rekenmodel ontwikkeld die dankzij vaste en variabele waarden een inschatting geeft of de door de gebruiker ingevoerde opstelling financieel haalbaar is.

De gebruikte waarden zijn opgesplitst in vaste waarden en variabele waarden, de vaste waarden zijn gebaseerd op een bedrijf.

Hierdoor wijzigen er een aantal zaken ten opzichte van een particuliere situatie. Hierbij valt te denken aan de energiekosten van 16cent/kWh, de terugvordering van de BTW en het toepassen van subsidiemogelijkheden.

Vastgestelde waarden:

- de BTW terugvordering van 21%;
- een energieprijs van 16 eurocent/kWh;
- opstellingshoek 36°;
- 100 panelen van 240Wp;
- de basis investering per Wp;
- levensduur panelen 25 jaar;
- onderhoudskosten per jaar: 2% van investeringsbedrag;
- VAMIL; MIA; EIA, fiscaal voordeel is in deze 0 euro

Voor bedrijven is het mogelijk om de BTW terug te vorderen dus dat bedrag is dan ook niet meegenomen in het uiteindelijke resultaat.

Voor bedrijven die winst maken is het interessant gebruik te maken van VAMIL, MIA en EIA, in het rekenmodel is het mogelijk deze fiscale voordelen mee te berekenen.

Bedrijven betalen minder per kWh dan de particulier (23 eurocent per kWh) dus zal hiervoor een bedrag worden meegenomen van 16 eurocent per kWh.

Dit bedrag is afkomstig van energiedirect.nl.

Hierop zijn veel actuele energieprijzen in te zien, hiervan is een gemiddelde uitgekomen van 16 eurocent.

Zoals eerder geconstateerd is een 36° gradenhoek het meest rendabele, met deze hoek wordt dan ook gerekend in het verdienmodel.

In deze berekening staat de investering op €1,45 per Wp. Deze waarde is aangereikt door John Ruiter van Agrisun. Dit is het basis bedrag wat wordt gerekend voor elke opgestelde Wp inclusief inverter en panelen.

Variabele waarden:

- extra kosten door ingrepen voor extra opbrengsten (experiment);
- opbrengst verhoging door ingrepen (staat nu op 0%)

De kosten per Wp extra kosten door ingrepen voor extra opbrengsten is een variabele aangezien deze wijzigt wanneer er een andere opstelling wordt doorgerekend. Dit komt door de extra kosten van het reflecterende materiaal en het trackingsysteem.

Opbrengst verhoging door ingrepen is in procenten uitgedrukt, door het toepassen van reflecterende materialen en een trackingsysteem wordt het rendement hoger; dit bepaalt uiteindelijk ook de ROI (return on Investment).

In de bijlage II) en III) is een uitdraai terug te vinden van het rekenmodel en de daarbij behorende legenda die aangeeft wat in welke kolom moet worden ingevoerd.

Wanneer bovenstaande uitgangspunten in de rekenmodel worden ingevoerd komt het volgende eruit:

Totalen		
Vermogen van systeem	24.000	Wp
Totaal investering per Wp	1,45	€
Opbrengst verhoging door ingrepen	0	%
Brutowinst over 25 jaar	147.000	€
Netto winst over 25 jaar	96.000	€
Te verwachten opbrengst per jaar	21.600	kWh/jaar
Aanschaf	34.800	€
Terug te vorderen BTW	6.040	€
VAMIL, MIA, EIA, fiscaal voordeel	-	€
Aanschaf, BTW en subsidie aftrek	28.760	€
Gemiddelde resultaat per jaar	6.000	€
Rendement op investering gemiddeld per jaar	13,35	%
ROI (Return On Investment)	9	jaar

Tabel 5: voorbeeld verdienmodel 100 zonnepanelen

De ROI (terugverdiëntijd) is afhankelijk van een aantal variabelen.

Zaken als: investering per Wp, oriëntatie t.o.v. Zuiden, opstellingshoek, bedrijf of particulier en de prijsstijging van energie per jaar hebben hierin een groot aandeel.

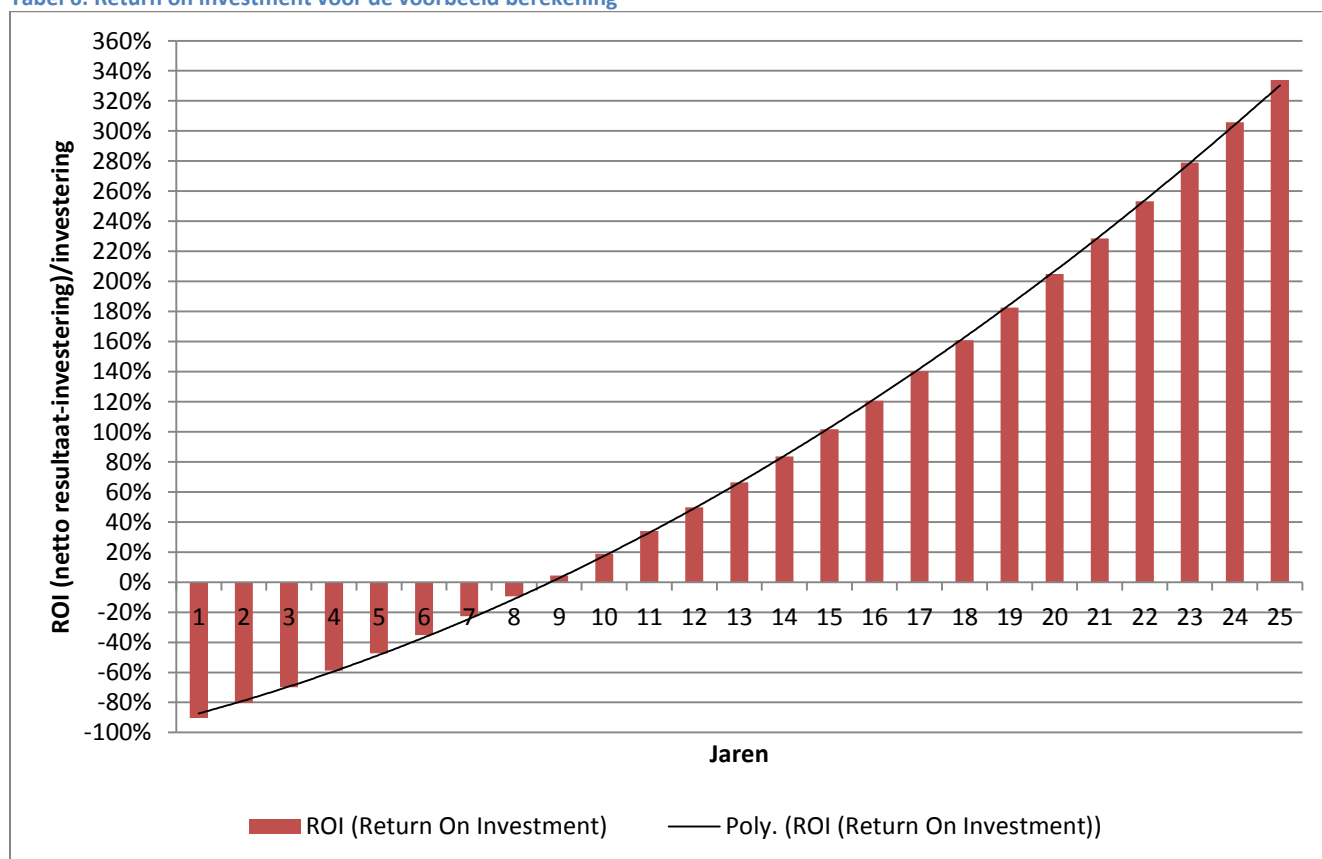
Daarnaast heeft het ontvangen van een VAMIL of EIA investeringsvoordeel grote invloed op de terugverdientijd van een dergelijke investering.

Voorbeeld: het bedrijf wat wil investeren in zonnepanelen maakt jaarlijks een belastbare winst van €30.000, dan zal de terugverdientijd verkort worden naar 6 jaar. Dit vanwege het feit dat er een percentage van de zonnepaneel investering van de belastbare winst kan worden afgetrokken.

Op deze manier kan er een belastingvoordeel van enkele duizenden euro's worden gerealiseerd.

De onderstaande grafiek geeft wat het verloop van de kosten en baten zijn gedurende 25 jaar.

Tabel 6: Return on investment voor de voorbeeld berekening



8.1. Wateropslag

Het is erg lastig in te schatten wat de financiële voordelen zijn van een wateropslag.

Kijkende naar de toekomstige problematiek in de Veenkoloniën wat betreft de aanvoer van water kan er gezegd worden dat water schaars wordt in het gebied.

Door de opkomst van grote (efficiënte) beregeningsinstallaties is het interessant te voorzien in eigen waterbehoefte. De wateropslag biedt een groot oppervlak geschikt voor zonnepanelen.

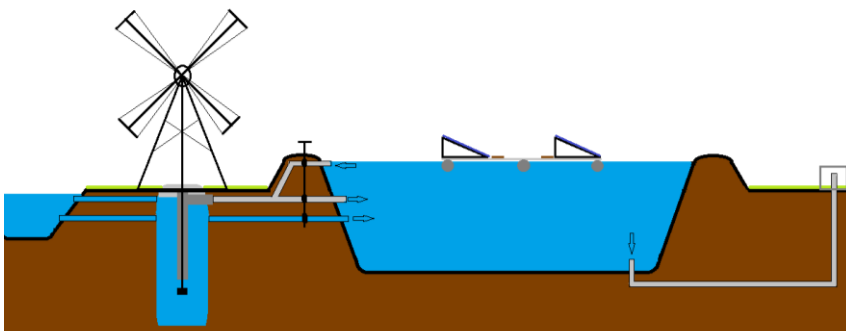
De voordelen die bij een eigen wateropslag komen kijken zijn:

- Opvang neerslagoverschot in het gebied;
 - Duurzaam waterbeheer, neerslag overschotten gebruiken in tijden van verhoogde watervraag
- Goede waterpeil regeling laagst gelegen gebied;
 - Door de wateropslag tactisch te plaatsen kan de wateropslag dienen als buffer om het peil in het gebied te reguleren. Hierbij moet wel vermeld worden dat een (deels) gesloten systeem hierbij nodig is
- Financieel voordeel geen water meer onttrekken;
 - Door het uit handen nemen van het waterbeheer van de waterschappen is het wellicht mogelijk een financiële regeling te treffen met het dienende waterschap (bijv. groen-blauwe dienst)
- Watervoorraad tijdens de droogte
 - Watervoorraad kan tijdens droogte worden aangesproken voor het handhaven van een vast peil en aanvoer voor een beregeningsinstallatie
- Energie consumptie
 - Om het water uit het IJsselmeer naar de Veenkoloniën te pompen kost veel energie. Deze maatschappelijke kostenpost zal minder worden met elke kuub die minder wordt verpompt.

De volgende afbeelding laat schematisch zien hoe de wateropslag eruit komt te zien.

Daarbij is het belangrijk te noemen dat de wateropslag gedeeltelijk gevuld wordt door middel van een overloop vanuit het normale peil.

De rest van de opslag kan dan aangevuld worden door middel van ofwel een elektrisch aangedreven pomp of een windmolen als pomp.



Figuur 47: doorsnede duurzame wateropslag

9. Discussie

In dit hoofdstuk worden de resultaten geïnterpreteerd en worden er diverse discussie punten beschreven die invloed kunnen hebben op de resultaten en de conclusies van dit onderzoek.

Deze discussie is opgedeeld in verschillende onderwerpen: experimenteel onderzoek, resultaten proefopstelling, economisch model en draagvlak en acceptatie de duurzame wateropslag.

Experimenteel onderzoek

- De resultaten van het experiment zijn vergaard in de zomermaanden van 2012 en eigenlijk niet representatief voor een heel jaar. Een lange termijn meting zal dan ook meer exacte resultaten weergeven die representatief zijn voor een heel jaar.
- Het reflecterend materiaal dat gebruikt is zal in de praktijk niet worden gebruikt vanwege de lage duurzaamheid van het materiaal.
- Het reflecterend materiaal gebruikt tijdens de experimenten is in verband met budgettaire redenen niet representatief voor wat er gebruikt zal worden in de werkelijkheid. Er zal dus onderzoek nodig zijn voor het optimale reflecterend materiaal.
- Het tracking/rotatie systeem is niet meegenomen in het experiment vanwege het feit dat er geen tijd meer was. De gevonden waardes uit de literatuur zijn wellicht daarom niet relevant voor Nederlandse condities.
- De afstand tussen de opstellingen waartussen het reflecterend vlak is geplaatst is tijdens de proefopstelling kleiner gemaakt in verband met het formaat van de opstelling. Bij opschaling zal rekening gehouden moeten worden met de minimale afstand benodigd tussen de zonnepaneel opstellingen.

In de volgende tabel zijn de voor- en nadelen van de proefopstelling te zien.

Voordelen	Nadelen
Realistische weergave	Geen invloed op omgevingsomstandigheden
Makkelijk te manoeuvreren op het water	Kostbare apparatuur/opstelling
Goede eye-catcher voor het project	Lastig met ombouwen in verband met formaat en gewicht
Simpele manier van aflezen resultaten	

Tabel 7: voor- en nadelen opstelling

- Wat betreft het meten van waarden was het wellicht interessant geweest ook de spanning en stroomsterkte te meten. Dan was het mogelijk geweest een I-V curve te tekenen en te bekijken of temperatuursverandering invloed heeft op de stroomsterkte.

Resultaten proefopstelling

De algemene afwijking tussen de twee opstellingen bedraagt 2%, dit percentage is meegenomen naar de rest van de resultaten.

De gemiddelde efficiëntie van de zonnepaneel is berekend op 11%, echter is er in de ochtend een zeer lage efficiëntie te zien, zie Figuur 35. Dit is mogelijk te verklaren door onjuist gebruik van de

pyranometer, hoogstwaarschijnlijk is er tijdens die meting iets fout gegaan met het richten van de meter. Dit is tijdens de rest van het onderzoek niet voorgekomen uitgaande van de resultaten.

Het verschil tussen een opstelling met een 36° hoek en een horizontale (5°) ligt tussen de 7 – 17% qua meer energieopbrengst voor de 36°, respectievelijk wisselvallig (bewolkt) en zonnig weer.

Er is geen relevant temperatuur verschil waargenomen tussen een opstelling drijvend dicht op het water.

Er is echter wel een temperatuurdaling te zien van 1,8°C (36°) – 4,1°C (5°) bij een drijvende opstelling ten opzichte van eenzelfde opstelling op land.

Door het toepassen van een reflecterend vlak tussen twee 36° opstellingen is een verhoging in energie productie gemeten van 11,2%-11,7% ten opzichte van een opstelling zonder reflecterend vlak.

Het plaatsen van twee reflectievlakken zoals te zien in Figuur 46 blijkt zijn vruchten niet af te werpen, de 5° opstelling waarbij de reflecterende vlakken zijn toegepast laat een daling in energieproductie zien van 8,7% ten opzichte van een 36° opstelling zonder reflectie.

Een mogelijke verklaring hiervoor is dat de reflecterende vlakken zorgen voor overschaduw.

Uit de gemeten waarden zijn de volgende conclusies te trekken:

- de invloed door koeling levert geen significantie verhoging op van de energieproductie;
- een opstellingshoek van 36° geeft de beste opbrengst ten opzichte van een 5° hoek;
- het plaatsen van een reflecterend vlak tussen twee zonnepaneel opstellingen heeft een gunstig effect;
- het plaatsen van twee reflecterende vlakken, voor en achter een horizontaal opgesteld zonnepaneel, heeft een ongunstig effect.

Voortbordurend op het feit dat het plaatsen van een reflecterend vlak een positief effect heeft op de energieproductie zijn de gevonden waarden uit de literatuur vergeleken met de meetresultaten.

Uit het onderzoek uitgevoerd in Zweden is te zien dat door de plaatsing van een reflecterend vlak voor een zonnepaneel een energieproductie verhoging van 20-25% is bewerkstelligt, onze meetresultaten laten een verhoging van ruim 11% zien.

De lagere gemeten waarde is waarschijnlijk te wijten aan het feit dat er geen optimaal reflectie materiaal (noppenfolie/aluminiumfolie) gebruikt is. Er kan dan ook geconcludeerd worden dat door gebruik van ander materiaal een hogere opbrengst mogelijk is. Door de eigen gemeten- en in de literatuur gevonden waarden te middelen is een opbrengst verhoging van 18% realistisch.

Deze waarde is niet meegenomen in de case-study. Er zal in de case-study gerekend worden met 11%, waarbij vermeld moet worden dat dit een zeer conservatieve waarde is waarbij wij verwachten dat 18% realistischer en haalbaar is.

Economisch model

- Of de energieprij met 5% stijgt de komende 25 jaar is een aanname gestoeld op het feit dat dit de afgelopen 5 jaar al gebeurd. In Duitsland is echter te zien dat de prijs van energie daalt sinds de massale investeringen in zonne-energie.

- Of er subsidie mogelijkheden zijn voor dit project is niet zeker, dat is vaak pas vast te stellen bij de aanvraag en initiatie van het project.
- De kosten voor het reflecterend materiaal zijn een zeer grove inschatting en kunnen dus lager of hoger uitvallen. Dit heeft direct invloed op het advies van de casestudy. De extra investering voor reflecterende vlakken tussen de zonnepanelen zal verder onderzocht moeten worden, er is op dit moment uitgegaan van een hoogwaardig materiaal (aluminium met coating) waardoor de prijs ook relatief hoog uitvalt.

Draagvlak en acceptatie de duurzame wateropslag

Er wordt meestal niet berekend bij de geïnterviewde boeren. De droogteschade die wordt aangericht in de droge jaren worden voor lief genomen.

Er zijn echter wel boeren die denken dat, gezien de droogtegevoeligheid van de bodem, het interessant is om te kijken naar mogelijkheden van beregening en het zelf organiseren van waterbeheer door middel van een eigen wateropslag.

Een wateropslag zal dan geplaatst kunnen worden op een slecht producerend stuk grond, dit is vaak het lager gelegen gebied in een landbouw areaal.

Daarnaast is het belangrijk dat het duidelijk is wat de financiële voordelen zijn van een dergelijk concept, als dit niet in orde is zal een boer het niet toepassen in de bedrijfsvoering.

Er zijn verschillende reacties en interesses naar het opwekken van duurzame energie. Een aantal boeren heeft er nog niet over nagedacht en hebben te weinig kennis van het onderwerp om er een uitspraak over te doen.

Daarnaast zijn er boeren die reeds geïnvesteerd hebben in zonnepanelen en ook een boer die samen met een aantal collega's plannen hebben voor een groot windmolenpark.

Het moge duidelijk zijn dat er een groot verschil is onder de boeren betreft kennis en belang.

Er is te merken dat de urgentie niet aanwezig is voor het plaatsen van een wateropslag om in de toekomst te voorzien van water in tijden van droogte.

Aangezien er nog geen duidelijk beeld is voor de boeren over hoe een wateropslag zorgt voor verbetering is het belangrijk een pilot plant te maken bij proefboerderij 't Kompas. Daar kan ook meteen meer informatie worden verschaft over de productie van duurzame energie doormiddel van zonnepanelen en hoe een wateropslag de mogelijkheid biedt het financiële aspect te verbeteren.

10. Casestudy

Door het vergaren van informatie en het opdoen van ervaring en kennis is het mogelijk een beeld te schetsen over de pilot opstelling op proefboerderij 't Kompas te Valthermond. Daarbij worden ook de voordelen genoemd van de wateropslag.

Volgens de planning zal de realisatie van deze pilot begin 2013 plaatsvinden.

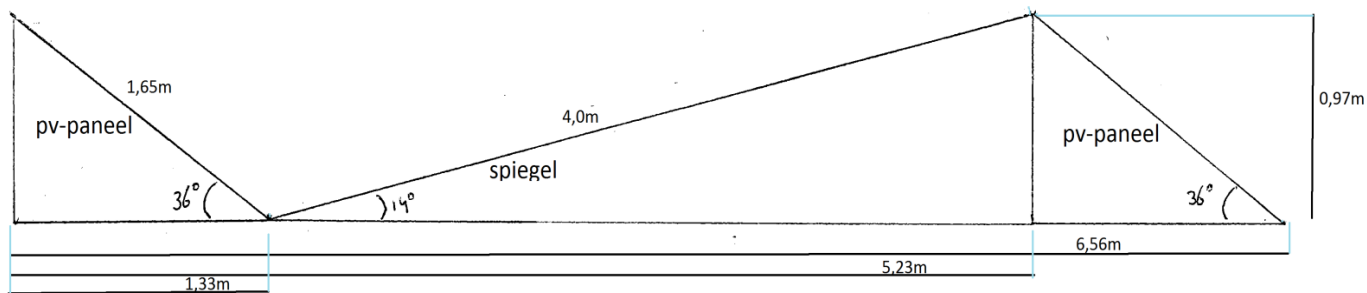
Na het testen van de proefopstelling kan worden geconcludeerd dat een drijvende opstelling met reflecterend vlak de beste keus is.

Door middel van een systeem waarbij de opstelling in de zon wordt gedraaid kan een opbrengst verhoging van 26% (hoofdstuk 5.8 tracking systeem) behaald worden ten opzichte van een statische opstelling.

Als daarnaast door het toepassen van een reflecterend vlak een verhoging van 11% (hoofdstuk 6 resultaten proefopstelling) wordt behaald kan er totaal = $(100\% * 1,26) * 1,11 = 140\% - 100\% = 40\%$ meer opbrengst gerealiseerd worden ten opzichte van een statische opstelling.

Anders dan de proefopstelling (20°) zal het reflecterende vlak tussen de panelen onder een hoek van 14° worden gezet. Hiermee wordt de tussen ruimte optimaal benut.

Op de onderstaande afbeelding is een zijaanzicht te zien van de opstelling, de maten staan erbij. Er is uitgegaan van een zonnepaneel van 1,65 x 0,99 meter.



Figuur 48: Zijaanzicht van optimale opstelling inclusief maten

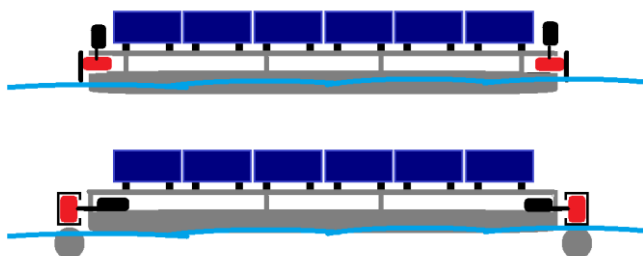
Per zonnepaneel bedraagt de oppervlakte van het spiegelend vlak 4,0 m².

Voor het rotatiesysteem is een oplossing bedacht in de vorm van een rond ponton.

Door middel van een elektromotor zal de opstelling mee kunnen draaien.

De buitenste rand zal fungeren als een vast punt en wordt vast gemaakt aan de kade. Het middelste deel, de zonnepaneelopstelling, zal vrij kunnen bewegen in de buitenste rand.

Door het plaatsen van een elektromotor met een wiel zal het middelste deel gestuurd kunnen worden.

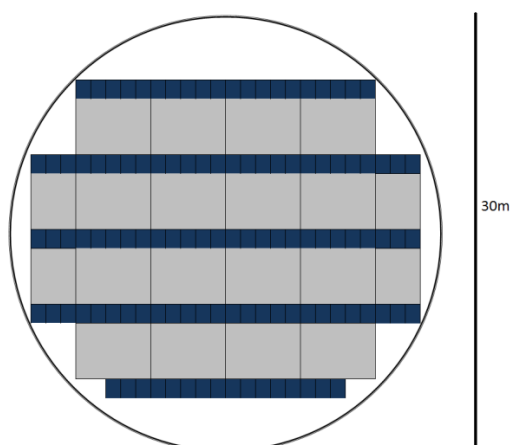


Figuur 49: twee mogelijkheden om de pilot-opstelling te laten roteren

De bovenstaande dwarsdoorsneden laten het concept van de vast rand zien. Het wiel is rood gemarkeerd.

Voor de pilot in Valthermond is gekozen voor een opstelling van 114 zonnepanelen. Dit getal is uiteraard te schalen naar wens.

Het volgende overzicht geeft een indicatie van het bovenaanzicht op schaal. Daarbij zijn de blauwe vlakken de zonnepanelen en de grijze vlakken het reflecterende materiaal



Figuur 50: bovenaanzicht meedraaiende zonnepaneel opstelling

In de volgende tabel zijn een aantal gegevens van een dergelijke opstelling uiteengezet

Gegevens pilot opstelling	
Diameter	30 meter
Oppervlakte	707 m ²
Aantal zonnepanelen	114
Paneel oppervlak	188 m ²
Spiegelend oppervlak	392 m ²
Piek vermogen	27.360 Wp (240 per stuk)

Tabel 8: gegevens pilot opstelling

Financiële aspecten

Voor de casestudy zijn de volgende vaste waarden meegenomen:

Vastgestelde waarden:

- De BTW terugvordering van 21%
- Een energieprijs van 16 cent/kWh
- Opstellingshoek 36°
- 114 panelen van 240Wp
- De basis investering is 1,45euro/Wp

Variabele waarden:

In de tabel hieronder is te zien welke kosten er over de 1,45 euro/Wp komen door middel van toevoegingen aan het systeem. Deze variabelen zijn telkens doorgerend in het verdienmodel.

Omschrijving	Aantal	Eenheid	Leverancier	Totaalprijs	Euro/Wp
Kosten zonnepaneel installatie los	€ 1,45	per Wp	Agrisun		
Totaal aantal zonnepanelen	114	stuks			
Vermogen zonnepanelen	240	Watt			
TOTAAL	€ 39.672,00			€ 39.672,00	€ 1,45
<u>Drijvers</u>					
PVC buis	€ 5,00	per meter	Dyka		
benodigd per paneel	2	meter			
totaal benodigde meters	228				
TOTAAL	€ 1.140,00			€ 40.812,00	€ 1,49
<u>Tracking systeem</u>					
PVC buis rond de opstelling	120	meter			
	€ 600,00		Dyka		
Rail rondom	€ 3.000,00				
motors	€ 750,00				
TOTAAL	€ 4.350,00			€ 45.162,00	€ 1,65
<u>reflectie opstelling excl. tracking</u>					
Aluminium gepolijst	368	m2			
Prijs indicatie	€ 8.000,00				
TOTAAL	€ 8.000,00			€ 48.812,00	€ 1,78
<u>Reflectie + tracking opstelling</u>					
Prijs reflectie materiaal	€ 8.000,00				
Prijs tracking systeem	€ 4.350,00				
TOTAAL	€ 12.350,00			€ 53.162,00	€ 1,94

Tabel 9: berekening kosten per Wattpiek

Er zijn 4 mogelijke scenario's doorberekend door middel van het rekenmodel. Daarbij is telkens de investeringswaarde gepakt die in Tabel 9 berekend is.

- Statische opstelling zonder reflecterend vlak = €1,49 Wp
- Meedraaiende opstelling zonder reflecterend vlak = €1,65 Wp
- Statische opstelling 36° inclusief reflecterend vlak = €1,78 Wp
- Meedraaiende opstelling 36° incl. reflecterend vlak = €1,94 Wp

Er is hierbij duidelijk te zien dat de investering beduidend hoger wordt als er meer wordt toegepast.

Aangezien de proefboerderij in Valthermond geen winst maakt is het niet mogelijk gebruik te maken van EIA, KIA en VAMIL.

Statische opstelling zonder reflecterend vlak

Variabele waarden

- Wp prijs is 1.49 euro/Wp
- Opbrengst verhoging door ingrepen 0%

Overzicht		
Totaal investering per Wp	1,49	€
Opbrengst verhoging door ingrepen	0	%
Te verwachten opbrengst per jaar	24.600	kWh/jaar
Aanschafkosten, BTW en subsidie aftrek	33.700	€
Jaarlijks rendement op investering gemiddeld	12,80	%
ROI (Return On Investment)	9	jaar
Netto winst over 25 jaar	108.000	€

Tabel 10: financieel overzicht statische opstelling zonder reflectie

Meedraaiende opstelling zonder reflecterend vlak

Variabele waarden

- Wp prijs is 1.65 euro/Wp
- Opbrengst verhoging door ingrepen 26%

Overzicht		
Totaal investering per Wp	1,65	€
Opbrengst verhoging door ingrepen	26	%
Te verwachten opbrengst per jaar	31.000	kWh/jaar
Aanschafkosten, BTW en subsidie aftrek	37.300	€
Jaarlijks rendement op investering gemiddeld	15,55	%
ROI (Return On Investment)	8	jaar
Netto winst over 25 jaar (cumulatief)	145.000	€

Tabel 11: financieel overzicht meedraaiende opstelling zonder reflectie

Statische opstelling 36° inclusief reflecterend vlak

Variabele waarden

- Wp prijs is 1.78 euro/Wp
- Opbrengst verhoging door ingrepen 11%

Overzicht

Totaal investering per Wp	1,78	€
Opbrengst verhoging door ingrepen	11	%
Te verwachten opbrengst per jaar	27.300	kWh/jaar
Aanschafkosten, BTW en subsidie aftrek	40.200	€
Jaarlijks rendement op investering gemiddeld	11,39	%
ROI (Return On Investment)	10	jaar
Netto winst over 25 jaar (cumulatief)	115.000	€

Tabel 12: financieel overzicht statische opstelling 36° inclusief reflectie

Meedraaiende opstelling 36° inclusief reflecterend vlak

Variabele waarden

- Wp prijs is 1.94 euro/Wp
- Opbrengst verhoging door ingrepen 40%

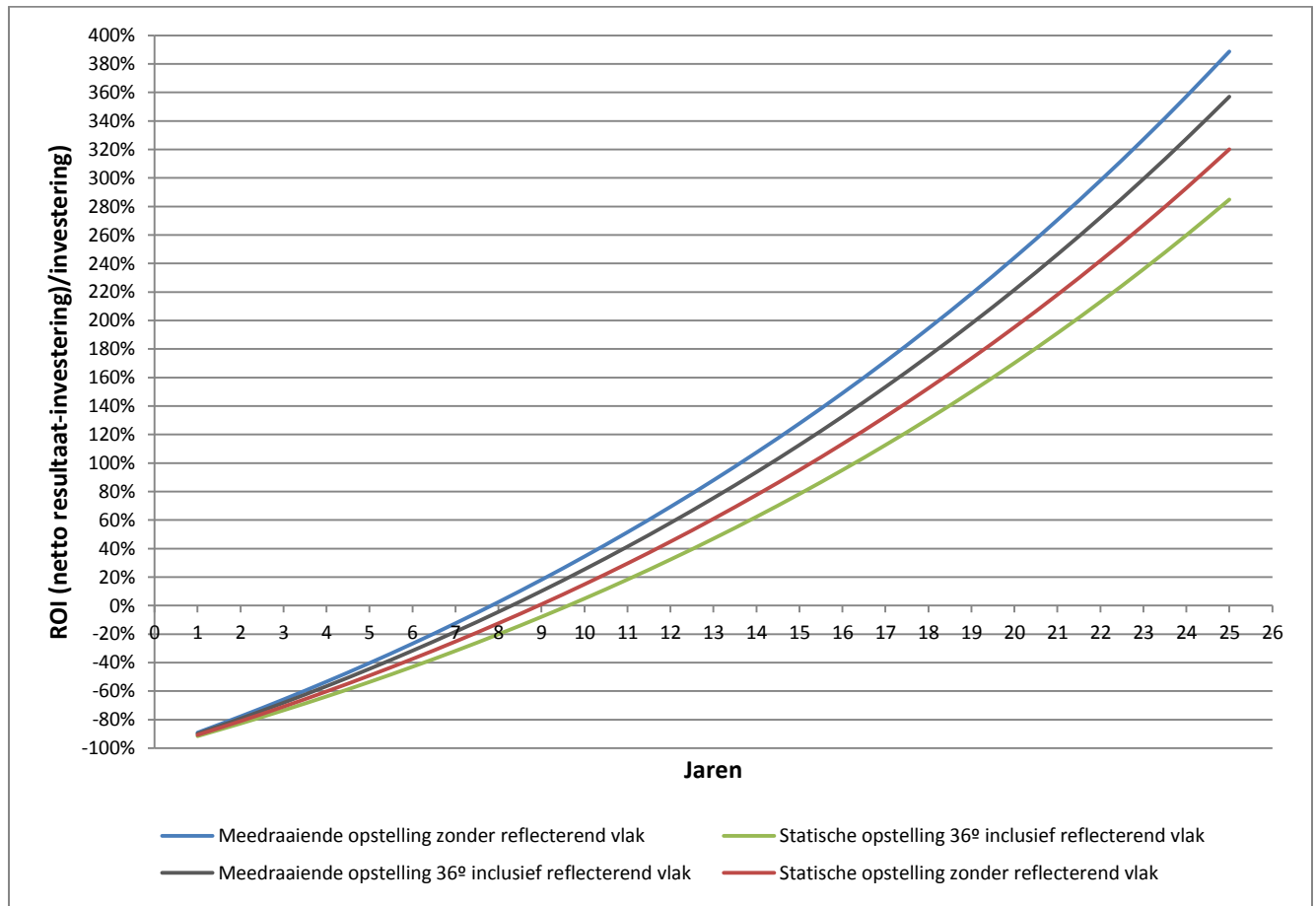
Overzicht

Totaal investering per Wp	1,94	€
Opbrengst verhoging door ingrepen	40	%
Te verwachten opbrengst per jaar	34.400	kWh/jaar
Aanschafkosten, BTW en subsidie aftrek	43.900	€
Jaarlijks rendement op investering gemiddeld	14.28	%
ROI (Return On Investment)	9	jaar
Netto winst over 25 jaar (cumulatief)	156.600	€

Tabel 13: financieel overzicht meedraaiende opstelling 36° inclusief reflecterend vlak

In de bovenstaande tabellen is af te lezen dat een zonnepaneel opstelling zonder reflecterend vlak maar met rotatie systeem financieel het meest interessant is.

Het rekenmodel laat een terugverdientijd van 8 jaar en een gemiddeld jaarlijks rendement op de investering van 15,55% zien. In de onderstaande grafiek zijn ROI's van de 4 opstellingen te zien.



Figuur 51: Return on investment voor de verschillende mogelijkheden

11. Conclusie en aanbevelingen

Dit onderzoek is tot stand gekomen door de waterproblematiek in de Veenkoloniën.

Met de ambitie het gebied te ontwikkelen tot een innovatief landbouwgebied met duurzame energie-, water- en klimaathuishouding heeft ingenieursbureau Tauw een onderzoeksopdracht geformuleerd voor de Kenniswerkplaats Veenkoloniën.

Het idee is om wateropslag te combineren met de productie van duurzame energie door functies te stapelen.

Het doel van het onderzoek is het vaststellen of het financieel en technisch haalbaar is om de productie van duurzame energie, door middel van zonnepanelen te combineren met wateropslag.

De volgende hoofdvraag is gesteld:

- *Met welke toepassing van reflectie en/of koeling is de productie van zonne-energie het beste te combineren met het wateroppervlakte van een wateropslag?*

Daarbij worden eerst de deelvragen beantwoord:

- *Hoe kunnen PV panelen optimaal geplaatst worden zodanig dat koeling en reflectie het rendement verhogen en hoe ziet de constructie eruit?*

PV panelen kunnen het beste in een hoek van 36° geplaatst worden.

De onderlinge afstand die nodig is om schaduwwerking tegen te gaan is op te vullen met een reflecterend vlak waardoor de energieproductie 11% verhoogd kan worden.

De invloed van koeling is niet significant voor de opbrengst, echter de panelen zijn fysiek wel koeler. Doormiddel van een tracking systeem (rotatie) is het mogelijk 26% extra energieproductie te genereren. De optimale plaatsing is dan ook:

een cirkelvormig drijvend ponton waarbij een reflectie en een tracking systeem (Oost->West) zorgen voor een energieopbrengst verhoging van 40%.

- *Hoe ziet het economisch model van zonnepanelen in de pilot te Valthermond eruit?*

Er zijn diverse economische situaties beschreven in de hoofdstukken 8 & 10.

Zoals nu onderzocht is de meest renderende opstelling een drijvende opstelling met een tracking systeem, het gemiddelde jaarlijkse rendement van een dergelijke investering is 15,55% met een terugverdientijd van 8 jaar.

De investering bedraagt voor 114 zonnepanelen €37.300,- inclusief BTW terugvordering.

Het netto resultaat na 25 jaar bedraagt €145.000.

- Welke voor- en nadelen worden genoemd door agrarische ondernemers betreffende een gecombineerde wateropslag?

Voordelen	Nadelen
Duurzame energie productie	Boeren nemen droogte voor lief
Gebruik maken slechte stukken land	Windmolens rendabel en groter qua schaal
Eigen peilbeheer	Behoeftte aan beregening is er (nog) niet
Droogte gevoelige gronden beregenen	

Tabel 14: voor- en nadelen gecombineerde wateropslag

Het antwoord op de hoofdvraag is niet eenzijdig.

Het laten drijven van zonnepanelen is prima mogelijk en biedt een aantal interessante kansen voor de verhoging van de energieproductie.

Het tracking systeem en de mogelijkheid tot reflectie blijken een dusdanig voordeel op te leveren dat het aan te bevelen is.

De beste manier om dit te combineren is doormiddel van een rond drijvende constructie waarbij de ring of band statisch is, het ponton in het midden zal dan door middel van motoren gedraaid kunnen worden in de richting van de zon.

Daarbij is het financieel het meest interessant dit uit te voeren zonder de toevoeging van reflectie in verband met de verwachte hoge kosten en relatief lage baten (volgens het experimentele onderzoek).

Aanbevelingen

- Gekeken naar het reflectiemateriaal is het uitvoeren van een onderzoek naar geschikt reflecterend materiaal zowel in kosten als in mate van reflectie interessant.
- Voor representatievere waardes betreffende de optimale opstelling dient een kleinschalige proefopstelling gemaakt te worden en testen uit te voeren onder gecontroleerde condities. (bijvoorbeeld 1 zonnecel en diverse reflecterende materialen).
- Voor de totale constructie en opbouw zou een werktuigbouwkundige een drijvende zonnepaneel constructie kunnen ontwerpen en doorrekenen
- Wat betreft het draagvlak in het gebied is het noodzaak de voordelen van een wateropslag met zonnepanelen duidelijk over te brengen op de belanghebbenden in het gebied (pilot opstelling Valthermond 2013)

12. Literatuurlijst

- *Band Theory of Solids*. (2011). Retrieved Juni 2012, from [www.hyperphysics.phy-astr.gsu.edu: http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/solids/band.html](http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/solids/band.html)
- (2012). Retrieved September 15, 2012, from [biogas.nl: http://www.biogas.nl](http://www.biogas.nl)
- Agenda van de Veenkolonien. (2012). *organisatie*. Opgeroepen op Juli 25, 2012, van [www.veenkolonien.nl: http://www.veenkolonien.nl/6-organisatie.html](http://www.veenkolonien.nl/6-organisatie.html)
- Agenda voor de Veenkolonien. (2012). *Doorstartdocument Agenda voor de Veenkoloniën 2012-2014*. Stadskanaal: Agenda voor de Veenkolonien.
- Baarda, E. B. (2012). *Basisboek Methoden en Technieken vijfde druk*. Noordhoff uitgevers.
- Besten, J. d. (2012, Februari 3). (V. Consulting, Interviewer)
- Boyle, G. (2004). *Renewable Energy. Power for a Sustainable Future*. Oxford: Oxford University Press.
- C.S. Sangani, C. S. (2006). *Experimental evaluation of V-trough (2 suns) PV concentrator system using commercial PV modules*. Elsevier: Solar Energy Materials and Solar Cells.
- C.S. Solanki a, I. C. (2008). *Enhanced heat dissipation of V-trough PV modules for better performance*. Elsevier: Solar Energy Materials and solar cells.
- Daniel F Buttay, M. T. (2008). *Maximum Peak Power Tracker: A Solar Application*. Faculty Of the Worcester Polytechnic Institute.
- Durenkamp, H. J. (2009). *Baseline Description*. Provincie Drenthe: Provincie Drenthe.
- Enternovem. (2012). [www.senternovem.nl: http://www.senternovem.nl/mmfiles/Positieve_lijst_co-vergisting_van_mest_vastgesteld_door_LNV_tcm24-205394.pdf](http://www.senternovem.nl/mmfiles/Positieve_lijst_co-vergisting_van_mest_vastgesteld_door_LNV_tcm24-205394.pdf)
- F Beukeboom, R. (2008, april). Grasgroei en inkuilmanagement. *Nieuwsbrief de samenwerking*.
- G.M. Tinaa, *, M.-C.-C. (2011). *Optical and thermal behavior of submerged photovoltaic solar panel*. Elsevier: Energy.
- Geist, H.-J. (2011). *Zonne-energie – zonnepanelen plannen en zelf installeren*. Elektor International Media BV.
- ghsolar. (2011). *vergelijking-polykristallijn-monokristallijn*. Retrieved Juni 2012, from [www.ghsolar.be: http://www.ghsolar.be/NL/vergelijking-polykristallijn-monokristallijn.htm](http://www.ghsolar.be/NL/vergelijking-polykristallijn-monokristallijn.htm)
- H.G. Teo a, P. L. (5 januari 2011). *An active cooling system for photovoltaic modules*. Elsevier Applied Energy. .
- Hartog Lucerne. (n.d.). *eigen teelt Luzerne beste keus*. Retrieved September 15, 2012, from [Hartog Lucerne: http://www.hartog-lucerne.nl/media/links/eigen_teelt_luzerne,_zelden_beste_keus.pdf](http://www.hartog-lucerne.nl/media/links/eigen_teelt_luzerne,_zelden_beste_keus.pdf)
- Hermans, J. (2008). *Energie Survival Gids*. Oegstgeest: Beta Text.
- Hilbrants, W. (2008). *Dictaat Energy Forever*. *Dictaat Energy Forever*.
- Holshof, G. (2007). *Eendenkroos van last naar lust*. Retrieved September 15, 2012, from Productschap:

http://www.prodzuivel.nl/pz/melkveehouderij/onderzoek/lopend/Eendenkroos_van_last_naar_lust.pdf

- Hunze en Aa's . (2009). *Beheerplan 2010 t/m 2015*. Veendam: Waterschap Hunze en Aa's.
- Hunze en Aas. (2008, Feb). Retrieved juli 2012, from www.hunzeenaas.nl:
<http://www.hunzeenaas.nl/binaries/website/documenten/Watersystemen/Veenkolonien/Eindconcept/Veenkolonien.pdf>
- J. Bione 1, O. V. (16 januari 2004). *Comparison of the performance of PV water pumping systems driven by fixed, tracking and V-trough generators*. Elsevier: Solar Energy.
- Jeager, P. d. (2012). *Eendenkroos, een veelzijdige waterplant*. Retrieved September 15, 2012, from www.audax.nl:
<http://www.audax.nl:8080/repository/generic/Eendenkroo%5B2%5D.pdf>
- K&G advies. (2011). *Met eendekroos een schot in roos*. Retrieved September 15, 2012, from K&G advies: <http://www.kgadvies.nl/eendekroosproject>
- Kelstein, P. (2012, mei 30). Proefboerderij Kelstein . (T. Jules, Interviewer)
- KNMI. (1980-1990). *Zonnestraling in Nederland*. KNMI.
- KNMI. (2012). Retrieved from KNMI: www.knmi.nl
- Kordzadeh, A. (2009). *The effects of nominal power of array and system head on the operation of photovoltaic water pumping set with array surface covered by a film of water*. Elsevier: The Renewable Energy.
- Kurowaka. (2003). *Energy from the Desert*. Londen: James & James.
- Masaki Shimaa, M. I.-i. (24 juni 2004). *The influence of operation temperature on the output properties of amorphous silicon-related solar cells*. Elsevier: Solar Energy Materials & Solar Cells. .
- Mats Ronnelid, B. K. (2000). *Booster reflectors for PV modules in Sweden*. Sweden: Solar Energy Research Center, Dalarna University College,.
- Meteonorm. (2012). *Meteonorm Software*. Retrieved September 4, 2012, from <http://meteonorm.com/products/meteonorm-software/>
- Omubo-Pepple, C. I.-C. (2009). *Effects of Temperature, Solar Flux and Relative Humidity on the Efficient Conversion of Solar Energy to Electricity*. European Journal of Scientific Research.
- Putter, J. d. (2012, juli). Artist impression. (Ties, & Jules, Interviewers)
- Quashning, V. (2005). understanding renewable energy systems. *Earthscan* .
- Querner, E. J. (2011). *Robuuste watersystemen in de Veenkoloniën*. Wageningen: Alterra-rapport 2011, Wageningen.
- Rabbinge, R. (2012). *Perspectieven door kracht* . Stadskanaal: Projectbureau Agenda voor de Veenkoloniën, 2012 .
- Rothengatter, R. (2011). *Verkenning kennis Klimaat voor Ruimte*. Amsterdam: Hotspot Veenkoloniën.
- Schagen, B. v. (2012, Juli 5). Weerstation Uithoorn. (Ties, & Jules, Interviewers)
- Schellekens, J. (2010). *Maatregelen duurzame energie veehouderijsector*. Agentschap NL.

-
- Sharp. (2011). Product sheet SHARP NT-175E1. In *SHARP NT-175E1*.
 - Siderea. (2009). *hellingshoek*. Retrieved Augustus 2012, from Siderea: energie-advies bureau: <http://www.siderea.nl/artikelen/hellingshoek1/hellingshoek1.html>
 - Tauw. (2012, September). Retrieved September 28, 2012, from www.tauw.nl: www.tauw.nl
 - van den Berg, F. E. (2008). *WINDFARMperception: Visual and acoustic impact of wind turbine farms on residents*. Groningen: Groningen University.
 - weeronline. (n.d.). *weeronline*. Retrieved from www.weeronline.nl
 - Wijnholds, K. (2012, Juli). Algemene vragen. (Ties, & Jules, Interviewers)
 - Wikipedia. (2012, Augustus 29). *Groninger Veenkolonien*. Retrieved Oktober 01, 2012, from [www.wikipedia.nl: http://nl.wikipedia.org/wiki/Groninger_Veenkoloni%C3%ABn](http://nl.wikipedia.org/wiki/Groninger_Veenkoloni%C3%ABn)
 - wikipedia. (2012). *halfgeleider*. Retrieved Juni 2012, from www.wikipedia.org: [http://nl.wikipedia.org/wiki/Halfgeleider_\(vastestoffysica\)](http://nl.wikipedia.org/wiki/Halfgeleider_(vastestoffysica))
 -

Bijlagen

Bijlagen.....	60
I) Feedback uit gebied	61
II) Economie en verdienmodel.....	63
III) Legenda verdienmodel	64
IV) Biomassa	65
V) Kansen en knelpunten aquatisch biomassa.....	66
VI) Bezoek proefboerderij Kelstijn te Dokkum.....	68
VII) Productsheet zonnepanelen	70
VIII) Initiële opdracht.....	72
IX) Bijeenkomst	74
X) Uitnodiging Excursie.....	75
XI) Artikel Pilotproject drijvende zonnepanelen.....	76
XII) Verslag Excursie	78
XIII) Artikel RTV Drenthe, radio, internet artikel en video-beelden.	79
XIV) Artikel in de Veldpost 29 september 2012	80

I) Feedback uit gebied

Boerderij Lindehof, Familie Groenwold, Sappemeer, 17 juli 2012

Limousin boerderij en akkerbouw bedrijf Lindehof van de familie Groenwold.

Bedrijf Groenwold doet niet aan beregening van de gewassen en kan daarom geen goede mening vormen over het idee van de eigen wateropslag. Hij vertelt dat er meer word beregent richting Drenthe.

De boer zou willen kijken naar zonnepanelen maar dan met name in combinatie van het verwijderen van een asbest dak.

Boerderij Evers, Finsterwolde, 17 juli 2012

Boerderij Evers doet ook niet aan beregening en vertelt dat veel boeren dit niet doen. De eens per 3 jaar verdroging die heerst nemen de meeste boeren voor lief krijgen we te horen.

Hij denkt wel na over duurzame energieproductie en heeft daarvoor een vereniging gestart met een aantal collega boeren. Deze vereniging heeft als doel windmolenparken te realiseren. Op dit moment is het plan 65 7,5MW windmolens te bouwen.

Over zonnepanelen heeft de boer nog niet nagedacht en hij legt uit dat hij hier niets van weet.

Boerderij Dinkla, Bellingwolde, 17 juli 2012

Ook boer Dinkla legt ons uit dat de meeste boeren in de omgeving genoeg nemen met enige verdroging en opbrengst derving en daarom niet beregenen.

Een aantal jaar terug was er een stagiair bij hun op het bedrijf die zich heeft bezig gehouden met het beregenen van gewassen. De uitkomst daaruit was dat het investeren in tijd, brandstof en onderhoud teveel vergt ten opzichte van niet beregenen en lager opbrengsten.

Boer Dinkla heeft sinds 3 weken 140 zonnepanelen op zijn dak laten installeren en is hier zeer tevreden over. Zoals het er naar uit ziet is deze installatie met 7 jaar terugverdient!

Boerderij Kaput, Bellingwolde, 19 juli 2012

Ook meneer Kaput verteld ons dat hij zelf niet aan beregening doet. Hij vertelt ons dat er überhaupt nog niet veel wordt beregend in het gebied en in zijn omgeving. De bodem is wel droogtegevoelig en daarom zou het inderdaad interessant zijn om wel te beregenen en eventueel vanuit je eigen wateropslag. Hij vertelt daarbij dat de enige eis die daaraan vast zit dat het economisch rendabel moet zijn.

De aanschaf van zonnepanelen heeft hij al een keer overwogen voor op het dak.

Boerderij Begemans, Nieuwe Pekela, 23 juli 2012

Meneer Begemans legt uit dat hij denkt dat de arealen te groot zijn voor totale beregening.

Daarbij kunnen sommige plaatsen wel worden beregend maar hij twijfelt of de productie er veel hoger van wordt, er wordt verteld dat droge zomers altijd meevallen. Op dit moment komt het water voor de pivots vanuit het grondwater.

Er moet wel garantie zijn voor wateraanvoer, anders gaan er plekken droog staan. Zeker als alles met elkaar in verbinding staat.

Boer Begemans meldt dat hij zelf wel een wateropslag zou overwegen als het financieel aantrekkelijk is in combinatie met een pivot. De plaatsing zou dan op het laagst gelegen stuk zijn, dit zijn ook al minder producerende gronden op dit moment.

Het lijkt hem interessant te investeren in zonnepanelen mits je kan salderen.

II) Economie en verdienmodel

A		B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	Economie en verdienmodel Drijvende zonnepanelen																			
2	de		vakken invullen																	
3	de		vakken zijn dropdown menu's																	
4																				
5	zonnepanelen				kosten & opbrengsten															
6	nominale vermogen per paneel		240 Wp	te verwachten opbrengst per jaar		34439,1264	kWh/jaar		rendement											
7	totaal investering per Wp		1,94 €	totale kosten van de installatie		53078,40 €	kosten verzekering per jaar		kosten onderhoud per jaar		0,00 €	0,00 €		0,00 €	0,00 €		0,00 €	0,00 €		0,00 €
8	oriëntatie t.o.v. Zuid		0 °	uit te betalen subsidie per Wp		0,00 €	0,00 €		inflatie per jaar		2 %	2 %		2 %	2 %		2 %	2 %		2 %
9	opstellingshoek		36 °	totaal uit te betalen subsidie		0,00 €	prijsstelling energie per jaar		energieprijs in 2011		0,16 €	0,16 €		0,16 €	0,16 €		0,16 €	0,16 €		0,16 €
10	systeem rendement		100 %	aanschafkosten		53078,40 €	veroudering in 25 jaar		rendementsverlies per jaar		0,8 %	0,8 %		0,8 %	0,8 %		0,8 %	0,8 %		0,8 %
11	Volle zon uren per jaar		900	Terug te vorderen BTW		9.212 €	veroudering in 25 jaar		rendementsverlies per jaar		0,8 %	0,8 %		0,8 %	0,8 %		0,8 %	0,8 %		0,8 %
12	vermogen van paneel		240,00 Wp	VAMIL, MIA, EIA, fiscaal voordeel		€	€		€		€	€		€	€		€	€		€
13	te installeren aantal zonnepanelen		114 stuks	Aanschafkosten incl. BTW en sub afrek		€	€		€		€	€		€	€		€	€		€
14	vermogen van systeem		27360 Wp																	
15	Opbrengst verhoging door ingrepen 1		28 %	maakt uw bedrijf winst?																
16	Opbrengst verhoging door ingrepen 2		11 %	Belastbare winst op jaarbasis		€	€		€		€	€		€	€		€	€		€
17	Bedrijf of particulier		Bedrijf																	
18																				
19																				
20	overzicht per jaar																			
21	jaar		1	2		3	4		5	6		7	8		9	10		11	12	
22	totaal energieopbrengst €		5510,26	5739,49		5978,25	6226,94		6485,99	6755,80		7036,64	7329,58		7634,49	7952,08		8282,89	8627,46	
23																				
24	verzekering		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
25	onderhoudskosten		1061,57	1082,80		1104,46	1126,54		1149,08	1172,06		1195,50	1219,41		1243,80	1268,67		1294,05	1319,93	
26	totaal kosten		1061,57	1082,80		1104,46	1126,54		1149,08	1172,06		1195,50	1219,41		1243,80	1268,67		1294,05	1319,93	
27																				
28	netto resultaat		4448,69	4656,69		4873,79	5100,40		5336,91	5583,75		5841,35	6110,17		6390,69	6683,41		6988,84	7307,53	
29																				
30																				

III) Legenda verdienmodel

cel	omschrijving
B 6	Hierin staat het aantal wattage wat een enkele paneel oplevert
7	Hier staat wat de aanschafkosten zijn gedeeld door het aantal totaal opgesteld vermogen
8	Hierin vul je het aantal graden afwijking in vanaf het absolute zuiden
9	Het aantal graden in welke de opstelling staat geplaatst
10	Het systeemrendement in afhankelijk van A6, 0° is 100% hoe grotere afwijking hoe minder rendement.
11	Vollast uren per jaar
12	Vermogen per paneel
13	Opgesteld aantal panelen
14	Het totaal opgesteld vermogen, vermogen van 1 paneel x het aantal panelen
15	Opbrengst verhoging van een ingreep, staat normaal op 0% bovenop de opbrengst.
16	Opbrengst verhoging van een ingreep, staat normaal op 0% bovenop de opbrengst.
17	Hierin kun je kiezen of de berekening geldt voor een bedrijf of particulier, energieprijzen en terug te vorderen bedragen worden dan anders.
H 6	Dit is de verwachte opbrengst in kWh dat het systeem jaarlijks moet opbrengen.
7	Dit zijn de totale kosten die gemaakt worden voor het gehele systeem
8	Hierin kun je evt. SDE subsidies invullen die extra inkomen genereren per opgebracht kWh
9	Uit te betalen Subsidie
10	Aanschafkosten na subsidie per kWh
11	Terug te vorderen BTW, alleen voor bedrijven.
12	Het percentage fiscaal voordeel vanwege subsidie regelingen VAMIL, EIA en MIA
13	Aanschafkosten na aftrek BTW en fiscaalvoordeel
16	Een rolvenster met de vraag of het bedrijf winst maakt
17	Belastbare winst op jaarbasis
N 6	Eventuele kosten die een verzekering met zich meebrengen
7	Eventuele kosten die onderhoud met zich meebrengen
9	Inflatie per jaar, gebaseerd op voorgaande jaren
10	Energieprijs stijging, gebaseerd op voorgaande jaren
11	De huidige energieprijzen, afhankelijk of je een bedrijf of particulier bent
12	Het totale rendementsverlies wat 25 jaren gebruik met zich meebrengen
13	Het rendementsverlies berekent naar het aantal jaren wat het systeem draait
15	Energieprijs voor een particulier
16	Energieprijs voor een kleinverbruikers bedrijf
17	Energieprijs voor een grootverbruikers bedrijf, deze hangt af van wat voor contract ze hebben afgesloten.

IV) Biomassa

Biomassakweek op landbouwbedrijven

Als grondstof voor biomassa wordt vaak plantenmateriaal gebruikt, ook zijn er een aantal die mest verwerken.

In de meeste gevallen worden de gewassen die gebruikt worden hiervoor speciaal verbouwd.

Bijna alle gewassen zijn om te zetten in biomassa, maar niet alle gewassen zijn dan ook even geschikt.

Gewassen met een hoog vet of suiker gehalte zijn het meest geschikt. Bijvoorbeeld koolzaad voor de vetten en mais voor bio ethanol.

Het nadeel van het speciaal voor biomassa verbouwde gewas is dat er reguliere landbouw gewassen voor worden gebruikt. Dit gaat ten koste van de voedselproductie, waardoor er voedselschaarste kan optreden en de voedselprijzen sterk kunnen toenemen.

Wanneer er gebruik wordt gemaakt van niet eetbare gewassen is het volgende probleem dat deze veel kostbare landbouwgrond op eisen.

Dit probleem heet food vs. Fuel.

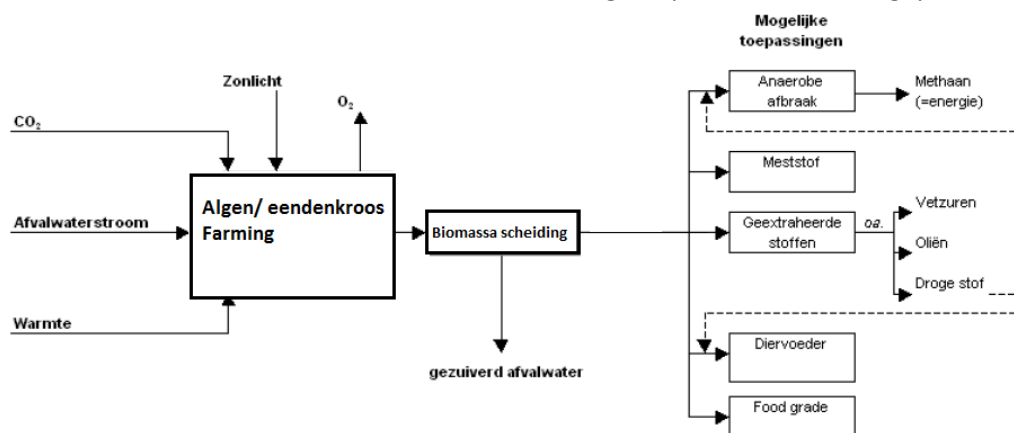
Het zou daarom ook een mooie optie zijn algenkweek als derde functie van een bassin toe te voegen.

Algen en eendenkroos leven in water en water is hetgeen wat in het bassin wordt opgeslagen.

Een afgesloten geheel die indien nodig gecontroleerd en of gestuurd kan worden.

Voor de productie van algen en of eendenkroos zijn de nutriënten stikstof, fosfaat en CO₂ noodzakelijk. Deze nutriënten zijn veelal aanwezig in de meststromen van veehouders in de omgeving Valthermond.

Dit maakt deze meststromen een ideale bron waar algen op kunnen worden geproduceerd.



Figuur 52 Algenfarming

V) Kansen en knelpunten aquatisch biomassa

Kansen en knelpunten aquatisch biomassa winning

Kansen	Knelpunten
Benutting waterbergingsgebieden: Mogelijk bestaat er een kans om waterbergingsgebieden een functie te geven, waarbij het overschot aan nutriënten in landbouw- of andere nutriëntrijke gebieden wordt benut.	Ervaring en financiële kentallen ontbreken: Voor de benutting van aquatische biomassa als voer moet een goede kosten-batenanalyse gemaakt worden. Mogelijke financiële voordelen zijn dat geen droogstap noodzakelijk is en geen transport.
Kostenbesparing: Uit een inventarisatie onder een aantal waterschappen blijkt dat er weinig gegevens beschikbaar zijn over de omvang en kosten die gemoeid zijn met het verwijderen van aquatische biomassa.	Chemische en biologische kwaliteit: In open water is het zuiver winnen van aquatische biomassa een knelpunt. Door vervuiling met andere water planten, afval, dierlijke resten e.d., staat de kwaliteit onder druk. (Holshof, 2007)
Automatisch winnen: De schaal waarop aquatische biomassa gewonnen kan worden, is relatief klein. Hier is dus ruimte voor kleine mobiele winsystemen.	Logistiek: Het is van belang dat het aquatische biomassa op de juiste plaats en het juiste moment wordt geoogst. De juiste plaats zou kunnen zijn waar het aquatische biomassa zich op een natuurlijke of een geforceerde manier verzamelt. Voor een optimale kwaliteit moet de aquatische biomassa voldoende vaak geoogst worden (Jeager, 2012).
Economische drager landelijk gebied: Het winnen van aquatische biomassa en de benutting ervan voor biobrandstof zou een nieuwe economische activiteit betekenen in het landelijk gebied. Verschillende ondernemers zouden hier in kunnen stappen.	Geen continu proces: In Nederland is het maar vijf maanden boven de 10 graden en komen we nooit (gemiddeld) aan de optimale kweek temperatuur van 28 graden. Dat betekent dat het groeiseizoen voor aquatische biomassa in een systeem ca 150 groeidagen bedraagt (weeronline).
Traditionele energiebronnen nemen af: Er is een maatschappelijke druk om duurzame energie te winnen. De maatschappelijk besef dat de productie aan olie en gas de stijgende energievraag niet kan bijhouden. Hierdoor stijgen de prijzen van olie en gas en ontstaat er meer ruimte voor de ontwikkeling van alternatieve energiebronnen (biogas.nl, 2012).	Gewenst schaalniveau Om het winnen van aquatische biomassa t.b.v. vergisting haalbaar te maken, zal een hoge productie moeten worden bereikt. aquatische biomassakweek kan grote invloed hebben op de kwaliteit van het natuurlijke systeem (o.a. ecologie).
Ethisch verantwoord: Aquatische biomassa soorten als eendenkroos en algen zijn vrij eenvoudig te kweken, dienen niet als voedsel voor de mens, en ze zijn CO2 neutraal te produceren. Hierdoor zijn deze een beter alternatief dan de productie van voedsel gewassen als maïs voor de productie van biomassa.	Vijverdiepte: De ideale vijverdiepte voor zowel algen als eendenkroos ligt rond de 30 cm. Dit is niet te combineren met een waterberging met een diepgang van minstens 2m.

Kansen en knelpunten aquatische biomassa verwerking

Kansen	Knelpunten
Inkuilen van aquatische biomassa: Aan het inkuilen van aquatische biomassa zal in ieder geval een pers-stap vooraf moeten gaan om het wateroverschot eruit te halen. Bij te veel ruw eiwit >200g/kg ds (in gras) zal de vorming van nitraat uiteindelijk vergiftigend werken op conservering door melkzuurbacteriën. Bij melkkoeien kan een onnodig hoog ureumgehalte in melk een gevolg zijn (F Beukeboom, 2008). Het ruw eiwitgehalte in eendenkroos en algen ligt hoger dan 200g/kg ds. Daarnaast bestaat een risico op broei in droge graskuilen (K&G advies, 2011).	Droogkosten: De kosten voor de verwerking tot grondstof (vooral drogen) zijn nog veel te hoog en vormen het belangrijkste knelpunt. Aquatische biomassa is een nat product – een droogstap is dus noodzakelijk voor het verwerken tot brokken veevoer (persen/ droogblazen). Met persen is een droge stof (ds)-percentage van 50% te bereiken, waarna het product verder gedroogd moet worden om het te kunnen verwerken. Dit is energie-intensief en daarom kostbaar (Hartog Lucerne).
Kosten andere eiwitbronnen stijgen: Aquatische biomassa moet concurreren qua prijs met soja, raap en zonnebloem. aquatische biomassa moet naar EUR 190, - per ton om te kunnen concurreren met overige eiwitproducten (mondelinge mededeling uit interview veevoerbedrijf). Verwacht wordt dat die kosten in de toekomst zullen stijgen en dat daarmee het economische break-even point dichterbij komt.	Hoge investeringskosten: Omdat er voor deze biomassa kweek een eigen infrastructuur moet worden aangelegd en apparatuur voor het kweken en winnen verder niet in het boeren bedrijf van pas komen zijn er grote investeringen nodig.

Kansen en knelpunten aquatische biomassa afzet

Kansen	Knelpunten
Goede voedingswaarde: Onderzoek door ASG-WUR (Holshof, 2007) naar de voedingswaarde geeft aan dat de eiwitten vetzuursamenstelling van aquatische biomassa goed is. Opname van aquatische biomassa lijkt goed (ASG-WUR). Dit moet echter nog bevestigd worden met voederproeven. Bestendigheid van het eiwit, een goede opname in de darmen is belangrijk	Organisatorische randvoorwaarden: Er bestaan nog weinig afzetkanalen voor de vergisting van aquatisch biomassa. Dit betekent dat zowel de productie als de afzet geregeld moet worden. In Europa wordt biogas voornamelijk gewonnen bij afvalstort plaatsen en afvalwaterzuiveringsinstallaties.
	Juridische acceptatie: Vooral de knelpunten met betrekking tot de kwaliteit van het product moeten worden opgelost om van aquatische biomassa een geaccepteerde grondstof voor veevoeder te maken.
	Juridische randvoorwaarden: De kwaliteit moet voor vergisting aan bepaalde eisen voldoen (m.b.t. verontreinigingen, restmateriaal). Bij covergisting moet het product op de witte lijst staan van schone coproducten (LNV). Aquatische biomassa staat daar nu nog niet op (Enternovem, 2012).

VI) Bezoek proefboerderij Kelstijn te Dokkum

Op 30 mei 2012 is er een bezoek afgelegd naar boerderij Kelstijn te Hallum, hier is gesproken met Arthur Kroon van Algae Food & Fuel.

Akkerbouwer Douwe met zijn vader Jan runnen deze boerderij en hebben vanaf 2004 verschillende duurzame aspecten aangebracht in het bedrijf.

Ze zijn begonnen met biovergisters voor hun mest.

Hiervoor hebben ze de keuze gemaakt hun koeien te allen tijde op stal te houden, wat tegen de Campina melkleveranciers richtlijnen van weidekoeien ingaat. Hierdoor lopen ze jaarlijks 5000 euro van Campina mis, maar hebben ze wel de maximale mestproductie ter beschikking voor hun biovergisters.

In 2008 is begonnen met het kweken van algen in samenwerking met Algae Food & Fuel.

Hiervoor hebben ze een loods, een kas met 4 waterbakken en 3 open vijvers toegevoegd aan de boerderij.

De keuze voor deze opstelling is omdat een “buissysteem” om algen in op te kweken een grote investering met zich meebracht. Dit doordat er een grote hoeveelheid buizen en pompen nodig waren om de algen rond te stuwen.

In de 4 waterbakken hangen voor 36.000 euro (40 st a 900euro/st) aan gepatenteerde LED lampen die de algen die onderin de tank leven ook voorzien van licht. De open vijvers staan met een pomp in verbinding met de tanks en zo wordt het algenrijke water rondgepompt.

De CO₂ en warmte die de WKK genereert worden gebruikt voor de productie van algen.

Het systeem in Kelstijn is uniek in de wereld en is een GMP gecertificeerde algen productie.

De huidige productie van algen in Hallum is nu gemiddeld 50 kg per dag. Wereldwijd wordt er 10.000 ton geproduceerd waarvan 7.000 in Azië.

In 2012 heeft Douwe de Nederlandse wetgeving weten aan te passen zodat algen worden toegestaan als veevoer en is er een door Douwe zelf bedachte met algen verrijkte koeien en paarden liksteen ontwikkeld. De voordelen van deze met algen verrijkte liksteen zijn dat de spoorelementen Zn, Mn, Cu organisch gebonden zijn en dus betere opname genereren door vee.

Ondanks deze vooruitstrevende ideeën lopen ze in Hallum toch tegen wat problemen aan.

Onder andere dat de biovergisters geen winst maar verlies draaien.

Het restproduct, het digestaat mag niet worden gebruikt om de algen op te kweken wanneer deze in de diervoeding wordt verwerkt.

Ook zit er relatief veel werk in het kweken van algen, met name het dagelijks algen aftappen en centrifugeren, de vijvers controleren op dode dieren ivm. botulisme, het proces monitoren, het algen drogen, etc.

Het creëren van een afzetmarkt blijkt erg lastig te zijn. De gehele algen markt moet nog worden opgezet.

Voor het probleem met het toepassen van het digestaat is al eens geprobeerd een wetwijziging door te voeren. Dit is helaas nog niet gelukt omdat er aangetoond moet worden dat er geen digestaat achterblijft in het eindproduct.

Hiervoor is in de toekomst wellicht een oplossing gevonden door de vaste fractie van het digestaat verrijkt met NH_4 en PO_4 vanaf de vergister als een thee te laten trekken in water.

Ook hiervoor geldt dat er geen digestaat in het eindproduct mag achterblijven. Door het gehele proces te automatiseren zal een groot gedeelte van de manuren die in het kweken van algen zit wegvallen waardoor het rendement vergroot wordt. (Kelstein, 2012)

Conclusie

Aan de hand van de verschillende kansen en knelpunten op verschillende vlakken valt af te lezen dat het kweken van aquatische biomassa in de Veenkoloniën "nog" niet economisch haalbaar is.

Hier wordt de nadruk gelegd op "nog" niet haalbaar. Wanneer in de toekomst de huidige energie en olie markt nog verder onder druk komt te staan en de prijzen hierdoor stijgen, zal biomassa steeds rendabeler worden.

Ook kan de conclusie worden getrokken na het interview met de familie Kelstein dat het wellicht teveel gevraagd is aan de akkerbouwers in de Veenkoloniën om naast de investering van een wateropslag met zonnepanelen ook een algenkwekerij te starten.

Naast het bewerken van het land is er te weinig tijd om een kwekerij te runnen en zal er iemand extra voor een paar uren per dag moeten worden aangenomen.

Wellicht dat in deze tijd een andere vorm van biomassa geschikter is om toe te passen in de Veenkoloniën. Te denken aan het toepassen van een helofytenfilter naast het bassin. Hiermee kan bespaard worden op de rioolheffingkosten en komt er een biomassa product vrij.

VII) Productsheet zonnepanelen



Scheuten Solar

Scheuten® Solar Module

Multisol® Gold Line

P6-60



Multisol® P6-60 Gold is a new extension of the Multisol® range of high quality German made modules, designed and produced for a wide range of applications. Its aesthetics, high performance and high energy yield make it extremely suited for the residential segment. Based on over 20 years of experience Multisol® modules are characterized by their long service life, above average yield and excellent workmanship. The quality, output and reliability of Multisol® modules make them a solid investment for the future.

Multisol® P6-60 Gold is a new product in the Scheuten Solar range:

- Aesthetic design by using a black frame in combination with a black foil
- Improved energy yield thanks to f | solarfloat HT glass (quartz hard AR coating)
- High power by integrating high quality 3-bb cells

The performance of the Gold Line matches best-in-class in the industry. The module is equipped with our sturdy ProFix® black aluminium frame for easy mounting.

Multisol® P6-60 Gold is manufactured in Gelsenkirchen (Germany) on one of the most modern module production lines in the world. This guarantees the highest quality available in the market of which leading warranty conditions are the result.



Characteristics of Multisol® P6-60 Gold Line at a glance

- Power range 235 – 250 Wp in 5 Wp steps
- Power tolerance +0 / +10 Wp
- Very rigid ProFix® black aluminium frame with hollow chamber
- IP67 rated Junction Box
- Environmentally friendly production according to ISO 14001
- Made in Germany
- Best-in-class power output warranty of 25 years with linear decline
- 10 year product warranty










www.scheuten-solar.com

Typical Data at Standard Test Conditions (STC)

Module Type P6-60 Gold Line			235	240	245*	250*
Nominal Peak Power	P _{mpp}	[Wp]	235	240	245	250
Power Tolerance + 0 / + 10 Wp						
Power density		[Wp/m ²]	142	145	148	151
Peak Power Voltage	V _{mpp}	[V]	30,4	30,5	30,7	30,9
Peak Power Current	I _{mpp}	[A]	7,74	7,87	7,98	8,10
Open Circuit Voltage	V _{oc}	[V]	37,1	37,2	37,4	37,5
Short Circuit Current	I _{sc}	[A]	8,21	8,33	8,45	8,57
Module efficiency reduction @ 200 W/m ² -0,8% Abs.						

STC Standard Test Conditions: 1000 W/m², 25°C, AM 1,5

*limited available

Typical Data at Normal Operating Cell Temperature conditions (NOCT)

T _{NOCT} 44°C						
Peak Power	P _{mpp}	[Wp]	171	175	178	182
Peak Power Voltage	V _{mpp}	[V]	27,9	28,0	28,1	28,3
Peak Power Current	I _{mpp}	[A]	6,15	6,25	6,34	6,44
Open Circuit Voltage	V _{oc}	[V]	34,7	34,8	35,0	35,1
Short Circuit Current	I _{sc}	[A]	6,65	6,75	6,85	6,95

NOCT: Irradiance level 800 W/m², spectrum AM 1,5, wind velocity 1 m/s and ambient temperature 20°C

Thermal Characteristics

Temperature Coefficient I _{sc}	TK I _{sc}	0,07	[%/K]
Temperature Coefficient V _{oc}	TK V _{oc}	-0,34	[%/K]
Temperature Coefficient P _{mpp}	TK P _{mpp}	-0,48	[%/K]

Measurement tolerances P_{mpp} @ STC ± 5% all other electrical parameters ± 10%

Tested Operating Conditions

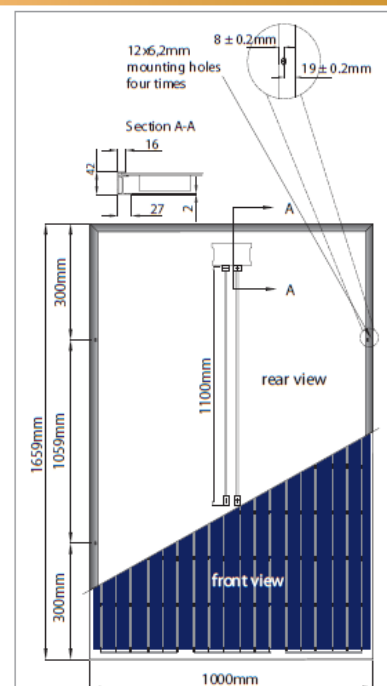
Temperature	-40°C to 85°C
Max Load	5400 Pascal front and 2400 Pascal back

Mechanical and System Design Data

Dimensions H x W x D	1659 x 1000 x 42 mm
Weight	22 kg
Maximum system voltage	1000 V
Limiting reverse current I _r	15 A
Cells	60 x 6" poly crystalline
Frame	ProFix® black aluminium frame with hollow chamber
Glass	4 mm f solarfloat HT - highly transparent low-iron tempered safety glass AR coating
Junction Box	IP67 rated junction box by Yamaichi and 3 bypass diodes
Cabling	2 x 4 mm ² cabling with MC-4 interchangeable connectors

Warranty and Certifications

Warranty	25 year linear power warranty, 10 year product warranty For details see our Warranty conditions
Certificates	IEC 61215 ed.2, IEC 61730 Application Class A



Scheuten Solar partner:
CompanyImprint

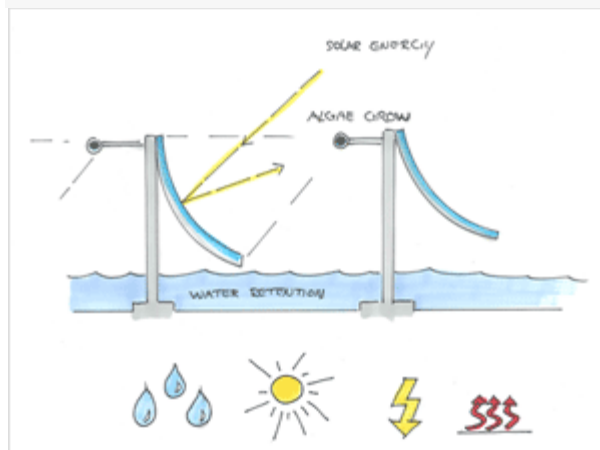
2012-V1

This datasheet is not legally binding. Actual specifications and/or product features may deviate.
Caution: Read Safety and Installation Instructions before using the Product. Visit our website for more details.

VIII) Initiële opdracht

Water, zon en algen, een duurzaam alternatief voor agrobusiness in de Veenkoloniën

WOENSDAG, 08 FEBRUARI 2012 17:35



*Projectstudie in het kader van BSIK programma
Klimaat hotspot Veenkoloniën*

Achtergronden

De Veenkoloniën danken hun karakteristieke cultuurlandschap aan de productie van turf. De wijken, de lintbebouwing op de ontgonnen gronden, de kilometers lange kanalen. Er zijn maar weinig gebieden in Nederland waar energiewinning het landschap zo sterk getekend heeft als in de Veenkoloniën. Op deze olievelden van de 18de en 19de eeuw zien we kans om opnieuw energie te gaan oogsten. Geen turf, maar zonne-energie en algen.

En er is nog iets. De Veenkoloniën liggen al jaren aan het infuus van het IJsselmeer. Dit is geen ideale situatie, maar nodig om het watertekort in de zomer

aan te vullen. Ons voorstel is om te stapelen: het verbouwen van energie met het aanleggen van waterberging voor irrigatie in de zomer. We stapelen geen turf, maar functies.

Deze studie vormt onderdeel van een haalbaarheidsonderzoek uitmondend in een veldexperiment en businesscase in het kader van de BSIK klimaat hotspot Veenkoloniën.

Probleemanalyse

De Veenkoloniën kampen met problemen van verschillende aard. Allereerst het watertekort. Dit tekort wordt nu gecompenseerd door water uit het IJsselmeer. Naar alle waarschijnlijkheid gaat deze aanvoer verdwijnen. Dat betekent dat het gebied straks in zijn eigen waterbehoefte moet kunnen voorzien. Het gebied moet ten tijde van overschot en piekafvoeren het water vasthouden zodat bij tekort geïrrigeerd kan worden. Dat valt niet mee op zandgrond, maar alleen zo heeft de akkerbouw toekomst in de Veenkoloniën.

Een alternatieve bron van inkomsten in dit gebied is windenergie. Echter, windmolens leiden tot veel maatschappelijke weerstand. Men vindt dat windmolens niet passen in dit open cultuurlandschap en men is daarom op zoek naar een andere duurzame vorm van lokale energieopwekking en –afname die wel past in dit open gebied. Dit zou het verbouwen van zonne-energie en algen kunnen zijn. Deze duurzame en innovatie vorm van energieopwekking past beter in het landschap en sluit beter aan bij de oude pioniersgeest in de Veenkoloniën. Zou het mogelijk zijn om een nieuwe coöperatie op te richten die zich hiermee bezig gaat houden?

Fasering

Het projectidee is om in de Veenkoloniën waterberging te combineren met het verbouwen van energie door functies te stapelen.

Voorliggend onderzoek vormt de derde fase van een haalbaarheidsonderzoek. In de eerste fase is het idee ontwikkeld en getoetst en aangepast aan de doelstellingen. In het tweede deel hebben internationale studenten van de WUR in een interdisciplinair onderzoek de basisgegevens over de techniek etc. verzameld en een eerste toetsing van het idee verricht. (jan-maart 2012)

In deze derde fase dient de informatie uit voorgaand onderzoek vertaald te worden naar een concreet verdienmodel, met veldexperiment of een concrete toepassing.

Doel

Het doel van dit onderzoek is het uitvoeren van een haalbaarheidsstudie van het projectidee met de nadruk op het economische aspect (verdienmodel), de fysieke inpasbaarheid van het concept in de Veenkoloniën en het vinden van een sterk consortium dat met het concept zou willen experimenteren.

Gewenst**resultaat**

Het resultaat dient te bestaan uit een rapportage van de werkzaamheden met daarin:

- uitwerking en samenvatting van de WUR studentenrapportage
- beschrijving technische componenten en technische uitwerking
- economische analyse (verdienmodel, organisatievorm)
- locatiestudie met concrete voorkeuren voor proeflocaties.

Periode

Maart 2012 – juli 2012 bij Tauw Utrecht, Deventer of eventueel Assen.

Contacten

Het onderzoek wordt uitgevoerd door Tauw in opdracht van het Programmabureau voor de Veenkoloniën in samenwerking met Waterschap Hunze en Aa's en provincie Groningen. Experts bij WUR van Hall en gebiedsdeskundigen kunnen worden ingeschakeld.

Aspecten

Afhankelijk van de resultaten van het WUR studentenonderzoek dient er een vervolg te worden gegeven. Vooraf is nog onduidelijk welke producten en kwaliteit er dan beschikbaar is. Tevens is nog niet in te schatten welke technische haalbaarheidsvragen er nog over zijn en hoeveel werk dit vraagt.

Wij zoeken een HBO student die zich richt op de technische onderzoeksvragen en een student die zich meer richt op de economische onderzoeksvragen.

Toegevoegde**waarde**

Met dit onderzoek krijgt de student de benodigde vakkennis over duurzame energie bronnen, effectiviteit, inzicht en kennis van de waterproblematiek, gebiedskennis en landbouwkundige kennis. Tevens doet de student ervaring op met werken bij een ingenieursbureau en projectmatig werken.

Hiermee kan de student uitstekend zijn of haar CV uitbreiden en mogelijk bij Tauw blijven (e.e.a. afhankelijk van marktontwikkelingen).

IX) Bijeenkomst

Collectieve vergroening door duurzame wateropslag?

MAANDAG, 20 AUGUSTUS 2012 14:24



Studenten van Van Hall Larenstein zijn vanuit de kenniswerkplaats aan de slag met een tweetal projecten 'Collectieve vergroening in de landbouw' en 'Multifunctionele duurzame Wateropslag'. Deze kennisvragen komen voort uit de landbouwkennisagenda van de kenniswerkplaats welke is opgesteld aan de hand van het advies van de commissie landbouw.

De studenten hebben in de koekjesfabriek te Wedde een presentatie gehouden over de stand van zaken. Tijdens de bijeenkomst waren 4 verschillende doelgroepen aanwezig; studenten, opdrachtgever, docenten en experts. Deze bijeenkomst hebben de

studenten georganiseerd om de uitkomsten tot nu toe te presenteren. Alle aanwezigen hebben meegedacht over de projecten, wat resulteerde in een verrassende uitkomst.

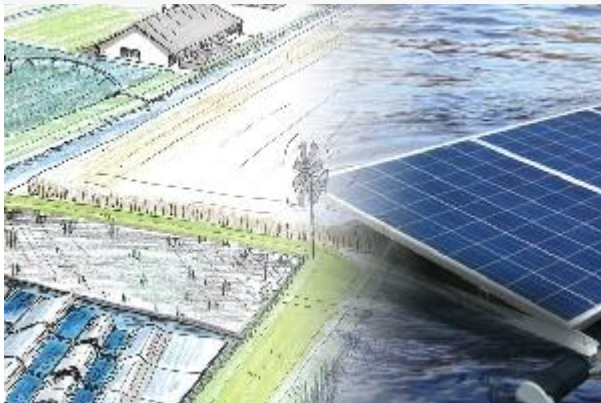
Tijdens de kennisdeling kwam naar voren dat er mogelijkheden zijn om de uitkomsten van de studenten te gaan combineren. De mogelijkheden van de koppeling 'collectieve vergroening' en 'een duurzame wateropslag' gaan de studenten de komende tijd nader onderzoeken. Door middel van deze duo presentatie worden ineens onvoorziene combinaties gecombineerd, nieuwe inzichten en een frisse blik van anderen is belangrijk.

Foto: Anne Clasquin

X) Uitnodiging Excursie

Excursie Drijvende zonnepanelen Valthermond

WOENSDAG, 22 AUGUSTUS 2012 17:25



Graag nodigen wij u uit voor een excursie naar drijvende zonnepanelen bij proefboerderij 't Kompas in Valthermond (Noorderdiep 211). De excursie vindt plaats op **donderdag 27 september vanaf 13.30 uur**. Meldt u nu aan! Begin september ontvangt u het definitieve programma.

Bij proefboerderij 't Kompas wordt momenteel een pilot uitgevoerd met drijvende zonnepanelen door studenten Ties Conradi en Jules van Haaren van Van Hall Larenstein. Het doel van de pilot is om het rendement van zonnepanelen te verhogen door koeling van het water en reflectie van spiegeland materiaal. Tijdens de excursie zal het concept worden toegelicht, bezichtigen

we de pilot, gaan we in op de kansen, kosten en baten, en discussiëren we in brede zin over 'wateropslag en duurzame energie'.

Innovatie

Het combineren van wateropslag met drijvende zonnepanelen is een idee van advies- en ingenieursbureau Tauw en komt voort uit een studie van de Agenda voor de Veenkoloniën in 2011 in het kader van de Hotspot Veenkoloniën. Het project wordt in samenwerking met Tauw, Proefboerderij 't Kompas (onderdeel van PPO-agv), Agenda voor de Veenkoloniën en de Kenniswerkplaats Veenkoloniën uitgevoerd.

Kenniswerkplaats Veenkoloniën

De Kenniswerkplaats Veenkoloniën is een samenwerking van meerdere kennisinstellingen die innovaties in de Veenkoloniën stimuleert door hiervoor gerichte kennis te ontwikkelen. Vanuit de Kenniswerkplaats Veenkoloniën hebben studenten van Wageningen Universiteit in een eerdere fase in dit traject een inventariserend onderzoek uitgevoerd naar basisgegevens over de techniek en een eerste toetsing van het idee verricht, waarna de studenten van Van Hall Larenstein zijn gestart met een haalbaarheidstudie naar de combinatie van waterberging, energie- en algenproductie in de Veenkoloniën middels de uitvoering van deze pilot. De studenten werken in opdracht van de Agenda voor de Veenkoloniën en ingenieursbureau Tauw die mede projectleider zijn in dit project.

XI) Artikel Pilotproject drijvende zonnepanelen

Pilotproject Drijvende zonnepanelen

DINSDAG, 16 OKTOBER 2012 09:56



Duurzame energie en wateropslag in de veenkoloniën

Landbouw is een belangrijke productiefactor in de Veenkoloniën. Die staat echter steeds meer onder druk door tekorten aan water: Zowel klimaatverandering als een toename in irrigatie dragen bij aan een steeds grotere behoefte aan water. Tegen de achtergrond van de beschikbare watervoorraden vormt dit een bedreiging voor de economische levensvatbaarheid van de landbouw in de Veenkoloniën. Daarnaast leeft er bij Waterschap Hunze & Aa de behoefte om minder afhankelijk te zijn van watertoevoer

vanuit het IJsselmeer. Daarom is er behoefte aan innovatieve oplossingen.

In dit project is een pilot naar wateropslag met drijvende zonnepanelen onderzocht:

Doel van de pilot:

- Het vaststellen of het financieel en technisch haalbaar is om de productie van duurzame energie, door middel van zonnepanelen te combineren met wateropslag.
- Hoe kunnen PV panelen (zonnepanelen) optimaal geplaatst worden zodanig dat koeling en reflectie het rendement verhogen en hoe ziet de constructie eruit?

Aanvrager/Vraageigenaar/opdrachtgever

Tauw/ Agenda voor de Veenkoloniën (opdrachtgever)

Ondernemers (mogelijke vraageigenaar)

Waterschap "Hunze & Aa" (mogelijke vraageigenaar)

(Overige) betrokken partijen

PPO is betrokken bij het project.

Agrisun is leverancier van materialen (zonnepanelen)

Potentiële stakeholders die baat kunnen hebben bij het project zijn boeren, brancheorganisaties, energieproducenten. Een echte opdrachtgever uit het gebied is nog niet gevonden.

Kennisagenda thema waaraan het project bijdraagt

(Landbouw/water/energie)

Energie, landbouw en watervoorziening (voor landbouw)

Resultaten:

Meerwaarde plaatsing op water

- Mogelijkheid tot koelen
- Reflectie (door water of reflecterend materiaal)
- Minder verdamping
- Makkelijk te draaien met de zon
- Multifunctioneel ruimtegebruik
- Geen horizon vervuiling
- Wateropslag kost geld Met zonnepanelen levert het geld op

Conclusies

De panelen blijven koeler maar geen merkbaar effect op de productie

- Reflecterend materiaal = tenminste 10% meer opbrengst
- Reflectie materiaal (noppenfolie) 10%, • Hoogwaardig materiaal (gepolijst aluminium) tot 20%
- Meedraaien van de panelen met de zon is technisch eenvoudig te construeren en levert • 20-30% meer opbrengst, literatuur

Ingeschat totale rendementsverhoging: tot 40% meer opbrengst

Verdienmodel voor pilot 2013:

Plaatsen van 114 zonnepanelen inclusief terugverdientijd (zie bijlage)

Advies:

Meedraaiende constructie (Oost - West) 36 gradenhoek

Spiegelend materiaal moet goedkoper (volgens een bepaalde opstelling, zie bijlage)

Belang voor de regio

Er heerst momenteel een verhitte discussie over windenergie in de regio. Windmolens zijn populair als bron van duurzame energie, maar ondervinden veel tegenstand wegens horizonvervuiling. Drijvende zonne-energie zou daarvoor een interessant alternatief zijn. Echter, momenteel zijn boeren nauwelijks bezig met waterberging of zonne-energie.

Het belang voor de regio hangt in belangrijke mate af van of er geschikte doelgroepen te vinden zijn, bijvoorbeeld voor een grotere pilot. De glastuinbouw kan een voorbeeld zijn—in de glastuinbouw worden bassins gebruikt, de bassins kunnen gevuld worden met water de energie van de panelen kunnen worden gebruikt door de tuinbouw.

Advies voor vervolg grotere pilot: Het vinden van een opdrachtgever in het gebied voor een vervolg pilot, communicatie kan gezocht worden via brancheorganisaties.

Vervolg vragen

Nadere uitwerking verdienmodel/ haalbaarheidsstudie pilot 2013

- Verlandde wijken (waterschap)
- Beheer/onderhoud van verlandde wijken (drijvers op het talud; drijvers plaatsen op 36 graden) hierbij kan het water als spiegel werken.
- Op kleine schaal met 1 zonnepaneel met ander spiegelend materiaal testen
- Communicatie
- Doelgroep; hoe kijken mensen (boeren, burgers) naar het idee? Is er wel behoefte naar alternatieve energie? Wie is vragende partij?
- Urgentie of kansbenadering (windenergie)
- Benadering via brancheorganisaties

website: www.rtdvrenthe.nl/nieuws/Onderweg-bij-proefboerderij-t-kompas-valthermond

XII) Verslag Excursie

Excursie naar drijvende zonnepanelen bij Proefboerderij 't Kompas in Valthermond

VRIJDAG, 05 OKTOBER 2012 10:47



Afgelopen donderdag 27 september organiseerde de kenniswerkplaats Veenkoloniën een excursie naar drijvende zonnepanelen bij Proefboerderij 't Kompas in Valthermond. Aanleiding hiervoor was het onderzoek van Jules van Haaren en Ties Conradi, twee studenten van Van Hall Larenstein. Zij onderzochten of het financieel en technisch haalbaar is om de productie van duurzame energie door middel van zonnepanelen te combineren met wateropslag. Tijdens de excursie is het concept drijvende zonnepanelen toegelicht, is de pilot bezocht en is er gediscussieerd over de resultaten naar wateropslag en duurzame energie.

Het onderzoek van de studenten is een vervolg op een studie van studenten van Wageningen University. Vanuit de Kenniswerkplaats Veenkoloniën hebben studenten van Wageningen University in een eerdere fase een inventariserend onderzoek uitgevoerd naar basisgegevens over de techniek en een toetsing van het idee verricht.

Achtergrond

Er heerst momenteel een verhitte discussie over windenergie in de regio Veenkoloniën. Windmolens zijn populair als bron van duurzame energie, maar ondervinden veel tegenstand wegens horizonvervuiling. Drijvende zonne-energie is mogelijk een interessant alternatief hiervoor.

Echter, momenteel zijn boeren niet bezig met waterberging of zonnecollectoren. Het belang voor de regio hangt in belangrijke mate af van of er geschikte doelgroepen te vinden zijn, bijvoorbeeld voor een grotere pilot. De glastuinbouw kan een voorbeeld zijn - de glastuinbouw gebruikt bassins die ze kunnen vullen met water en zonnepanelen. De energie van de collectoren kan de tuinbouw gebruiken voor bijvoorbeeld lichtvoorziening.

Het combineren van wateropslag met drijvende zonnepanelen is een idee van advies- en ingenieursbureau Tauw en komt voort uit een studie van de Agenda voor de Veenkoloniën in 2011 in het kader van de Hotspot Veenkoloniën. Het project is een samenwerking van Tauw, Proefboerderij 't Kompas (onderdeel van PPO-agv), Agenda voor de Veenkoloniën en de Kenniswerkplaats Veenkoloniën.

Downloads

[Wateropslag en duurzame energie Veenkolonien, ir. Johan de Putter \(Tauw\)](#)

[Zonnepaneel experiment \(Tauw\)](#)

XIII) Artikel RTV Drenthe, radio, internet artikel en video-beelden.

<http://www.rtvdrenthe.nl/nieuws/Onderweg-bij-proefboerderij-t-kompas-valthermond>

Onderweg bij proefboerderij 't Kompas in Valthermond



Drijvende zonnepanelen

Gepubliceerd: 27 september 2012, 08:40 uur
 Laatste wijziging: 27 september 2012, 13:50 uur

  Tweeten 3

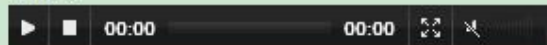
Frits Emmelkamp is in Valthermond. Bij proefboerderij 't Kompas wordt een proef uitgevoerd met drijvende zonnepanelen door studenten Ties Conradi en Jules van Haaren van Van Hall Larenstein.

Ja en dan vragen wij ons af: waarom zou iemand in 's hemelsnaam een zonnepaneel willen laten drijven? Nou dat zit zo. In de Veenkolonien is 's zomers een watertekort en 's winters een wateroverschot. Als dat overtollige water nou opgeslagen kan worden kan dat het tekort in de zomer verhelpen. Maar dan heb je dus een grote vijver zeg maar, en wat moet je daar nou mee. Het antwoord is dus: drijvende zonnepanelen.

Foto:



Audio:



 **Frits Emmelkamp bij proefboerderij 't Kompas**

XIV) Artikel in de Veldpost 29 september 2012

Vereniging cichorei voor de cultuur van een duurzame toekomst. Het is het tweede jaar dat Sikken cichorei teelt. Sikken heeft een traditioneel Veenkoloniaal bouwplan met zetmeelaardappelen, zomergerst, zomertarwe en suikerbieten. De cichorei is daarop een mooie aanvulling, vindt de Drentse akkerbouwer.

Foto: Susan Rexwinkel

De mening van

'Zonnepanelen in eigen wateropslag'

Naam: Johan de Putter, adviseur Water bij advies- en ingenieursbureau Tauw
Onderwerp: drijvende zonnepanelen

„Bij proefboerderij 't Kompas in Valthormond voeren we momenteel een pilot uit met drijvende zonnepanelen op water. Studenten Ties Conradi en Jules van Haaren van Van Hall Larenstein doen er onderzoek naar. Het idee is dat we het rendement van zonnepanelen kunnen verhogen door koeling van het water en reflectie van spiegelend materiaal. Afgelopen donderdag hebben we de eerste resultaten gepresenteerd. Het blijkt dat we met drijvende zonnepanelen op water inderdaad meer duurzame energie kunnen produceren dan zonnepanelen die op een dak liggen. Dat komt niet alleen door de koeling en de reflectie. Deze zonnepanelen kunnen ook meer produceren doordat ze met de zon meedraaien. Die resultaten zijn veelbelovend. Ik hoop dat we volgend jaar met een grootschalig project kunnen beginnen met 150 zonnepanelen op water in een waterbassin van één hectare.”

„Het idee is ontstaan doordat ik de opdracht kreeg me te verdiepen in het probleem van de Veenkoloniën dat er in de winter te veel water valt en in de zomer vaak sprake is van een tekort. Er is meer waterberging nodig op het platteland. Mijn visie is dat alle boeren een eigen waterberging op hun land moeten hebben. Daar kunnen ze zonnepanelen in laten drijven om duurzame energie op te wekken. En wellicht is het mogelijk om er algen of andere biomassa in te laten groeien.”

„Het biedt tal van voordelen. Boeren hoeven zich geen zorgen meer te maken over een watertekort, omdat ze zelf voorraad hebben. Ook zijn ze niet afhankelijk van wateraanvoer uit het IJsselmeer. Een geruststelling voor vele boeren omdat vanwege de klimaatverandering de aanvoer van water in de toekomst uit het IJsselmeer niet meer vanzelfsprekend is.”

„Wellicht is het een idee om waterschappen op termijn ook te betrekken bij onze plannen. Die zijn bezig met het bouwen van enorme waterbuffers. Wellicht kunnen daar ook zonnepanelen op water drijven. Het zou een enorme toename betekenen van zonne-energie die gebruikt kan worden voor vele huishoudens.”

*Heeft u zelf een mening of wilt u reageren?
 demeningvan@agrio.nl*

Foto: Susan Rexwinkel

