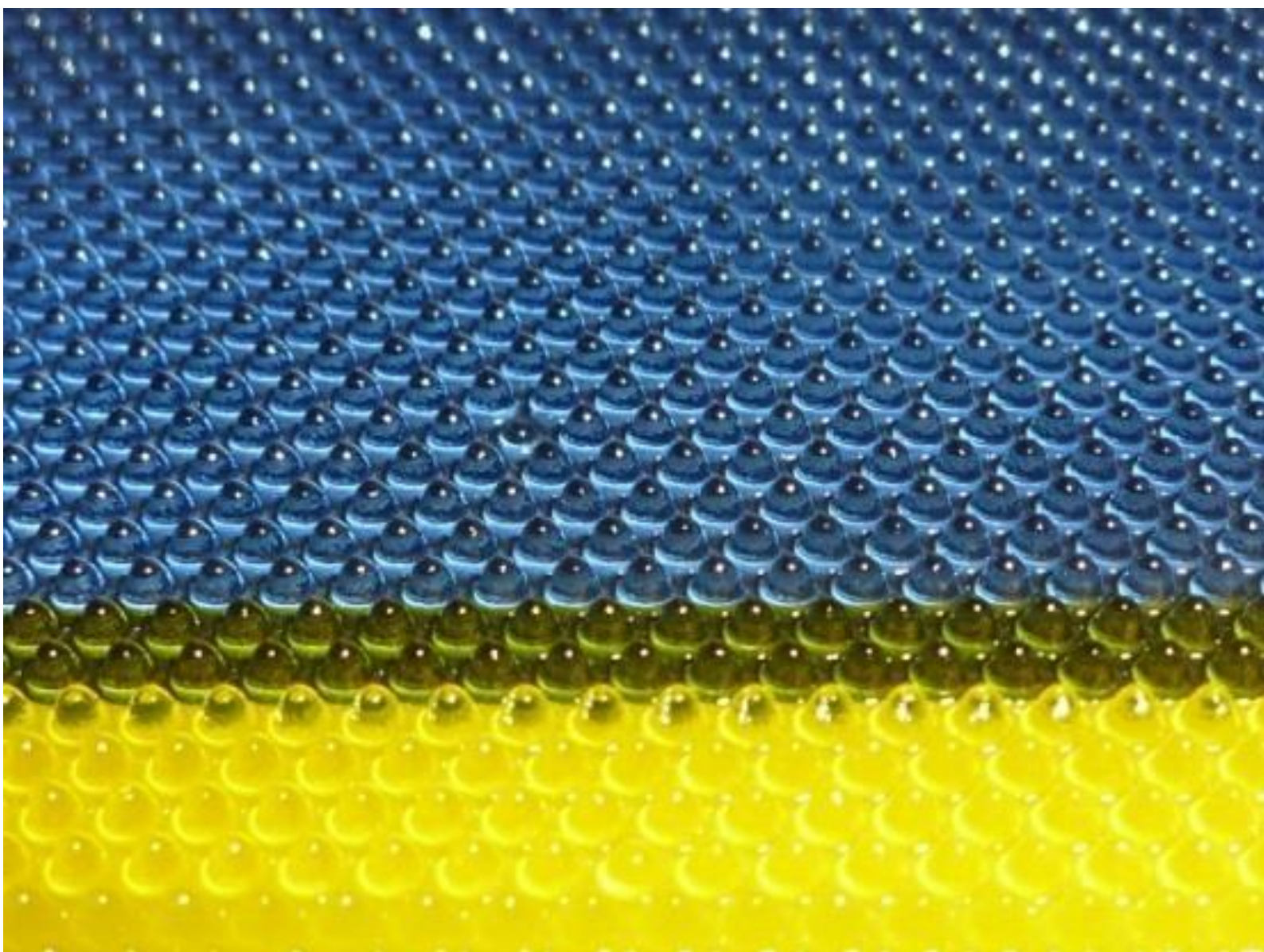


TSE Haalbaarheidsstudie - Lensjes



Publicatiedatum: 31-10-2019
Projectperiode: 1 oktober 2018 t/m 31 juli 2019
Projectnummer: TESN118119
Projecttitel: Volta Naos 2.0
Penvoerder: Volta Energy
Medeaanvragers: TOWA Europe B.V.
Adviserende rol: Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek TNO
Verkregen subsidie: Vanaf verlening 2018 (vanaf 17 december 2018): "Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, Nationale regelingen EZ-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland."

Samenvatting

De huidige ontwikkelingen op gebied van duurzame energie gaan snel. Er worden veel verschillende zonnecellen ontwikkeld. Vaak wordt er bij de permanente installatie van zonnepanelen gebruik gemaakt van MonoKristalijn zonnecellen. Deze zonnecellen hebben bij direct zonlicht een hoge opwek. Dit type zonnecellen hebben echter hoog gewicht en zijn sterker afhankelijk van de inval van de infraroodstraling. Bij mobiele zonnegeneratoren van volta energy is deze invalshoek juist van belang. Om de opwek al deels te verhogen en het gewicht te beperken wordt er gebruik gemaakt van amorfe zonnecellen. Volta energy is echter op zoek naar een hogere opwek van de zonnepanelen. Het **doel** van dit project is om de haalbaarheid te onderzoeken van de plaatsing van towa-lensjes op de Volta Naos zonnecellen, op zowel technisch als economisch gebied. Om dit doel te bereiken hebben Towa Europe en Volta Energy de handen **ineengeslagen**. Towa Europe heeft het plaatsen van de lensjes op de zonnecellen van Volta Energy uitgevoerd en onderzocht wat hierbij de gevolgen zijn. Volta Energy onderzocht wat het gevolg is voor het rendement en de economische waarde van de nieuwe propositie, TNO had in dit geval een adviserende rol hebben. **Technisch** gezien is het haalbaar om de lensjes te plaatsen op de zonnecellen, onder het gewicht te blijven en het rendement te verhogen. Dit geeft niet weg dat er complicaties zullen ontstaan door de fragiliteit van de zonnecellen. Het is **economisch** niet rendabel om de Volta Naos 2.0 te ontwikkelen met de zonnepanelen met de gemolde panelen. Dit komt doordat de zonnepanelen minder opbrengst hebben met de gemolde cellen en de kosten per paneel meer dan een verdrievoudiging van de prijs zijn. De eerste sessie van het **overmolden** van de zonnecellen toont aan dat het de siliconen plaatsen op de zonnecellen in eerste instantie mogelijk is. De eerste geteste cel moet worden gekwalificeerd als onbruikbaar voor overmolden. De betreffende cel heeft doorlopende gaten wat resulteert in lekkage van de SMC (Silicone Molding Compound) door het paneel heen. Het eerdergenoemde **rendement** van 91% ten opzichte van de zonnecel met lensjes toont aan dat in deze periode het totaal opgewekte wattage uur lager is. De zonnecellen met lensjes leken het wel beter te doen in tijden van minder directe inval van infrarood ten opzichte van de zonnecellen zonder lensjes. De **conclusie** is daarom dat de technische haalbaarheid van het plaatsen van deze lensjes ontoereikend. Ook vanuit economisch perspectief is dit niet haalbaar. Bij vorige testen zijn van Towa Europe zijn er MonoKristalijn zonnecellen met een glasplaat gebruikt. Deze zijn het meest efficiënt bij een invalshoek van 90 graden. De amorfe zonnecel die is van zichzelf al efficiënter bij andere hoeken dan 90 graden. Oftewel, de zonnecellen die zijn gebruikt nemen het effect al grotendeels weg wat de lensjes hebben. De siliconen en het plaatsten van de siliconen lensjes in verhouding tot het verhoogde rendement te duur om het als winstgevend te achten. Er worden geen **vervolgstappen** ondernomen, met name door de uitkomst van het onderzoek is hierdoor deze keuze gemaakt. De verwachting was dat de opwek ten minste hoger was, om vervolgstappen te ondernemen. In dat geval zou er worden gekeken of er een uitgebreider onderzoek kon worden opgezet om het rendement op acceptabel niveau te brengen. In totaal zou er een 9% vermindering van de opgewekte energie ontstaan. De huidige **CO2 reductie** is 550 gram CO2 per kWh, welke in 2 uur zou kunnen worden opgewekt. Met de toevoeging zou de tijdspanne 11 minuten langer zijn. De berekening hierbij is: 0,25 liter diesel in één KWH. 25 liter diesel x 2,2 kilogram co2 per liter diesel = 0,55 kilogram CO2. Een belangrijke zijnotitie is dat de lensjes in dit geval dus de CO2 reductie omlaag brengen.

Het gehele rapport zal openbaar worden gepubliceerd door het RVO. Hier kan het rapport kosteloos worden gedownload en anders via de email info@volta-energy.nl worden opgevraagd. Voor meer informatie of vragen kunt u mailen naar info@volta-energy.nl.

Inhoud

Samenvatting	2
1. Inleiding.....	5
1.01 Doelstelling	5
2. Werkwijze en onderzoeksvragen.....	6
3. Onderzoeken technische haalbaarheid	9
3.01 Is het in theorie technisch haalbaar om de Towa-cellen op de Volta Naos te plaatsen?.....	9
3.02 In hoeverre levert de plaatsing van Towa-cellen een verhoging van het rendement op?.....	9
3.03 Is het technisch haalbaar om het volledige paneel van 50x100 cm een maximaal gewicht van 4kg, met een streefgewicht van 2kg, te laten hebben?	9
3.04 Technische haalbaarheid conclusie.....	9
4. Onderzoeken technische haalbaarheid integratie.....	10
4.01 Onderzoeken of het technisch haalbaar is om de cellen van Towa Europe te plaatsen op het zonnepaneel van Volta Energy zonder dit paneel te beschadigen.	10
5. Onderzoeken economische haalbaarheid	11
5.01 Is het economisch rendabel om de Volta Naos 2.0 te ontwikkelen?	11
5.02 Wat voor invloed heeft de ontwikkeling op de prijsstelling en de daarmee samenhangende marktperspectieven?	11
5.03 Is het economisch haalbaar om een kostprijs per paneel van maximaal E250 te bewerkstelligen?.....	11
6. Vergelijking huidig en vernieuwd product	11
6.01 Beide type zonnepanelen vergelijken op rendement om proof-of-principle te testen.....	11
6.02 Is het technisch haalbaar om het rendement te verhogen ten opzichte van de Volta Naos die nu wordt gebruikt?.....	12
7 Conclusie.....	12
8 Aanbevelingen.....	12
8.01 De problemen (technisch en organisatorisch) die zich tijdens het project hebben voorgedaan en de wijze waarop deze problemen zijn opgelost.....	12
8.02 Toelichting op wijzigingen ten opzichte van het projectplan	13
8.03 Toelichting op de verschillen tussen de begroting en de werkelijk gemaakte kosten.	13

8.04 Toelichting wijze van kennisverspreiding	13
8.05 Toelichting PR project en verdere PR-mogelijkheden	13
8.06 Vervolgstappen	14
8.07 CO2-reductie.....	14
8.08 Financiële kansen.....	14
8.09 Toepassing van concept.....	14
8.10 Energiewaardeketen.....	14
8.11 Opschalingsmogelijkheden.....	14
Bijlage 1: Volta Naos 2.0	15
Bijlage 2: Molden van silicone lens op zonnecel.....	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
Bijlage 3: Zonnecel gemold met silicone lenzen	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
Bijlage 4: Testopstelling zonnepanelen rendement.....	27
Bijlage 5: Financiële kosten molden.....	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
Bijlage 6: Financiële kosten Volta Energy	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
Bijlage 7: Financiële kosten Towa Europe	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.

1. Inleiding

Aanleiding

De huidige ontwikkelingen op gebied van duurzame energie gaan snel. Er worden veel verschillende zonnecellen ontwikkeld. Vaak wordt er bij de permanente installatie van zonnepanelen gebruik gemaakt van MonoKristalijn zonnecellen. Deze zonnecellen hebben bij direct zonlicht een hoge opwek. Dit type zonnecellen hebben echter hoog gewicht en zijn sterker afhankelijk van de inval van de infraroodstraling. Bij mobiele zonnegeneratoren van volta energy is deze invalshoek juist van belang. Om de opwek al deels te verhogen en het gewicht te beperken wordt er gebruik gemaakt van amorfe zonnecellen. Volta energy is echter op zoek naar een hogere opwek van de zonnepanelen. Hierbij zijn Volta Energy en Towa Europe samen gaan werken, om de zonnecellen te verbeteren en de Towa-lensjes te integreren. Waardoor de festivals of activiteiten op een nog duurzamere manier kunnen verlopen.

1.01 Doelstelling

Het doel van dit project is om de haalbaarheid te onderzoeken van de plaatsing van towa-lensjes op de Volta Naos zonnecellen, op zowel technisch als economisch gebied. Het moet duidelijk worden of het technisch mogelijk is om de lensjes die Towa Europe produceert te plaatsen op de zonnecellen van Volta energy. Het doel hiervan is om het rendement van de Volta Naos te verhogen en het gewicht laag te houden, om zo een betere energievoorziening aan te kunnen bieden. Dit nieuwe model zonnepanelen moet economisch rooskleurige perspectieven hebben, anders heeft de ontwikkeling hiervan vanuit economisch perspectief geen waarde. Deze haalbaarheidsstudie moet op beide aspecten ingaan en een rapport opleveren op basis waarvan beide partijen kunnen besluiten of zij dit nieuwe model willen ontwikkelen.

Korte omschrijving van de activiteiten

Om dit doel te bereiken hebben Towa Europe en Volta Energy de handen ineengeslagen. Towa Europe zal het plaatsen van de lensjes op de zonnecellen van Volta Energy uitvoeren en onderzoeken wat hierbij de gevolgen zijn. Volta Energy zal onderzoeken wat het gevolg is voor het rendement en de economische waarde van de nieuwe propositie, TNO zal in dit geval een adviserende rol hebben. Het huidige model wordt vergeleken met het nieuwe model om de effecten inzichtelijk te maken, waarna kan worden beoordeeld of er genoeg potentie is om een ontwikkelingstraject te starten.

Resultaat

Wanneer deze manier van opwek door middel van Towa-lensjes zorgt voor meer opwek en een positief economisch perspectief, dan zal Volta-Energy deze oplossing integreren in de nieuwe oplossingen. Als alternatief van de vervuilende diesel of benzine aggregaat, wil Volta Energy de beste duurzame oplossing aanbieden aan de festival markt en andere sectoren waar gebruik wordt gemaakt van deze diesel aggregaten.

2. Werkwijze en onderzoeksvragen

Onderzoeksopzet

Het consortium gaat de in hoofdstuk 2 gestelde haalbaarheidsvragen beantwoorden door een onderzoek dat is opgezet in 4 fasen:

- Fase 1: Onderzoeken technische haalbaarheid plaatsen Towa-cellen op Volta Energy-zonnepaneel
- Fase 2: Onderzoeken schade door plaatsing Towa-lensjes door TNO
- Fase 3: Onderzoeken economische haalbaarheidsvragen
- Fase 4: Aantonen proof-of-principle te testen

Fase 1: onderzoeken technische haalbaarheid

Activiteiten: Door middel van literatuuronderzoek een antwoord vinden op de technische haalbaarheidsvragen uit hoofdstuk 2:

- Is het in theorie technisch haalbaar om de Towa-cellen op de Volta Naos te plaatsen?
- In hoeverre levert de plaatsing van Towa-cellen een verhoging van het rendement op?
- Is het technisch haalbaar om het volledige paneel van 50x100 cm een maximaal gewicht van 4kg, met een streefgewicht van 2kg, te laten hebben?

Projectresultaten: Een rapport waarin de technische haalbaarheidsvragen worden beantwoord en een algemene conclusie omtrent de technische haalbaarheid in het algemeen wordt gepresenteerd.

Planning: 26 september 2018 t/m 31 december 2018

Taakverdeling: De eerste 2 vragen worden door Towa Europe onderzocht, Volta energy neemt de derde vraag voor zijn rekening.

De eerste fase is gericht op de technische haalbaarheidsvragen. Er wordt een inventarisatie van mogelijke oplossingen voor de knelpunten gemaakt en literatuur verzameld om een gedegen theoretische basis te ontwikkelen. Doelstelling is om de technische haalbaarheid in kaart te brengen. Bij een positief resultaat wordt overgegaan naar fase 2.

Fase 2: Onderzoeken technische haalbaarheid integratie

Activiteiten: Onderzoeken of het technisch haalbaar is om de cellen van Towa Europe te plaatsen op het zonnepaneel van Volta Energy zonder dit paneel te beschadigen.

Projectresultaten: Een rapport met als conclusie of het wel/niet mogelijk is om beide producten te integreren.

Planning: 1 januari 2019 t/m 28 februari 2019

Taakverdeling: Het onderzoek wordt volledig door TNO, in dit project een 'derde partij', op één van hun locaties uitgevoerd.

TNO wordt hiervoor ingehuurd omdat zij beter zijn toegerust om schade aan de zonnecellen te constateren. Dit gebeurt door middel van onderzoek in een donkere kamer, waarbij beschadigingen aan het glas door licht worden onthuld. TNO onderzoekt slechts of het plaatsen van de Towa-lensjes op het glas van de zonnecellen van Volta Energy zonder beschadigingen kan voltrekken. Er wordt geen prototype gemaakt. Bij een positief resultaat wordt overgegaan naar fase 3.

Fase 3: Onderzoeken economische haalbaarheid

Activiteiten: Onderzoeken van de economische haalbaarheidsvragen zoals gesteld in hoofdstuk 2:

- Is het economisch rendabel om de Volta Naos 2.0 te ontwikkelen?
- Wat voor invloed heeft de ontwikkeling op de prijsstelling en de daarmee samenhangende marktperspectieven?

Projectresultaten: Een rapport waarin de economische haalbaarheidsvragen worden beantwoord, afsluitend met een algemene conclusie omtrent de economische haalbaarheid van het product. Uiteindelijk moet een helder en goed onderbouwd beeld worden geschetst omtrent de economische perspectieven, prijsstelling en marktpotentie.

Planning: 1 maart 2019 t/m 31 mei 2019

Taakverdeling: De werkzaamheden worden gelijk verdeeld tussen Towa Europe en Volta Energy.

Beide partijen werken samen aan deze fase. Er wordt onderzocht of de Volta Naos 2.0 vanuit economisch perspectief toekomst heeft. Bij een positieve beoordeling kan, afhankelijk van fase 4, worden besloten om een ontwikkelingstraject te starten.

Fase 4: Vergelijking huidig en vernieuwd product

Activiteiten: Beide type zonnepanelen vergelijken op rendement om proof-of-principle te testen.

Projectresultaten: Een proof-fo-principle waaruit blijkt dat het nieuwe product significante verbeteringen biedt ten opzichte van het origineel, gelet op onder meer rendement.

Planning: 1 maart 2019 t/m 31 mei 2019

Taakverdeling: Deze fase wordt door Volta Energy volledig uitgevoerd.

Volta Energy brengt in deze fase in kaart wat de verwachtingen zijn omtrent het eventuele verschil in rendement tussen het huidige product en de Volta Naos 2.0. Rendement is van het grootste belang voor de Volta Naos 2.0, aangezien een zonnepaneel met een tegenvallend rendement economisch veel minder waard is. De uitkomst is cruciaal voor de uiteindelijke go / no go-beslissing.

Algemene planning

Momenteel is er nog geen concurrentie op de markt voor de Volta Naos 2.0. Er is geen ander bedrijf dat een duurzaam alternatief biedt voor de benzine-aggregaten die nu gangbaar zijn. Een snelle marktintroductie is daarom zeer gewenst om het onontgonnen potentieel volledig te benutten. Het project zal dan ook direct na de aanvraag starten, om de concurrentie niet de kans te geven Volta Energy voorbij te streven (hier is nog geen indicatie van).

Go / no go-momenten

Na elke fase volgt een go / no go-moment. Immers, als het technisch niet haalbaar is de cellen te plaatsen, heeft de rest van het onderzoek geen nut meer. Fase 3 en fase 4 vinden tegelijkertijd plaats. Dit is gedaan omdat fase 4 niet afhankelijk is van de uitkomsten van fase 3. Op deze manier wordt er niet onnodig tijd verspild. Beide uitkomsten moeten echter wel positief zijn voor de algemene beslissing om een ontwikkelingsproject te starten of om dit juist niet te doen. Alle 4 de fasen moeten een positieve uitkomst hebben om tot investering van een ontwikkelingsproject over te gaan.

3. Onderzoeken technische haalbaarheid

3.01 Is het in theorie technisch haalbaar om de Towa-cellen op de Volta Naos te plaatsen?

Het overmolden van standaard zonnecellen met silicone lenzen is met als streven voor een hoger rendement. Voorafgaande testen met andere zonnepanelen hebben aangetoond dat er een hoger rendement ontstond van 6 tot 8%. De verwachte uitdagingen zijn het juiste vullen van de lenzen op het zonnepaneel zonder lekkage van silicone materiaal. Dit komt omdat het moeilijk is dat de molding temperature in het algemeen er laag is (110°C) en de temperatuur van de inserts zijn ook nog eens 10°C koeler dan de rest van de mold. Het verhogen van de temperatuur zorgt voor het sneller uitharden van de silicone lensjes en een slechte compound flow. De lensgeometrie is al uitgezocht door TNO, waardoor de vorm van de molding het meest optimaal is voor het hoogste rendement.

3.02 In hoeverre levert de plaatsing van Towa-cellen een verhoging van het rendement op?

De achtergrond is het overmolden van standard zonnecellen met silicone lenzen met als streven een hoger rendement. Voorgaande testen, gedaan op een afdekglaspaneel en direct op de cel, hebben aangetoond dat het rendement verbeterend met 6 tot 8 procent. Volta Energy is deelgenoot in dit project. Volta Energy ontwikkelt, verkoopt en verhuurt zonne-energie generatoren. Volta Energy zal de door TOWA gemolde cellen gebruiken om deze te assembleren tot een geheel paneel. Deze zullen dan worden geëvalueerd en vergeleken met de standaard panelen reeds in gebruik.

3.03 Is het technisch haalbaar om het volledige paneel van 50x100 cm een maximaal gewicht van 4kg, met een streefgewicht van 2kg, te laten hebben?

Het gewicht van de zonnecel zonder lensjes is 8 gram. Het gewicht van de zonnecel met lensjes is 18 gram. Het totaalgewicht van een volledig paneel van 50x100cm is 2,1 kilogram met 32 zonnecellen van 8 gram. Er is dus 254 gram aan zonnecellen op het paneel aanwezig. 32 zonnecellen met lensjes wegen 574 gram.

3.04 Technische haalbaarheid conclusie

Technisch gezien is het haalbaar om de lensjes te plaatsen op de zonnecellen. Dit geeft niet weg dat er complicaties zullen ontstaan door de fragiliteit van de zonnecellen. Het gewicht en eerder verhoogd van het rendement van MonoKristalijn zonnecellen weergeven dat het op dit gebied zeker technisch

haalbaar is om de lensjes te ontwikkelen. Het overmolden zal daarom de grootste uitdaging worden.

4. Onderzoeken technische haalbaarheid integratie

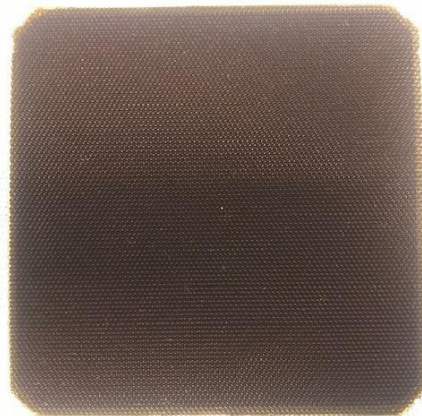
4.01 Onderzoeken of het technisch haalbaar is om de cellen van Towa Europe te plaatsen op het zonnepaneel van Volta Energy zonder dit paneel te beschadigen.

De eerste sessie van het overmolden van de zonnecellen toont aan dat het overmolden van zonnecellen in mogelijk is. Alleen het type zonnecel dat er is gebruikt, de '6-inch MWT back-contact cel', bevat een paar ontwerpkenmerken wat voor belemmeringen zorgt. Daardoor moet dit type cel worden gekwalificeerd als onbruikbaar voor overmolden. De betreffende cel heeft doorlopende gaten wat resulteert in lekkage van de SMC (Silicone Molding Compound) door het paneel heen. De gelekte SMC werkt als lijm, wat ervoor zorgt dat de cel zich fixeert aan de PCB substrate carrier (gebruikt in deze testen) of direct aan de mold tool. Door dit lijm effect is het niet mogelijk om de gemolde cellen onbeschadigd van de PCB carrier te scheiden. Waardoor er dus ook geen functionele samples kunnen worden geproduceerd.

Tijdens de tweede sessie werd het mogelijk om functionele samples van de 5-inch SunPower IBC cell te maken en te overmolden. De grootste uitdaging hierbij, het moeilijk scheiden van de gemolde cel van de substrate carrier die was overgebleven in sessie #01, kan worden overwonnen door een 5-inch IBC cel zonder doorlopende gaten te kiezen. Deze cel heeft ook meer mechanische sterkte. Dit leidt tot een beter scheidbare structuur. Gemolde en gescheide cellen zijn geleverd aan onze ontwikkelingspartner Volta Energy. Deze worden geassembleerd tot een geheel paneel om verdere evaluatie en vergelijkingen te kunnen doen.



Afb: Ongemolde cell



Afb: Gemolde Cell

5. Onderzoeken economische haalbaarheid

5.01 Is het economisch rendabel om de Volta Naos 2.0 te ontwikkelen?

Het is economisch niet rendabel om de Volta Naos 2.0 te ontwikkelen met de zonnepanelen met de gemolde panelen. Dit komt doordat de zonnepanelen minder opbrengst hebben met de gemolde cellen en de kosten vele malen hoger zijn per paneel. De kosten per paneel zijn namelijk €95,14. De kosten om een paneel te molden is €324,80. Een meer dan een verdrievoudiging van de prijs. De vermenigvuldiging van de prijs zou minimaal gelijk moeten zijn aan het rendement van opgewekte energie.

5.02 Wat voor invloed heeft de ontwikkeling op de prijsstelling en de daarmee samenhangende marktperspectieven?

De ontwikkeling heeft een negatieve invloed op de prijsstelling en daarmee de samenhangende marktperspectieven. De ontwikkeling zorgt namelijk voor een verdrievoudiging van de prijsstelling. Omdat de ontwikkeling niet zorgt voor een hoger rendement zullen er ook vrijwel geen positieve marktperspectieven. Er zijn twee positieve marktperspectieven. Het eerste perspectief is dat het "nice to have" kan zijn. Dit houdt in dat er een zeer geringe markt zal zijn voor innovatieve partijen die de lensjes willen hebben om het te kunnen "showen". Het tweede perspectief is dat er een markt zal zijn voor innovatieve partijen die dit model potentieel willen gebruiken om nieuwe onderzoeken te starten naar een andere toepassing van de ontwikkeling.

5.03 Is het economisch haalbaar om een kostprijs per paneel van maximaal E250 te bewerkstelligen?

Het is economisch niet haalbaar om een kostprijs per paneel van maximaal €250 te bewerkstelligen. De gemiddelde prijs per van het molden van de lensjes op een zonnecel is €10,15. Op een zonnepaneel zitten 32 zonnecellen. Dit betekent dat het plaatsen van de lensjes per zonnepaneel $32 \times 10,15$ kost. De prijs per paneel is dus €324,80. De grootste kosten hierbij zijn de siliconen. Per zonnecel is dit namelijk €8,-. De prijs per kilogram siliconen is namelijk ~€800,-.

6. Vergelijking huidig en vernieuwd product

6.01 Beide type zonnepanelen vergelijken op rendement om proof-of-principle te testen

Het eerdergenoemde rendement van 91% ten opzichte van de zonnecel met lensjes toont aan dat in deze periode het totaal opgewekte wattage uur lager is. De zonnecellen met lensjes leken het wel beter te doen in de ochtend en avond met

zonsondergang en zonsopkomst. Bij een bewolkte dag kwam het totaal opgewekte ook dichterbij. Door middel van een optimalisatie zou het mogelijk kunnen zijn om een hoger rendement te verkrijgen. Maar met de huidige testopstelling niet.

	Milliwattuur Zonnecel met lensjes	Milliwattuur zonnecel zonder lensjes	Infrarood
Totaal van de dagen:	1000034	110024	38256275

6.02 Is het technisch haalbaar om het rendement te verhogen ten opzichte van de Volta Naos die nu wordt gebruikt?

Het is technisch gezien niet haalbaar om het rendement te verhogen van de Volta Naos met de huidige testopstellingen. Het is technisch alleen haalbaar om het rendement te verhogen na de eerdergenoemde optimalisatie. Met name in slechte omstandigheden, wanneer de zon minder de oppervlakte raakt zal het dichterbij komen om meer rendement te hebben. Deze optimalisatie zal in de praktijk mogelijk naar maar enkele percentage meer rendement opleveren tegen hoge ontwikkelingskosten.

7 Conclusie

De amorfe zonnecel met lensjes heeft gemiddeld een lager rendement dan de zonnecel zonder lensjes. Bij vorige testen zijn van Towa europe zijn er MonoKristalijn zonnecellen met een glasplaat gebruikt. Deze zijn het meest efficiënt bij een invalshoek van 90 graden. De amorfe zonnecel die is van zichzelf al efficiënter bij andere hoeken dan 90 graden. Oftewel, de zonnecellen die zijn gebruikt nemen het effect al grotendeels weg wat de lensjes hebben. Daarom is de technische haalbaarheid van het plaatsen van deze lensjes ontoereikend. Ook vanuit economisch perspectief is dit niet haalbaar. De siliconen en het plaatsten van de siliconen lensjes in verhouding tot het verhoogde rendement te duur om het als winstgevend te achten.

8 Aanbevelingen

8.01 De problemen (technisch en organisatorisch) die zich tijdens het project hebben voorgedaan en de wijze waarop deze problemen zijn opgelost

Tijdens de eerste proef van Towa lekte de Silicone Molding Compound waardoor het plaatsen van de lensjes niet kon zonder de **zonnecellen te beschadigen**. Towa heeft dit opgelost door een tweede proef te doen waarbij een 5-inch IBC zonnecel is gekozen die sterker is waardoor het plaatsen van de lensjes niet meer de zonnecel beschadigd.

Communicatie is het volgende punt geweest omdat de verschillende partijen meer hadden kunnen bereiken door meer met elkaar te communiceren. Een voorbeeld hiervan is de testopstelling. Er had meer uit de testopstelling kunnen komen als dit meer was gecommuniceerd met TNO. In eerste instantie zou TNO ook de zonnecellen vooraf en achteraf controleren. Echter door omstandigheden is besloten om deze activiteiten zelf uit te voeren en TNO alleen te laten adviseren.

Als laatste is er tijdsgebrek geweest voor de proef. Dit komt omdat een juiste weerspiegeling van de realiteit waarin de zonnepanelen worden blootgesteld anders is dan de periode waarin nu is getest. Er zijn namelijk 10 dagen getest, terwijl de optimale testperiode meerdere jaren is. Hierdoor zouden de vrijgekomen meetwaarden beter te interpreteren zijn.

8.02 Toelichting op wijzigingen ten opzichte van het projectplan

Fase 2 is uitgevoerd door TOWA en Volta Energy in plaats van TNO. Onderzoek uitvoering TNO. Volta Energy heeft zelf de zonnecellen vooraf en achteraf gecontroleerd. Volta Energy heeft zelf ook de zonnecellen gekozen.

8.03 Toelichting op de verschillen tussen de begroting en de werkelijk gemaakte kosten.

Een aantal werkzaamheden zijn tijdens de begroting onderschat, een aantal werkzaamheden zijn overschat en een aantal werkzaamheden missen. Een van de grootste veranderingen is dat het eindrapport significant meer uren nodig heeft dan dat in de initiële begroting stond.

8.04 Toelichting wijze van kennisverspreiding

Towa is gespecialiseerd in het plaatsen van lensjes en bedrukken van materiaal. TNO is gespecialiseerd in onderzoeken en heeft kennis van de zonnecellen. Volta Energy heeft het meeste kennis van het marktpotentieel en de toepassing in de praktijk.

8.05 Toelichting PR project en verdere PR-mogelijkheden

Er is op dit moment alleen gebruik gemaakt van de overheid als public relation. Dit is zodat de verschillende partijen beter kunnen samenwerken. De subsidie heeft ervoor gezorgd dat deze partijen samen kunnen werken om een onderzoek uit te voeren. PR mogelijkheden zitten vooral bij de media. Via de media kan worden gecommuniceerd over het eindresultaat van dit project en de rapportage.

8.06 Vervolgstappen

Er worden geen vervolgstappen ondernomen, met name door de uitkomst van het onderzoek is hierdoor deze keuze gemaakt. De verwachting was dat de opwek ten minste hoger was, om vervolgstappen te ondernemen. In dat geval zou er worden gekeken of er een uitgebreider onderzoek kon worden opgezet om het rendement op acceptabel niveau te brengen.

8.07 CO₂-reductie

In totaal zou er een 9% vermindering van de opgewekte energie ontstaan. De huidige CO₂ reductie is 550 gram CO₂ per kWh, welke in 2 uur zou kunnen worden opgewekt. Met de toevoeging zou de tijdspanne 11 minuten langer zijn. De berekening hierbij is: 0,25 liter diesel in één kWh. 25 liter diesel x 2,2 kilogram CO₂ per liter diesel = 0,55 kilogram CO₂. Een belangrijke zijnotitie is dat de lensjes in dit geval dus de CO₂ reductie omlaag brengen.

8.08 Financiële kansen

Mits er een partij geïnteresseerd zou zijn in het concept dan een andere toepassing dan het opwekken van energie is er geen economische kans voor de lensjes op onze zon-aggregaat.

8.09 Toepassing van concept

Voor andere toepassingen (vaste opstellingen) zou een mogelijkheid bestaan om deze lensjes toe te passen wanneer bewezen zou zijn dat de lensjes bijvoorbeeld een verhoging van het potentiaal in de winter teweegbrengen. Dit is echter nog niet bewezen in dit onderzoek door de korte tijdsspanne van metingen.

8.10 Energiewaardeketen

Door de uitkomst van het onderzoek voorzien wij op heden geen mogelijk inbedding van de technologie in deze sector. Andere sectoren zijn daarmee nog niet uitgesloten.

8.11 Opschalingsmogelijkheden

Zoals aangegeven bij de vervolgstappen lijkt een opschaling op dit moment niet reëel. Een investering in deze technologie zouden de kosten de baten overstijgen.

Volta Naos 2.0

TSE Haalbaarheidsstudie

Volta Energy en Towa Europe gaan een haalbaarheidsstudie doen naar het integreren van de off-grid, modulaire zonnepanelen van Volta energy met de Towa-lensjes. Hiermee wordt de mobiele duurzame energieaggregaat van Volta Energy nog aantrekkelijker, zodat iedereen met behoefte aan een groene en duurzame vorm van energie zonder de nabijheid van een stopcontact, zoals bijvoorbeeld festivalorganisaties, hier gebruik van kan maken.

Locatie(s):

- R&D-faciliteit Towa Europe (Geograaf 14 te Duiven)
- Testlocatie Volta Energy
- TNO-vestiging

0 Openbare samenvatting

Aanleiding

De energietransitie is op allerlei vlakken binnen de economie en maatschappij voelbaar, zichtbaar en noodzakelijk. Op zowel grote als kleine schaal worden er projecten opgestart om het milieu te verbeteren en de (gevolgen van) klimaatverandering tegen te gaan. Overal ter wereld worden initiatieven opgestart om de oceanen van plastic te ontdoen, om windparken op zee te bouwen en om zonnepanelen op daken van woningen te plaatsen. Volta Energy en Towa Europe willen ook hun steentje bijdragen aan een betere leefomgeving voor huidige en toekomstige generaties. Hiervoor hebben zij de handen ineengeslagen om de off-grid, modulaire zonnepanelen van Volta Energy te verbeteren en te integreren met de Towa-lensjes. Hiermee wordt de mobiele duurzame energieaggregaat van Volta Energy nog aantrekkelijker, zodat iedereen met behoefte aan een groene en duurzame vorm van energie zonder de nabijheid van een stopcontact, zoals bijvoorbeeld festivalorganisaties, een duurzaam en betrouwbaar alternatief heeft voor de energievoorziening.

Doel van het project

Het doel van dit project is om de haalbaarheid te onderzoeken van de plaatsing van towa-lensjes op de Volta Naos zonnecellen, op zowel technisch als economisch gebied. Het moet duidelijk worden of het technisch mogelijk is om de lensjes die Towa Europe produceert te plaatsen op de zonnecellen van Volta energy. Het doel hiervan is om het rendement van de Volta Naos te verhogen en het gewicht te verlagen, om zo een betere energievoorziening aan te kunnen bieden. Dit nieuwe model zonnepanelen moet economisch rooskleurige perspectieven hebben, anders heeft de ontwikkeling hiervan vanuit economisch perspectief geen waarde. Deze haalbaarheidsstudie moet op beide aspecten ingaan en een rapport opleveren op basis waarvan beide partijen kunnen besluiten of zij dit nieuwe model willen ontwikkelen.

Korte omschrijving van de activiteiten

Om dit doel te bereiken hebben Towa Europe en Volta Energy de handen ineengeslagen. Towa Europe zal, met hulp van TNO als derde partij, inzichtelijk maken of de lensjes van Towa Europe geplaatst kunnen worden op de zonnecellen van Volta Energy en wat hierbij de gevolgen zijn. Volta Energy zal onderzoeken wat het gevolg is voor het rendement en de economische waarde van de nieuwe propositie. Het huidige model wordt vergeleken met het nieuwe model om de effecten inzichtelijk te maken, waarna kan worden beoordeeld of er genoeg potentie is om een ontwikkelingstraject te starten.

Resultaat

Wanneer dit nieuwe model inderdaad technisch te realiseren valt, economisch profijt oplevert en het proof-of-principle wordt bewezen, wordt de Volta Naos 2.0 ontwikkeld. Dit nieuwe type off-grid, modulair zonnepanelensysteem heeft als doel om een duurzame energiebron beschikbaar te stellen op plaatsen waar geen stroompunten voor handen zijn. Een goed voorbeeld hiervan is een festivalterrein. Waar nu vaak een benzineaggregaat wordt gebruikt kan in de nabije toekomst een duurzaam alternatief worden aangeboden. Op deze manier wordt de diversiteit van het type zonnepanelen en de toepassingen hiervan uitgebreid en het gebruik van duurzame energie gestimuleerd.

1 Deelnemers & derden

1.1 Overzicht van deelnemers

Dit consortium bestaat uit 2 partners, aangevuld met 1 uitbestedingsrelatie. Volta Energy en Towa Europe zijn een samenwerking aangegaan, waarbij zij op 1 specifiek punt ondersteuning krijgen van TNO. Hieronder is de samenwerking schematisch weergegeven.

Naam deelnemer	Type organisatie ¹	Rol in project
Towa Europe	Mkb (dochter van multinational)	Deelnemer, technisch onderzoek
Volta Energy	Mkb	Penvoerder, economisch onderzoek
TNO	Onderzoeksinstituut	Uitbestedingsrelatie

1.2 Beschrijving deelnemers

Volta Energy

Volta Energy is een start-up, opgericht in 2016. Als core business levert of verhuurt Volta Energy modulaire off-grid zonnepanelen met een zon-volg-systeem. Essentieel voor dit product is dat het makkelijk mee te nemen is en dus niet veel weegt, maar wel veel energie kan leveren. Dit zon-volg-systeem is relatief zwaar, complex en duur, wat de behoefte heeft gewekt om een verbeterde versie te ontwikkelen. Het belang van Volta Energy is dus een verbeterd product waarmee het de markt in de nabije toekomst kan veroveren. Volta Energy draagt het volgende bij aan het consortium:

- Gedegen kennis van de markt voor energieagregaten
- Gedegen kennis van zonnepanelen
- Een basisproduct wat als basis en vergelijking kan dienen
- Een goed netwerk voor de marktintroductie (indien succesvol)

Towa Europe

Het hoofdkantoor van deze multinational bevindt zich in Tokio, maar in Duiven is Towa Europe gevestigd. Zij hebben lensjes ontwikkeld waarmee zonnepanelen een hoger rendement kunnen opbrengen. Echter, deze lensjes bleken niet toepasbaar en/of rendabel voor gangbare zonnepanelen op daken. Het belang voor Towa Europe ligt in de toepassing van deze lensjes op een zonnepanelensysteem dat wel voordeel ondervindt van de ontwikkelde lensjes. Hierdoor zal de investering niet verloren gaan en kan Towa Europe alsnog bijdragen aan een verbetering van zonnepanelen. Towa Europe voegt het volgende toe aan het consortium:

- Een internationaal netwerk voor eventuele ondersteuning en export (in de toekomst)
- Een R&D-faciliteit voor testen
- Technische know-how om de technische haalbaarheid afdoende te kunnen onderzoeken en beoordelen

TNO

Als uitbestedingsrelatie is TNO slechts bij 1 enkel aspect van de studie betrokken. Het belang voor TNO is dan ook slechts het sturen van de factuur voor de werkzaamheden (zie hoofdstuk 7). TNO voegt het volgende toe aan het consortium:

- Technische capaciteit om te onderzoeken of de lensjes toepasbaar zijn op de zonnepanelen

2 Achtergrond & beoogd resultaat

Achtergrond

Op festivals is niet altijd een stroompunt aanwezig, dus wordt er volop gebruik gemaakt van benzineagregaten voor de opwekking van de benodigde energie. Volta Energy biedt een duurzaam alternatief: de Volta Naos. Dit is een modulair, off-grid zonnepaneel met een zon-volg-systeem. Dit systeem moet licht, compact en efficiënt zijn om de concurrentie met het benzineaggregaat aan te kunnen voldoen aan Arbo-wetgeving. Het zon-volg-systeem levert weliswaar een acceptabel rendement, maar is relatief zwaar en maakt het daardoor minder compact en goed mee te nemen. De Towa lensjes kunnen hier eventueel een uitkomst in bieden. Zij voegen een minimaal gewicht toe, zijn erg compact en kunnen het rendement wellicht verhogen. De probleemstelling van deze haalbaarheidsstudie is hoe deze 2 technologieën te integreren om de sterke punten van beiden te combineren en tot een beter eindproduct te komen dat beantwoordt aan de klantbehoeften. Hierbij spelen ook niet-technische aspecten een rol. Zo moeten er goede afspraken over het vervolgtraject worden gemaakt en moet het beoogde vernieuwde product economisch rendabel lijken. De kostprijs moet dan niet te hoog liggen om de concurrentie met de conventionele benzineagregaten aan te kunnen gaan en er moet voldoende vraag zijn vanuit de markt in vergelijking met het huidige aanbod.

Doelstelling

De doelstelling van het consortium is als volgt:

'De technische en economische haalbaarheid in kaart brengen van de ontwikkeling van de Volta Naos 2.0 en de proof-of-principle aan te tonen.'

Hierbij is het voor Volta Energy van belang om een lichter, compacter systeem aan te kunnen bieden met een hoger rendement, om zo de concurrentiepositie in de markt te kunnen versterken. Voor Towa Europe kan er een oplossing worden gevonden voor de ontwikkelde lensjes zonder de zonnecellen te beschadigen. Samen moeten zij in dit samenwerkingsverband in het vervolgtraject tot een hoogwaardiger product zien te komen om economisch profijt van te hebben.

Beoogd resultaat

Het beoogde resultaat van deze haalbaarheidsstudie is een rapport waarin de proof-of-principle wordt omschreven en de volgende haalbaarheidsvragen worden beantwoord:

- Is het technisch haalbaar om de lensjes op de losse zonnecellen te plaatsen?
- Raken de zonnecellen beschadigd als de lensjes worden geplaatst?
- Kunnen de zonnecellen met de lensjes gezamenlijk een zonnepaneel vormen?
- Is het technisch haalbaar om het volledige paneel van 50x100 cm niet meer dan 4kg te laten wegen, met een streefgewicht van 2kg?
- Is het technisch haalbaar om het rendement te verhogen ten opzichte van de Volta Naos die nu wordt gebruikt?
- Is het economisch haalbaar om een kostprijs per paneel van maximaal E250 te bewerkstelligen?

Door deze vragen te beantwoorden wordt er kennis opgedaan waarmee het consortium haar voordeel kan doen. Op basis van deze kennis kunnen alle deelnemers afzonderlijk een go / no go-beslissing nemen om een ontwikkelingstraject te starten, of om hier juist vanaf te zien. De kennis die wordt opgedaan binnen deze studie geeft in dat kader een helder beeld van de haalbaarheid op zowel technisch als economisch gebied en vormt hiermee de basis voor de investeringsbeslissing.

Knelpunten vervolgproject

Wanneer het consortium besluit om over te gaan tot een ontwikkelingstraject bestaan de volgende knelpunten/risico's:

- Het rendement kan niet worden verhoogd, of is zelfs lager dan het oorspronkelijke product
- Het paneel is te zwaar waardoor problemen met de Arbo wetgeving ontstaan
- Het paneel is niet compact genoeg en dus lastig te vervoeren
- De cellen gaan kapot door de plaatsing van de lensjes
- De kostprijs is te hoog waardoor er geen economisch rendabele businesscase kan ontstaan
- De markt blijkt geen behoefte te hebben aan een verbeterd product
- De concurrentie haalt het consortium in (op voorhand is hier geen indicatie van)

Om deze knelpunten te vermijden of verhelpen wordt gebruik gemaakt van de gecombineerde expertise van Volta Energy en Towa Europe, aangevuld met die van TNO om tot de best mogelijke technische oplossing te komen. Er is ook gedegen kennis van de markt en daaruit blijkt dat de behoefte voor de oplossing die de Volta Naos 2.0 te bieden heeft wel degelijk aanwezig is. Ook is er nog geen andere speler op de markt die een duurzaam alternatief aanbiedt voor de vervuilende benzineagregaten.

3 Uitvoering project

Onderzoeksopzet

Het consortium gaat de in hoofdstuk 2 gestelde haalbaarheidsvragen beantwoorden door een onderzoek dat is opgezet in 4 fasen:

- Fase 1: Onderzoeken technische haalbaarheid plaatsen Towa-cellen op Volta Energy-zonnepaneel
- Fase 2: Onderzoeken schade door plaatsing Towa-lensjes door TNO
- Fase 3: Onderzoeken economische haalbaarheidsvragen
- Fase 4: Aantonen proof-of-principle te testen

Fase 1: onderzoeken technische haalbaarheid

Activiteiten: Door middel van literatuuronderzoek een antwoord vinden op de technische haalbaarheidsvragen uit hoofdstuk 2:

- Is het in theorie technisch haalbaar om de Towa-cellen op de Volta Naos te plaatsen?
- In hoeverre levert de plaatsing van Towa-cellen een verhoging van het rendement op?
- Is het technisch haalbaar om het volledige paneel van 50x100 cm een maximaal gewicht van 4kg, met een streefgewicht van 2kg, te laten hebben?

Projectresultaten: Een rapport waarin de technische haalbaarheidsvragen worden beantwoord en een algemene conclusie omtrent de technische haalbaarheid in het algemeen wordt gepresenteerd.

Planning: 26 september 2018 t/m 31 december 2018

Taakverdeling: De eerste 2 vragen worden door Towa Europe onderzocht, Volta energy neemt de derde vraag voor zijn rekening.

De eerste fase is gericht op de technische haalbaarheidsvragen. Er wordt een inventarisatie van mogelijke oplossingen voor de knelpunten gemaakt en literatuur verzameld om een gedegen theoretische basis te ontwikkelen. Doelstelling is om de technische haalbaarheid in kaart te brengen. Bij een positief resultaat wordt overgegaan naar fase 2.

Fase 2: Onderzoeken technische haalbaarheid integratie

Activiteiten: Onderzoeken of het technisch haalbaar is om de cellen van Towa Europe te plaatsen op het zonnepaneel van Volta Energy zonder dit paneel te beschadigen.

Projectresultaten: Een rapport met als conclusie of het wel/niet mogelijk is om beide producten te integreren.

Planning: 1 januari 2019 t/m 28 februari 2019

Taakverdeling: Het onderzoek wordt volledig door TNO, in dit project een 'derde partij', op één van hun locaties uitgevoerd.

TNO wordt hiervoor ingehuurd omdat zij beter zijn toegerust om schade aan de zonnecellen te constateren. Dit gebeurt door middel van onderzoek in een donkere kamer, waarbij beschadigingen aan het glas door licht worden onthuld. TNO onderzoekt slechts of het plaatsen van de Towa-lensjes op het glas van de zonnecellen van Volta Energy zonder beschadigingen kan voltrekken. Er wordt geen prototype gemaakt. Bij een positief resultaat wordt overgegaan naar fase 3.

Fase 3: Onderzoeken economische haalbaarheid

Activiteiten: Onderzoeken van de economische haalbaarheidsvragen zoals gesteld in hoofdstuk 2:

- Is het economisch rendabel om de Volta Naos 2.0 te ontwikkelen?

- Wat voor invloed heeft de ontwikkeling op de prijsstelling en de daarmee samenhangende marktperspectieven?

Projectresultaten: Een rapport waarin de economische haalbaarheidsvragen worden beantwoord, afsluitend met een algemene conclusie omtrent de economische haalbaarheid van het product. Uiteindelijk moet een helder en goed onderbouwd beeld worden geschetst omtrent de economische perspectieven, prijsstelling en marktpotentie.

Planning: 1 maart 2019 t/m 31 mei 2019

Taakverdeling: De werkzaamheden worden gelijk verdeeld tussen Towa Europe en Volta Energy.

Beide partijen werken samen aan deze fase. Er wordt onderzocht of de Volta Naos 2.0 vanuit economisch perspectief toekomst heeft. Bij een positieve beoordeling kan, afhankelijk van fase 4, worden besloten om een ontwikkelingstraject te starten.

Fase 4: Vergelijking huidig en vernieuwd product

Activiteiten: Beide type zonnepanelen vergelijken op rendement om proof-of-principle te testen.

Projectresultaten: Een proof-fo-principle waaruit blijkt dat het nieuwe product significante verbeteringen biedt ten opzichte van het origineel, gelet op onder meer rendement.

Planning: 1 maart 2019 t/m 31 mei 2019

Taakverdeling: Deze fase wordt door Volta Energy volledig uitgevoerd.

Volta Energy brengt in deze fase in kaart wat de verwachtingen zijn omtrent het eventuele verschil in rendement tussen het huidige product en de Volta Naos 2.0. Rendement is van het grootste belang voor de Volta Naos 2.0, aangezien een zonnepaneel met een tegenvallend rendement economisch veel minder waard is. De uitkomst is cruciaal voor de uiteindelijke go / no go-beslissing.

Algemene planning

Momenteel is er nog geen concurrentie op de markt voor de Volta Naos 2.0. Er is geen ander bedrijf dat een duurzaam alternatief biedt voor de benzineagregaten die nu gangbaar zijn. Een snelle marktintroductie is daarom zeer gewenst om het onontgonnen potentieel volledig te benutten. Het project zal dan ook direct na de aanvraag starten, om de concurrentie niet de kans te geven Volta Energy voorbij te streven (hier is nog geen indicatie van).

Go / no go-momenten

Na elke fase volgt een go / no go-moment. Immers, als het technisch niet haalbaar is de cellen te plaatsen, heeft de rest van het onderzoek geen nut meer. Fase 3 en fase 4 vinden tegelijkertijd plaats. Dit is gedaan omdat fase 4 niet afhankelijk is van de uitkomsten van fase 3. Op deze manier wordt er niet onnodig tijd verspild. Beide uitkomsten moeten echter wel positief zijn voor de algemene beslissing om een ontwikkelingsproject te starten of om dit juist niet te doen. Alle 4 de fasen moeten een positieve uitkomst hebben om tot investering van een ontwikkelingsproject over te gaan.

4 Bijdrage aan de doelstellingen van het programma

Achtergrond

Nederland, evenals veel andere landen, is zich bewust van de noodzaak van de energietransitie. Hiervoor zijn al meerdere akkoorden gesloten tussen bijna alle landen van de wereld, zoals in Kyoto (1998) en Parijs (2016). Zelfs Californië en Hawaï, twee staten van de Verenigde Staten, onttrekken zich aan het landelijk beleid door te stellen dat ook zij in 2045 energieneutraal willen zijn. Om dit te bereiken moet er worden geïnvesteerd en geïnnoveerd in alle bronnen van duurzame energie. De technologie moet efficiënter, met meer rendement en op grotere schaal tegen een aantrekkelijkere prijs toegankelijk zijn voor zowel overheden als bedrijven en burgers. De ontwikkeling van een efficiënter zonnepaneel past perfect binnen dit kader, omdat het bijdraagt aan een efficiëntere opwekking van zonne-energie met een hoger rendement. Wanneer deze technologie zich bewijst bij de zonnepanelen van Volta Energy, kan dit principe wellicht worden toegepast op een breder scala aan (type) zonnepanelen.

Aansluiting topsector Energie

De topsector energie ziet energie-innovatie als essentieel om de doelen van groen en groei te halen. Energie-innovaties verlagen de kosten voor het verminderen van de CO₂-uitstoot, het ontwikkelen van hernieuwbare energiebronnen en het slimmer benutten ervan. Op de lange termijn moet de ontwikkeling van deze nieuwe technieken bijdragen aan de transitie naar een CO₂ arme Nederlandse energiehuishouding.

Energiegebruik en de invulling van die vraag met veelal lokaal opgewekte duurzame energie zijn van invloed op hoe de gebouwde omgeving er uit ziet, op techniek en infrastructuur en ook op gedrag en vice versa. Daarvoor zijn nieuwe technologische opties essentieel, maar net zo belangrijk is de inbedding van die opties in business cases, in opschaling naar grotere volumes, in de gebouwde omgeving of juist op andere daarvoor geschikte locaties, in gebruikersgedrag en in de grotere complexiteit van het toekomstige energiesysteem.

Het project van dit consortium vindt in het bijzonder aansluiting bij de programmalijn Urban Energy, Zonnestroomsysteemcomponenten. De ambities binnen deze programmalijn zijn: (1) verlagen van de productiekosten, (2) verhogen van de omzettingsrendementen en (3) het ontwikkelen van innovatieve producten en diensten op het niveau van een PV-systeem.

Het beoogde resultaat van het project dat het consortium uit gaat voeren sluit naadloos aan bij deze ambities. Het betreft een uniek concept op het niveau van het ontwikkelen van innovatieve producten en diensten op het niveau van een PV-systeem. Het beoogde resultaat van dit project is een verbeterd zonnepaneel, ontwikkeld vanuit een strategische samenwerking van Volta Energy en Towa Europe.

Door de productiecapaciteit van Towa Europe te koppelen aan de technologie van Volta energy kan de kostprijs voor het ontwikkelen van een zonnepaneel omlaag worden gebracht en makkelijker worden opgeschaald. Daarnaast is het belangrijkste doel van het project om een zonnepaneel te ontwikkelen dat een hoger rendement heeft dan de huidige standaard. Ten slotte is dit project gericht op innovatie binnen de PV-sector. Daarbij is ook het off-grid aspect van belang, waarmee het zonnepaneel van Volta energy zich onderscheidt van veel gangbare zonnepanelen.

Er wordt in de programmalijn Urban Energy van de Topsector Energie letterlijk gevraagd om het verlagen van de kostprijs en het verbeteren van de toepasbaarheid van zonnestroomsystemen. Het beoogde resultaat van het haalbaarheidsonderzoek van dit consortium geeft antwoord op deze vragen.

5 Beschrijving vervolgproject en verdere implementatie

Vervolgproject

Indien het consortium besluit om naar aanleiding van deze haalbaarheidsstudie een ontwikkelingsproject te starten, zullen de deelnemers overgaan tot ontwikkeling van een proof-of-concept. Het uiteindelijke resultaat is dan een schaalbaar prototype wat kan worden gebruikt voor demonstraties en pilots. Het eindresultaat is de Volta Naos 2.0, die lichter, compacter en efficiënter is dan het huidige model. De beoogde omvang is 50x100cm met een streefgewicht van 2kg, waarbij 4kg de bovengrens vormt. Het nieuwe zonnepaneel is daarmee lichter, makkelijker te verplaatsen en moet door de lensjes van Towa Europe ook op het gebied van rendement een verbetering opleveren.

Ontwikkelingsproject

De kosten voor de ontwikkeling bedragen naar schatting E50.000, opgebouwd uit geïnvesteerde tijd voor de R&D-werkzaamheden, materialen en ontwikkelingskosten. De doorlooptijd wordt geschat op één jaar. Het ontwikkelingsproject zoals dat het consortium nu voor ogen staat is dat Towa Europe haar R&D-faciliteit ter beschikking stelt om samen met Volta Energy een prototype te ontwikkelen. Daarnaast wordt er een kleinschalige proef gedaan om exact te meten wat de verschillen zijn qua rendement ten opzichte van de huidige standaard.

Marktintroductie en productiefase

Na het ontwikkelingsproject volgt de productiefase, waarin Towa Europe en Volta Energy de zonnepanelen op grotere schaal gaan produceren om de markt mee te benaderen. Ook hiervoor wordt één jaar uitgetrokken en de kosten voor opschaling en productie worden geschat op E75.000. De productie zal voornamelijk geschieden in de faciliteiten die Towa Europe als grote speler te bieden heeft. In 2021 moet dit resulteren in een grootschalige oplage van de Volta Naos 2.0. De marktintroductie zelf kan plaatsvinden nadat het proof-of-concept is ontwikkeld en het prototype commercieel vermarkt kan worden op kleine schaal. Dit kan al in 2020 plaatsvinden, of eerder als de studie en ontwikkelingsproject voorspoedig verlopen.

Innovatie

De 2 te integreren systemen zijn beide in 2017 ontwikkeld. Towa Europe ontwikkelde de cellen destijds voor zware huis zonnepanelen, maar dit bracht niet de gewenste innovatie. De zware huis zonnepanelen bleken ongeschikt om de lensjes op te plaatsen. Het proof-of-principle is daarom nog altijd niet bewezen. Daar kan verandering in komen door de lensjes op lichte zonnecellen te plaatsen, die in theorie geschikter zijn voor de plaatsing van deze lensjes.

Ook Volta energy heeft haar eerste modulaire, off-grid zonnepaneel in 2017 ontwikkeld. Dit systeem heeft een zon-volg-systeem, waardoor het paneel relatief zwaar en complex is en er dus ruimte is voor verbetering. De Towa-lensjes lijken bij uitstek geschikt voor dit doel. De innovatie van het beoogde nieuwe product zit hem in de integratie van deze 2 losstaande technologieën die op een nieuwe, innovatieve manier worden gecombineerd om elkaars sterke punten te benutten. $1 + 1 = 3$ is hierbij de achterliggende gedachte.

Dit principe is nog niet eerder in de markt aangetoond. Het plaatsen van lensjes op zonnepanelen om de efficiëntie te verhogen is echter een principe wat op veel manieren in andere markten dan de doelmarkt kan worden toegepast. Denk bijvoorbeeld aan elektrische grasmaaiers die op zonne-energie draaien en deze kleine, modulaire zonnepanelen kunnen gebruiken als energiebron.

Beschikbare informatie

De beschikbare informatie voor dit haalbaarheidsonderzoek bestaat uit octrooien enerzijds en literatuur omtrent technische toepassingen en economische vraagstukken. Towa Europe is in het bezit van een octrooi voor de productie van de lensjes voor op de zonnepanelen. Volta Energy heeft haar product als merk geregistreerd bij BIOP. Daarnaast zal gebruik gemaakt worden van literatuur omtrent de technische toepassingen van lensjes en de technische achtergrond van zonnepanelen. De economische literatuur betreft roadmaps met voorspellingen omtrent de marktontwikkelingen van zonnepanelen en energieagregaten, alsmede online informatie met betrekking tot concurrentie.

Samenwerking

Wanneer de proof-of-principle in dit haalbaarheidsonderzoek aangetoond wordt en het ontwikkelingsproject dat hierop volgt eveneens succesvol is, zijn er tal van toepassingen mogelijk. Zelfoplaadbare robotmaaiers, om maar een voorbeeld te noemen. Binnen elke markt waar behoefte is aan kleine, modulaire off-grid zonnepanelen kan een potentiële samenwerkingspartner worden gezocht. Dit zal echter pas in een later stadium worden uitgezocht, nadat de haalbaarheidsstudie geslaagd is.

Vooralsnog heeft Volta Energy echter één partij op het oog met wie het concreet wil samenwerken. Dat is SUNBEAM System Group. Dit is een zonnepanelenbouwer voor op jachten.

Naam: SUNBEAM System Group

Plaats: Nacka, Zweden

Website: www.sunbeamsystem.com

Kernactiviteiten: Produceren van zonnepanelen voor schepen

Expertise: Ontwikkelen van weerbare zonnepanelen met een hoge efficiëntie voor op schepen

Belangrijkste markt(en): Scheepsbouw, vooral jachten

Economisch perspectief

De markt waar de Volta Naos 2.0 in eerste instantie voor ontwikkeld wordt, is die voor festivalorganisaties of andere partijen die een off-grid, mobiel, modulaire en duurzame alternatief wensen voor de vervuilende benzineaggregaat. Er is nog geen andere speler op deze markt die hetzelfde aanbiedt als Volta Energy. De grootste concurrentie komt dan ook van traditionele aanbieders van benzineaggregaten als energiebron. Momenteel is de concurrentiepositie van zonnepanelen op dit gebied nog niet sterk genoeg, omdat een zonnepaneel relatief duur is (€3 per kWh). Deze concurrentiepositie zal aanzienlijk verbeteren wanneer de ontwikkeling van de Volta Naos 2.0 werkelijkheid wordt. Zoals eerder beschreven kan het principe van lensjes op zonnepanelen ook op veel andere markten toepasbaar zijn, dus een snelle uitbreiding naar andere markten is zeer reëel. Daarbij is ook de toenemende aandacht voor duurzaamheid een stimulerende factor.

Belang vervolgproject

Het consortium als geheel heeft als streven om een lichtgewicht zonnepaneel op de markt te brengen waarmee de opwekking van duurzame energie verder wordt gestimuleerd. Daarnaast is er ook sprake van een financieel belang indien het ontwikkelingsproject wordt gestart, omdat bij een negatieve uitkomst niet alleen de gedane investeringen verloren gaan, maar ook de kans op winst met betrekking tot het eindproduct verkeken is. Voor Towa Europe individueel wordt er met het vervolgproject een toepassing en launching customer gevonden voor de lensjes die zij vorig jaar hebben ontwikkeld. Volta Energy op haar beurt heeft als persoonlijk belang om een verbeterd product op de markt te brengen om de eigen concurrentiepositie te versterken.

Vervolgstappen

Wanneer het consortium besluit om een ontwikkelingsproject te starten moeten de volgende stappen worden genomen tot aan marktintroductie:

- Uitwerken proof-of-principle tot proof-of-concept (Volta Energy)
- Ontwikkelen prototype (Towa Europe & Volta Energy)
- Inrichten en opschalen productie (Towa Europe)
- Actualiseren marktstrategie (Volta Energy)
- Identificeren en benaderen van potentiële samenwerkingspartners en klanten (Towa Europe & Volta Energy)

6 Kennisoverdracht en intellectueel eigendom

Verspreiding kennis

De kennis die met dit project wordt opgedaan is voor zowel Towa Europe als Volta energy vrij toegankelijk en van grote waarde. Voor Volta energy kan het een aanzienlijke verbetering van het huidige product betekenen, waarmee het een sterkere concurrentiepositie kan innemen. Voor Towa Europe betekent deze kennis dat de Towa-cellen ook voor deze markt interessant zijn, of juist niet in het geval de haalbaarheid onvoldoende wordt beoordeeld. Towa kan deze kennis gebruiken voor hun strategie om nieuwe markten te benaderen. Deze toepassing kan op die manier een weg vinden naar andere markten, waarbij dit geen concurrentie oplevert met Volta Energy. Zo zal deze kennis ook toegankelijk worden voor partners van Towa Europe die met hen een samenwerking aangaan.

Bijlage 2: Testopstelling zonnepanelen rendement

Testonderzoek uitgevoerd door Volta Energy in samenwerking met TOWA Europe B.V.

Zonnecel met lensjes is verzorgd door TOWA Europe B.V.

Datum: 14-6-2019

Inleiding

Deze test wordt uitgevoerd voor het project "TSE Haalbaarheid Volta Energy & Towa Europe TK". Dit onderzoek is onderdeel van een van de projectfases. Volta Energy brengt in deze fase in kaart wat de verwachtingen zijn omtrent het eventuele verschil in rendement tussen het huidige product en de Volta Naos 2.0. Het rendement is van het grootste belang voor de Volta Naos 2.0, aangezien een zonnepaneel met een tegenvallend rendement economisch veel minder waard is. De uitkomst is cruciaal voor de uiteindelijke go / no go-beslissing.

Towa europe heeft eerder de lensjes ontwikkeld en toegepast op MonoKristalijn waarop een glasplaat zit. MonoKristalijn zijn de panelen die het best zijn met een invalshoek van rond de 90 graden. De eerdere testen die zijn uitgevoerd toonden aan dat in de koudere maanden en bij zonsopkomst en zonsondergang de zonnecellen meer rendement hadden. Voor dit onderzoek wordt een Amorphe zonnecel gebruikt (dunne film), deze zonnecellen zijn standaard al "goed" met verschillende invalshoeken. Door de loop van de subsidie is het niet mogelijk geweest om een jaar de zonnecellen te testen. In plaats van een jaar is er een maand beschikbaar geweest.

Scope: Rendement cellen.

Doel: Betrouwbare en valide testresultaten verkrijgen over de opwekking van zonnepanelen met lensjes en zonnepanelen zonder lensjes.

Activiteiten: Beide type zonnecellen vergelijken op rendement om proof-of-principle te testen.

Projectresultaat: Een proof-of-principle waaruit blijkt dat het nieuwe product significante verbeteringen biedt ten opzichte van het origineel, getest op onder meer rendement.

Hypotheses

Er zijn drie mogelijke hypotheses. Het gewenste resultaat voor beide partijen is hypothese één, met een significant verschil. Verwachte uitkomst is **hypothese één**: Omdat de lensjes ervoor zorgen dat het licht vanuit een minder optimale hoek beter kan worden opgenomen.

Hypothese één: De zonnecel met lensjes hebben een groter rendement van energieopwekking in alle weersomstandigheden.

Hypothese twee: De zonnecel met lensjes hebben een groter rendement van energieopwekking in minder zonnige weersomstandigheden of schaduw (bewolking).

Hypothese drie: De zonnecel met lensjes hebben geen groter rendement

Testopstelling

Tijdens het maken van de opstelling is er gekozen om meer meetinstrumenten te gebruiken. Van tevoren is hiervoor verschillende meetapparatuur aangeschaft. Het doel van deze vele meetwaarden buiten wattage zijn de potentiële onderlinge afhankelijkheden naast de opgewekte wattage. De testopstelling wijkt af van de voorgestelde opstelling. Er zal worden gekeken naar het aantal Infrarood licht in plaats van lux om een bewolkte dag, omdat deze betrouwbaardere data heeft. Er is ook gekozen om geen testen te doen zonder direct licht (in de schaduw). Bij deze opstelling zijn echter we dezelfde omstandigheden gebruikt. Hierdoor is de betrouwbaarheid gewaarborgd.

De zonnecellen:

- Er is één zonnecel van "5" SunPower IBC" (5inch) met lensjes;
- Er is één zonnecel van "5" SunPower IBC" (5inch) zonder lensjes;
- Beide zonnecellen.
 - Zijn vooraf gemeten aan de hand van Voltage door middel van een ELRO M 970 (multimeter);
 - Zijn vòòr de testen schoon gemaakt door een met water gemaakte natte microfiberdoek.
 - Worden tijdens de opstelling belast door middel van Ohmse weerstand
 - De cellen 2a en 2b zijn rechtstreeks op de meter aangebracht door middel van een 1mm² kabel van 50 cm lang. De aansluiting is met een schroefklem.
 - Achter beide zonnecellen zit de kabelaansluiting, waardoor de zonnecellen iets loskomen van de opstelling.

De voorwaarde aan de testopstelling zijn dan als volgt:

- De opstelling:
 - Is elke 10 minuten gemeten;
 - Is tegelijkertijd gemeten met een maximale afwijking van 0,1 secondes;

- Is Horizontaal gericht naar het zuiden 225 graden;
- Is Verticaal gericht naar het zuiden met een hoek van 30 graden.

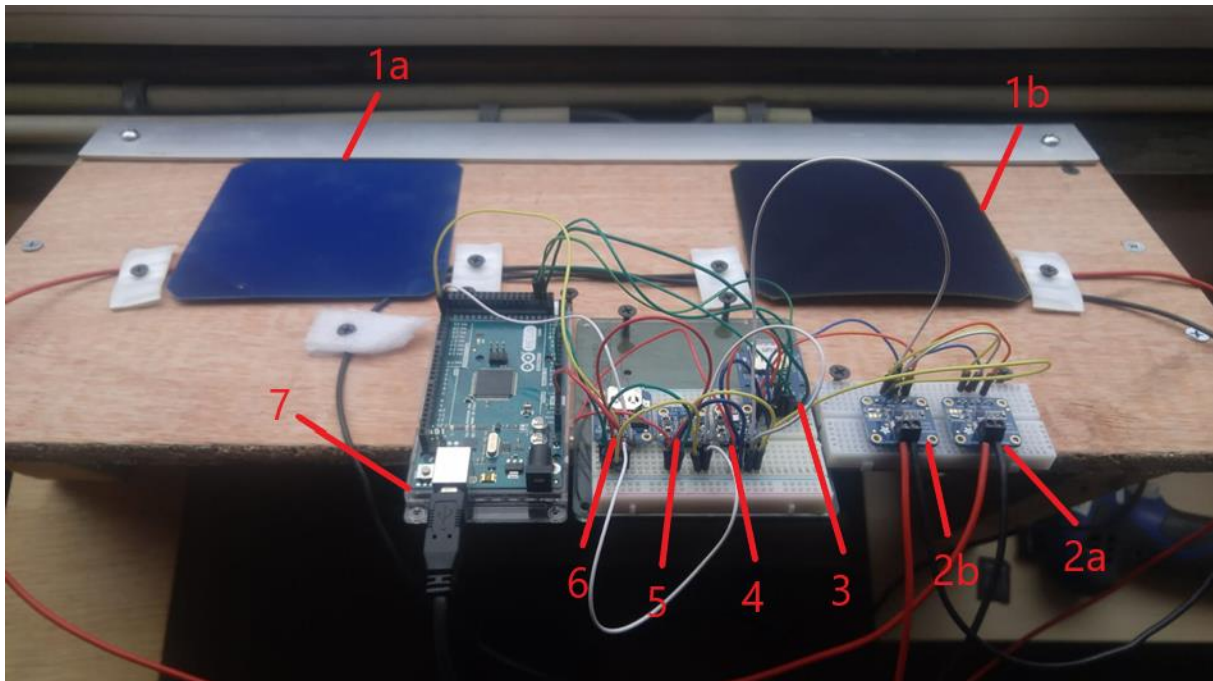
De vaste waarden tijdens de metingen zijn:

- Er zijn 10 dagen gemeten:
 - 7 Zonnig (>3400000 infrarood);
 - 3 Met bewolking (<3400000 infrarood).

De variabelen die gemeten worden:

- Elke tien minuten is bij beide zonnecellen
 - Datum (D) gemeten en afgerond op 2 decimalen achter de komma;
 - Is gemeten met een "Adafruit DS1307 Real Time Clock Assembled Breakout Board" meter.
 - Tijd (T) gemeten en afgerond op 2 decimalen achter de komma;
 - Is gemeten met een "Adafruit DS1307 Real Time Clock Assembled Breakout Board" meter.
 - Infrarood (IR) gemeten en afgerond op 2 decimalen achter de komma;
 - Is gemeten met een "Adafruit TSL2591 High Dynamic Range Digital Light Sensor" meter.
 - De lichtintensiteit (lux) gemeten en afgerond op 2 decimalen achter de komma;
 - Is gemeten met een "Adafruit TSL2591 High Dynamic Range Digital Light Sensor" meter.
 - De temperatuur (C°) gemeten en afgerond op 2 decimalen achter de komma;
 - Is gemeten met een "Adafruit Si7021 Temperature & Humidity Sensor Breakout Board" meter.
 - De humidity (ø) gemeten en afgerond op 2 decimalen achter de komma;
 - Is gemeten met een "Adafruit Si7021 Temperature & Humidity Sensor Breakout Board" meter.
 - De voltage (V) gemeten en afgerond op 2 decimalen achter de komma;
 - Is gemeten met een "INA219 High Side DC Current Sensor Breakout - 26V ±3.2A Max" meter.
 - De milliamperage (A) gemeten en afgerond op 2 decimalen achter de komma;
 - Is gemeten met een "INA219 High Side DC Current Sensor Breakout - 26V ±3.2A Max" meter.
 - De milliwattage (W) gemeten en afgerond op 2 decimalen achter de komma.
 - Wordt gemeten met een "INA219 High Side DC Current Sensor Breakout - 26V ±3.2A Max" meter.

Visualisatie testopstelling



Legenda:

1. '5" SunPower IBC' (5inch);
 - a. Zonder lensjes;
 - b. Met lensjes.
2. 'INA219 High Side DC Current Sensor Breakout - 26V \pm 3.2A Max';
 - a. Op zonnecel zonder lensjes;
 - b. Op zonnecel met lensjes.
3. Sd kaart;

4. "Adafruit Si7021 Temperature & Humidity Sensor Breakout Board";
5. "Adafruit TSL2591 High Dynamic Range Digital Light Sensor";
6. USB lezer;
7. Arduino (apparatuur om te programmeren).

Gewicht

Het gewicht van de zonnepanelen hoort bij fase 2 de derde vraag. Volta energy is hiervoor verantwoordelijk. De vraag luidt: Is het technisch haalbaar om het volledige paneel van 50x100 cm een maximaal gewicht van 4kg, met een streefgewicht van 2kg, te laten hebben?

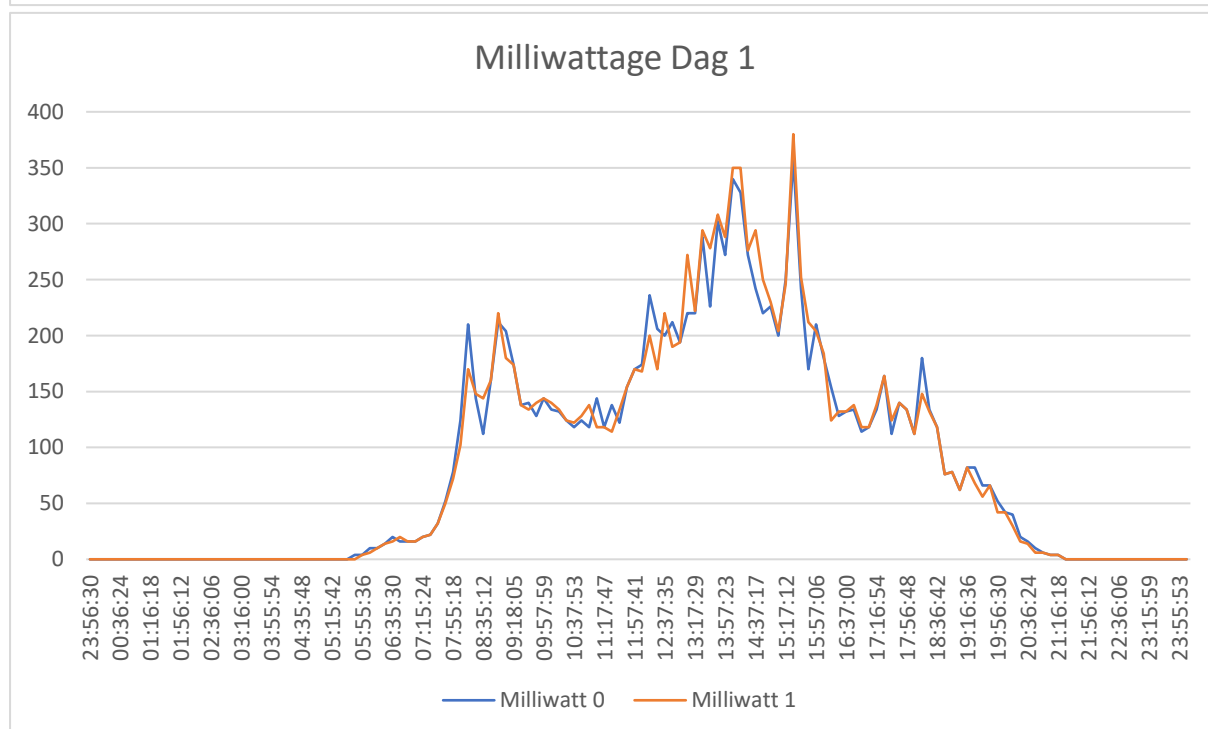
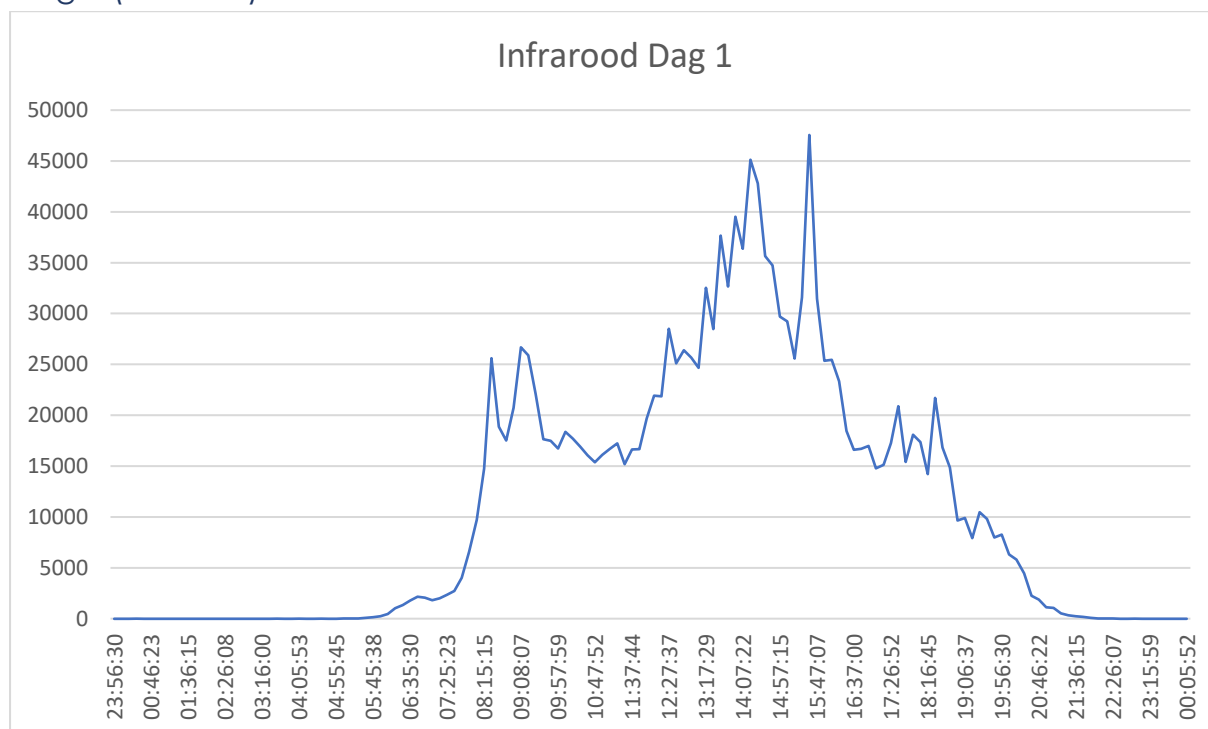
Het gewicht van de zonnecel zonder lensjes is 8 gram. Het gewicht van de zonnecel met lensjes is 18 gram. Het totaalgewicht van een volledig paneel van 50x100cm is 2,1 kilogram met 32 zonnecellen van 8 gram. Er zit dus 254 gram aan zonnecellen op het paneel zit. 32 zonnecellen met lensjes weegt 574 gram.

Dat betekent dat het paneel een totaalgewicht zou hebben van 2420 gram, wat minder dan 4,0 kilogram is. Het paneel is wel een significante 15% zwaarder hierdoor.

Testresultaten

De testresultaten zijn op basis van de "TSE2018-Testdata.xlsx". Dit document is onlosmakelijk van het testrapport. Er zijn zeven dagen geweest waarbij sprake was van een "zonnige" dag. Er zijn drie dagen geweest waar sprake was van een "bewolkte" dag.

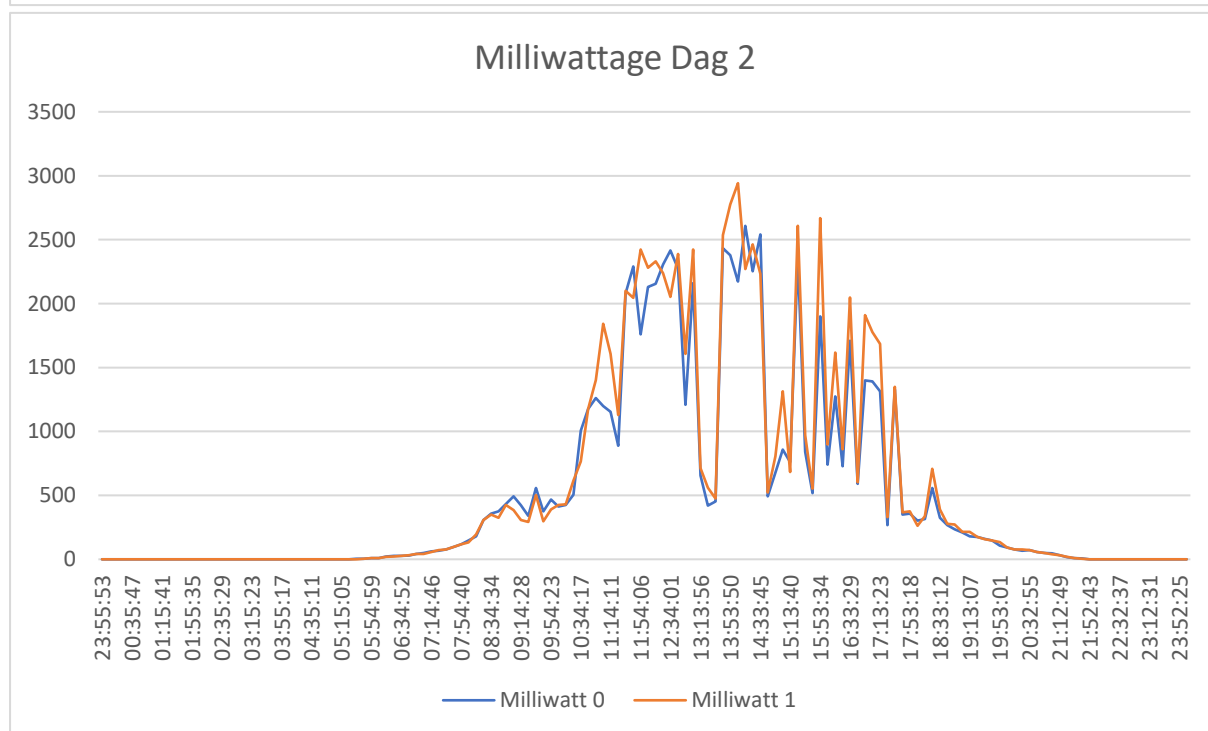
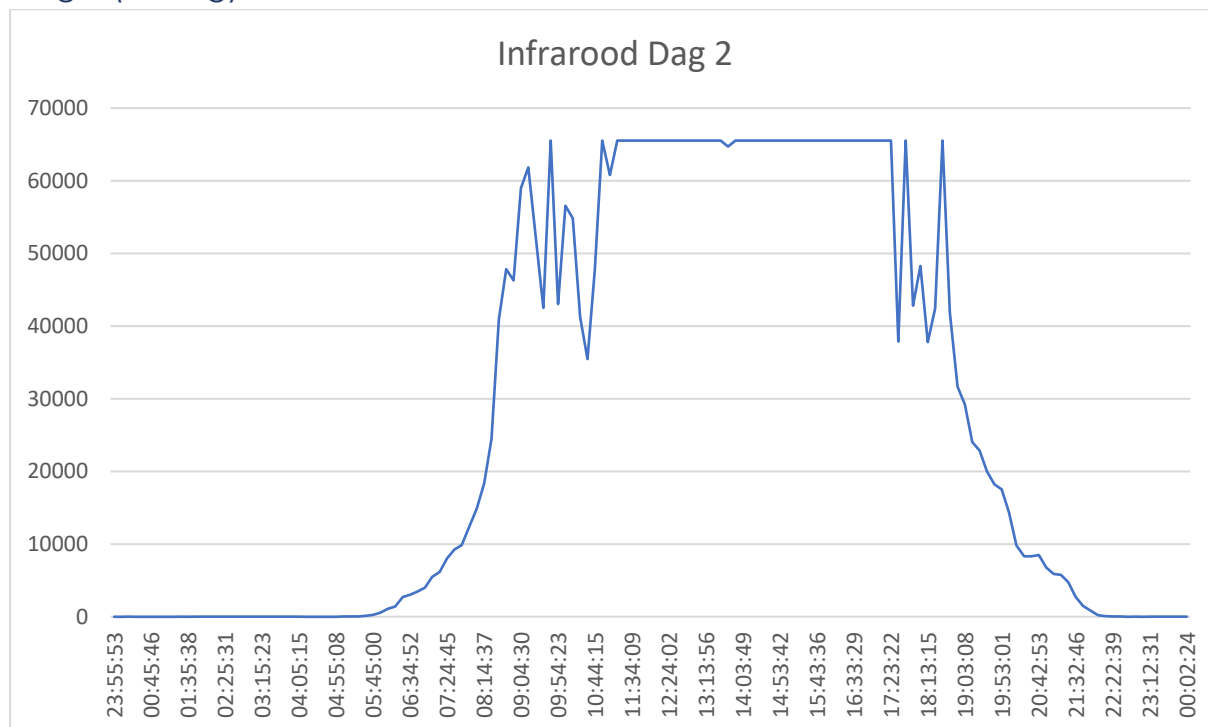
Dag 1 (bewolkt):



Legenda	Milliwattuur 0 (Met lensjes)	Milliwattuur 1 (zonder lensjes)	Infrarood
Totaal op de dag:	2084	2101	1617682

Waarnemingen: Op het begin van de dag is er te zien dat de (0) grotere pieken en dalen heeft, tijdens de middag heeft (1) meer opwek. Aan het eind van de dag heeft (0) iets meer opwek. Aan het infrarood is te zien dat er veel bewolking was door de vele grote pieken en dalen.

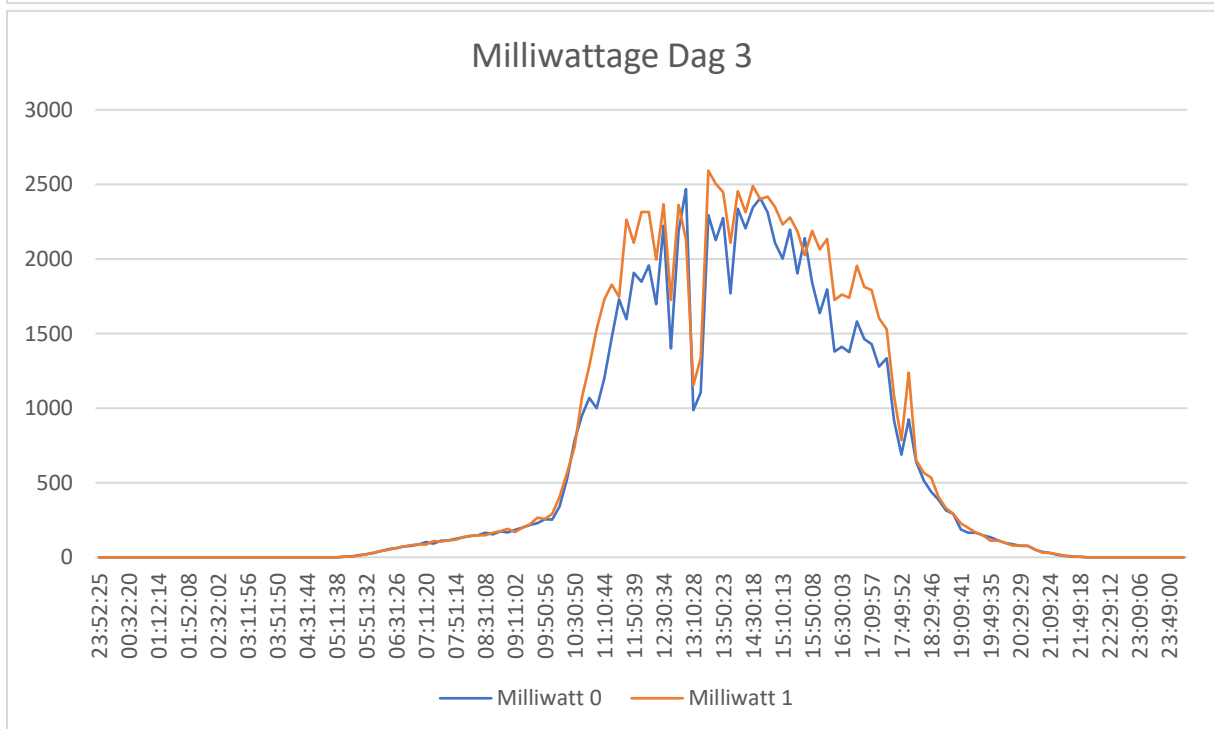
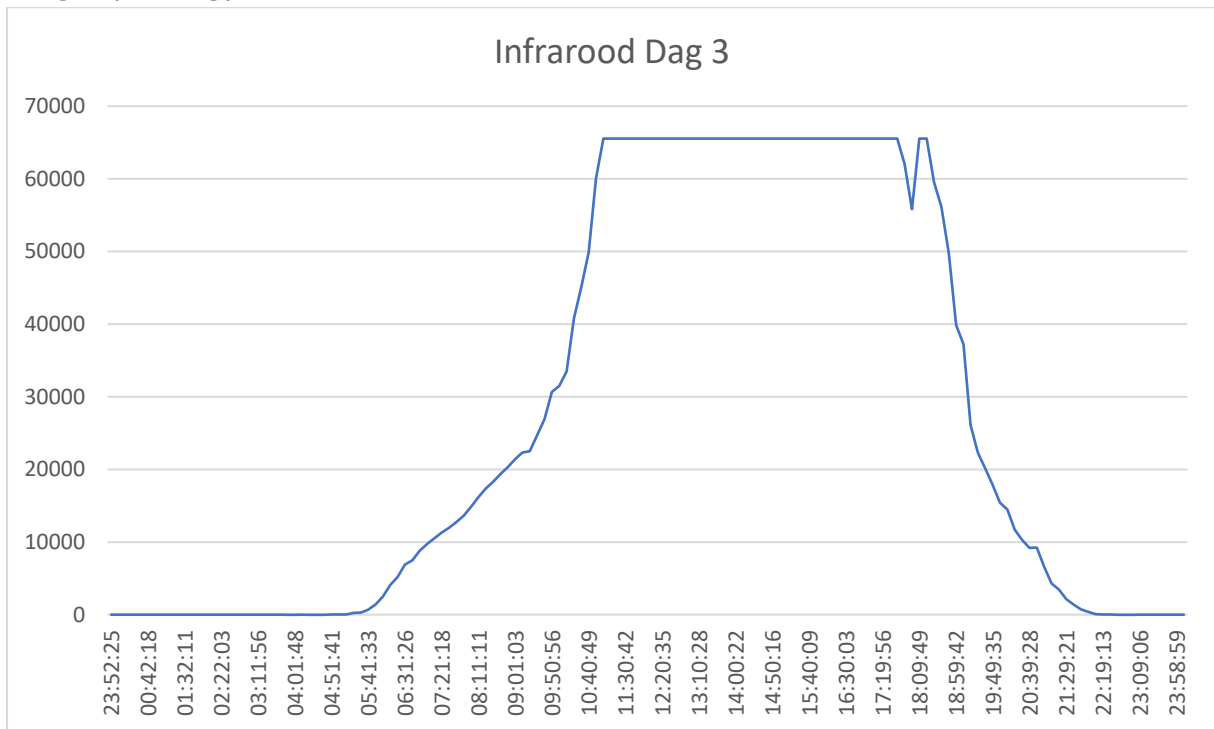
Dag 2 (Zonning):



Legenda	Milliwattuur 0 (Met lensjes)	Milliwattuur 1 (zonder lensjes)	Infrarood
Totaal op de dag:	12198	13426	4059441

Waarnemingen: aan het begin van de dag heeft (0) iets meer opwek. Om 11:14:11 is er een vervroegd dal te zien. Daarna is op 11:54:06 te zien dat (0) een dal heeft waar (1). Eind van de dag is het te zien dat de opwek minder van (0). Aan het infrarood is te zien dat aan het begin en aan het eind van de dag een beetje bewolking was. De rest van de dag was zonnig.

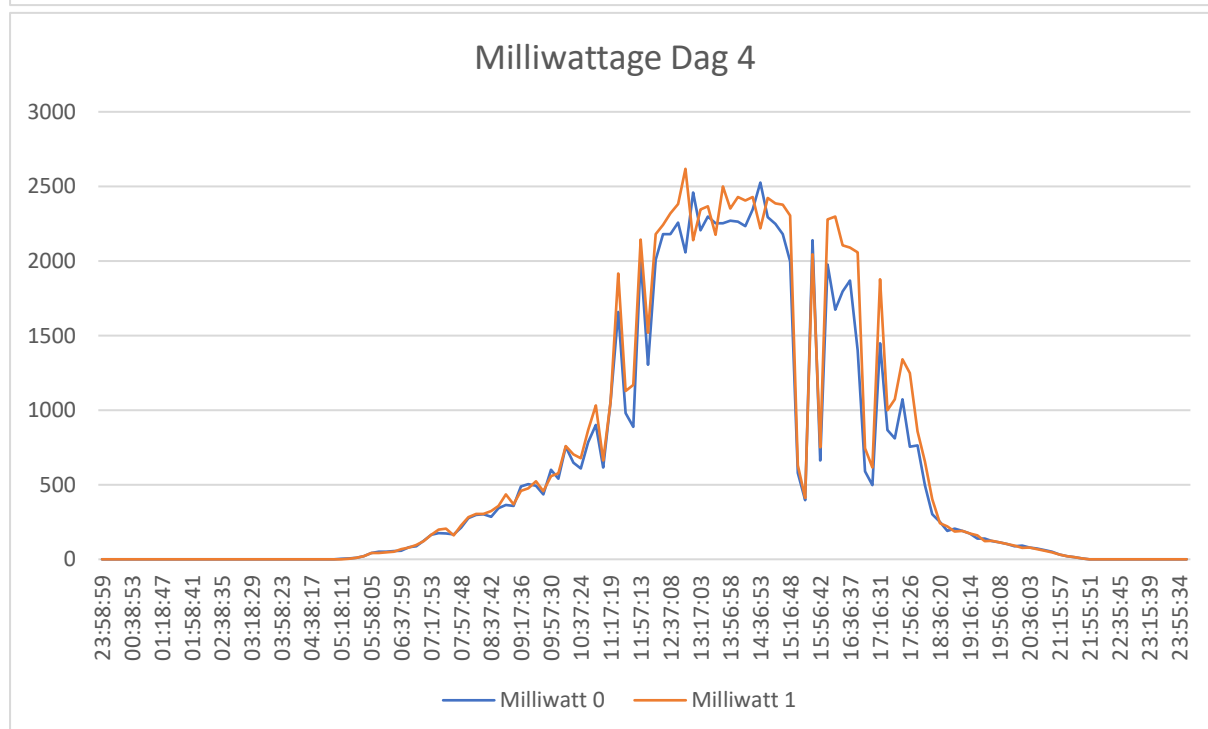
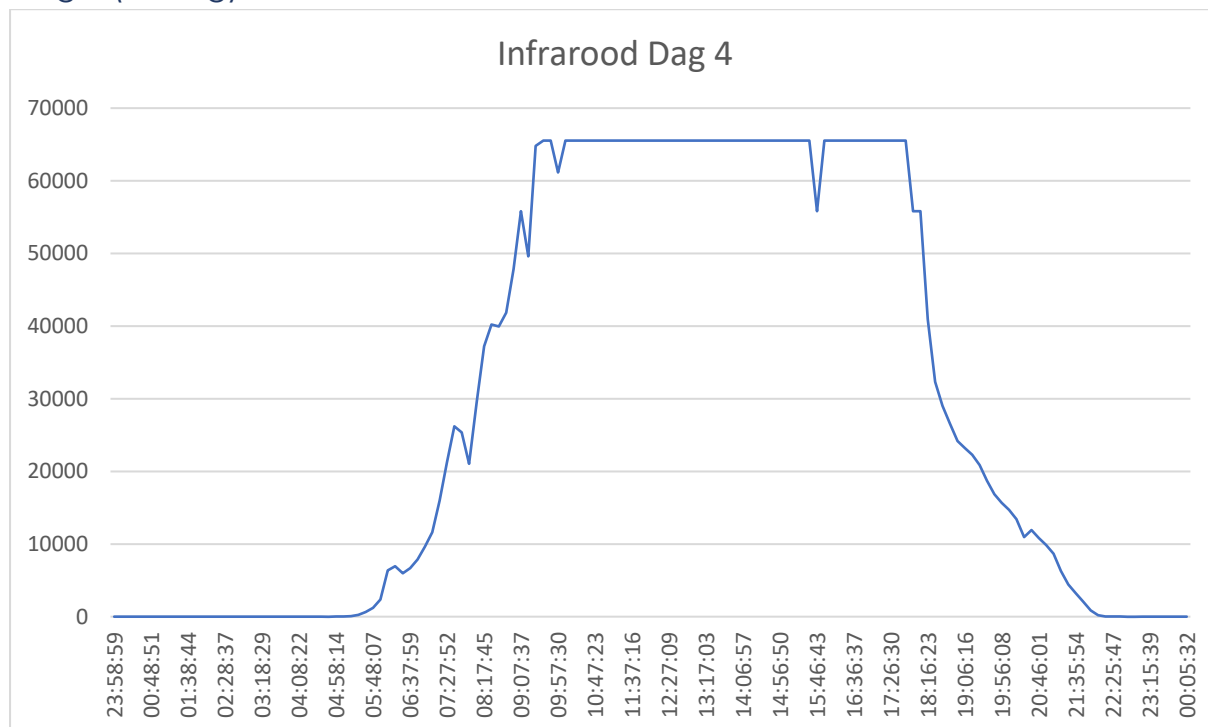
Dag 3 (Zonning):



Legenda	Milliwattuur 0 (Met lensjes)	Milliwattuur 1 (zonder lensjes)	Infrarood
Totaal op de dag:	14227	16155	3977525

Waarnemingen: In de vroege ochtend en avond is de opwek vrijwel gelijk van (0) en (1). Bij 13:10:28 is te zien dat de pieken en dalen van (0) groter zijn. De rest van de dag heeft (0) minder opwek. Aan het infrarood is te zien dat het een zonnige dag is geweest doordat er maar één dal was in de middag.

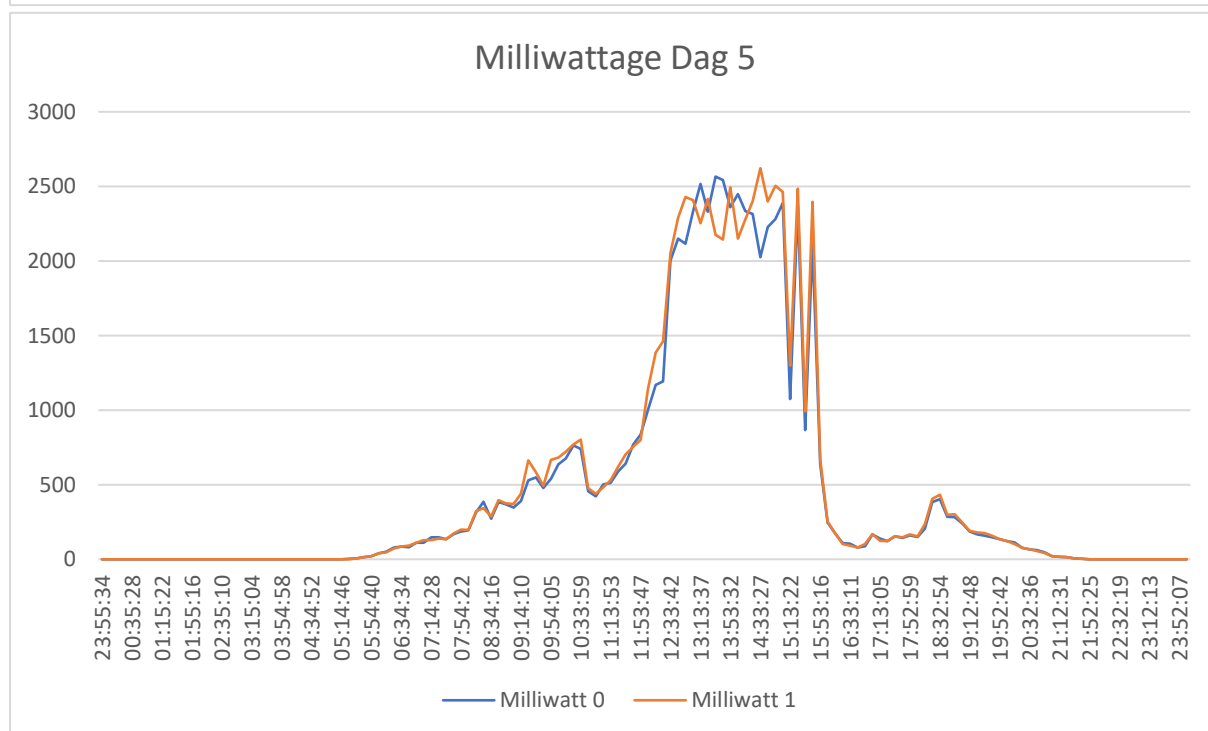
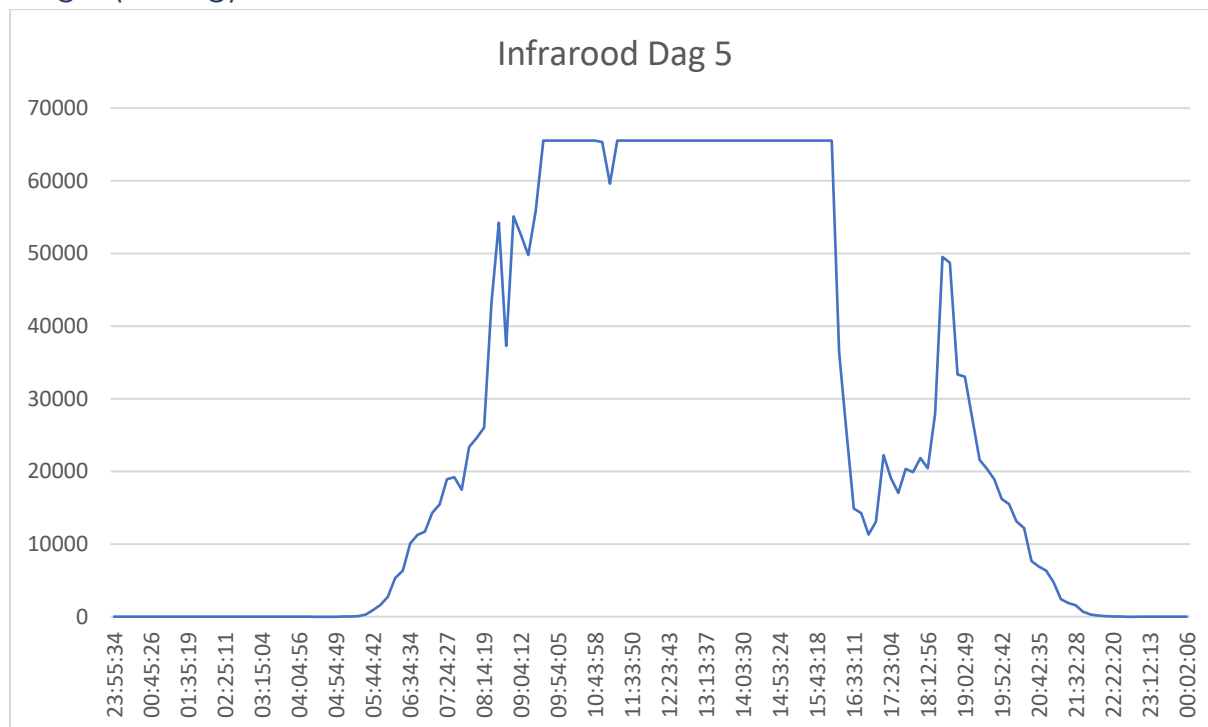
Dag 4 (Zonning):



Legenda	Milliwattuur 0 (Met lensjes)	Milliwattuur 1 (zonder lensjes)	Infrarood
Totaal op de dag:	13957	15299	4318577

Waarnemingen: Op 11:57:13 is het dal groter van (0). Op de middag heeft (0) met uitzondering van 3 pieken een lagere opwek. Het infrarood toont aan dat het een zonnige dag was doordat er geen/ weinig pieken of dalen waren.

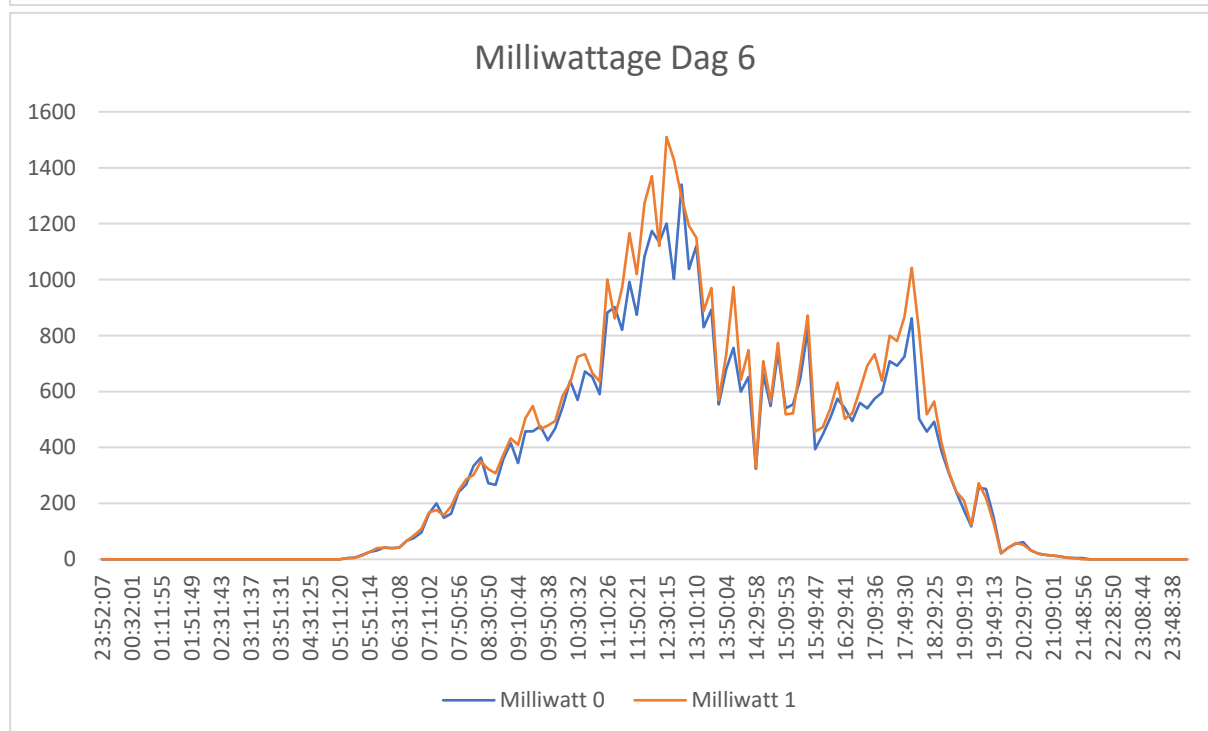
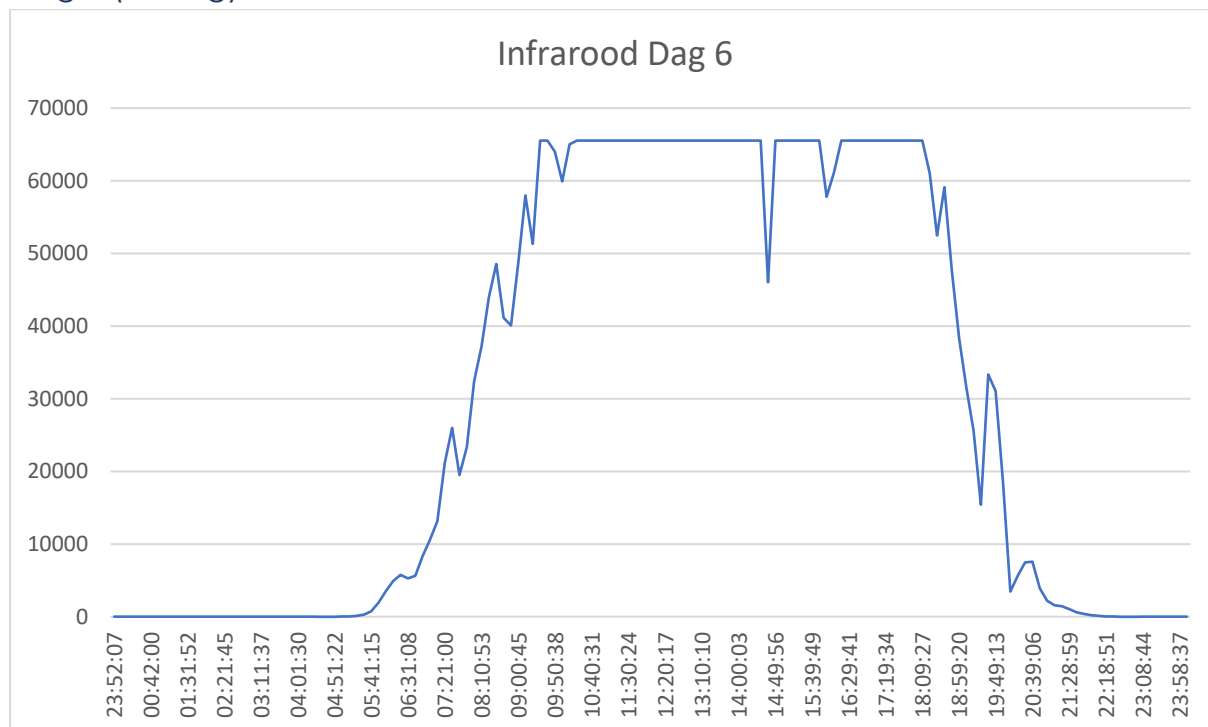
Dag 5 (Zonning):



Legenda	Milliwattuur 0 (Met lensjes)	Milliwattuur 1 (zonder lensjes)	Infrarood
Totaal op de dag:	11005	11460	3799363

Waarnemingen: De ochtend zijn de zonnecellen gelijk gebleven met de opwek. Vanaf 12:33:42 is te zien dat de (0) en de (1) het tegenovergestelde doen. Aan het eind van de dag was de opwek hetzelfde. Het infrarood weergeeft dat het de hele dag zonnig is geweest tot aan 15:43:18. Toen was er even zware bewolking, waarna het opklaarde en de zon onder ging.

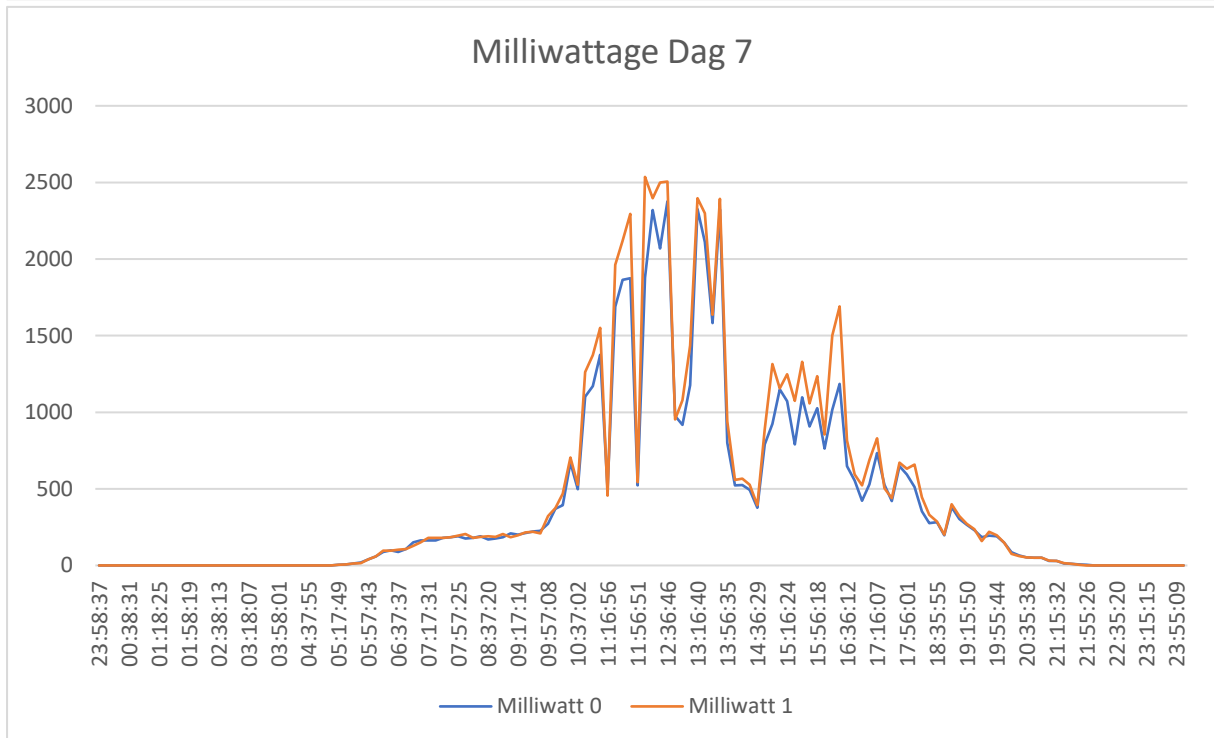
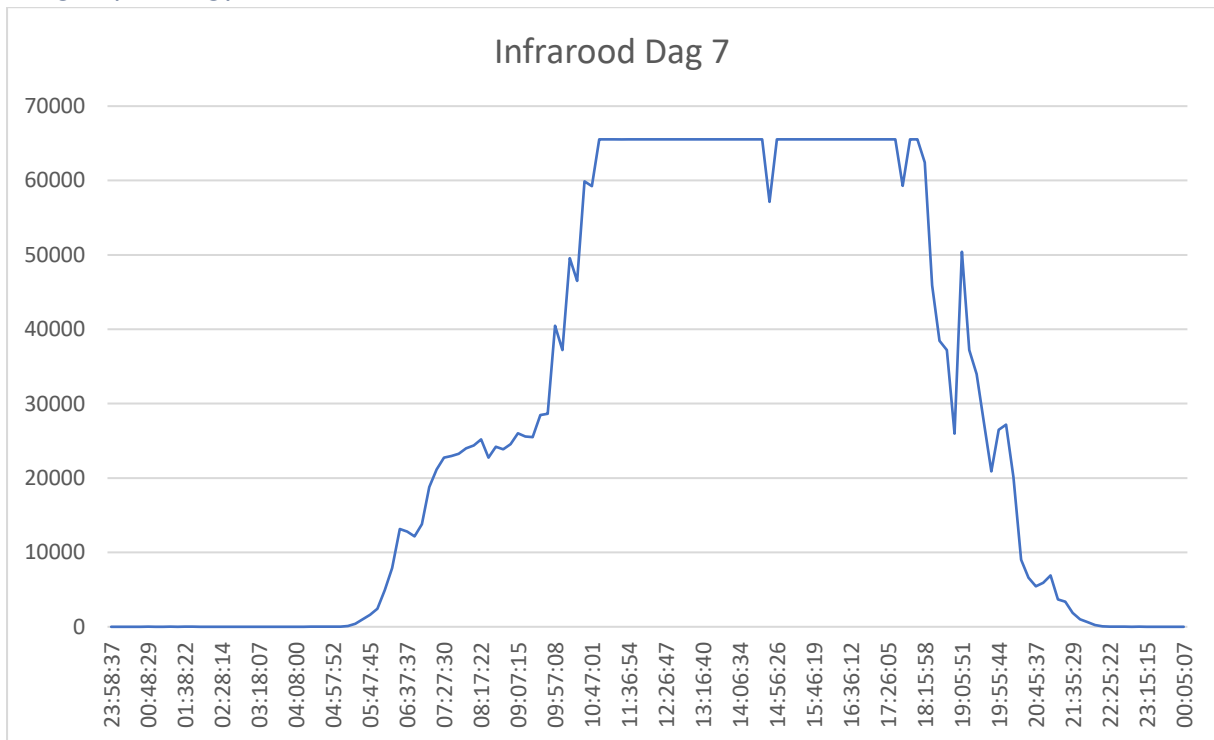
Dag 6 (Zonig):



Legenda	Milliwattuur 0 (Met lensjes)	Milliwattuur 1 (zonder lensjes)	Infrarood
Totaal op de dag:	7522	8316	4435390

Waarnemingen: De gehele dag heeft (1) meer opwek gehad op vier kleine piekjes na aan het begin van de ochtend en aan het eind van de dag. Het valt op dat de pieken en dalen van (0) kleiner zijn over het algemeen. Het infrarood laat zien dit een zonnige dag was, met was onregelmatigheden aan het begin en eind van de dag.

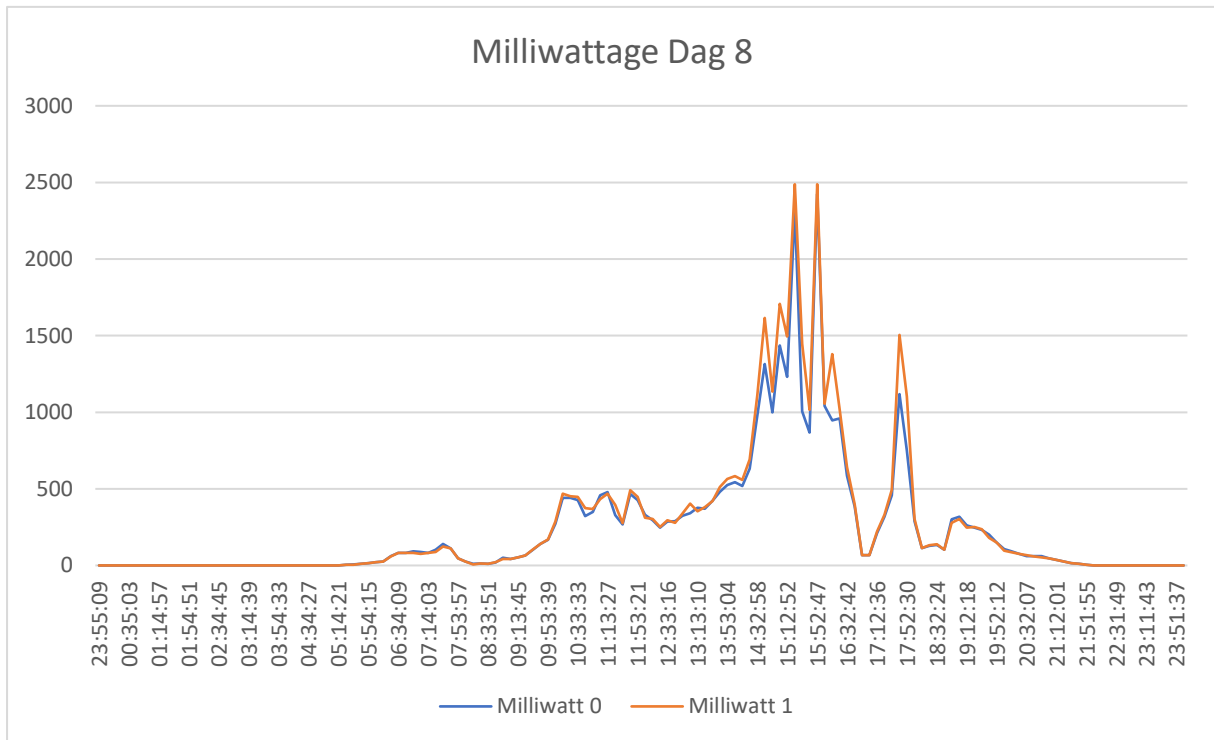
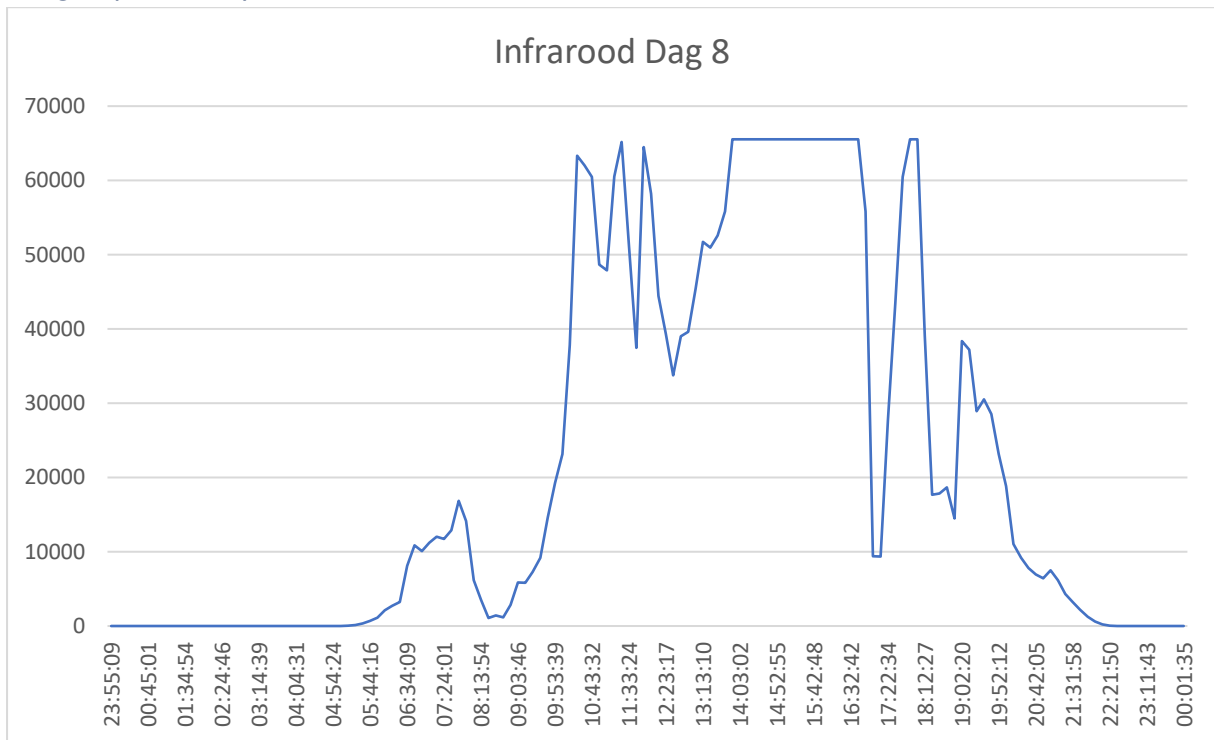
Dag 7 (Zonig):



Legenda	Milliwattuur 0 (Met lensjes)	Milliwattuur 1 (zonder lensjes)	Infrarood
Totaal op de dag:	9775	11049	4142675

Waarnemingen: Het begin en eind van de dag heeft ongeveer hetzelfde opwek. Vanaf 10:37:02 is te zien dat (0) minder opwek, of gelijke opwek heeft tot 19:15:50. De pieken en dalen waren groter bij (0) op de dag. Aan het infrarood is te zien dat het begin de dag hevig bewolkt was tot 09:57:08.

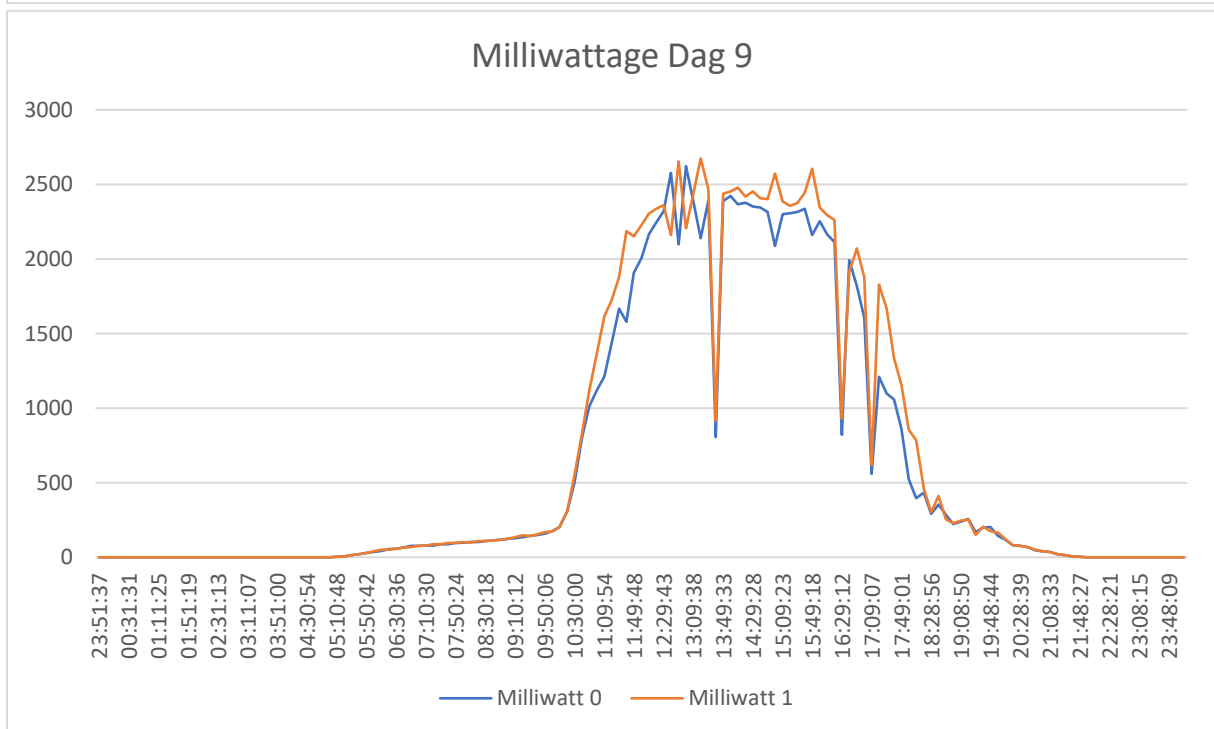
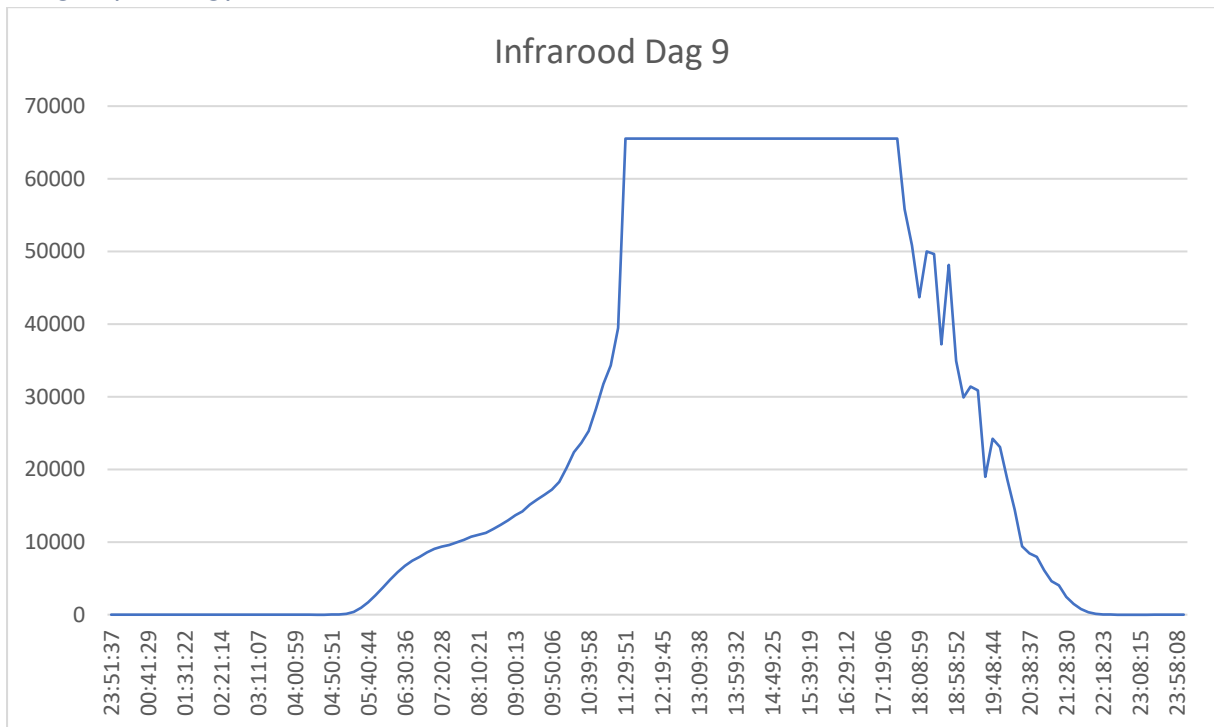
Dag 8 (Bewolkt):



Legenda	Milliwatt 0 (Met lensjes)	Milliwatt 1 (zonder lensjes)	Infrarood
Totaal op de dag:	5816	6427	3226569

Waarnemingen: De gehele dag heeft (1) een grotere opwek gehad op de kleine twee pieken na op 07:53:57 en 19:12:18. Tussen 15:52:47 en 16:32:42 is te zien dat (0) tijdens een piek bij (1) een dal had. Aan het infrarood is te zien dat er veel pieken en dalen waren, deze dag was een bewolkte dag.

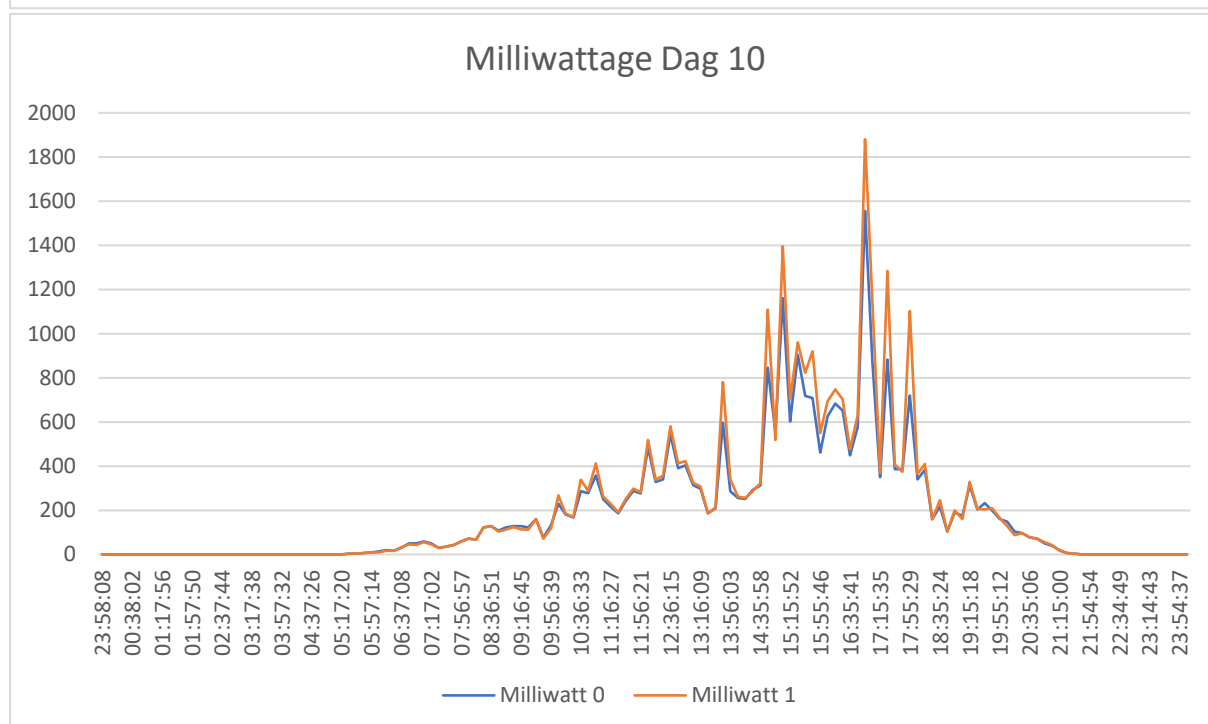
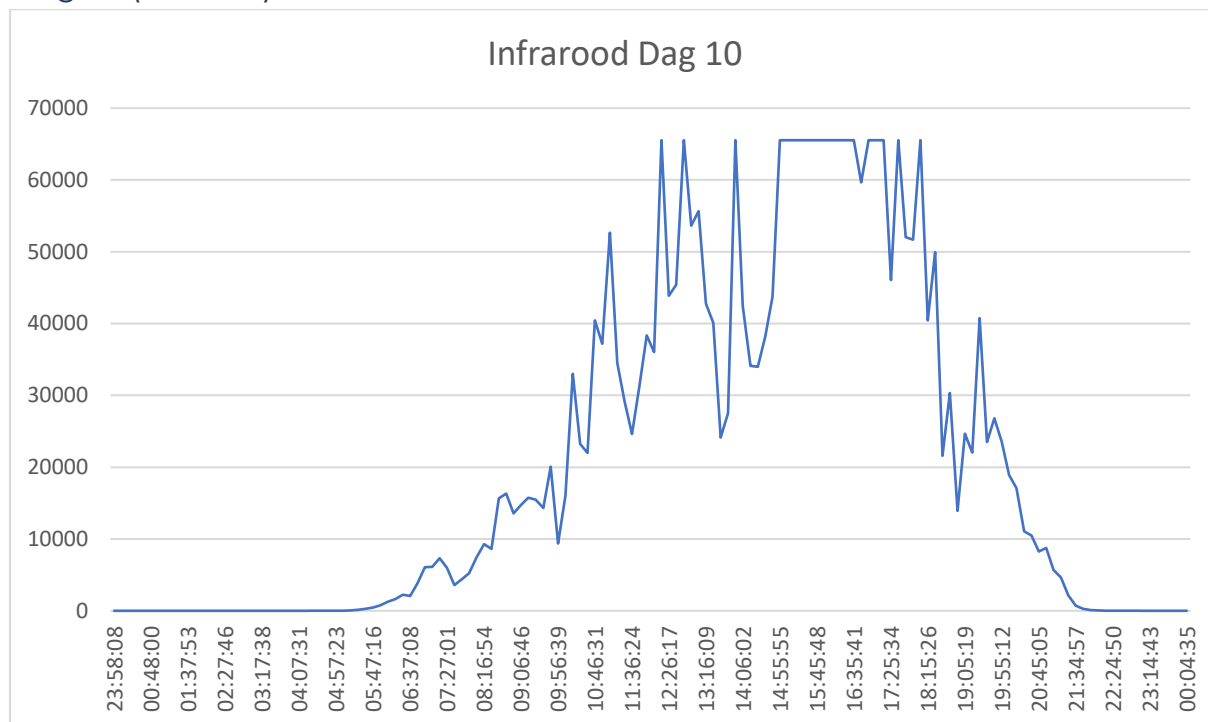
Dag 9 (Zonning):



Legenda	Milliwatt 0 (Met lensjes)	Milliwatt 1 (zonder lensjes)	Infrarood
Totaal op de dag:	14991	16402	3603387

Waarnemingen: Vanaf 10:30:00 heeft (0) minder opwek dan (1). Op 12:29:43 zijn de pieken en dalen tegenovergesteld van (0) en (1). Op 13:49:33 heeft (0) minder opwek dan (1). Aan het begin van de dag was aan het infrarood te zien dat het bewolkt was. Hierbij klaarde het geleidelijk op. De rest van de dag was het zonnig.

Dag 10 (Bewolkt):



Legenda	Milliwattuur 0 (Met lensjes)	Milliwattuur 1 (zonder lensjes)	Infrarood
Totaal op de dag:	4614	5160	301649

Waarnemingen: Vrijwel de hele dag had (0) minder opwek dan (1). Alleen aan het begin en aan het eind van de dag had (0) iets meer opwek op de momenten 09:16:45 en 19:55:12. Het infrarood was de gehele dag wisselend. Vele pieken en dalen. Daardoor is het te zeggen dat het deze dag bewolkt was. Een korte periode 15:45:48 was het zonnig.

Conclusie

Het totaal van alle dagen is hieronder samengevoegd. Om het gemiddelde rendement te bepalen is de opwek van het totaal aantal gemeten dagen genomen. De totale opwek van (0) gedeelte door (1) maal 100 resulteert in 91%. Deze 91% betekent dat de zonnecel met lensjes 91% van de stroom heeft opgewekt ten opzichte van de zonnecel zonder lensjes.

	Milliwattuur 0 (Met lensjes)	Milliwattuur 1 (zonder lensjes)	Infrarood
Totaal van de dagen:	1000034	110024	38256275

De derde hypothese van toepassing omdat het rendement daarom is. De zonnecel met lensjes hebben een gemiddeld rendement van 91% opwek ten opzichte van de zonnecel zonder lensjes, wat blijkt uit de gemeten waarden van alle tien de dagen. Een mogelijke oorzaak hiervan zou kunnen zijn dat een deel van het zonlicht wordt opgenomen in de lensjes, wat resulteert in minder opname in de zonnecel zelf.